

چراغ راهنمای هوشمند

امین‌اله مه‌آبادی

دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

چکیده

در این مقاله مدلی نو برای یک سیستم ویدیویی خودکار محاسبه‌گر حجم تردد خودروهای عبوری^۱ جهت زمان‌بندی و کنترل هوشمند چراغ راهنمایی^۲ ارائه شده است. ضمن محاسبه حجم ترافیک براساس خودروها و به تفکیک لاین‌ها، تردد چهارراه را زمان‌بندی می‌کند. به پارامتر انتظار اجتماعی راننده به عنوان زمان پیش‌فرض توجه دارد. در مقابل ازدحام، سایه‌ها، تغییرات محیطی و تغییرات آرام نور محیط مقاوم و تاحدودی تغییرات ناگهانی را تحمل کرده و به شعاع پوشش دوربین وابستگی ندارد. سایه و خطاهای موجود را جهت افزایش دقت، از تصاویر حذف می‌کند و نیازمند به تشخیص و تفکیک خودرو نیست. دارای دقت بالای تشخیص حجم خودروها، حذف سایه خودرو و تشخیص خودرو بصورت مجزا با روش جدیدی است. سیستم ۱۰ فریم در ۱ ثانیه برای هر دوربین را پردازش می‌کند و با افزایش فریم‌ها نتایج تشخیص بهبود می‌یابد. به دلیل تناسب سرعت خودروها با سرعت حرکت در چهارراه، سیستم بلادرنگ^۳ عمل می‌کند.

کلمات کلیدی: مدل چهارراه، چراغ راهنمایی هوشمند، حمل و نقل هوشمند^۴، بخش‌بندی تصویر^۵، فرکانس دایره‌ای^۶، شبکه پتری.

۱- مقدمه

این روش زیاد قابل اطمینان نیست و در کف جاده نصب می‌شود. تغییر لاین خودرو را نمی‌فهمد. در عبور دو خودرو در یک تقاطع به اشتباه یکی را از قلم می‌اندازد، مشکل توان مصرفی و شعاع کم پوشش دارد. امکان ایجاد چهارراه مجازی و قدرت تحلیل را ندارد و بیشتر برای جریان ترافیک بکار می‌رود. محدودیت زمانی ثبت در ثانیه را دارد [۶].

استفاده از حلقه‌های مغناطیسی، سنسورهای فشار، امواج ماوراء صوت و دوربین‌های ویدیویی در بسیاری از کشورها مرسوم هستند. در این میان بررسی تصاویر ویدیویی از خطا می‌کاهد و نتایج حاصل را دقیق‌تر می‌کند. از تصاویر می‌توان بعنوان اسناد مهم برای استنتاج‌های دیگر استفاده کرد که طبیعتاً ترکیب سیستم‌های مختلف دقت در محاسبه پارامترها و نتایج را افزایش می‌دهد [۷، ۱۰].

سیستم خودکار کنترل ترافیک ویدیویی نسبت به سیستم‌های دیگر امتیازات بسیاری دارد. اولاً دوربین با شعاع دید وسیعتر پارامترهای بیشتری (مانند طبقه بندی نوع خودرو، تعداد خودروها، حجم ترافیک و غیره) را بررسی و ارائه می‌دهد. ثانیاً، نصب دوربین‌های ویدیویی^۷ بسیار آسانتر و کم هزینه‌تر از حلقه‌های مغناطیسی^۸ و مانند آن است [۱۱]. ثالثاً، دیدگسترده دوربین می‌تواند جایگزین

سیستم‌های حمل و نقل هوشمند در دنیای آینده مسیر اصلی توسعه مدیریت ترافیک هستند. این سیستم‌ها به زیرساخت هوشمند و خودروهای هوشمند تقسیم می‌گردند. در این ساختار، سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک از بخش‌های کلیدی آن هستند. سیستم‌هایی که علاوه بر فعالیت اصلی خود بتوانند پارامترهای مربوط به حرکت خودروها را نیز ارائه دهند [۱]. این پارامترها می‌توانند تشخیص حجم ترافیک، نوع خودروها، تعداد خودروها، سرعت خودروها، تخلفات رانندگی، حوادث رانندگی و مانند آن باشند [۲]. به علت وجود تفاوت در پارامترهای مورد نظر، روشهای متفاوت مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳، ۴]. یک روش، استفاده از نیروی انسانی مشاهده‌گر جهت جمع‌آوری اطلاعات و استنتاج پارامترهای مورد نظر اطلاعات بدست آمده است که در آن ابزارهای فیزیکی نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند [۵].

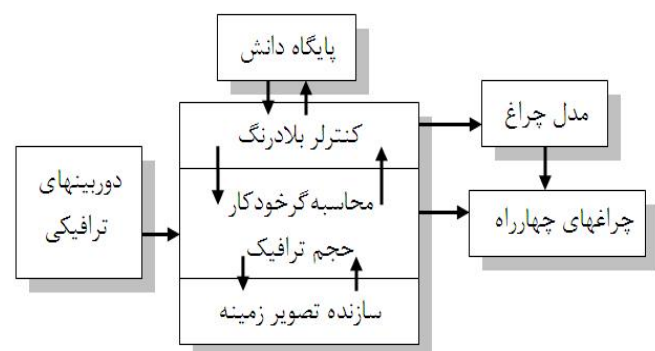
روشی که فعلاً بیشترین استفاده را در شمارش تعداد اتومبیل‌ها و تخمین سرعت آن‌ها دارد، استفاده از حلقه‌های مغناطیسی نصب شده کف خیابان است.

فاز، توالی فازها و پشتیبانی از وقفه‌های ترافیکی تولیدی کنترلر بلادرنگ (مانند بروز حادثه) براساس مدل جدید چند لایه پتری^{۱۴} است. بخش دوم، وظیفه استخراج تصویر زمینه یا مرجع^{۱۵} از فریم‌های ورودی را برعهده دارد. بخش سوم، برای محاسبه و نمایش حجم ترافیک با تصاویر ورودی جهت تولید پارامترهای زمانبندی چراغ‌های هرفاز و توالی فازها، تصویر زمینه را اصلاح و نهایتاً تصویر بخش‌بندی شده ورودی را بعنوان تصویر نهایی ارائه می‌دهد تا محاسبات ترافیکی تولید پارامترهای زمانبندی انجام شود.

بخش چهارم، کنترلر بلادرنگ در بردارنده پایگاه دانش که براساس نتایج استخراجی بخش سوم به بررسی وضعیت مداوم چهارراه، استخراج استثنایها و تولید وقفه‌های مربوطه برای بخش اول و دوم می‌پردازد تا بتواند هوشمندی خود را در نقش عملیات بلادرنگ یک چراغ در یک ساختار غیر مستقیم ایفاء کند. نتایج (مطابق روال شکل ۲) از تصویر بخش‌بندی شده بدست می‌آیند تا نهایتاً پارامترهای زمانبندی چراغ تولید شود. در اینجا کنترلر بلادرنگ با پایگاه دانش خود، وظیفه کنترل تطبیق حتی‌الامکان زمانبندی با ساختار بلادرنگ را بر عهده دارد و در صورت لزوم سیگنال‌های وقفه لازم آن را تولید می‌کند. نوآوری ما در این سیستم عبارتست از:

- ۱- ارائه یک مدل جدید تحلیل ترافیک چهارراه براساس تصاویر ویدئویی.
- ۲- مدل‌سازی کنترلر بلادرنگ یک چراغ راهنمایی هوشمند، ارائه مدل قابل تغییر با فازهای مختلف چراغ براساس متاپتری نت (بخش ۲ و ۳) و مدل‌سازی یک چهارراه چهار فاز عالی با جهت‌های مستقیم و مورب (بخش ۴).
- ۳- زمانبندی ترافیک چهارراه براساس حجم ترافیک در تمامی تقاطع‌ها (بخش ۵)، عدم وابستگی به شکل خودرو و مقاوم در برابر ترافیک سنگین فشرده (بخش ۶) و عدم استفاده از روش‌های ردیابی و مقاوم در برابر توقف طولانی مدت (بخش ۷).
- ۴- ارائه تکنیک جدید تحمل تغییرات آرام محیط و پویای نور (بخش ۸)، تکنیک جدید و دقیق حذف سایه از تصاویر ترافیکی خودرو و عدم نیاز به تطابق کامل شعاع پوشش دوربین‌ها یا تنظیم دقیق آنها، و انجام محاسبات ترافیک به تفکیک لاین‌ها و امکان توسعه آتی آنها (بخش ۹) و
- ۵- طراحی مناسب جهت تبدیل سیستم به یک سنسور پردازشگر هوشمند.

در ادامه ارائه مقاله، ابتدا در بخش ۳ اجزای سیستم تعریف شده و مدل جدید چهارراه ارائه می‌گردد؛ سپس در بخش ۴ روابط محاسباتی زمانبندی و تحلیل ترافیک مورد بحث قرار می‌گیرد؛ در بخش ۶ شیوه تخمین حرکت و تولید فرامین مورد نیاز ارائه می‌شود. سپس در بخش ۷ الگوریتم ساختن تصاویر زمینه معرفی می‌گردد. در بخش ۸ روش تشخیص حجم ترافیک، حذف سایه بیان می‌گردد. در بخش ۹ نتایج حاصل بیان و در بخش ۱۰ نتیجه‌گیری نهایی ارائه می‌شود.



شکل ۱- سیستم چراغ راهنمای هوشمند

چندین سنسور^۹ یا حلقه مغناطیسی گردد. رابعا، برخلاف امواج ماوراء صوت^{۱۱} یا حلقه‌های مغناطیسی استفاده از دوربین برای انسان کاملاً بی‌خطر است. خامسا تعویض لاین خودروها را می‌تواند درک کند درحالی‌که حلقه‌ها اشتباه دارند و مناسب خودروهای ساکن نیستند [۷، ۸، ۱۱، ۱۳].

سیستم‌های خودکار کنترل ترافیک ویدئویی می‌توانند در دو حالت بلادرنگ^{۱۱} و غیرمستقیم^{۱۲} مورد استفاده قرار گیرند [۱۴]. مثلاً برای تعیین زمان تعویض چراغ‌های راهنمایی یا تشخیص و ثبت تخلفات، سیستم در حالت غیرمستقیم استفاده می‌شود درحالی‌که کنترل ترافیک در محل‌های پرتراکم و همراه با تغییرات شبانه روز، بصورت بلادرنگ صورت می‌گیرد. تاکنون تشخیص خودکار ترافیک با استفاده از روش‌های ویدئویی، بدلالی بطور گسترده مورد استفاده قرار نگرفته است.

