

مدیریت نگهداری و تعمیرات تجهیزات ترافیک شهری

سید هادی باقری یزدی *

سید امیر رضا ابطحی **

چکیده

سیستم حمل و نقل یکی از بزرگترین، مهم‌ترین و حساس‌ترین سیستم‌های دولتی در تمامی کشورهای جهان می‌باشد. مدیریت و بهره‌وری این سیستم بسیار پرهزینه است و به دلیل ارتباط مستقیمی که میان آن و توده عظیم مردمی وجود دارد، از حساسیت فوق‌العاده‌ای برخوردار می‌باشد. بنابراین یکی از دغدغه‌های اساسی تمامی متخصصان امور حمل و نقل استفاده از یک روش بهینه برای کاهش هزینه‌های سخت‌افزاری و هزینه‌های نیروی انسانی، با توجه به حساسیت‌های ایمنی، کیفیت و ... در این سیستم می‌باشد. ایجاد یک سیستم اطلاعاتی استاندارد و با سازماندهی مشخص حاوی نوع، محل، مختصات، وضعیت فیزیکی و نیازهای نگهداری و تعمیراتی تجهیزات ترافیکی یکی از گام‌های پر اهمیت در مدیریت سیستم حمل و نقل جاده‌ای جهت ارتقا ضریب ایمنی و بهینه‌سازی هزینه نگهداری و تعمیرات می‌باشد.

* کارشناسی ارشد مهندسی عمران برنامه‌ریزی حمل و نقل، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

** مدرس دانشگاه، کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران

این مقاله یک روش علمی را که ترکیبی از یک مدل نگهداری و تعمیرات با مدل‌های ریاضی می‌باشد، ارائه می‌دهد. برای تعیین درجه اهمیت تابلوهای ترافیکی، محل و مختصات و نوع خرابی هر کدام از آن‌ها به عنوان تجهیزات ترافیک شهری راهکارهایی ارائه شده است. سپس یک بانک اطلاعاتی مناسب از لحاظ نوع و روابط میان داده‌های موجود و همینطور ساختار گزارش‌های مختلفی که می‌توان از آن دریافت نمود، ارائه شده است. نتایج این تحقیق، متصدیان نگهداری و تعمیرات را در شناسایی زمان و نیازهای نگهداری و تعمیرات تجهیزات ترافیکی مورد نظر، یاری می‌نمایند.

واژگان کلیدی:

مدیریت نگهداری و تعمیرات^۱، تجهیزات ترافیک شهری، نقشه‌برداری سیار^۲، سیستم اطلاعات جغرافیایی^۳، سیستم مختصات جغرافیایی^۴

مقدمه

وجود یک سیستم جامع و فراگیر برای مدیریت تجهیزات ترافیک شهری در جهت انسجام بخشیدن و بهینه‌سازی هزینه‌های سخت‌افزاری و انسانی مربوطه ضروری می‌باشد. عدم ثبت اطلاعات پیشین در سیستم پیاده سازی نگهداری و تعمیرات تجهیزات ترافیک شهری و همینطور گستردگی و پراکندگی آن‌ها در سطح شهر و جاده‌ها یکی از معضلات پیش روی ارگان‌های اجرایی در خدمات شهری است. در سطح شهرها و راه‌ها تمامی ارگان‌ها برای افزایش طول عمر مفید این تجهیزات و بالا بردن سطح اطلاعات از وضعیت موجود آن‌ها و همینطور شناسایی کاستی‌های موجود نیازمند به استفاده از یک بانک اطلاعاتی کامل و استاندارد از تجهیزات ترافیک شهری می‌باشند.

با استفاده از نرم‌افزارهای بانک اطلاعاتی و امکانات کامپیوتری می‌توان نسبت به ایجاد پایگاه داده‌ای ذکر شده اقدام نموده و از ترکیب آن با یک سیستم جامع اطلاعات جغرافیایی، نتایج مناسبی بدست آورد. البته به دلیل حجم وسیع اطلاعاتی که باید در این سیستم ذخیره و بازیابی شوند و هزینه‌های بالای تولید این اطلاعات، یک روش بهینه و سریع برای گردآوری، ورود و خروج داده‌ها مورد نیاز می‌باشد.

1 - Maintenance management
2 - Mobile mapping
3 - Geographical Information System- GIS
4 - Geographical Position System- GPS

متغیرهای متعددی در تصمیم‌گیری برای انتخاب نوع داده‌های مورد نیاز جهت جمع‌آوری تأثیر می‌گذارند. از جمله این متغیرها می‌توان به محل و مختصات دقیق قرارگیری تجهیزات مورد نظر در سطح شهر یا راه‌ها، وضعیت فیزیکی تجهیزات از لحاظ سلامت و دقت، قضاوت مهندسی شخص بازرس تجهیزات، میزان و سرعت نیاز برای مثال یک تابلو به عملیات تعمیراتی و ... اشاره نمود.

اهمیت و ضرورت انجام تحقیق

یکی از مهمترین نیازهای سیستم‌های مدیریت حمل و نقل، وجود سامانه اطلاعاتی جامعی است که تجهیزات جاده ای را از لحاظ سطح خدمت رسانی (LOS)^۱ و همینطور از نظر صحت و دقت در هر لحظه مورد رصد قرار دهد. وجود این سیستم علاوه بر کنترل نظم عبور و مرور در سطح جاده ها، ضریب ایمنی سیستم را به شکل شایانی افزایش می‌دهد. (Clares and Roxbergh, 2004:54)

اطلاعات کامل و دقیق از تجهیزات ترافیکی در سطح شهرها و جاده‌های کشور ایران وجود ندارد و نارسایی‌ها و هماهنگی‌ها و همینطور در مواردی خرابی و اشکالات ظاهری این تجهیزات بخصوص تابلوهای ترافیکی امری کاملاً ملموس می‌باشد. در حال حاضر کسب اطلاعات مربوط به تابلوها، وضعیت کلی آن‌ها و تعداد تابلوهای خراب و در دست تعمیر در سطح شهرها و جاده‌های کشور به علت نبود یک سیستم جامع، غیرممکن می‌باشد.

