نشریه علمی - پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره چهارم، شماره ۳، بهمن ماه ۱۳۹۳

مدیریت زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی-زمانی

غلامرضا فلاحی

استادیار آموزشکده نقشه برداری - سازمان نقشه برداری کشور
fallahi-gh@ncc.org.ir

(تاریخ دریافت خرداد ۱۳۹۳ ، تاریخ تصویب شهریور ۱۳۹۳)

Archive of SID

چکیده

پدیده‌های موجود در جهان واقعی به دو دسته ایستا و پویا گروه‌بندی می‌شوند. پدیده‌های ایستا پدیده‌هایی هستند که در طول زمان ثابت می‌باشند ولی پدیده‌های پویا در طول زمان دچار تغییر می‌شوند که این تغییر ممکن است در مکان ، هندسه ، خصوصیات توصیفی و ... پدیده انجام گیرد. از انجایی که خصوصیات ترافیک در طول زمان تغییر می‌یابد و نیز این خصوصیات به یک مکان تعلق می‌گیرد ، یک پدیده مکانی-زمانی محسوب می‌گردد. امروزه پیشرفت فناوری باعث شده تا امکان مدیریت پدیده‌های مکانی-زمانی در سیستم‌های اطلاعات مکانی فراهم آید.

هدف این تحقیق بررسی امکان کنترل و هماهنگ‌سازی چراغ‌های راهنمایی با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی-زمانی می‌باشد. به همین منظور ابتدا مولفه ها و پارامترهای مربوط به تعیین شرایط ترافیکی و هماهنگ‌سازی چراغ‌ها جمع‌آوری شده و بر مبنای آن ساختار داده‌های ترافیکی زمانی (داده‌های پویا) برای ورود به پایگاه داده ، تعیین می‌گردد. این ساختار به نحوی تعیین شده که متناسب با نوع رفتار ترافیکی موجود ، شرایط ترافیکی لحظه‌ای بر مبنای اطلاعات دقیق کمی به سیستم معرفی می‌گردد.

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

واژگان کلیدی : چراغ‌های راهنمایی ، سیستم اطلاعات مکانی-زمانی ، اشیای مکانی دارای برچسب زمانی

www.SID.ir

۱- مقدمه

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 ، مناسب‌بودن 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 می گردند.

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 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 وکنترل آن‌ها به‌صورت غیرخودکار 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 ۱۹۶۹میلادی در شهر سیدنی استرالیا جهت کنترل مرکزی تقاطع های این شهر و پس از آن ، در بسیاری شهرها در سطح جهان ازجمله 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 رقومی ۱:۵۰۰ کاداستر، با تکیه

۱ Urban planning & Management
۲ Spatio-Temporal phenomena
۳ Temporal Geospatial Information System
٤ Sydney Coordinated Adaptive Traffic System (SCATS)

www.SID.ir
Archive of SID

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 پایگاه‌داده 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 توانایی-های 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 پایگاه‌داده 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 یک‌پارچه سیستم‌های ترافیکی انجام گرفته است. در این سیستم مدل پایگاه داده یک‌پارچه برای شبیه سازی ترافیک در دو سطح میکروسکوپیک و مایکروسکوپیک ارائه شده است. دیدگاه آن متکی بر انالیز 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 شی‌گرا می‌باشد.

در " تکنولوژی تعیین موقعیت جهت سیستم حمل و نقل هوشمند در ایران و طراحی یک GIS زمانی بر اساس آن [۱۰]" روش های 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 ، 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 می باشد و در بحث ترافیک شهری شامل عبور و مرور خودروها و عابرین می‌باشد، که در این تحقیق تنها عبور و مرور خودروها مد نظر می باشد.

داده‌های ترافیکی زمانی ، شامل تعداد ورود (En) ، خروج (Ex) خودروها و سرعت حرکت آن‌ها (Speed) می-باشند. 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.

$$\begin{cases} d_1 = En_1 - Ex_1 \\ Car_Number_1 = d_1 \\ Speed_1 = \dfrac{V_1 + \ldots + V_j}{j} \\ \ldots \\ \ldots \\ d_i = En_i - Ex_i & (1) \\ Car_Number_i = Car_Number_{i-1} + d_i & (2) \\ Speed_i = \dfrac{V_1 + \ldots + V_j}{j} & (3) \end{cases}$$

در داده ترافیکی جدید ، اگر ورود و خروجی رخ ندهد و یا تعداد ورودها و خروج ها 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 گرفته اند 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.