اولاً این سیستم‌ها دارای محدودیت‌کاری هستند و مثلاً با ازدحام زیاد، سایه‌های بلند و تغییرات نور شب و روز مشکل دارند [۷]. ثانیاً هزینه تولید آنها بسیار بالا است. ثالثاً وجود خطوط ارتباط سریع انتقال تصاویر دوربین‌ها به پردازشگر لازم است. رابعا برای عملیات بلادرنگ به سخت‌افزار پیشرفته نیاز دارند. اکنون توجه به این سیستم بسیار زیاد شده است. به دلیل آنکه می‌توان از قابلیت‌های دیگر آن مانند شمارش خودروها و تعیین کلاس آنها بهره‌برد، در حال گسترش و در آینده جایگزین روش‌های سنتی می‌گردد.

۲- چراغ هوشمند

چراغ هوشمند راهنمایی را چراغی می‌نامیم که با دریافت تصاویر دوربین‌ها، امر کنترل هوشمند ترافیک را برعهده دارد. ضمناً می‌تواند وقوع حادثه را به نوعی حدث بزند و دوباره برنامه‌ریزی شود. زمانبندی چهارراه را متناسب با ترافیک خیابان‌های ورودی و خروجی، تنظیم کند و بتواند به پارامتر رضایت اجتماعی رانندگان توجه کند. سیستم پیشنهادی با دارا بودن این ویژگی‌ها، باوجود داشتن ماهیت غیرمستقیم، با بهره‌بردن از کنترلر بلادرنگ تحلیل‌گر دانش خود، نقش یک سیستم بلادرنگ را بازی می‌کند تا بتواند با رفع موانع تغییرات محیطی، کارایی خود را افزایش دهد. درمقابل خرابی‌هایی مانند قطع ارتباط تصاویر دوربین مقاوم است و با اتصال مجدد، بلافاصله اصلاح لازم را صورت می‌دهد.

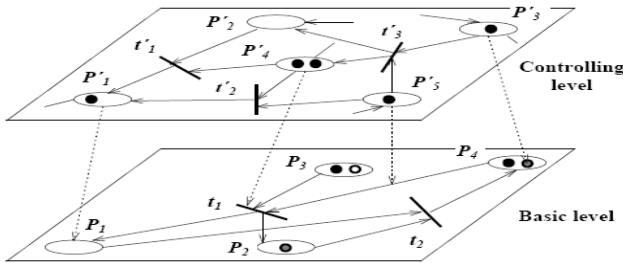
یک مدل نوین چندلایه کنترلر چراغ برای آن طراحی و بکارگرفته شده، و قابلیت انعطاف تغییر فاز چراغ از چهار فاز به سه فاز و غیره را دارد. با بهره‌از تکنیک‌های جدید و افزایش کارایی الگوریتم‌ها در مقابل ازدحام، سایه‌ها، و تغییرات محیطی مشکلی ندارد. نیازی به وجود فاصله بین خودروها جهت تشخیص آنها نیست و اصولاً وابسته به شکل خودرو نمی‌باشد. در صورت سکون و عدم حرکت خودروها، به راحتی حجم آنها را محاسبه می‌کند و وابسته به ردیابی خودروها نیست. روش‌هایی که تنها از تشخیص خودرو و روش شمارش خودروها استفاده می‌کنند نمی‌توانند حالت ترافیک سنگین با سکون طولانی مدت و فشرده‌گی خودروها را تشخیص دهند. برای ردیابی بکار می‌روند و مناسب مقایسه با محاسبات چراغ‌راهنمایی چهارراه نیستند [۱۵].

روش پیشنهادی ما ضمن حل مشکلات روش‌های قبلی در بخش حذف سایه، قادر است در صورت نیاز از قدرت تشخیص خودرو مشابه روش‌های ردیابی استفاده کند. سیستمی با ساختار مشابه جهت محاسبات تصاویر دریافتی و قابل کاربرد برای زمانبندی چهارراه مشاهده نشد و بیشتر تکنیک‌های موجود پردازش تصویر جهت ردیابی خودروها و سیستم‌های در حال حرکت بکار می‌روند.

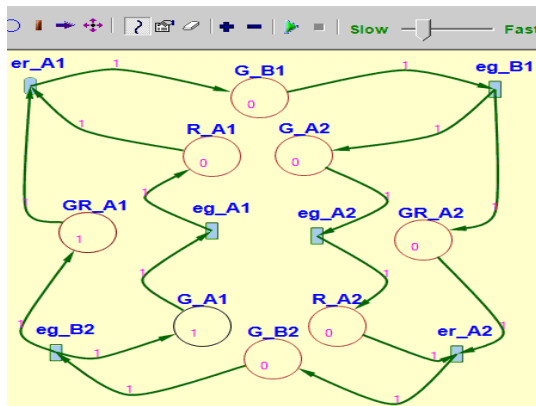
این سیستم (مطابق شکل ۱) از چهار بخش اصلی ۱- مدل کنترلر چراغ، ۲- سازنده تصویر زمینه، ۳- محاسبه‌گر حجم ترافیک و ۴- کنترلر بلادرنگ سیستم^{۱۳} تشکیل می‌گردد. وظیفه بخش اول، کنترل عملیات چراغ‌های مختلف هر

۳- مدل چهارراه

به مدل پتری نت زمانی، لایه‌هایی اضافه شده که با تولید سیگنال‌های پایان زمان چراغ، آن‌را به مدل اعمال و امکان اتصال گذار^{۲۳} به گذار را (که در مدل پتری نبود)، فراهم می‌آورد. مدل چراغ ارائه شده دارای یک ساختار دوسطحی (پایه و کنترل) با چندلایه بنام متا^{۲۴}، پایه^{۲۵}، مدل^{۲۶} و متامدل^{۲۷} همراه یک مولد سیگنال وقفه^{۲۸} است. در لایه متا می‌توان مکان‌های فازهای مورد نظر را روشن یا خاموش^{۲۹} نمود که با اینکار آن مکان و اتصالاتش (یعنی یک فاز) از شبکه پویای مدل^{۳۰} حذف می‌شود.



شکل ۵- سطوح پایه و کنترل مدل متاپتری نت [۱۷]



شکل ۶- بخشی از مدل پتری کنترلر چهارراه ۴ فاز و ابزار مدل‌سازی آن

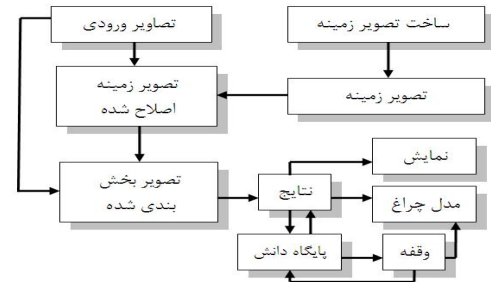
لایه مدل پایه، حاوی مدل پایه یا چهارفاز با ساختار پتری نت زمانی است. لایه مدل، شامل مدل نهائی آماده کار (مثلا سه فاز) و زیرمجموعه‌ای از لایه مدل پایه است. مولد سیگنال وظیفه تولید سیگنال‌های خاص وقفه (زمان چراغ) را دارد. با ایجاد لایه‌های جدید و دانش مدل‌های متانتورک‌های منطقی، مدل ترکیبی ارائه شده تا ضمن پشتیبانی از قطع عملیات جاری بتواند تغییرات بلادرنگ محیط را به سیستم منتقل کند [۱۸].

فرامین مولد سیگنال وقفه به لایه مدل اعمال می‌شود. در این مدل می‌توان فازهای مختلف را فعال یا غیرفعال^{۳۱} کرد. مدل چراغ ارائه شده یک مدل منحصر بفرد است که ضمن امکان کنترل، اجازه تغییر و انعطاف مدل کامل پایه به مدل‌های دیگر را فراهم می‌کند. مثلاً "در لایه متا با خاموش کردن B1، میتوان این فاز را از مدل حذف کرد و به یک مدل سه فاز تبدیل نمود.

در این سیستم با قطع ارتباط دوربین‌ها، چراغ با زمان تقریبی تعیین شده به عملیات خود ادامه می‌دهد و در مقابل خرابی از این نوع مقاوم است. لذا شیوه ارتباط راه‌های چهارراه، کنترل و تصمیم‌گیری چراغ‌ها با متاپتری نت مدل می‌شود و روتین‌های تصمیم‌گیری در گذارهای شبکه می‌آیند که با دریافت ژتون‌های^{۳۲} پایان، عملیات زمانی جاری را خاتمه داده و از نو زمان بندی می‌شوند.

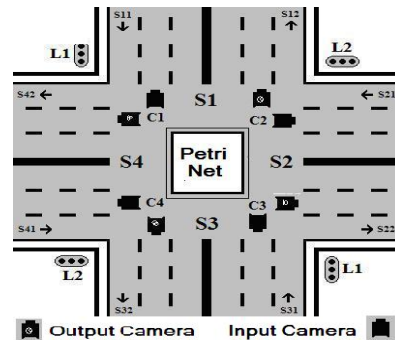
در حین عملیات تشخیص حجم خودروها یا بروز سانحه و یا خروجی اشغال شده، می‌توان سیگنال‌های پایان زمان هر فاز (چراغ‌ها) را به سیستم اعمال کرد.

چهارراه ایزوله (چهار فاز)^{۱۶} و محل دوربین‌های ورودی و خروجی سیستم (مطابق شکل ۳) مدل شده و به شرح شکل ۴ فازهای آن ارائه گردیده است. ساختار کنترل و ارتباط خطوط ورودی و خروجی به چهارراه و مسیر حرکت خودروها توسط یک مدل جدید چندلایه، آمیخته مدل چند لایه پتری نت زمانی^{۱۷} و متاپتری نت^{۱۸} (براساس متانتورک‌های منطقی^{۱۹}) به نام پتری نت ترکیبی^{۲۰} مدل شده است (شکل ۵). مدل اصلی چراغ چهارفاز، براساس چند لایه در شکل ۶ آمده است [۱۶، ۱۸].

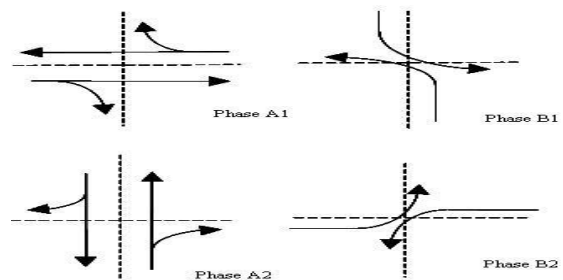


شکل ۲- فرآیند عملیات سیستم

سطح متای کنترلی، یک پتری سنتی و لایه پایه آن می‌تواند سنتی، رنگ‌دار، زمانی و غیره باشد. سیستم، سیگنال‌های سبز^{۳۱} و قرمز^{۳۲}، مدت زمان تقریبی (چراغ‌های) هر فاز و چشم‌ک‌زن بودن با رنگ زرد و قرمز را تعیین می‌کند. ضمناً بنابر دلایلی (مانند سانحه و خروجی پر) می‌تواند سیگنال پایان این زمان‌ها را زودتر از موعد مقرر به مدل ارسال کند تا برای ایفاء نقش بلادرنگ بودن، اصلاح زمان بندی داشته باشد.