این تحقیق سعی دارد علاوه بر ارائه یک روش بهینه برای گردآوری اطلاعات از تجهیزات ترافیکی از جمله تابلوهای ترافیکی، یک مدل پویا برای نگهداری و تعمیرات ایجاد نماید. ضرورت دیگر انجام این تحقیق اظهار نیاز سازمان حمل و نقل و ترافیک شهر تهران می‌باشد که در سطح وسیعتر می‌تواند نیازهای وزارت راه و ترابری برای جاده‌های کشور را مرتفع سازد.

اهداف تحقیق

هدف اصلی این تحقیق ارائه یک متدولوژی جهت نگهداری و تعمیرات زیرساخت‌های ترافیکی شهری می‌باشد. در جهت تحقق هدف اصلی اهداف فرعی همچون ارائه یک متد کاربردی و مقرون بصرفه جهت جمع‌آوری اطلاعات موجود و ذخیره و بازیابی آن در یک بانک اطلاعاتی، ارائه روشی جهت ایجاد یک تعامل بین بانک اطلاعاتی و محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت نظارت بر سیستم، ارائه یک مدل جهت اعزام کارشناسان از پایگاه‌های موجود برای

تعمیرات بر مبنای سیستم کوتاه ترین مسیر با یک خروج زمانبندی شده و معین، محقق می‌گردند.

پیشینه تحقیق

در سال ۲۰۰۱ در لویزیانا یک پروژه تحقیقاتی بزرگ برای ایجاد و سازماندهی یک سیستم اطلاعاتی جامع برای تجهیزات جاده‌ای و مخصوصاً تابلوهای ترافیکی تعریف شد. در این تحقیق ابتدا سیستم جامع به صورت آزمایشی در یک محله از شهر به اجرا گذاشته شد و پژوهشگران با توجه به اطلاعات بدست آمده سیستم را بهینه کرده و همینطور آن را به کارکنان خود آموزش دادند. پس از اجرای شش ماهه این سیستم در سطح شهر، طبق آمار هزینه‌های نگهداری و تعمیرات ۵۰ درصد کاهش یافت. (Brian and wolson, 2003:56)

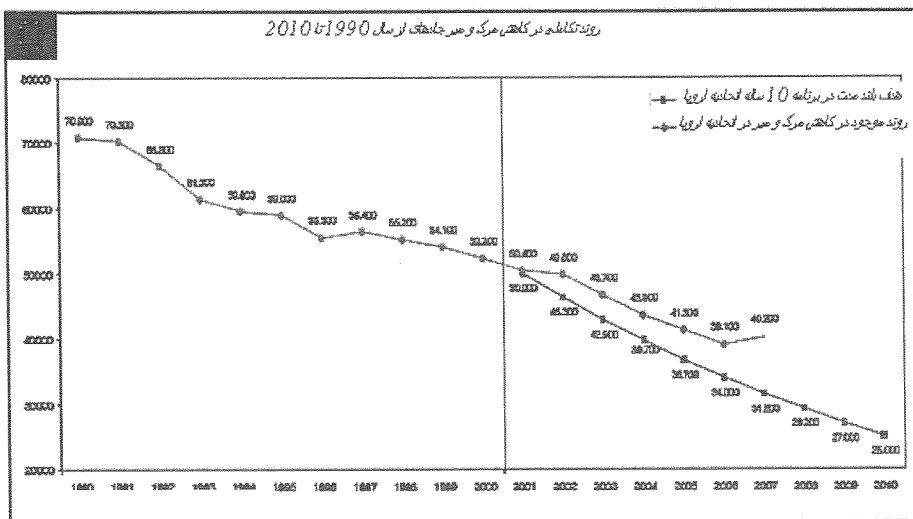
در پروژه دیگری در اوهایو شهر به ۷ محله تقسیم شد. پس از ایجاد سیستم اطلاعاتی جامع از تابلوهای ترافیکی، عمر مفید هر تابلو ۷ سال برآورد و تعیین گردید. استفاده از این سیستم برای برنامه ریزی و مدیریت نگهداری و تعمیرات این تابلوها، نه تنها باعث کاهش بیست درصدی هزینه ها شد، بلکه آمار تصادفات را نیز تحت تأثیر قرار داد. (Goad, 2001:15)

جاده آ ۵۹ به عنوان خطرناک ترین جاده در طول سه سال با ۴۳ کشته و تعداد زخمی های بی شمار مطرح بوده است. براساس تحقیقات عوامل کیفیت تقاطع‌ها، شانه خاکی راه‌ها و همینطور تجهیزات جاده‌ای، از مهمترین عوامل در کاهش تلفات جاده‌ای می‌باشند. این تحقیق نشان می‌دهد که پس از یک سلسله عملیات ایمن‌سازی که یکی از مهمترین بخش‌های آن استفاده از سیستم جامع مدیریت نگهداری و تعمیرات تجهیزات جاده‌ای بوده‌است، کاهش قابل توجهی در میزان تلفات جاده‌ای به‌وجود آمد. (Jakson, 2003:27)