Archive of SID
www.SID.ir

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

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:

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

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:

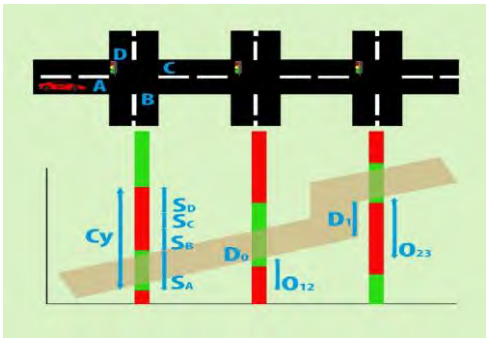
$$[Time_Travel]=\frac{[Shape_Length]}{[Speed]}(\text{sec}) \qquad (۶)$$

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

- طول سیکل : مدت زمانی است که چراغ یک محور مجددا 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.

۱ Delay



شکل ۱– مفهوم offset

همانطوری‌که 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 و 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 مقدارOffset بین تقاطع اول با دوم و دوم با سوم می باشد.

۳-۲- سیستم اطلاعات مکانی زمانی[۳]

زمان یکی از اجزای اصلی یک GIS زمانی می‌باشد و برای درک خصوصیات آن دیدگاه های مختلفی بیان شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به زمان خطی[۴] ، زمان دوره ای[۵] و زمان شاخه ای[۶] اشاره نمود[۲].

داده‌های ترافیکی زمانی در این تحقیق شامل تعداد ورودها و خروج ها 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

۲ Stage split
۳ Temporal Geospatial Information System
٤ Linear Time
٥ Cyclic Time
٦ Branching Time

Archive of SID
www.SID.ir

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 روز ها 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- مدل‌سازی 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 شئ‌گرا[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 ان هم اطلاعات تغییر یافته و هم بدون 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 مجددا ساختاردهی شود ، که این فرآیند ممکن است زمان‌بر باشد.

در مدل اشیای مکانی دارای برچسب زمانی[۱۱] یا مدل شئ مکانی-زمانی[۱۲] ، جهان به صورت یک مجموعه اشیای مکانی-زمانی و با ترکیب بعد زمان به صورت قائم به فضای دو بعدی آن همان‌طوری‌که در شکل ۲ نشان‌داده شده ، ارائه می گردد 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 شئ 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 می نماید.

---

۱ Temporal Geospatial Information System
۲ Static
۳ Dynamic
٤ Relational
٥ Object-Oriented
٦ 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)

Archive of SID
www.SID.ir

در مدل‌سازی دامنه‌گرا[1] 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 انکه به عنوان داده توصیفی به مجموعه معرفی شود ، به عنوان یک مفهوم مستقل در حوزه زمان در مدل‌سازی شرکت می‌کند. مدل‌سازی در این روش ها 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

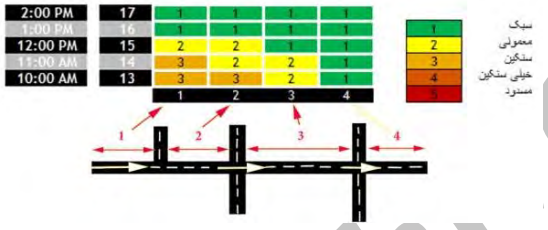
در ابتدا با استفاده از تجهیزات ، داده‌های ترافیکی (شامل تعداد خودروهای ورودی و خروجی در هر مسیر، سرعت حرکت خودروها) که بیان‌کننده شرایط ترافیکی موجود در مسیرها می‌باشند به صورت لحظه‌ای جمع‌آوری می‌شوند و به عنوان داده‌های دینامیک یا همان داده‌های زمانی در پایگاه داده ذخیره می‌شوند.

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.