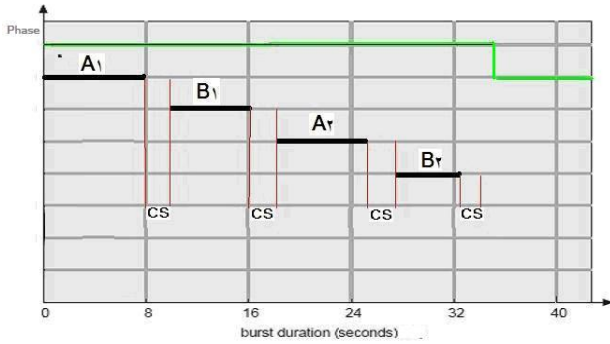


شکل ۳- چهارراه ایزوله و موقعیت دوربین‌ها



شکل ۴- مسیرهای حرکت چهارراه نوع عالی چهارفاز

در ترافیک چهارراه دو زمان، یعنی زمان هر چراغ و زمان تعویض آن چراغ محدود کننده هم دیگر هستند. اگر سرباری زمان تعویض زیاد باشد ممکن است ترافیک چهارراه با بن بست روبرو شود. زمان حداقل چراغ یا بین چراغ‌ها، برای غلبه بر بن بست ارائه شده است. در این حالت زمان چراغ باید از زمان تعویض چراغ (که برای حرکت از صفر مناسب است و محاسبه شده) بیشتر یا مساوی باشد. در صورت کاهش این زمان در فازهای A_i و B_i در دراز مدت مشکل داریم که با سیگنال‌های پایان، آنرا تقلیل می‌دهیم.



شکل ۸- نمونه دوره عملیاتی، زمان فازها و تعویض چراغ‌ها

$$T_{TurnAroundTime_i} \cong \sum_{i=1}^2 (T_{A_i} + T_{B_i}) + T_{ContextSwitching_i} \quad (1)$$

$$0 \leq T_{TurnAroundTime_i} \leq T_{Social} \quad (2)$$

$$4 \times T_{ContextSwitching_{Phase_i}} \leq T_{TurnAroundTime} \leq T_{Social} \quad (3)$$

$$T_{ContextSwitching_{Phase_i}} \geq ((T_{Processing} + T_{Command})/4) \quad (4)$$

$$T_{TurnAroundTime} \geq \left(\sum_{i=1}^2 (T'_{A_i} + T'_{B_i}) \right)$$

$$T'_{A_i} = T_{A_i} + T_{ContextSwitching_{A_i}}$$

$$T'_{B_i} = T_{B_i} + T_{ContextSwitching_{B_i}}$$

روابط زمان فازهای مختلف در قبل آمده‌اند. حداقل زمان تعویض $T_{MinContextSwitching}$ وابسته به کمترین زمان لازم برای شروع حرکت خودروها از حالت سکون، و حداقل تعداد خودروهای عبوری از چهارراه $T_{StartTime}$ (بر حسب طول مجموع خودروها بر متر)، با سرعت مورد انتظار $N_{NoOfVehicles}$ (متر بر ثانیه) است. به تجربه، با فرض طول متوسط خودرو ۷.۵ متر (با احتساب فواصل جلو و عقب) و حداقل عبور ۶ ردیف خودرو با سرعت 14.4 km/h (یا 4 m/s)، حداقل زمان آن ۱۱.۲۵ ثانیه بدست آمده است و نباید از ۱۸٪ حجم اسمی آن فاز کمتر باشد (رابطه ۵). در حالت چراغ چشمک‌زن مساله فرق می‌کند.

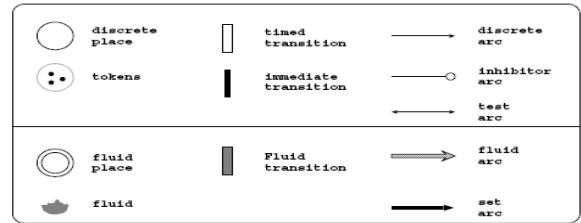
$$T_{MinContextSwitching} = T_{StartTime} + N_{NoOfVehicles} / W_{Speed}$$

$$T_{ContextSwitching} = (V_{vehicleLeng_{thAvg}} \times 6) / S_{PeedAvg} \quad (5)$$

$$= 7.5 \text{ m} \times 6 / 4 \text{ m/s} = 11.25 \text{ s}$$

$$T_{capacity_{Phase_i}} \times 0.18 \leq T_{ContextSwitching_{Phase_i}}$$

در این شبکه با مقاردهی اولیه مدل، فازهای A_1, B_1, A_2, B_2 مطابق مدل و به ترتیب اجراء می‌شوند (شکل ۴). در شکل ۶ مکان‌های G_{A_i} موید سیگنال سبز فاز A_i, R_{A_i} سیگنال قرمز فاز A_i و گذارهای eg_{A_i} پایان سیگنال سبز فاز A_i, er_{A_i} پایان سیگنال قرمز فاز A_i هستند و برای فاز B_i نیز چنین است. عناصر مدل در شکل ۷ آمده است [۲۰، ۲۴].



شکل ۷- عناصر مدل پترنت ترکیبی [۱۹]

از آنجا که تعیین رنگ چراغ تنها برای خودروهای وارد شونده به چهارراه اهمیت دارد، در هر خیابان منتهی به چهارراه، بخش ورودی به آن چهارراه در نظر گرفته و با نصب یک دوربین بر روی هر ورودی، ترافیک خودروهای در حال حرکت به سمت دوربین یا دبی ورودی محاسبه می‌شود (شکل ۳). به دلیل نیاز به برآورد مناسب باید برای کلیه خروجی‌ها نیز دوربین فرض کرد تا از سرریزی^{۳۳} در خروجی پر و ایجاد بن بست^{۳۴} جلوگیری گردد (البته می‌توان از همان دوربین‌های ورودی بهره برد).

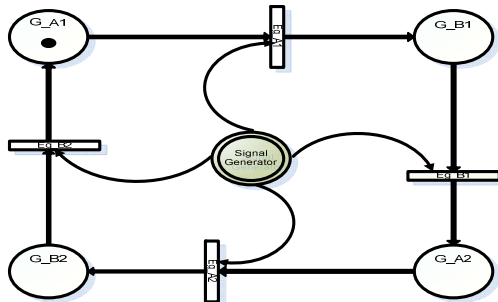
ترافیک ورودی، به تعداد لاین‌های^{۳۵} تشکیل دهنده خیابان، تقسیم‌بندی شده و حجم ترافیک در هر لاین بصورت جداگانه محاسبه و ارائه می‌شود. سپس با توجه به دوربین‌های خروجی، محاسبات تخلیه یا دبی خروجی را نیز خواهد داشت تا با توجه به آن از بروز حوادث احتمالی جلوگیری گردد و از جریان خروجی مناسب بهره برد.

۴- زمان بندی ترافیک

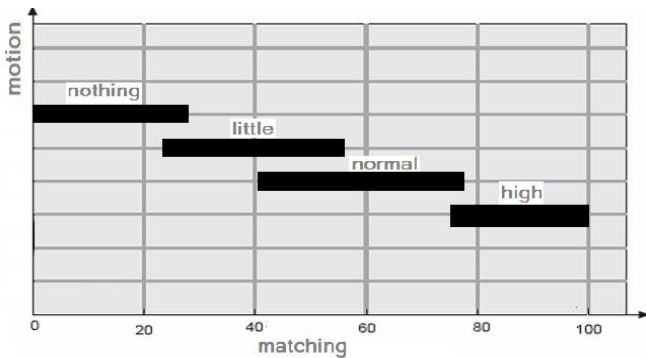
در دنیای واقعی بدلیل نیاز به تغییر زمان بندی یا ساختار چراغ‌ها، هیچگاه نمی‌توان یک چراغ با زمان بندی ثابت داشت. برای مدل سازی این سیستم ابتدا یک دوره عملیاتی^{۳۶} بنام $T_{TurnAroundTime_i}$ تعریف می‌گردد که با ایجاد حوادثی^{۳۷} مانند تصادف، زودتر از اتمام دوره زمانی مقرر، تغییر می‌کند. این زمان همیشه ثابت نیست و با عوامل اصلی تغییر ترافیک مانند آهنگ حرکت، محاسبه مجدد آن لازم است. این زمان عبارت از مجموع زمان‌های مربوط به هر کدام از فازها و زمان لازم بین فازها برای حرکت^{۳۸} و عبور خودروها از آن فاز بنام تعویض فازها یا سویچ بین آنها ($T_{ContextSwitching_i}$) می‌باشد (رابطه ۱).

این دوره زمانی، با زمان پاسخ سیستم برای رانندگان متناسب است و نمی‌تواند از حوصله آنها یعنی T_{Social} خارج باشد. پس این متغیر، زمانی از یک پارامتر اجتماعی^{۳۹} متناسب با میزان آرامش و انتظار (جامعه استفاده کننده آن) است لذا در بدترین حالت مقدار غیر صفر دارد (رابطه ۲). انتظار می‌رود بسمت صفر میل کند یعنی چراغ همیشه سبز، این امر ممکن نیست زیرا هیچ عبور و مروری از چهارراه (یا تقاطع) انجام نمی‌شود. حتی در چهارراه خالی نیز زمان تعویض چراغ‌ها وجود دارد. مینیمم میزان این پارامتر وابسته به تکنولوژی چراغ است و مطابق شکل ۸، چهار واحد از این زمان تعویض فازها را در مدل داریم (مطابق شکل ۸ و رابطه ۳). لذا این زمان نمی‌تواند از زمان لازم برای محاسبه ترافیک موجود، پردازش تصاویر، صدور فرامین و ارسال آن به چراغ کمتر باشد (رابطه ۴).

سیستم را کنترل کند. این وقفه‌ها عبارتند از: ۱- **حادثه**: رخداد اتفاقی مانند تصادف که باید زمان‌بندی تغییر کند. ۲- **تغییر آهنگ حرکت**: افزایش یا کاهش ناگهانی سرعت خودروها که باعث تغییرات زمانی لازم می‌شود و اجتناب‌ناپذیر است. ۳- **روز بدون ترافیک**: حجم ترافیک قابل توجه نیست و سیستم دامنه زمانی حداقل را اعمال می‌کند و در بعضی مواقع حالت چشم‌گزن (زرد و قرمز) دارد.