اتحادیه اروپا، کاهش پنجاه درصدی مرگ و میر در سطح جاده‌های کشور را به عنوان یک هدف بلندمدت مصوب کرده‌بود. برای نیل به این هدف کارشناسان مدیریت حمل و نقل یک برنامه ده ساله برای افزایش ضریب ایمنی جاده‌های اتحادیه بر اساس تأثیرگذاری بر عوامل انسانی، وسیله نقلیه و جاده‌ای تدوین کردند. گذشته از عوامل انسانی و وسیله نقلیه که سهم بالایی در بروز تصادفات اعم از عدم قابلیت بالا در تابلوهای ترافیکی، چراغ راهنمایی و رانندگی، خط‌کشی‌های جاده‌ای، کنار گذر خاکی و ... که حاصل عدم وجود یک سیستم جامع مدیریت نگهداری و تعمیرات تجهیزات ترافیکی است، عامل سوم یعنی عامل جاده‌ای در افزایش تلفات می‌باشد. کارشناسان حمل و نقل برای مواجهه با عامل جاده‌ای از یک سیستم جامع مدیریت نگهداری و

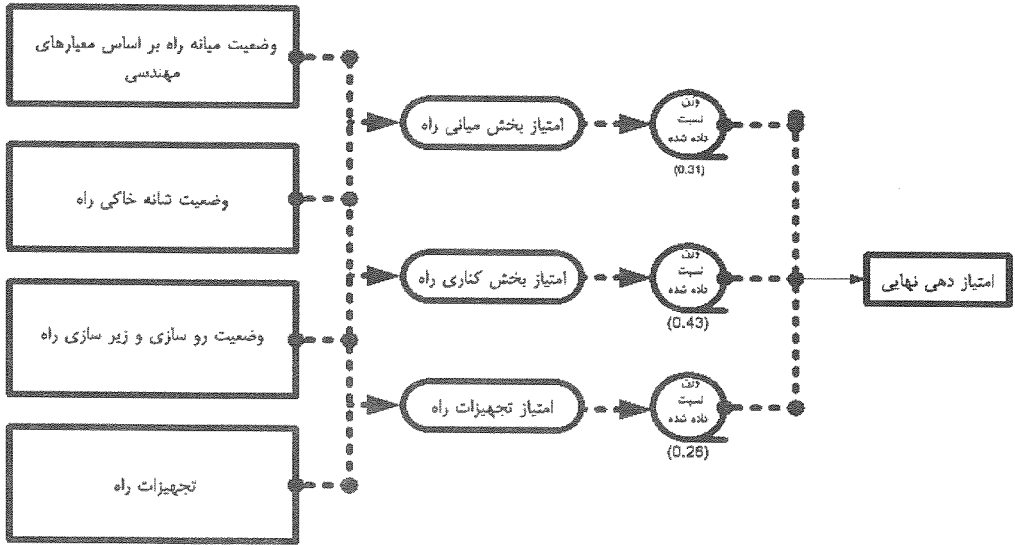
تعمیرات تجهیزات ترافیکی استفاده نمودند که این امر موجب حرکت در جهت اهداف برنامه‌ای طبق شکل شماره ۱ شد. (Clares, 2004: 5)

در طرح دیگری، کشور سوئد با استفاده از تجهیزات دیجیتالی، شروع به جمع‌آوری اطلاعات از تجهیزات جاده‌ای جهت ایجاد یک سیستم جامع مدیریت نگهداری و تعمیرات این تجهیزات برای بهبود سطح خدمات جاده‌ای نمودند. در این طرح تمامی خصوصیات جاده‌ای که در سیستم جامع مدیریت نگهداری و تعمیرات تجهیزات ترافیکی حائز اهمیت می‌باشند از جمله تابلوهای ترافیکی، خط‌کشی راه‌ها، گاردریل‌ها، شانه خاکی



شکل ۱- کاهش تلفات جاده‌ای در اتحادیه اروپا در نتیجه مدیریت نگهداری و تعمیرات تجهیزات ترافیکی (Clares, 2004: 6)

راه و ... به عنوان یک بانک اطلاعاتی در طول مسیر جاده ثبت می‌گردد. سپس از یک ماتریس خطر برای محاسبه میزان حادثه‌خیز بودن جاده‌ها بر اساس ترکیبی از سه گزینه تقاطع‌ها، تصادف رو در رو و یا سقوط از جاده وزندهی و استفاده می‌گردد. این وزن‌ها توسط سازمان حمل و نقل سوئد بر اساس دومعیار راندمان بالا وهزینه پایین تعیین شد و نقاط حادثه‌خیز در طول مسیر جاده‌ای بر اساس قضاوت مهندسی، قابلیت پیش‌بینی پیدا کرد. این اطلاعات زیربنایی برای ایجاد سیستم جامع نگهداری و تعمیرات تجهیزات ترافیکی ایجاد کرد. در شکل ۲، یک نمونه از بخش‌بندی کلی اطلاعاتی و اهمیت وزنی هر یک نمایش داده شده است.



شکل ۲- نحوه امتیاز دهی برای تجهیزات ترافیکی (Anderberg and Hanson, 2005: 56)

روش و فرایند انجام تحقیق

مدیریت نگهداری و تعمیرات تجهیزات ترافیکی در قدم اول نیازمند انتخاب یک روش مناسب جهت نحوه اعمال آن می‌باشد. این روش باید شامل روش مناسبی در جهت اهداف مدل نگهداری و تعمیرات برای گردآوری اطلاعات مورد نیاز باشد. در این تحقیق از مدل شاخص عملکرد که بر اساس امتیازدهی به عناصر همگون در فرایند نگهداری و تعمیرات عمل می‌کند، استفاده شده است. ابتدا شاخص‌های مدل از میان عوامل متعدد دخیل در امر مدیریت نگهداری و تعمیرات تجهیزات ترافیکی انتخاب می‌گردد. پس از انتخاب مدل شاخص عملکرد و تعیین شاخص‌های آن، باید روش مناسب برای گردآوری اطلاعات مربوط به هر کدام از شاخص‌ها، تدوین کرد.