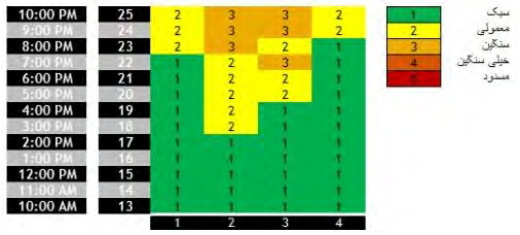
با ذخیره سازی پارامترها و شرایط ترافیکی هر روز و هر لحظه ، تاریخچه ترافیک به وجود می آید. با پردازش تاریخچه ترافیک رفتار ترافیکی میانگین و اطلاعاتی از قبیل ساعت‌های اوج ترافیک، مسیرها و تقاطع‌های پرترافیک و درجه اهمیت آن‌ها و نیز جهت جریان‌ها و موج‌های حرکت ترافیک در ساعت‌های مختلف روز حاصل شده و بر مبنای آن برنامه زمان‌بندی پیش‌فرضی برای چراغ ها 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 پائین به بالا) ، سپری شدن زمان و محور افقی آن مسیری را نشان می دهد 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[2] 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 می دهد مقداری تعلق می گیرد که با رنگ حاصی نمایش داده می شود و با سپری شدن زمان ، سطرهای دیگر روی سطر قبل قرار می‌گیرند.



شکل۳ - نمودار هماهنگ‌سازی تقاطع‌ها

با قرارگیری اطلاعات ترافیکی در این نمودار ، شکل-های مختلفی از قبیل موج ترافیک انتقالی ، پخش شونده ، متمرکز شونده و تحمیلی به وجود می‌آید که هر کدام مفهوم خاص خود را بیان می‌کند. مثلا شکل ۴ نشان-دهنده 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

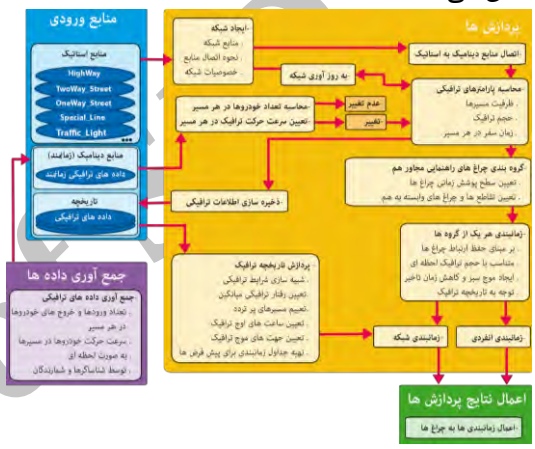
[1] Domain oriented modeling

[2] Raster

www.SID.ir

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

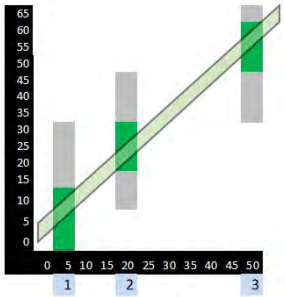
در گروه‌بندی ممکن است تقاطعی به علت فاصله زمانی زیادی که با دیگر تقاطع‌ها دارد فاقد تاثیر بر تقاطع‌های مجاورش باشد، لذا به صورت منفرد در نظر گرفته می شود.

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 ۱و۲ ، ۲۰ ثانیه و تقاطع‌های ۲ و ۳ ، ۳۰ ثانیه می‌باشد.

شکل ۶- هماهنگ‌سازی 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 ۲۰ثانیه 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.



شکل۷- نمودار هماهنگ‌سازی تقاطع‌ها

در این شکل ، ستون‌های خاکستری طول سیکل و ستون های 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 وC 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 جابه‌جایی ها 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