شکل ۹- مولد سیگنال وقفه برای لایه مدل چراغ



شکل ۱۰- تصمیم‌گیری فازی یافتن آهنگ حرکت ترافیک

سیستم دانش حرکت‌های سریع، متعادل، کند و توقف کامل ترافیک را براساس تغییرات در فریم‌های متوالی به صورت فازی کسب می‌کند. سیستم با تفاضل فریم‌های متوالی، در چهار توالی، به‌آهنگ حرکت ترافیک هرلین یا هر فاز پی می‌برد. حالت‌ها عبارت از توقف کامل **nothing**، حرکت کند **little**، حرکت متعادل **normal** و حرکت سریع **high** مطابق شکل ۱۰ است. در رابطه ۹ بعضی قوانین صدور فرمان یا ژتون پایان سیگنال‌های تنظیم زمانی مربوط به مدل آمده است.

۷- تصویر زمینه

در سیستم پیشنهادی، از ترکیب روش‌های پردازش تصویر و تحلیل تصاویر متوالی ترافیکی استفاده شده و اصلاحاتی در تکنیک‌های موجود و استفاده از الگوریتم‌های جدید نیز صورت گرفته است. استفاده از تصویر زمینه در سیستم‌هایی که از روش زمینه برای تشخیص و جداسازی حرکت استفاده می‌کنند، کاملاً ضروری است [۲۵].

$$R_{A1} = R_{11} + R_{31} \quad (۸)$$

$$R_{A2} = R_{21} + R_{41}$$

$$R_{B1} = R_{11B1} + R_{31B1}$$

$$R_{B2} = R_{21B2} + R_{41B2}$$

زمان انتظار راننده نمی‌تواند از زمان کارسیستم کمتر باشد. عواملی مانند زمان اخذ تصویر، پردازش، تشخیص و صدور فرمان به چراغ در این امر مؤثرند و از بعضی آنها بدلیل کم بودن می‌توان صرف‌نظر کرد. زمان انتظار راننده تابعی از تکنولوژی مورد استفاده در سخت‌افزار، نرم‌افزار، دوربین، و کیفیت تصاویر است (رابطه ۶).

$$T_{Social} = T_{Acquisition} + T_{Processing} + T_{Command} \quad (۶)$$

$$T_{Social} \subseteq T_{Technology}$$

نهایتاً زمان هر فاز چراغ T_{Phase_i} ، به میزان β_i درصد، از زمان $T_{TurnAroundTime}$ است. β_i همان نسبت حجم خودرو R_{Phase_i} به حجم اسمی $R_{Phase_iCapacity}$ آن فاز (رابطه ۷) است.

$$T_{Phase_i} \approx \beta_i \times T_{TurnAroundTime} \quad (۷)$$

$$\beta_i = \left(R_{Phase_i} / R_{Phase_iCapacity} \right)$$

۵- حجم ترافیک چهارراه

در مدل ارائه شده خیابان‌های مرتبط، مانند یک خیابان واحد در یک چهارراه تلقی شده و دارای چراغ راهنمایی مشترک هستند. حجم ورودی‌ها محاسبه و با مقادیر متناظر خیابان متقاطع مقایسه می‌گردد. با توجه به شکل ۳، تصاویر هر یک از خیابان‌های ورودی S_{41A1} ، S_{31A2} ، S_{21A1} ، S_{11A2} ، S_{41A1} ، S_{31A2} ، S_{21A1} ، S_{11A2} و جداگانه توسط دوربین‌های C_4 ، C_3 ، C_1 ، C_4 ، C_3 ، C_2 ، C_1 و C_2 ارسال و پس از محاسبه حجم ترافیک، مجموع حجم‌های S_{31A2} و S_{11A2} فاز $A2$ ، مجموع حجم‌های S_{41A1} و S_{21A1} فاز $A1$ ، مجموع لاین‌های $S_{11Lane-m}$ و $S_{31Lane-m}$ فاز $B1$ و مجموع لاین‌های $S_{21Lane-m}$ و $S_{41Lane-m}$ فاز $B2$ بررسی می‌گردد تا نهایتاً وضعیت چراغ‌های L_1 مربوط به خیابان S_1S_3 ، L_2 مربوط به خیابان S_2S_4 ، چراغ $L_3 \equiv L_1$ مربوط به جهت‌های S_1S_2 و S_3S_4 فاز $B1$ و چراغ $L_4 \equiv L_2$ مربوط به جهت‌های S_4S_1 و S_2S_3 فاز $B2$ مشخص گردد.

با فرض آنکه حجم خودرو مربوط به ورودی‌های S_{41} ، S_{31} ، S_{21} ، S_{11} ، $S_{41Lane-m}$ ، $S_{31Lane-m}$ ، $S_{21Lane-m}$ ، $S_{11Lane-m}$ به ترتیب R_{41} ، R_{31} ، R_{21} ، R_{11} ، R_{41B2} ، R_{31B2} ، R_{21B2} و R_{11B2} باشد، حجم ترافیک هر فاز $(Phase_A \vee Phase_B)$ مطابق رابطه ۸ است.

در رابطه ۸، R_{A1} حجم ترافیک دو ورودی روبروی هم S_{31} و S_{11} (یعنی خیابان L_1 چهارراه)، R_{A2} حجم ترافیک دو ورودی روبروی هم S_{41} و S_{21} (یعنی خیابان L_2 چهارراه)، R_{B1} حجم ترافیک دو لاین ورودی فاز $B1$ و R_{B2} حجم ترافیک دو لاین ورودی فاز $B2$ می‌باشند. رنگ چراغ‌های L_1 و L_2 برای فازهای مختلف از مدل تعیین شده و با توجه به حجم ترافیک و طبق مدل شکل ۶ ادامه می‌یابد.

۶- زمان بندی بلادرنگ

در اینجا، لزوم تغییر در زمان محاسبات، به‌عنوان سیگنال‌های وقفه تلقی می‌شود. کنترلر بلادرنگ با داشتن پایگاه دانش سیستم، توسط مولد سیگنال (شکل ۹) به تولید سیگنال وقفه مربوطه می‌پردازد تا در صورت بروز آنها، با تولید ژتون پایانی،

این حالت روشنایی اشیاء و سطوح بطور همزمان تغییر می‌کند. ۳- سایه‌ها^{۴۴} توسط اشیاء زمینه که بدون حرکتند و یا اشیاء متحرک که متعلق به زمینه نیستند، ایجاد می‌شوند. این تغییرات قسمتی از محیط را تحت تأثیر قرار می‌دهند. همه سطوح واقع در سایه، کاهش روشنایی داشته و با توجه به جهت و فاصله نسبت به منبع نور تغییرات آرام روشنایی خواهند داشت.

ب- تغییرات پویا: این نوع تغییرات در اثر عواملی غیر از روشنایی و نور محیط ایجاد شده و عبارتند از: ۱- حرکت در بخشی از زمینه که ممکن است در اثر حرکت برگ درختان به علت وزش باد یا حرکت امواج آب و یا برف و باران ایجاد شود یعنی روشنایی بخش‌هایی از تصویر بصورت تصادفی تغییر کند. ۲- حرکت سراسری که بر اثر تغییر کوچکی در موقعیت دوربین بر اثر وزش باد یا حرکت وسایل نقلیه سنگین یا باران که در محیط‌های آزاد اتفاق می‌افتد. ۳- تغییرات فیزیکی شامل هر تغییری در ظاهر محیط و زمینه بر اثر تغییر موقعیت اشیائی که قبلاً متعلق به زمینه بوده‌اند است [۱۴، ۲۶، ۲۸].

۷-۲- تصاویر زمینه

روش پیشنهادی ساخت و اصلاح تصویر زمینه، متدی نوین، ترکیبی از روش تفاضل پویا^{۴۳} و بکارگیری الگوریتم‌های جدید (مطابق شکل ۱۱) است [۲۹، ۳۰]. پس از ساخت تصویر زمینه، این تصویر به عنوان مرجع، ذخیره و سپس محاسبه‌گر خودکار حجم تردد، از این تصویر استفاده و عمل اصلاح تصویر زمینه را (که بیشتر برای هماهنگی با تغییرات روشنایی و حرکات جزئی زمینه در طول مدت استفاده از سیستم است) صورت می‌دهد. ورودی آن، دنباله تصاویر متوالی از یک خیابان منتهی به چهارراه و خروجی آن نیز تصویر زمینه مربوط به آن ورودی است.

از تفاضل تصویر فریم جاری و زمینه جاری و آستانه‌گیری از نتیجه تفاضل، یک مقدار باینری بعنوان نقاب شیء^{۴۴} (مطابق رابطه ۱۰) بدست می‌آید. از تفاضل فریم جاری و فریم قبلی و آستانه‌گیری^{۴۵} از نتیجه تفاضل، نقاب حرکت^{۴۶} (مطابق رابطه ۱۱) بدست می‌آید. در روابط ۱۰ و ۱۱، i و j مختصات پیکسل، CF تصویر فریم جاری، CB تصویر زمینه جاری، PF تصویر فریم قبلی و T مقدار آستانه می‌باشد. با AND کردن نقاب‌های شیء و حرکت، نقاب نهایی بدست می‌آید (رابطه ۱۲) که این نقاب می‌تواند (مطابق رابطه ۱۳) تصویر زمینه موقت را بدست آورد. IB تصویر زمینه موقت است و تصویر زمینه نهایی مطابق رابطه ۱۴ بدست می‌آید.

در رابطه ۱۴، IB تصویر زمینه موقتی، CB در سمت راست رابطه، تصویر زمینه جاری مرحله قبل و CB در سمت چپ رابطه، تصویر جدید زمینه جاری می‌باشد. متغیر α یک پارامتر یادگیری^{۴۷} است که تأثیر زیادی در نتیجه نهایی دارد. α می‌تواند به‌عنوان یک مقدار ثابت و بدون تغییر مورد استفاده قرار گیرد اما ثابت بودن آن مشکلاتی ایجاد می‌کند. مثلاً مقادیر بزرگتر α ، تغییرات را به‌سرعت منعکس می‌کند، بنابراین ممکن است پس از حصول یک تصویر زمینه خوب، با عبور یک شیء یا خودروی دارای سرعت کم، تأثیر آن در زمینه برای مدتی به‌نمایش درآید. از طرفی مقدار کم α ، تغییرات سریع مانند تغییر ناگهانی نور محیط، مدت زمان و تعداد فریم‌های بیشتری را برای تطابق زمینه طلب می‌کند ولی در تصویر نهایی زمینه، کیفیت بهتری ارائه می‌دهد [۳۱]. در تعیین مقدار α ، باید تناسبی بین کیفیت بهتر و سرعت بیشتر برقرار گردد. با استفاده از تصاویر ورودی در شرایط مختلف به رابطه‌ای برای α دست یافته‌ایم (رابطه ۱۷). وقتی شرایط نور محیط به سرعت تغییر می‌کند، مقدار α بزرگتر شده و در مواقع فقدان تغییر سریع نور، مقدار α کوچکتر می‌شود. با استفاده از تغییرات نور، یک مقدار قابل تطبیق برای α تعیین کرده‌ایم. میانگینی از فریم جاری و فریم قبلی برای محاسبه α بکار می‌رود.