پس از تدوین روش گردآوری اطلاعات و ثبت آن در پایگاه داده طراحی شده، متناسب با نیازهای سیستم، متخصصان، نسبت به دریافت اطلاعات لازم جهت انجام وظایف خود در نگهداری و تعمیرات تجهیزات، اقدامات مناسب با وضعیت خاص تجهیزات را انجام دهند.

با توجه به مطالب ذکر شده، برای انجام این تحقیق مراحل زیر اجرایی شده است:

۱- پس از جلسات متعدد با خبرگان و مطالعه منابع کتابخانه‌ای شاخص‌های زیر تعیین شدند:

- اطلاعات کلی از تابلو
- اطلاعات مکانی تابلو
- اطلاعات فیزیکی و کیفیتی تابلو
- اولویت بندی^۱ (P)
- اهمیت تجهیزات^۲ (A_i)
- برنامه زمانی تعمیرات دوره‌ای^۳ (T_i)
- نیاز اضطراری به تعمیر^۴ (En) .

۲- جهت مکانیابی و گردآوری داده‌ها در مورد تابلوهای موجود از محدوده مورد نظر تصویربرداری صورت می‌گیرد. جهت تشخیص تابلوها از تصاویر دو مرحله اصلی زیر قابل انجام است:

الف- تشخیص نوع تابلو

برای تشخیص نوع تابلو از دو شاخص رنگ (قرمز، آبی، سبز، زرد و ...) و همینطور شکل هندسی تابلو (مثلثی، مستطیلی و ...) استفاده می‌شود. در حال حاضر چهار نوع تابلو در سطح جهان وجود دارند که عبارتند از هشدار دهنده^۵، نمایشی^۶، دستوری^۷ و غیر متعارف^۸. تابلوهای هشدار دهنده یک مثلث با زاویه رو به بالا هستند که با یک حاشیه قرمز کادربندی شده‌اند. تابلوهای نمایشی دارای پس زمینه سفید و یا آبی هستند که دارای شکل دایره‌ای می‌باشند و دارای یک حاشیه قرمز می‌باشند. اگر در منطقه ای که کارگاه ساختمانی است باشیم هر دو نوع این تابلو ها دارای پس زمینه زرد رنگ می‌گردد. تابلوهای دستوری دارای پس زمینه آبی رنگ و با شکل دایره است و همچنین تابلوهای غیر متعارف هم معمولا دارای پس زمینه‌ای همانند تابلوهای دستوری هستند. البته دو استثنا وجود دارد :

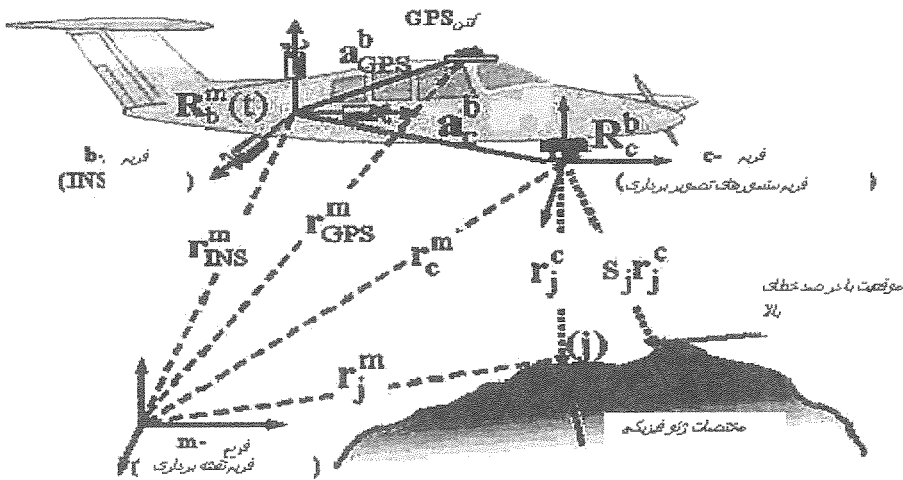
- تابلوهای حق تقدم^۹ که به شکل مثلث واژگون است .
- تابلوهای ایست^{۱۰} ($Gilliéron et al, 2001: 14$)

1 - Priority
 2 - Assets Importance
 3 - Timetable
 4 - Emergency need
 5 - Warning
 6 - Prohibition
 7 - Obligation
 8 - Informative
 9 - Yield sign
 10 - Stop sign

با استفاده از سیستم‌های هوش و مصنوعی و پردازش تصویر می‌توان بدون استفاده از نیروی انسانی از روی تصاویر کلیه تابلوها را شناسایی و مشخص کرد (Aoyagi, Y. and Asakura, 2006:20)

ب- تشخیص محیطی

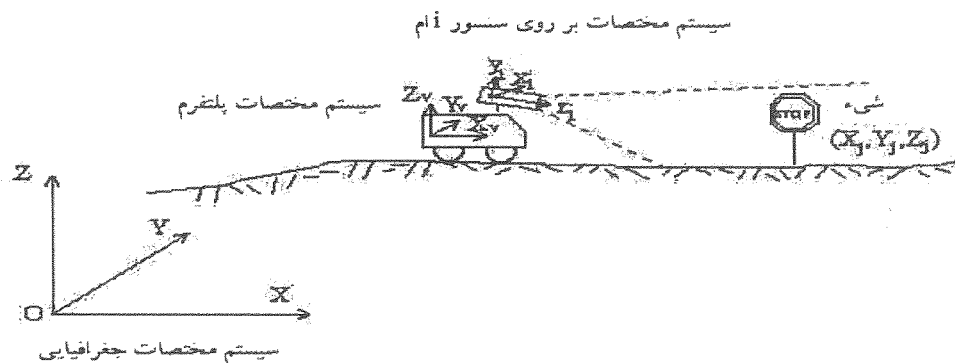
برای تشخیص محیطی و مکانیابی تابلوهای ترافیکی می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده نمود. یکی از این روش‌ها به این صورت است که ابتدا با استفاده از یک ربات که آنرا نقشه بردار سیار^۱ می‌نامند، موقعیت مکانی تجهیزات ثبت می‌شود. از داده‌های گردآوری شده توسط این ربات دو دسته اطلاعات قابل استخراج است. دسته اول اطلاعات مربوط به مختصات فیزیکی و بردار مکانی تابلوها و دسته دوم اطلاعات مربوط به نوع تابلو و وضعیت فیزیکی می‌باشند. شکل ۳ نمونه‌ای از این ربات را نمایش می‌دهد.