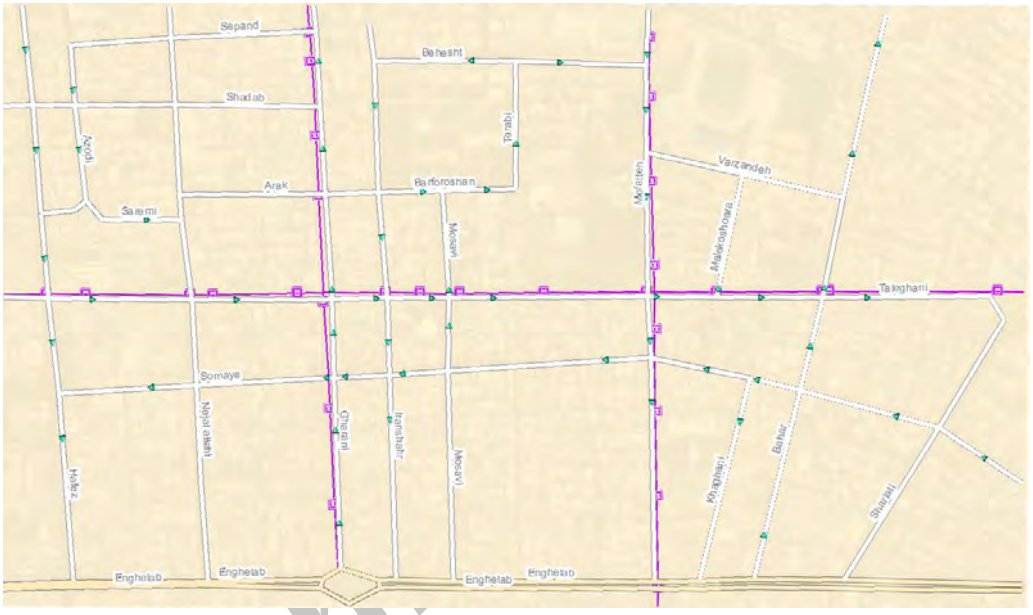
در این تحقیق ، توجه به بعد زمان باعث شده منطقه مورد مطالعاتی علاوه بر محدوده مکانی ، دارای محدوده زمانی نیز باشد که به شرح زیر می‌باشند:

Archive of SID
www.SID.ir

۵-۱-۱- محدوده مکانی

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 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.



شکل ۸- محدوده مکانی تحقیق

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 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 انجایی که توصیف ها و پارامترهای شبکه بر اساس داده‌های ترافیکی زمانی محاسبه می‌گردند ، لذا

[۱] Update

www.SID.ir

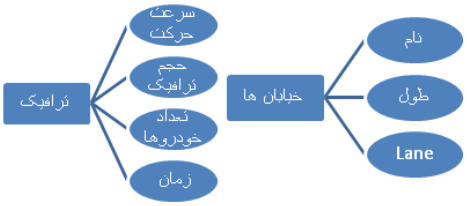
با تغییر داده‌های ترافیکی لازم است که توصیف ها و پارامترهای آن نیز به روز رسانی شوند.

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 شبیه سازی 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.

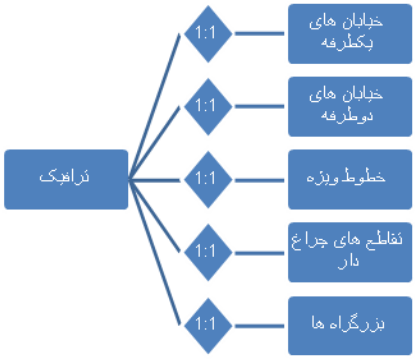
۵-۳- طراحی و ساخت پایگاه داده مکانی-زمانی

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.



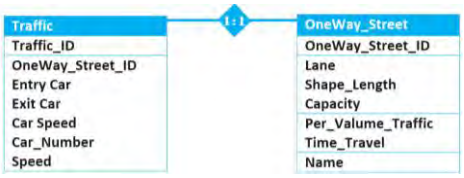
شکل ۹- نمونه ای از مدل خارجی داده های استاتیک و پویا

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 ارتباط یک به یک[1] بین عوارض استاتیک و داده‌های ترافیکی زمانی بوسیله شناسه مشترک و منحصر به فرد برقرار می‌گردد (شکل ۱۰ را ببینید).



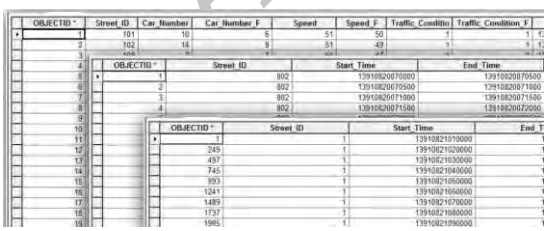
شکل ۱۰- نمونه ای از مدل مفهومی ارتباط بین داده های استاتیک و پویا

ارتباط بین دادهای 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 می دهد.