یک راه‌حل ساده، استفاده از تصویر اولیه ذخیره شده با زمینه ثابت و از قبل تهیه شده (در محیط خیابان بدون وجود اشیاء متحرک مانند خودرو) است. گرچه این روش در محیط‌های بسته و بدون تغییرات نور کاملاً جواب می‌دهد، اما در محیط‌های باز و در معرض نور خورشید با مشکل مواجه است و تصویر زمینه ثابت (بدون تغییر و اصلاح) کاربرد ندارد. مشکل دیگر گرفتن تصویر بدون حضور اشیاء متحرک در محیط‌های شلوغ خصوصاً خیابان می‌باشد که بعضاً غیرممکن است.

RL1 :

$$\text{if } (R_{Ai} < R_{Bi}) \& (R_{Ai} \rightarrow 0 \vee R_{Bi} \rightarrow 1) \& (\text{State} = G_Ai) \\ \text{:: EndGreenAi} \approx \text{eg_Ai}$$

RL2 :

$$\text{if } (R_{Ai} > R_{Bi}) \& (R_{Ai} \rightarrow 1 \vee R_{Bi} \rightarrow 0) \& (\text{State} = G_Bi) \\ \text{:: EndGreenBi} \approx \text{eg_Bi}$$

RL3 :

$$\text{if } (R_{A1} < R_{A2}) \& (R_{A1} \rightarrow 0 \vee R_{A2} \rightarrow 1) \& (\text{State} = G_A1) \\ \text{:: EndGreenA1} \approx \text{eg_A1}$$

RL4 :

$$\text{if } (R_{A1} > R_{A2}) \& (R_{A2} \rightarrow 1 \vee R_{A1} \rightarrow 0) \& (\text{State} = G_A2) \\ \text{:: EndGreenA2} \approx \text{eg_A2}$$

(۹)

لذا چاره‌ای جز ساختن بلادرنگ تصویر زمینه از تصاویر ورودی اشیاء و اجزاء متحرک و بروز کردن مداوم آن نیست. البته پیاده‌سازی این روش با مشکلاتی همراه است ولی بدلیل مذکور، تنها راه حل موجود می‌باشد که سیستم پیشنهادی آن استفاده کرده است. حصول تصویر کیفی زمینه دارای محدودیت‌هایی است و باید:

- ۱- تعداد فریم‌های مورد استفاده در ساخت تصویر مرجع زیاد باشد.
- ۲- خودروها با فاصله از هم حرکت کنند و مدت زمان زیادی توقف نداشته باشند.
- ۳- خودروها و اشیاء متحرک با رنگهای متفاوت و گوناگون در قسمت‌های مختلف تصاویر ظاهر شوند.
- ۴- بعلاوه در محیط‌های بسته و باز همواره تغییراتی در محیط ایجاد می‌شود که می‌توان از آنها به عنوان تغییرات زمینه نام برد، این تغییرات می‌توانند محلی باشند و بخشی از محیط را شامل شوند، یا سراسری بوده و کل تصویر محیط را تحت تأثیر قرار دهند. مدل پیشنهادی ارائه شده می‌تواند این تغییرات را تحمل کند.

۷-۱- تغییرات در زمینه

عمدتاً دو نوع تغییر در محیط یا زمینه ممکن است رخ دهد: الف- تغییرات نور^{۴۰} یا روشنایی و ب- تغییرات پویا^{۴۱} [۲۵]. در محیط‌های عملی،

الف- تغییرات نور: یا روشنایی همواره به سه صورت در محیط اتفاق می‌افتد که عبارتند از: ۱- تغییرات تدریجی نور (در محیط‌های آزاد یا بسته زیر سقف) به علت تغییر موقعیت خورشید ایجاد و به عنوان تغییر کلی در نظر گرفته می‌شوند. نتیجه تغییر نور، تغییر سطح روشنایی در اشیاء و سطوح در معرض روشنایی است و بصورت آرام و تدریجی خواهد بود. این تغییر نور از نوع سراسری است. ۲- تغییرات ناگهانی نور می‌تواند در محیط‌های بسته مثلاً با روشن یا خاموش کردن لامپ و در محیط‌های باز با عبور یک ابرتیره از محیط اتفاق بیفتد. در

$$\text{Area_Unmoved} = \sum_{i,j} (1 - \text{Motion_Mask}(i, j)) \quad (15)$$

$$\text{Sum_Unmoved} = \sum_{i,j} |\text{CF}(i, j) - \text{PF}(i, j)| / 256 \quad (16)$$

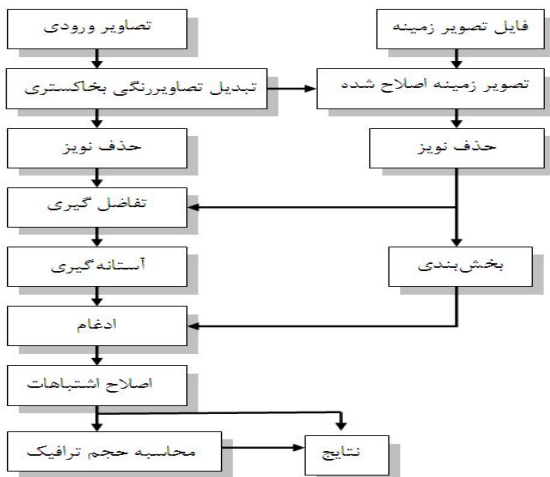
$$\text{Motion_Mask}(i, j) = 0$$

$$\beta = \frac{\text{Sum_Unmoved}}{\text{Area_Unmoved}} \quad (17)$$

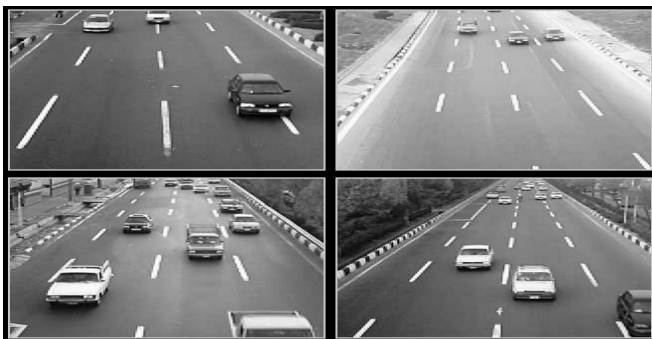
$$\alpha = 0.9\alpha + 0.1\beta$$

۸- محاسبه حجم ترافیک

الگوریتم محاسبه حجم ترافیک مطابق شکل ۱۳ است. ورودی‌های سیستم چهار رشته تصویر متوالی جداگانه و چهار تصویر زمینه متناظر با رشته‌های تصاویر ورودی می‌باشد. خروجی آن نیز نمایش حجم ترافیک بدست آمده هر یک از چهار ورودی^{۴۹} و چهار خروجی^{۵۰} بطور جداگانه (به تفکیک لاین‌ها) و خیابان‌های ایجاد کننده چهارراه است.



شکل ۱۳- الگوریتم محاسبه حجم ترافیک

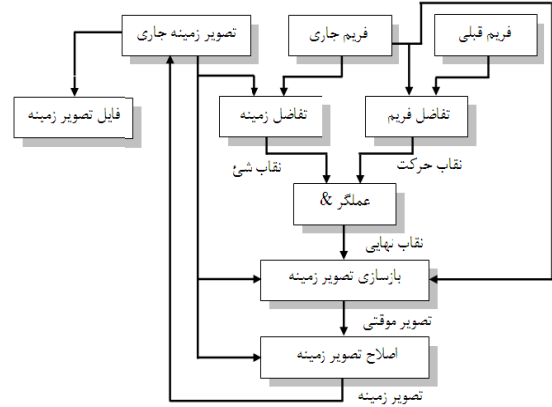


شکل ۱۴- چهار ورودی به چهارراه به شعاع دید متفاوت

در اولین مرحله، چهار سری تصویر از چهار ورودی به چهارراه (مانند شکل ۱۴ با میادین دید ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۱۰۰ متر)، به سیستم وارد می‌شوند. سپس چهار تصویر زمینه مربوط به ورودی‌ها (بدون وجود خودروها و اشیاء متحرک) و قبلاً ساخته

$$\text{Object_Mask}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } |\text{CF}(i, j) - \text{CB}(i, j)| > T \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (10)$$

$$\text{Motion_Mask}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } |\text{CF}(i, j) - \text{PF}(i, j)| > T \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (11)$$



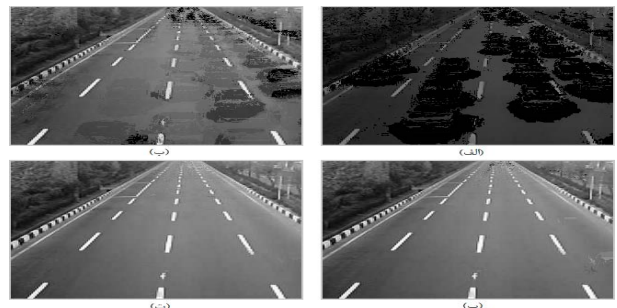
شکل ۱۱- اصلاح مستقیم تصویر زمینه

$$\text{Mask}(i, j) = \text{Motion_Mask}(i, j) \& \text{Object_Mask}(i, j) \quad (12)$$

$$\text{IB}(i, j) = \begin{cases} \text{CF}(i, j) & \text{if } (\text{Mask}(i, j) = 0) \\ \text{CB}(i, j) & \text{if } (\text{Mask}(i, j) = 1) \end{cases} \quad (13)$$

$$\text{CB}(i, j) = \alpha \cdot \text{IB}(i, j) + (1 - \alpha) \cdot \text{CB}(i, j) \quad (14)$$

خودروهای در حال حرکت نباید به‌عنوان تغییرات نور در نظر گرفته شوند لذا میانگین‌گیری در قسمت‌های غیرمتحرک انجام می‌گیرد (روابط ۱۵ تا ۱۷). در روابط ۱۵ تا ۱۷، Area_Unmoved مشخص‌کننده بخش‌های بدون حرکت بین فریم جاری و فریم قبلی، Sum_Unmoved مجموع نرمال شده قدرمطلق اختلاف سطح روشنایی فریم جاری و فریم قبلی در نقاط بدون حرکت تصویر، و β از تقسیم این دو مقدار بدست می‌آید. بنابر این تغییرات سریع در روشنایی محیط بین دو فریم متوالی با توجه به رابطه ۹، مقادیر بزرگتری از β را تولید می‌نماید که نتیجه آن α بزرگتر است. ثابتهای ۰/۱ و ۰/۹ حساسیت مدل زمینه^{۴۸} به تغییرات نور را کنترل می‌کنند و به تجربه بدست آمده‌اند [۳۲، ۳۳]. شکل ۱۲ نمایش نتیجه روش و تصاویر حاصل پس از به‌ترتیب ۵، ۱۰ و ۱۵ فریم ورودی است که افزایش تعداد فریم‌ها موجب کیفیت بهتر تصویر زمینه است.