شکل ۳- نمونه ای از ربات جمع آوری کننده اطلاعات

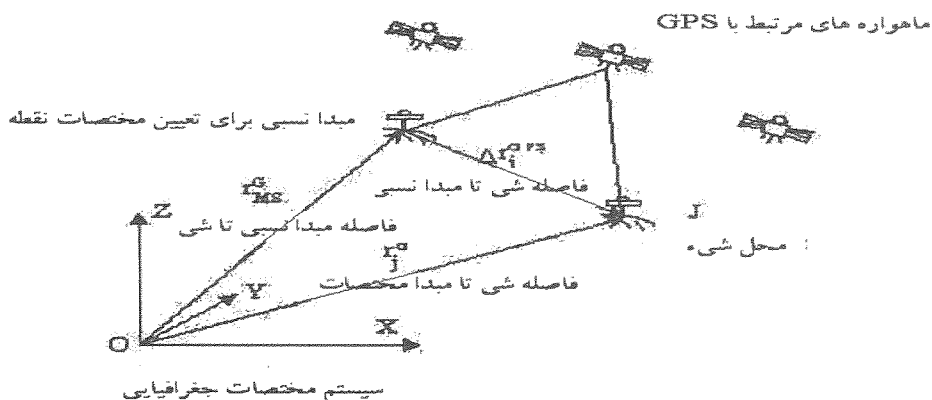
برای تجزیه و تحلیل اطلاعات دسته اول که مربوط به مختصات فیزیکی و بردار مکانی تابلوها می‌باشد، روش کارترین مورد استفاده قرار گرفته است. همانطور که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود با استفاده از GPS مختصات لحظه‌ای نقشه‌بردار سیار بدست می‌آید. نقشه بردار سیار از سه بخش اصلی پلتفرم، دو عدد GPS و دو دستگاه دوربین فیلمبرداری تشکیل شده است. با

استفاده از *GPS* ابتدا مختصات نقطه V بدست آمده، سپس مختصات نقطه‌ای i ، محاسبه می‌گردد.



شکل ۴- مختصات شیء بر اساس دستگاه کارت‌زین

با توجه به بردار قرارگیری دوربین‌ها، زاویه دید و ... مختصات تابلوهای ترافیکی به عنوان خروجی اصلی فرایند محاسبه می‌گردد. شکل ۵ بیانگر تحلیل برداری از موقعیت مکانی شیء بر اساس مختصات نسبی پلتفم و بردار قرارگیری آن می‌باشد.

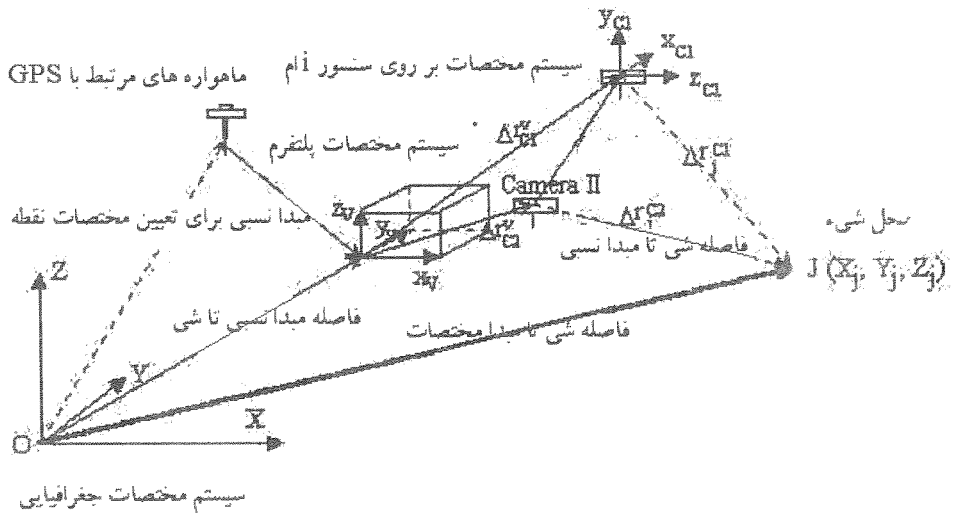


شکل ۵- محاسبه برداری - ریاضی شیء از روی مختصات و راستای مورد نظر

برای محاسبه برداری مختصات شیء طبق شکل ۶ عمل شده است. در این شکل GPS_1 و GPS_2 نمایانگر GPS های نصب شده روی پلتفرم هستند و C_3 و C_4 بیانگر دوربین های نصب شده روی پلتفرم هستند. خط I_1 نشان دهنده جهت حرکت و معادله حرکت در روی پلتفرم قابل است که بر اساس معادله ۱ محاسبه می گردد:

$$direction = \frac{r_1}{|r_1|} = \tan^{-1} \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) = \theta_1 \quad \text{معادله ۱}$$

پس بردار پلتفرم خود را بر اساس مختصات دو GPS ذکر شده می توان تعیین کرد.