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.

---

۱ One to One

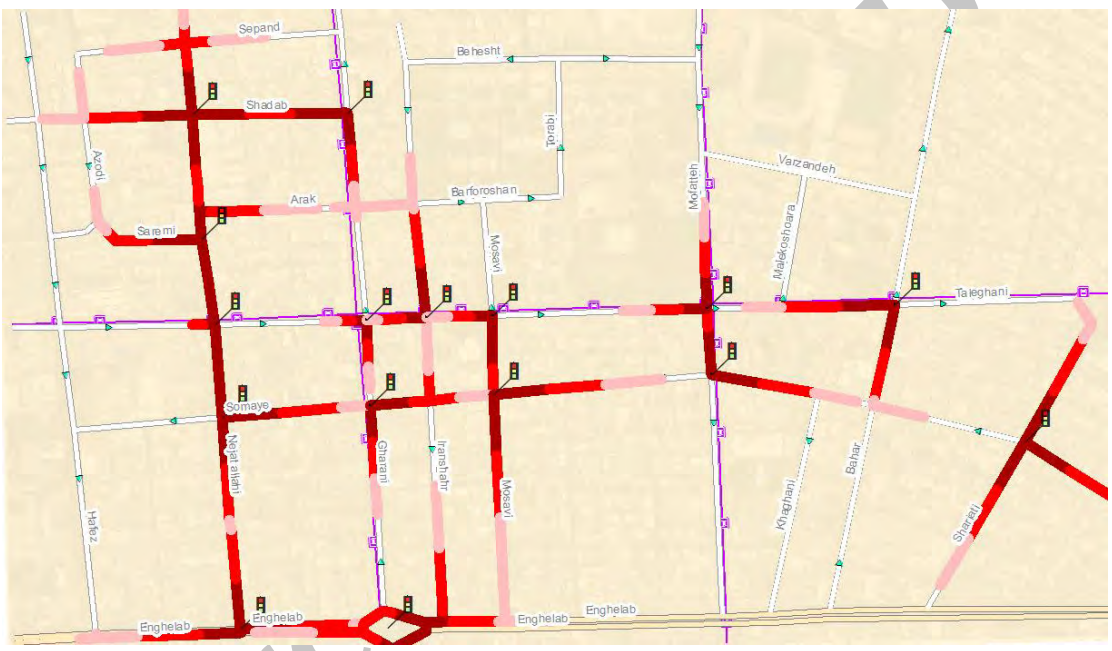
Archive of SID
www.SID.ir

۵-۴- تحلیل های مکانی

در این تحقیق برای گروه بندی چراغ های 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.

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.