شکل ۱۲- تصویر زمینه حاصل (الف) بعد ۱ فریم، (ب) بعد ۵ فریم، (پ) بعد ۱۰ فریم، (ت) بعد ۱۵ فریم

(مانند شدت نور و انباشتگی آن) به مرور زمان، نتایج نادرستی را تولید نماید. کاهش اثر نویز با اعمال نقاب 3×3 رابطه ۲۱ است (شکل ۱۶) [۳۴، ۳۵].

$$R = 1/9 \sum_{i=1}^9 Z_i \quad (21)$$

۸-۲- بخش‌بندی تصویر

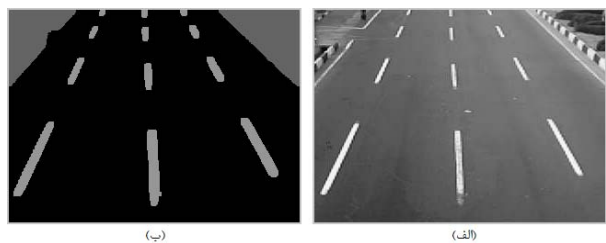
از این پس، عملیات بصورت موازی در دو بخش اصلاح زمینه و محاسبه ترافیک پیش می‌رود. یک بخش، بخش‌بندی تصویر است که روی تصویر زمینه اعمال می‌شود (و هدف اینکار جداکردن محدوده سمت چپ خیابان از پیاده‌رو و قسمت‌های غیرمرتبط مانند جداول و سمت راست خیابان است) [۳۶، ۴۰]. تنها خودروهایی که به چهارراه وارد می‌شوند و جهت حرکت آنها بطرف دوربین است، برای محاسبه حجم ترافیک در نظر گرفته می‌شوند. لذا محدوده سمت چپ خیابان (یعنی مسیر عبور خودروها به سمت چهارراه) از بقیه قسمت‌ها جدا می‌گردد تا حجم پردازش کاهش یابد و اشیاء متحرک غیر از خودروهای مورد نظر (مانند عابرین پیاده‌رو یا خودروهای عبوری خلاف جهت چهارراه)، از محاسبات حذف شوند [۲۸، ۳۰، ۴۰].

برای بخش‌بندی تصویر از روش ناحیه‌گرایی استفاده شده است. البته یک روش کلی که برای همه انواع تصاویر درست عمل کند وجود ندارد و دیگر اینکه هیچ روشی بطور دقیق و عالی عمل نمی‌کند [۲۸، ۴۲]. سه ناحیه جداگانه در تصویر بدست می‌آید. ناحیه اول، محدوده خیابان ورودی به چهارراه است. ناحیه دوم، خطوط جداکننده لاین‌ها در وسط خیابان ورودی است. ناحیه سوم نیز بخش‌های غیرقابل پردازش در تصویر هستند که از محاسبات و اندازه‌گیری حذف می‌شوند. نتیجه بخش‌بندی تصویر زمینه در شکل ۱۷ قابل مشاهده است.



شکل ۱۶- (الف) تصویر زمینه قبل میانگین، (ب) بعد میانگین

از وظایف سیستم، تقسیم‌بندی خیابان ورودی به لاین‌های جداکننده و اندازه‌گیری حجم بطور جداگانه در هر لاین و نمایش آن است. حداکثر تعداد هفت لاین برای هر خیابان در نظر گرفته شده که در عمل نیز بیشتر از این تعداد مشاهده نمی‌شود.



شکل ۱۷- (الف) تصویر زمینه، (ب) تصویر بخش‌بندی شده

شده مانند شکل ۱۵ را بار می‌کند و محاسبه ترافیک را انجام می‌دهد (در ادامه نحوه پردازش تصاویر و محاسبه حجم ترافیک بیان و با سایر روش‌ها مقایسه می‌شود).



شکل ۱۵- تصاویر زمینه چهار ورودی سیستم

۸-۱- اصلاح تصویر زمینه

سیستم قادر است با دوربین‌های رنگی و تکرنگ کار کند. روش تبدیل تصاویر رنگی با فرمت RGB به سطح خاکستری، مدل YIQ می‌باشد. مؤلفه Y مدل، اطلاعات روشنایی و مؤلفه‌های I و Q، اطلاعات رنگ را شامل می‌شود (ماتریس رابطه ۱۸) و مقدار سطح هر پیکسل در مؤلفه Y مطابق رابطه ۱۹ محاسبه می‌گردد [۲۸].

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.29 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (18)$$

$$\text{Gray}(i, j) = 0.299 \times R(i, j) + 0.587 \times G(i, j) + 0.114 \times B(i, j) \quad (19)$$

برای افزایش کارایی، سرعت در پردازش و اجتناب از مشکلات قبلی، از روش آستانه‌گیری مطابق رابطه ۲۰ برای بازسازی و اصلاح تصویر زمینه استفاده می‌شود [۱۴].

$$\text{CB}(i, j) = \begin{cases} \text{CF}(i, j) & \text{if } |\text{CF}(i, j) - \text{CB}(i, j)| < T \\ \text{CB}(i, j) & \text{else} \end{cases} \quad (20)$$

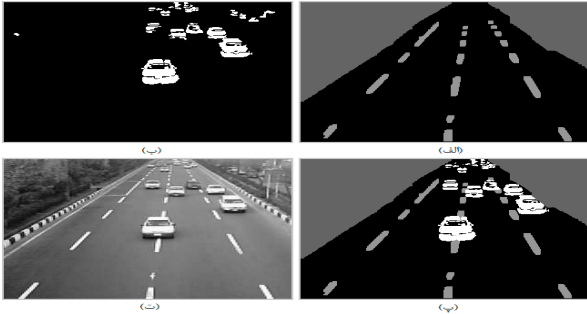
در رابطه ۲۰، CB تصویر زمینه، CF تصویر ورودی و T مقدار آستانه است. تغییرات کوچک مانند تغییرات آرام نور و سایه‌های اجسام ثابت در اثر تغییر جهت تابش خورشید، سرعت در تصویر زمینه منعکس شده و تصویر زمینه را به مرور زمان با این تغییرات هماهنگ و اصلاح می‌نماید. در این روش میزان تطابق با تغییرات ناگهانی، به مقدار T بستگی دارد. مقادیر بزرگ آستانه موجب می‌شود که تغییر مکان اجسام متحرک و خودروها در زمینه منعکس گردند و مورد نظر سیستم نیست.

همچنین مقادیر کوچکتر T، احتمال عدم تطابق با تغییرات ناگهانی نور را بیشتر می‌کند. این تغییرات در استفاده از دوربین‌های ارزان قیمت در طول مدت تصویربرداری بسیار اتفاق می‌افتد. با مقادیر کوچک آستانه، ممکن است تغییرات در تصویر زمینه ثبت نشده و پس از مدت طولانی و افزایش حجم تغییرات محیطی

۸-۳- تفاضل گیری

$$W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad Z = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 127 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

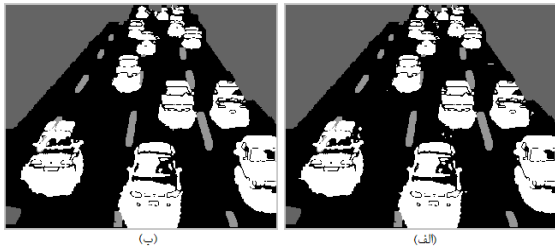
$$R = \sum_{i=1}^9 W_i Z_i \quad \text{if } (R = 0) \quad Z_5 = 0 \quad (26)$$



شکل ۱۹- (الف) تصویر بخش بندی زمينه، (ب) تصویر باينري ورودی، (پ) ادغام تصاویر (الف) و (ب)، (ت) تصویر اصلی

۹- اصلاح اشتباهات

بخشی از اشتباهات بر اثر ایجاد خطای سایه در تصویر خودرو و بخش دیگر خطای بخش بندی یا تفاضل است. این مرحله حاوی اصلاح اشتباهات و نقاطی است که به اشتباه در قسمت بخش بندی یا تفاضل در یکدسته قرار گرفته اند (رابطه ۲۶). برای حذف پیکسل های اشتباه از نقاب هایی با ابعاد ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ استفاده شده تا بیشترین میزان اصلاح در خطاهای مراحل بخش بندی و تفاضل گیری صورت گیرد. در شکل ۲۰ نتایج بهتری حاصل شده ولی هنوز مشکل خطای حاصل از سایه حل نشده است.



شکل ۲۰- پیکسل های اشتباه (الف) اصلاح نشده، (ب) اصلاح شده

۹-۱- حذف سایه

سایه در تعریف متداول بعنوان تفاوت وضوح ثابت بین تصویر زمينه و تصویر موجود فعلی است. تعریف سایه در سیستم ارائه شده چراغ عبارت است از ۱- تعریف طبیعی سایه در روز که زمينه را (باضرب ω_d) تاریک تر می کند، و ۲- میزان تابش نور چراغ خودروها در شب که زمينه را (باضرب ω_n) روشن تر می کند. برای حذف سایه در این سیستم از روش های متداول استفاده نشده زیرا بیشتر آن روش ها با شرایط کنترل شده و فضای بسته کاربرد دارند و برای فضای باز دارای مشکل است [۴۶، ۴۵]. بعضی از آن روش ها براساس کانتور، رنگ و یا یافتن نقاط با ویژگی خاص است [۴۷، ۴۹].