شکل ۶ نمای کلی از روند محاسبه برداری مختصات شیء

" θ_1 " زاویه ای است که ما بین دوربین و مختصات فرضی است در حالیکه ما می خواهیم زاویه دوربین های C_1 و C_2 را برآورد کنیم.

$$\theta_2 - \theta_1 = cte \quad \text{معادله ۲}$$

بنابراین موقعیت θ_2 از قرار زیر است:

$$\theta_2 = \theta_1 - cte \quad \text{معادله ۳}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) - cte \quad \text{معادله ۴}$$

برای یافتن مختصات قطعی یک نقطه می‌توان از تقاطع دو راستا استفاده نمود. برای تعیین یک راستا در مختصات کارتزین وجود یک بردار و یک نقطه ضروری است. C_1 و C_2 دو نقطه معلوم در مسأله و θ_1 و

θ_2 دو زاویه مورد نیاز است. از قطع راستای θ_1 و C_1 با راستای θ_2 و C_2 نقطه تصویر تابلوی ترافیکی حاصل می‌گردد. این روند محاسبات منجر به دو معادله ۵ و ۶ می‌شود، که نشان‌دهنده مختصات طول و عرض جغرافیایی تابلو ترافیکی در دستگاه کارتزین جهانی می‌باشد.

$$x \text{ sign} = \frac{y_4 - y_3 + x_3 \tan(\theta_1 - 30) - x_4 \tan(\theta'_1 - 60)}{\tan(\theta_1 - 30) - \tan(\theta'_1 - 60)} \quad \text{معادله ۵}$$

$$y \text{ sign} = \tan(\theta_1 - 30) [x - x_3] + y_3 \quad \text{معادله ۶}$$

که در آن x_3, x_4, y_3, y_4 اعدادی قابل محاسبه بر اساس معادلات محاسبه شده هستند.

جهت کالیبراسیون مدل و معادلات از مسأله برنامه‌ریزی خطی زیر استفاده شد، که در آن R میزان خطای مجاز برای هر GPS می‌باشد.

$$\text{Min } R_0 = R_1 + R_2 \quad \text{معادله ۷- تابع هدف و محدودیت هایش}$$

S . t .

$$\begin{cases} x_{ra} + R_{x_1} = x_{oa} \\ y_{ra} + R_{y_1} = y_{oa} \\ x_{rb} + R_{x_2} = x_{ob} \\ y_{rb} + R_{y_2} = y_{ob} \\ R_{x_1}^2 + R_{y_1}^2 = R_1^2 \\ R_{x_2}^2 + R_{y_2}^2 = R_2^2 \\ R_1, R_2 \leq R \end{cases}$$

محدودیت ها در حالت کلی از قرار فاصله حقیقی بین دو GPS که عدد ثابت l است می باشد پس معادله ای با مشخصات زیر به سیستم اضافه می گردد.

$$(y_{br} - y_{ar})^2 + (x_{br} - x_{ar})^2 = l^2 \quad \text{معادله ۸}$$

و یا بر اساس میزان خطای حاصله در راستای مسیر بدست می آید:

$$\begin{cases} (x_{oa} - x_{ar})^2 + (y_{ao} - y_{ar})^2 \leq R^2 \\ (x_{bo} - x_{br})^2 + (y_{bo} - y_{br})^2 \leq R^2 \end{cases} \quad \text{معادله ۹ و ۱۰}$$

تا اینجا از دسته اول اطلاعات بدست آمده از نقشه بردار سیار، مختصات دقیق تابلو ترافیکی بدست آمد. برای تشخیص وضعیت فیزیکی تابلوها از دسته دوم اطلاعات استفاده می شود که در مرحله بعدی توضیح داده خواهد شد.

۳- از دسته دوم اطلاعات، وضعیت فیزیکی و ظاهری تابلو جهت تعیین نیازهای نگهداری و تعمیراتی آن استخراج می شود. وضعیت فیزیکی و ظاهری تابلو با استفاده از دو دوربین مشخص می شود. این اطلاعات در حالت کلی شامل طول و ابعاد تابلو، نوع پایه، وضعیت فیزیکی پایه، وضعیت صفحه اصلی تابلو و ... می باشند. با توجه به حالات استاندارد که برای وضعیت فیزیکی تعریف می شود و اطلاعات جمع آوری شده از مشخصات فیزیکی تابلو، کارشناسان قادر به تعیین نیازهای نگهداری و تعمیراتی آن می باشند. حال، با توجه به اطلاعات جمع آوری شده، ابتدا می توان یکی از وزن های مؤثر در مدل شاخص عملکرد یعنی، مکان قرارگیری تابلو ترافیکی را بدست آورد که در جدول ۱ نمایش داده شده است.

وزن	انواع راه ها
۱۰	اتوبان های بحرانی
۷	راه های شریانی
۳	راه های جمع کننده
۱	راه های محلی

جدول ۱- وزن دهی بر اساس مکان قرار گیری با استفاده از نظر خبرگان

در مرحله بعد با استفاده از نوع تابلو و وزندهی‌های تعریف شده می‌توان درجه اهمیت تابلوهای ترافیکی که یکی دیگر از وزن‌های دیگر مؤثر در مدل شاخص عملکرد می‌باشد را تعیین نمود.