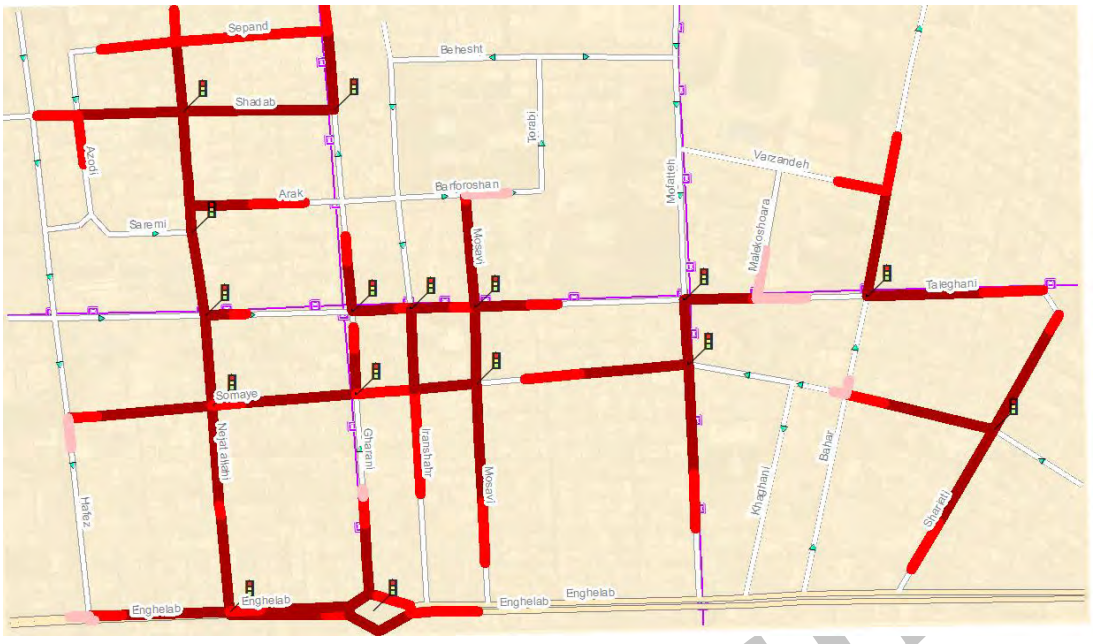


شکل ۱۳- پوشش زمانی قبل از چراغ ، در ۱۰ (قرمز تیره) ، ۲۰ (قرمز) و ۳۰ (قرمز روشن) ثانیه در شرایط ترافیک (۴) (خیلی سنگین)

سطح پوشش چراغ‌ها ، این مطلب را بیان می‌کند که هر چه حجم ترافیک افزایش یابد ، زمان سفر بین تقاطع-های 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

www.SID.ir



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

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[1] 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 بااستفاده 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[2] 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 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

[1] Closest Facility
[2] Buffer

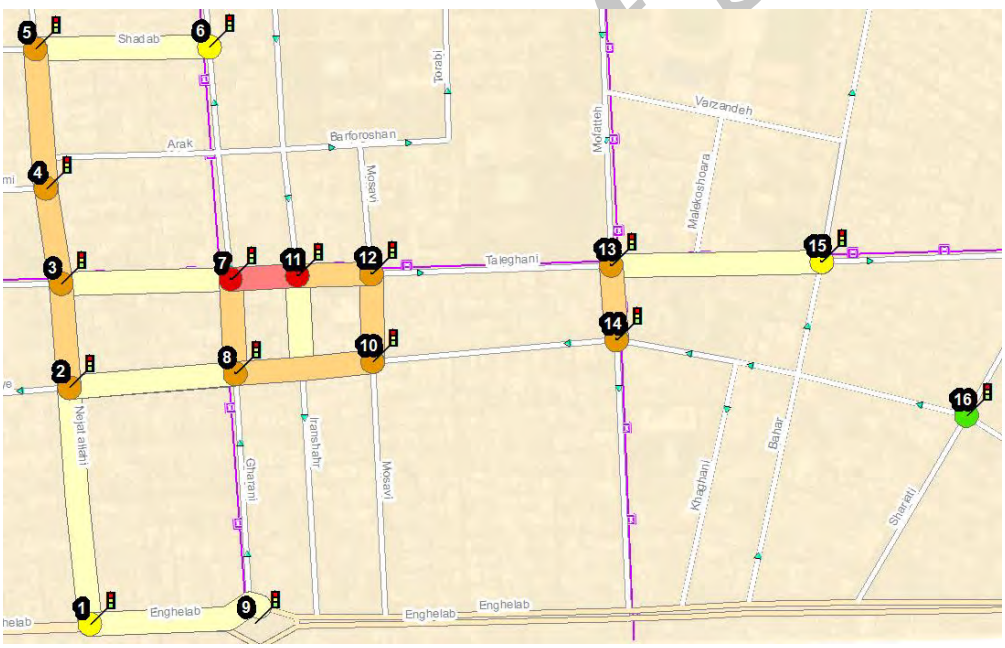
Archive of SID
www.SID.ir

حالت زمان‌بندی چراغ‌های موجود در تقاطع منفرد و تعیین طول سیکل و فاز آن‌ها ، بر اساس حجم ترافیک موجود در مسیرهای منتهی به تقاطع محاسبه می‌شود. 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 می‌باشد که علت آن به طور کلی ، افزایش تاخیر در مسیرهای دیگر می‌باشد.

۵-۵-۲- شبکه

کنترل و زمان‌بندی چراغ‌های تقاطع‌های هم جوار به صورت شبکه ،بدین منظور انجام می‌گیرد تا فاز های سبز در تقاطع‌ها 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 لحظه‌ای امکان‌پذیر 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 می‌شود.