در سیستم پیشنهادی از این ایده استفاده شده که "سایه اشیاء زمينه را از بین نمی برد و فقط رنگ آنها را تیره تر می سازد؛ وسط دو چراغ^{۵۵}، محور تقارن

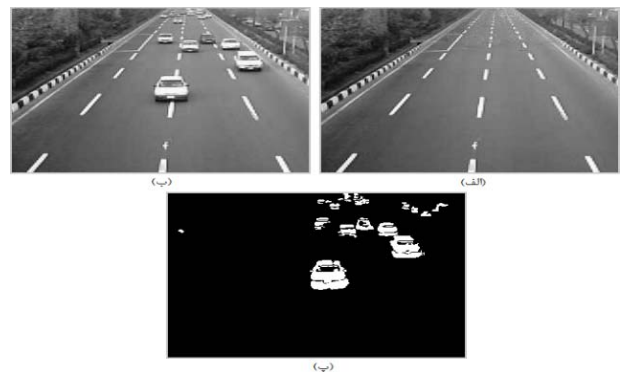
خروجی این بخش، تصویر حاصل از تفاضل^{۵۳} دو تصویر ورودی و زمينه مطابق رابطه ۲۲ است و در آن DF تصویر خروجی تفریق شده، CF تصویر ورودی و CB تصویر زمينه هستند [۲۸]. متد استخراج اشیاء از تصویر زمينه، آستانه گیری سراسری^{۵۴} است [۱۴]. مقدار آستانه، تجربی بدست آمده و نتایج خوبی را تولید می کند (رابطه ۲۳) [۴۳]. در رابطه ۲۳، BF تصویر باينري حاصل از آستانه گیری و DF تصویر خروجی از بخش تفاضل تصاویر ورودی و زمينه می باشد.

$$DF(i, j) = CF(i, j) - CB(i, j) \quad (22)$$

$$BF(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } |DF(i, j)| > T \\ 0 & \text{if } |DF(i, j)| \leq T \end{cases} \quad (23)$$

$$BF(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } |CF(i, j) - CB(i, j)| > T \\ 0 & \text{if } |CF(i, j) - CB(i, j)| \leq T \end{cases} \quad (24)$$

به این ترتیب اشیاء متحرک و خودروها، از زمينه و قسمت های بدون حرکت تصویر جدا می شود. عملاً برای کاهش حجم پردازش ها عمل تفاضل گیری و آستانه گیری با یکدیگر بصورت رابطه ۲۴ ادغام شده اند (نتیجه در شکل ۱۸). بدلیل وجود سایه در تصویر باينري خودرو در این مرحله، محاسبات نهایی حجم ترافیک دارای خطا خواهد بود و باید این خطا اصلاح شود [۴۴].



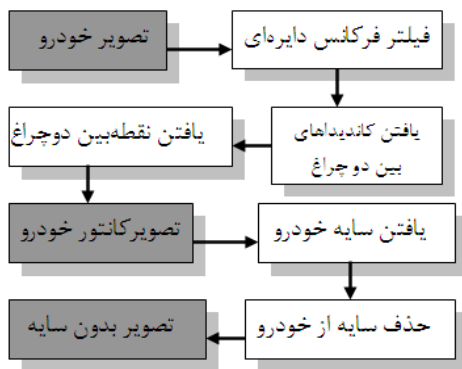
شکل ۱۸- (الف) تصویر زمينه، (ب) تصویر ورودی، (پ) تصویر باينري

۸-۴- ادغام

مرحله بعد ادغام دو تصویر حاصل از بخش تفاضل گیری شامل زمينه و تصویر زمينه بخش بندی شده برای بخش های غیر قابل پردازش، خطوط منقطع جداکننده لاین ها، و لاین ها می باشد. تصویر بدست آمده در قسمت تفاضل تصویر و آستانه گیری شامل همه اشیاء متحرک بود. در این مرحله خودروهایی که در خیابان ورودی به چهارراه و در جهت دوربين در سمت چپ در حرکتند از سایر اشیاء مانند عابرین پیاده در پیاده رو یا خودروهای سمت راست (طبق رابطه ۲۵) جدا می گردند (شکل ۱۹).

$$SF(i, j) = \begin{cases} BF(i, j) & \text{if } (BF(i, j) = 255 \ \& \ SB(i, j) \neq 100) \\ SB(i, j) & \text{else} \end{cases} \quad (25)$$

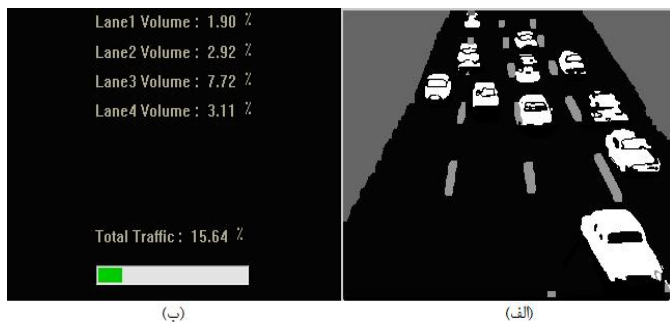
این تفاضل کمتر از حدی باشد حذف می‌شود. میزان سایه با طول و عرض خودرو نسبت دارد و در روش پیشنهادی این امر مهم نیست. تقریباً تمامی پیکسل‌های سایه حذف می‌گردد. برای حذف سایه نوع دوم یا نور چراغ، مشکل وجود دارد که این سایه به حجم تصویر خودرو افزوده می‌شود. فقط در فضای روبروی دوربین وجود دارد. آن را نمی‌توان به راحتی حذف کرد و خطای زیادی به محاسبات وارد نمی‌سازد.



شکل ۲۴- الگوریتم حذف سایه طرفین خودرو

۹-۲- حجم ترافیک

با داشتن تصویر بخش‌بندی شده ورودی و تصویر زمینه بخش‌بندی شده متناظر، که هر لاین در آن با یک سطح خاکستری علامت‌گذاری شده، می‌توان حجم کل ترافیک خودروهای ورودی به یک چهارراه را به تفکیک هر لاین محاسبه کرد [۴۲، ۱۴]. حجم ترافیک، نسبت حجم خودروها به سطح خیابان است. حجم ترافیک در هر لاین با شمارش تعداد پیکسل‌های آن که سطح روشنایی‌اش در تصویر بخش‌بندی شده زمینه مشخص است، به عنوان C_i و تعداد پیکسل‌های سطح خیابان به عنوان B_i و تقسیم C_i ها بر B_i ها محاسبه می‌شود (رابطه ۲۷). شکل ۲۵ نتایج یک ورودی شامل تصویر نهایی حاصل از ادغام، درصد حجم ترافیک هر لاین، درصد مجموع حجم لاین‌ها (یعنی حجم ترافیک در یک ورودی) همراه نوار گرافیکی پیشرفت را نشان می‌دهد.

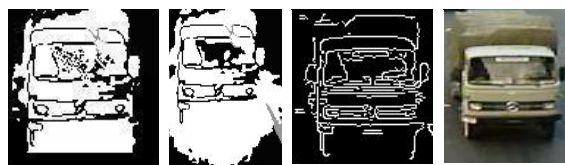


شکل ۲۵- (الف) تصویر خروجی، (ب) میزان ترافیک

$$\text{TrafficCondition} = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{\text{Lanes}} \frac{C_i}{B_i} \quad (27)$$

خروجی سیستم هشت بخش دارد که نمایش هفت قسمت آن نتیجه محاسبات است و آخرین خروجی به عنوان سیگنال کنترل چراغ بکار می‌رود که عبارتند از: ۱- درصد حجم ترافیک هر ورودی و هر لاین بصورت جداگانه و به

خودرو است؛ تفاضل کمترین فاصله از طرفین این محور، مرز سایه را تعیین می‌کند و با بکارگیری آن سایه در طرفین حذف می‌شود؛ سایه جلوی خودرو با استفاده از تشخیص لبه جلوی خودرو و صرف‌نظر از سپرمجازی حذف می‌گردد. از این روش تاکنون استفاده نشده است. در زاویه دید دوربین، سایه خودروهای ورودی به کادر تصویر (ابتدای حوزه دید دوربین) از خودروهای خروجی از کادر (انتهای حوزه دید دوربین) سایه کمتری دارند. هرچه میدان دید دوربین وسیع‌تر باشد میزان سایه ایجاد می‌کند، و خطای تعیین محور تقارن بیشتر است. با اعمال فیلترکنی^۶ به تصویر خودرو، سایه به یک فضای غیر بسته (در خودروهای نزدیک دوربین) و فضای بسته جلوی ماشین (در خودروهای دور از دوربین) تبدیل شده که دارای تاریک‌ترین رنگ است (شکل ۲۱). رسم یک محور در راستای محور تقارن، از ابتداء تا انتهای تقاطع این خط با خودرو، طول خودرو را می‌دهد که: الف- کلیه اضافات طرفین این محور به عنوان سایه طرفین تلقی شده و حذف می‌گردد، ب- محل برخورد ابتدایی ترن نقطه خودرو با این محور برای حذف سایه جلوی خودرو بکار می‌رود. اگر خودرو نزدیک دوربین باشد بطور خودکار سایه از خودرو حذف شده است. سایه در تصاویر خودروهای دورتر باعث ایجاد سپر مجازی است (شکل ۲۱).



الف- خودرو ب- فیلترکنی ج- سایه د- حذف سایه

شکل ۲۱- حذف سایه جلوی خودرو

سپر مجازی، سایه جلوی خودرو تلقی و حذف می‌گردد. البته به دلیل آنکه در صورت فقدان سایه، سپر واقعی در تصویر سه بعدی، عمودی است لذا حذف آن خطایی به سیستم وارد نمی‌کند. بقای این بخش برای محاسبات، دارای خطا بوده و حذف آن صحیح‌تر است (شکل ۲۲). برای یافتن محور تقارن خودرو از فیلتر فرکانس دایره‌ای استفاده شده که پس از یافتن کاندیداها و بررسی آنها، مرکز دوچرخ بدست آمده است (شکل ۲۳) [۵۰، ۵۱].



شکل ۲۲- سایه جلو خودرو



الف- نقاط کاندیدا ب- محور بین چراغ‌ها ج- خودرو

شکل ۲۳- نقاط کاندیدا در فرکانس دایره‌ای و محور بین چراغ‌ها

اکنون (مطابق شکل ۲۴) عمود بر این محور و روی تصویر کانتور و در راستای خطوط لاین خیابان، کوتاه‌ترین فاصله از طرفین (چپ و راست و فقط در یک طرف) مرز تصویر خودرو تلقی می‌گردد و تفاضل آن با طرف مقابل مرز سایه است. اگر

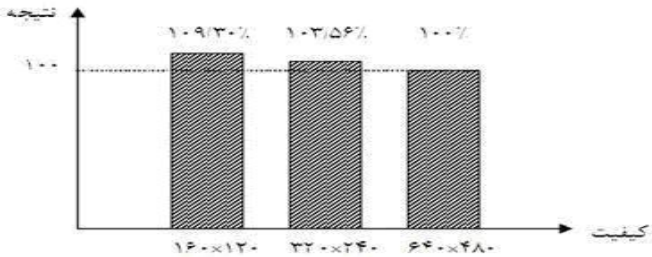
صحيح و با خطا در جدول ۵ آمده است. در جداول، ستون اول بیانگر درجه کیفیت تصویر است. ستون دوم، تعداد پیکسل‌های سطح خیابان ورودی به تقاطع می‌باشد. ستون سوم، تعداد پیکسل‌های سفید نشان‌دهنده خودروهای در حال حرکت به سمت چهارراه است. ستون چهارم، پیکسل‌های غیر قابل پردازش تصویر است که از نتایج نهایی حذف شده‌اند. ستون پنجم، میزان اشغال خیابان یا نسبت تعداد پیکسل‌های سفید به سطح خیابان است. در ستون آخر، نتایج برحسب تصویر درجه بالا و به صورت درصد محاسبه شده است.