وزن	نوع تابلو
۱۰	دستوری
۷	هشداردهنده
۵	نمایشی
۳	جهت نما
۱	غیر متعارف

جدول ۲- وزن دهی بر اساس نوع تابلو با استفاده از نظر خبرگان

برای تعیین وضعیت فیزیکی، عوامل مهمی از قبیل سطح تابلو، پایه تابلو، وضعیت دید تابلو در شب مهم است. به عنوان مثال برای وضعیت صفحه تابلو می‌توان پنج حالت واضح، کمی کثیف، نسبتاً قابل قبول، کثیف ولی قابل رؤیت و خراب و مخدوش را فرض نمود. پس از تعیین این اطلاعات و اطلاعات دیگری که ممکن است در تحقیقات مشابه بدست آیند، می‌توان شاخص عملکرد را بر اساس مدل خطی پیشنهاد شده توسط کارشناسان با معادله ۱۱ بدست آورد.

$$P = A_i * T_i * E_{ii}$$

معادله ۱۱

که در آن A_i درجه اهمیت، T_i عدد مربوط به جدول زمانی تعمیرات دوره‌ای و E_{ii} بیانگر نیاز اضطراری به تعمیر تابلو می‌باشد که به صورت ضریب به فرمول اعمال می‌گردد. مراحل مختلف ذکر شده، در نرم افزار به صورت شکل ۷ می‌باشد.

The screenshot shows a software window titled "UserForm1" with a close button in the top right corner. The main title of the form is "بانک اطلاعاتی از تابلوهای ترافیکی شهر تهران ناحیه ۵" (Traffic Sign Database of Tehran City, District 5). The form is divided into several sections:

- مرحله سوم** (Stage 3) is displayed in the top right.
- Fields for "موقعیت مکانی تابلو" (Sign Location) include "شهر یا اصلی" (City or Main) and "نوع تابلو" (Sign Type).
- Fields for "وضعیت فیزیکی" (Physical Status) include "هشدار دهنده" (Warning) and "عالی" (High).
- Fields for "شاخص عملکرد تابلو PI" (Sign Performance Index PI) include "مختصات X" (Coordinates X) with value 158.754, "مختصات Y" (Coordinates Y) with value 147.541, "ID تابلو" (Sign ID) with value "R 1-1", and a "PI" value of "2*4*3".
- A section titled "اطلاعات ویژه" (Special Information) contains a logo (a stylized 'R' in a circle) and a table with columns "ردیف" (Row) and "مقدار" (Value).

شکل ۷. یک نمونه از فرم های جمع آوری اطلاعات تخصصی تابلوها بر اساس نظر خبرگان

فرض می شود تعدادی PI کوچکتر از حد استاندارد یافت شده است. در مرحله بعد باید مسیربهینه برای بیشینه افزایش در PI کل رابدست آورد یعنی مسیری که بیشترین افزایش را در پیاده سازی و یا تعمیر نمایان کند و در عین حال دارای مطلوبیت از جهت کوتاهترین مسیر نیز باشد. که این بخش از مسئله نیازمند یک روش بهینه برای کاهش هزینه یا کوتاهترین مسیر بود و در این تحقیق در بخش پیشنهادات به آن اشاره خواهد شد.

با تهیه این سیستم علاوه بر جمع آوری اطلاعاتی بسیار حیاتی که علاوه بر سیستم مدیریت و نگهداری قابلیت های بالایی دارد می توان این امر را مورد نظر گرفت که هزینه این پروژه پس از هزینه اولیه بسیار کاهش می یابد و تنها هزینه فیلمبرداری و ... است در حالیکه در سناریوی اول و دوم وجود اپرا تور و عدم تطبیق سریع و بروز رسانی بالا در اطلاعات باعث دقت غیر قابل قبول در سطح عملیات است که غیر منطقی و غیر عادی است.

با توجه به درخواست سازمان حمل و نقل ترافیک تهران، مدل این تحقیق در بخشی از شبکه بزرگراهی شهر تهران پیاده سازی شد. در مجموع از تعداد ۳۶۴۶ تابلو یی جمع آوری اطلاعات صورت گرفته پذیرفت. که نتایج در جداول ۳ و ۴ منعکس شده است.

تعداد تابلو ها	طبقه بندی MUTCD
۴۹۴	تابلو های هشدار دهنده
۵۶۶	تابلو های تنظیمی
۱۰۰۱	تابلو های هدفمند

جدول ۳- اطلاعات جمع آوری شده در فرم ها بر اساس طبقه بندی MUTCD

در مورد موقعیت مکانی چند نکته حائز اهمیت و توجه است :

در این حالت دقت ثبت اطلاعات بسیار بیشتر از حالت دستی است زیرا در طول کل مسیر ثبت اطلاعات تنها کارشناسان از طریق ورودی های مشخص شده در قالب یک *Combo Box* فقط شروع انتخاب نوع تابلو و نوع خرابی و مکانی قرار گیری آن می کنند که باعث می شود کمترین تاثیر را در روند ثبت اطلاعات داشته باشند .

در تمامی حالات خرابی عکس هایی از تابلو ثبت شده و در دسترس است که به همراه گروه تعمیر و یا پیاده سازی به محل فرستاده می شود و پس از تطبیق عکس با نمونه نتیجه گیری و پروسه تعمیر و یا احداث آغاز می شود .

تعداد تابلو	نوع خرابی
۳۹۴	خراشیده شده
۳۴	پوسیده شده و خراشیده شده
۱۲۰	پوسیده شده
۲۵۲	خم شده
۵۳	خم شده و خراشیده شده
۶	خم شده و پوسیده شده و خراشیده شده
۵۳	خم شده و خراشیده شده
۶	خم شده و پوسیده شده و خراشیده شده
۲۳	افتاده و یا غیره قابل تعمیر

جدول ۴- تقسیم بندی از نظر نوع خرابی

نتیجه‌گیری

در فصل جدید باز شده در این عرصه و با توجه به پتانسیل‌های موجود در کشور ایران از لحاظ نرم افزاری قابلیت برای اجرای متدولوژی مطرح شده وجود دارد که البته پس از بررسی و صرف هزینه لازم قابل پیگیری و اجراست و البته نیازمند یک گروه مجرب و با سابقه برای پیگیری طراحی و پیاده سازی یک سازمان همگون و پایدار است که با توجه به اطلاعات جامع و بروز بتوان بهترین بهره‌وری را با کمترین هزینه منطقی پوشش داد و ضریب ایمنی را در سطح جاده‌های کشور افزایش داد.