در این تحقیق پردازش تاریخچه ترافیک در دو حالت کلی و جزئی مورد بررسی قرار گرفته است. در حالت کلی ، شرایط ترافیکی بزرگراه‌ها و خیابان‌های اصلی به صورت جداول داده‌های 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 میانگین‌گیری از آن‌ها ، رفتار و شرایط ترافیکی میانگین در ساعت‌های مختلف روز تعیین شده و در پایگاه داده ذخیره شده‌اند.



شکل ۱۵- نتایج گروه‌بندی چراغ‌ها

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 شده‌اند. برای ایجاد ارتباط بین جدول تاریخچه ترافیک با مسیرها ، از ارتباط یک به چند[1] استفاده شده است (شکل ۱۶ را ببینید).

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

[1] Many to One

www.SID.ir

سپس با استفاده از نمودار موج ترافیک ، موج‌های ترافیک و ساعت‌های به وجود آمدن آن بر اساس رفتار ترافیکی میانگین مشخص می‌گردد.

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 خیابان‌های آیت‌الله طالقانی (حد فاصل خیابان حافظ تا بهار) ، شهید قرنی (حد فاصل میدان فردوسی تا خیابان شاداب) و شهید مفتح (حد فاصل خیابان بهشت تا خیابان انقلاب) ، نتایج زیر در بازه زمانی ۲ ساعت ، حاصل گردید. موج‌های ترافیک در بخشی از منطقه مورد مطالعه در شکل ۱۷ نشان داده شده‌اند.

نمودار موج ترافیک خیابان آیت الله طالقانی نشان می دهد که موج ترافیکی از ساعت ۷:۱۵ الی ۸:۵۰ در این مسیر شکل می‌گیرد که زمان اوج آن بین ۷:۴۰ الی ۸:۲۰ می‌باشد و نوع آن (به صورت غالب) از نوع پخش شونده می‌باشد. این موج در تقاطع‌های بین بخش ۸۰۳ و ۸۰۴ (تقاطع طالقانی و قرنی) و بخش ۸۰۶ و ۸۰۷ (تقاطع طالقانی و مفتح) در مسیر های مختلف پخش می‌شود.

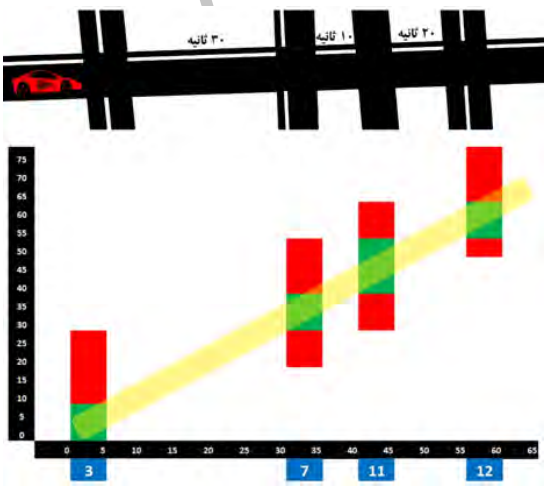
نمودار موج ترافیک خیابان شهید قرنی نشان می دهد که موج ترافیکی از ساعت ۷:۳۵ الی ۸:۳۵ در این مسیر شکل می‌گیرد که زمان اوج آن ۷:۵۰ الی ۸:۰۵ می‌باشد و نوع آن (به صورت غالب) از نوع انتقالی می‌باشد.

شکل ۱۷- نمودارهای موج ترافیک خیابان‌های شهید قرنی ، آیت‌الله طالقانی و شهید مفتح (از بالا به پایین)

۵-۵-۳- هماهنگ‌سازی سیکل‌ها و فازها

هماهنگ سازی هر دسته از چراغ‌های راهنمایی با هدف ایجاد موج‌های سبز هم راستا با موج‌های ترافیک انجام می‌گیرد 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 چراغ‌های (۳) ، (۷) ، (۱۱) و (۱۲) در یک دسته و چراغ‌های (۱۳) و (۱۵) به علت فاصله زیادی که دارند ، در دسته دیگر قرار گرفته‌اند. برای هماهنگ‌سازی چراغ‌ها 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. همان‌گونه 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 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 تقاطع‌های (۱۱) و (۱۲) نیز در زمان‌های ۴۰ و ۶۰ شروع گردند تا در مجموع خودروی فرضی با حداقل تاخیر در مسیر حرکت کند.