با تهیه این سیستم علاوه بر جمع‌آوری اطلاعاتی بسیار حیاتی که علاوه بر سیستم مدیریت و نگهداری قابلیت‌های بالایی دارد می‌توان این امر را مورد نظر گرفت که هزینه این پروژه پس از هزینه اولیه بسیار کاهش می‌یابد و تنها هزینه فیلمبرداری و ... است در حالیکه در سناریوی اول و دوم وجود اپرا تور و عدم تطبیق سریع و بروز رسانی بالا در اطلاعات باعث دقت غیر قابل قبول در سطح عملیات است که غیر منطقی و غیر عادی است.

تاکید در این تحقیق بیشتر بر روی روش جمع‌آوری اطلاعات و پردازش اطلاعات و ذخیره سازی اطلاعات در بانک اطلاعاتی بوده است. بنابراین بحث در این مرحله بر روی کیفیت و نوع اطلاعات جمع‌آوری شده است که شامل استفاده از قابل شمارش بودن و تاثیر گذارترین اطلاعات است.

پیشنهادها

الف- پیشنهادهای بر آمده از تحقیق:

- ۱- در این تحقیق روش مختصاتی بجای روش سینماتیکی برای حل این معضل مورد استفاده قرار گرفته است و پیشنهاد می‌گردد که ضمن بررسی دقیق جواب هر دو موتور محاسبه گر راه حل‌های دیگری برای کالیبره کردن این اطلاعات برداشتی بکار گرفته شود.
- ۲- در این تحقیق مجموعه‌ای از جواب‌ها با استفاده از روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری بدست آمده است. در این گروه داده‌ها معیار‌هایی از قبیل میزان ریسک و شاخص عملکرد و یا زمان مینیمم و یا ترکیبی از اینها قابل تحلیل و بررسی است.
- ۳- استفاده از روش پردازش تصاویر و استفاده از هوش مصنوعی برای کاهش نقش کاربر انسانی و افزایش دقت یکی دیگر از پیشنهادات می‌باشد.

ب- پیشنهادهای محقق:

۱- بررسی چندین روش بهینه سازی برای یافتن کوتاهترین مسیر در جهت رسیدن به تجهیزاتی که نیاز به تعمیر دارند. این موضوع باعث کاهش هزینه و همینطور زمان دسترسی به تجهیزات خراب می‌شود.

بررسی روش های الگوریتم ژنتیک بخصوص در فروشنده دوره گرد که دارای تشابه چشمگیری با خروجی های این تحقیق می باشد و توصیه می شود تا این روش ها را بر روی این خروجی ها پیاده سازی شوند تا سیستم نظارتی و مدیریتی با استفاده از یک قالب مشترک به تحلیل پروسه پیشرفت پردازند .

۲- یافتن یک نرخ از انواع خرابی ها و تعیین موجودی انبار که به بالا بردن سطح خدمات کمک شایانی می‌نماید.

۳- تعیین تعداد نیروی انسانی مورد نیاز و تخصص‌های بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق به افزایش سطح خدمات منجر می‌گردد.

منابع و مأخذ

- 1- Aoyagi, Y. and Asakura, T. (2006) "A Study on Traffic Sign Recognition in Scene Image Using Genetic Algorithms and Neural Networks". Proc. 22nd IEEE Int. Conf. Industrial Electronics, Control, and Instrumentation, Taipei, Taiwan, August.
- 2- Anderberg, L. and Hanson, B. (2005) "Road Accident Prone Prediction". Swedish national road association magazine, no 69.
- 3- Arnoul, P., Viala, M., Guerin, J. and Mergy, M(1996). "Traffic signs localization for highways inventory from a video camera on board a moving collection van. Proc. '96 IEEE Intelligent Vehicles Symp"., Tokyo, Japan, September.
- 4- Brian,wolson(2003 September)"Louisiana traffic sign inventory and management system"LTRC Project no.01-ISS
Clares,Roxbergh(2004)"What can we do to maximize road safety" of Swedish conference
- 5- *Gilliéron, P.-Y., Skaloud, J., Levet, Y., Merminod, B., (2001). "Amobile mapping system for automating road data capture in real time". 5th Conference on Optical 3D MeasurementTechniques
- 6- Goad, C. C., (2001). "The Ohio state university mapping system: the positioning component". Proceedings of the 47th Annual Meeting. The Institute of Navigation (ION). June 10-12.
- 7- Grejner-Brzezinska, A., (2001) "Direct Sensor Orientation in Airborne and Land-based Mapping"Applications, Report n° 461, Department of Civil and Environmental Engineering and Geodetic Science, Universidade de Ohio.
- 8- Hansma, Paul K.(1996)." View Camera Focusing in Practice. Photo Techniques" : Dover Publications
- 9- H.Gontran& J. Skaloud(2001)"A mobile mapping system for road data captured", Geodetic engineering magazine.vol 12
- 10- Jackson (2006) "EU road accidents databases": Dover Publications
- 11- Schwarz,k Martell , h (1993)" A mobile highway survey system of high accuracy". Information Systems Conference . October 12-15
- 12- Sérgio R. MADEIRA, Luísa C. BASTOS(2001), "Automatic traffic signs inventory using mobile mapping system" : Dover Publications