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

Archive of SID
www.SID.ir

از آنجایی که طول سیکل‌ها و فازها و نیز فاصله زمانی بین تقاطع‌ها دارای مقادیر مختلفی می‌باشند ، لذا رعایت موارد بالا در تمامی مسیرها به علت تداخل‌هایی که به وجود می‌آید ، امکان‌پذیر نمی‌باشد. بنابراین ، حالت میانگین را برای آن‌ها در نظر می گیریم تا در مجموع مقدار تاخیرها کاهش یابد ولی به دلیل آنکه در این تقاطع‌ها ، مسیرهایی وجود دارند که از حجم ترافیک و درجه اهمیت بیشتری برخوردار هستند لذا حالت میانگین را باید به آن‌ها نزدیکتر در نظر گرفت.

در محدوده مورد مطالعه ، به دلیل اینکه موج‌های ترافیکی در خیابان‌های آیت الله طالقانی و شهید قرنی به ترتیب از غرب به شرق و جنوب به شمال در جریان‌هستند لذا حالت میانگین برای تقاطع‌های موجود در این دسته ، باید به نحوی تعیین گردد که در آن بیشتر توجه مربوط به چراغ‌هایی باشد که ترافیک را از غرب به شرق (برای خیابان آیت الله طالقانی) و جنوب به شمال (برای خیابان شهید قرنی) هدایت می‌کنند.

۶- خلاصه و نتیجه گیری

همانطوری‌که در بخش‌های قبل این تحقیق توضیح داده شد پدیده های ترافیکی دارای خصوصیت مکانی-زمانی می‌باشند. 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 مدلهای خارجی، مفهومی، منطقی و فیزیکی طراحی و پیاده سازی شد و داده‌های ترافیکی زمانی شامل خودروهای خروجی ، خودروهای ورودی و نیز سرعت حرکت آن‌ها 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- نتایج تحقیق

اسکیمایی برای پایگاه داده مکانی-زمانی مورد استفاده در این تحقیق طراحی و پیاده سازی گردید. داده‌های ترافیکی لحظه‌ای می تواند به این پایگاه داده وارد شده ، پردازش شده و تغییرات به وجود آمده در هر لحظه جدید ثبت گردد.

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

بر مبنای اطلاعات بدست آمده از این تحقیق ، ساعت-های شکل‌گیری ، جهت‌های موج‌های ترافیک و مسیرهای پر تردد بر اساس رفتار ترافیک میانگین تعین می‌گردد. سپس بر مبنای آن چراغ‌ها در تقاطع‌های مجاور به نحوی هماهنگ گردیده که بیشترین فاز سبز به مسیرهای پرتردد و دارای موج ترافیک اختصاص یابد تا این جریان-های ترافیکی با حداقل تاخیر از مسیرها عبور کنند.

برای ارزیابی، نتایج زمان بندی چراغهای راهنمایی واقع در تقاطع های خیابان آیت الله طالقانی که نتایج آن در بخش ۵-۵-۳ 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 تحقیق‌های آتی

برای ارائه موضوعات تحقیقات آتی در راستای این تحقیق ، می‌توان موارد زیر راپیشنهاد کرد:

- مدلسازی داده‌های ترافیکی زمانی بر اساس مدلهای شی گرا

با توجه به اینکه مدلسازی این تحقیق به صورت مدل رابطه ای می‌باشد ، بررسی روش ارائه شده در این تحقیق می‌تواند در مدل‌های شی گرا نیز انجام گیرد.

- تعیین طول فاز و سیکل بر مبنای داده‌های 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 می‌تواند موضوع پیشنهادی برای ادامه تحقیق محسوب گردد.

www.SID.ir
Archive of SID

مراجع

[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. ، نادی ، س. ، ۱۳۸۲ ، مدل‌سازی 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 زرندی. ۱۳۸۹. "توسعه روشی جهت کاهش تاخیر و بهبود سطح سرویس تقاطع های 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 تقاطع های با چراغ راهنمایی". فصل نامه علمی-پژوهشی شریف، شماره ۳۳، صفحه ۳۱-۳۶

Archive of SID

www.SID.ir