چون تصاویر با درجه متوسط، نتایج خوب و قابل قبولی در مقایسه با تصاویر با کیفیت بالا ارائه می‌کنند و با توجه به اینکه کیفیت این دسته تصاویر، به تصاویر دوربین‌های ترافیکی نزدیکتر است، تصاویر با درجه متوسط به عنوان تصاویر پیش فرض در سیستم در نظر گرفته شدند. همچنان که در جدول ۱ قابل مشاهده می‌شود نتایج از ۱۰۰٪ بیشتر شده است. این امر به دلیل ورود تشخیص خطا به محاسبات می‌باشد و نتیجه حذف نادرست سایه در ترافیک بسیار فشرده است که بروز می‌کند و در دوربین‌های کم کیفیت بارز است.

جدول ۵ نتایج حاصل از تکرار آزمایشات را نشان می‌دهد. در این جدول نتایج تشخیص صحیح، تشخیص خطا، درصد تشخیص صحیح شی خودرو بطور مجزا و در ترافیک کم (خلوت)، ترافیک متوسط (معمولی) و ترافیک زیاد (شلوغ) را نشان می‌دهد. کاهش درجه ترافیک باعث افزایش دقت تشخیص خودروها بصورت مجزا است ولی به جهت آنکه در روش پیشنهادی اثری ندارد، درجه تشخیص تغییرات چندانی نمی‌کند.

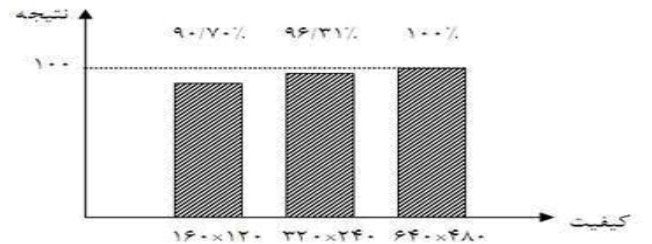
جدول ۱- ورودی ۱ و نتیجه آن

نتیجه	حجم	غیر قابل پردازش	پیکسل سفید	سطح خیابان	کیفیت
۱-۰۰٪	۲۱/۰۶٪	۳-۹۲۲	۹۶۵-	۴۵۸۳۱	۶۴۰×۴۸۰
۱-۳/۵۶٪	۲۱/۸۱٪	۳-۵۱۵	۱-۰۹۲	۴۶۲۶۵	۳۲۰×۲۴۰
۱-۹/۱۳٪	۲۲/۰۳٪	۲۷۶۸۱	۱۱۲-۷	۴۹۱۱۲	۱۶۰×۱۲۰

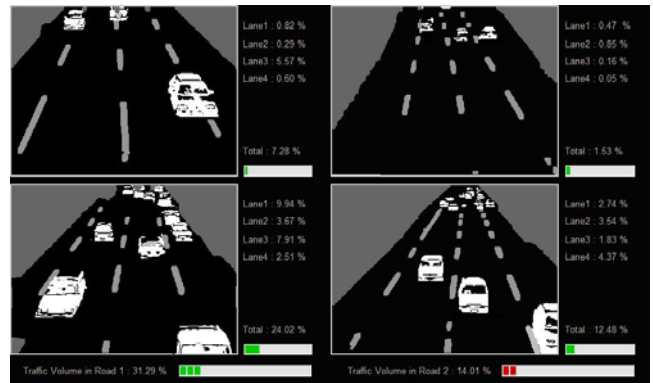


جدول ۲- ورودی ۲ و نتیجه آن

نتیجه	حجم	غیر قابل پردازش	پیکسل سفید	سطح خیابان	کیفیت
۱۰۰٪	۱۳/۰۲٪	۳۷۵۳۵	۵۱۱۵	۳۹۲۶۸	۶۴۰×۴۸۰
۹۶/۳۱٪	۱۲/۵۴٪	۳۴۶۷۱	۵۲۸۳	۴۲۱۲۵	۳۲۰×۲۴۰
۹۰/۷۰٪	۱۱/۸۱٪	۳۱۰۳۸	۵۴۰۵	۴۵۷۲۹	۱۶۰×۱۲۰



تفکیک تعداد لاین‌ها، ۲- درصد حجم کل ترافیک در هر چهار ورودی، ۳- میزان حجم کل ترافیک به صورت نوار پیشرفت برای هر چهار ورودی، ۴- درصد حجم ترافیک هر خیابان گذرنده از چهارراه برای خیابان‌های متقاطع، ۵- میزان حجم ترافیک در هر خیابان گذرنده از چهارراه به صورت نوار سه رنگ قرمز، سبز و زرد برای هر دو خیابان، ۶- تصویر ورودی بصورت بخش‌بندی شده و تمایز خودروها در محدوده ورودی به چهارراه برای هر چهار ورودی، ۷- سرعت متوسط خودروها با تعداد آنها و فاصله نسبی خودروها در هر لاین، و ۸- تولید فرامین کنترل مدل چراغ برای سوئیچ بین چراغ‌های چهارراه. نتایج چهار ورودی چهارراه و در واقع خروجی کامل و نهایی سیستم در شکل ۲۶ آمده است.



شکل ۲۶- حجم ترافیک نهایی و لاین‌های ورودی‌های چهارراه

۱۰- نتایج

این سیستم با زبان برنامه‌نویسی ++C پیاده‌سازی شده و با چهار رشته تصویر از چهار خیابان منتهی به چهارراه، هر یک شامل ۱۰۰ فریم با سه درجه تفکیک مختلف روی یک کامپیوتر Pentium IV-1.2GHZ با حافظه RAM 128MB و چهار ورودی همزمان تست گردیده است. سیستم ۱۰ فریم بر ۳ ثانیه برای هر دوربین را پردازش می‌کند و مدل پتری کنترلر چراغ تحت ابزار خود و در غالب یک کد اجرایی اجرا می‌شود.

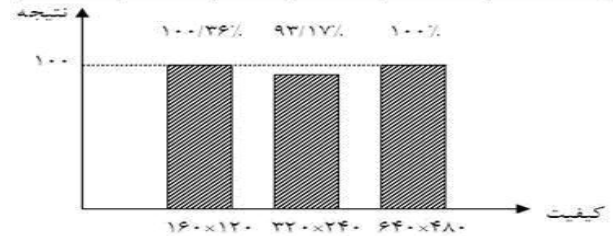
نمونه: نتایج از نظر کیفیت تصاویر و تشخیص در ترافیک متفاوت با استفاده از تصاویر با کیفیت‌های پیکسل مختلف ۶۴۰×۴۸۰، ۳۲۰×۲۴۰، متوسط و ۱۶۰×۱۲۰، ضعیف با میدان دیدهای ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۱۰۰ متر بدست آمده که نتایج تصاویر با درجه بالا و متوسط با میدان دید بیشتر نزدیک بهم بوده و با تصاویر ضعیف و میدان دید کم اختلاف بیشتر دارند.

در آزمون‌های ابتدایی، از نظر کیفیت دوربین قابل استفاده به دلیل آنکه سیستم در تصمیم‌گیری به صورت فازی عمل می‌گردد و نمی‌توانستیم نتایج بسیار دقیق و قابل مقایسه رقمی از آن بدست آوریم لذا با توجه به نتایج خوب حاصل از تصاویر کیفی درجه بالا، از آنها بعنوان تصاویر مرجع استفاده شد و نتایج آن بعنوان معیار انتخاب و سایر تصاویر با این نتایج سنجیده می‌شد. از نظر آزمون‌های نهایی تشخیص با ارزیابی معیارها اولیه، سیستم در ترافیک‌های مختلف بررسی و معیارهای دیگری برای نتایج ارائه شد که از آن جمله می‌توان به تشخیص‌های صحیح، خطا، میزان اثر سایه و تشخیص خودرو به عنوان میزان اثر الگوریتم‌ها اشاره کرد.

آزمون: سیستم با چهار رشته تصویر از چهار خیابان منتهی به چهارراه، هر یک شامل ۱۰۰ فریم و سه درجه تفکیک مختلف با ۷۰ آزمون متوالی تست گردیده و نتایج حاصل شده‌اند. این نتایج به همراه نمودارهای مربوطه در رابطه با کیفیت مختلف تصاویر دوربین‌ها در جداول ۱ تا ۴ و نتایج حاصل از تشخیص

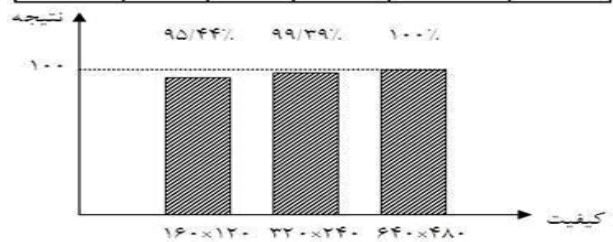
جدول ۳- ورودی ۳ و نتیجه آن

نتیجه	حجم	غیر قابل پردازش	پیکسل سفید	سطح خیابان	کیفیت
۱۰۰٪	۱۶/۵۵٪	۳۵۵۸۳	۶۸۲۱	۴۱۲۰۸	۶۴۰×۴۸۰
۹۳/۱۷٪	۱۵/۴۲٪	۳۱۹۴۶	۶۹۱۸	۴۴۸۵۱	۳۲۰×۲۴۰
۱۰۰/۳۶٪	۱۶/۶۱٪	۳۴۷۶۹	۶۹۸۰	۴۲۰۱۵	۱۶۰×۱۲۰



جدول ۴- ورودی ۴ و نتیجه آن

نتیجه	حجم	غیر قابل پردازش	پیکسل سفید	سطح خیابان	کیفیت
۱۰۰٪	۲۶/۳۲٪	۲۴۶۸۱	۱۳۷۲۱	۵۲۱۱۸	۶۴۰×۴۸۰
۹۹/۳۹٪	۲۶/۱۶٪	۲۳۸۴۱	۱۳۸۵۴	۵۲۹۵۰	۳۲۰×۲۴۰
۹۵/۴۴٪	۲۵/۱۲٪	۲۰۷۱۵	۱۴۰۸۵	۵۶۰۶۸	۱۶۰×۱۲۰



جدول ۵- کارایی الگوریتم در ترافیک متفاوت

درصد	ترافیک کم	ترافیک متوسط	ترافیک سنگین
تشخیص صحیح	٪۹۹	٪۹۶.۵	٪۹۳.۲
تشخیص خطا	٪۱	٪۳.۵	٪۶.۸
حذف سایه	٪۹۸	٪۹۵	٪۹۰
تشخیص خودرو	٪۹۷	٪۹۵	٪۹۰

۱۱- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، هدف ارائه مدل جدیدی برای چراغ راهنمای هوشمند براساس تصاویر دریافتی دوربین‌ها ارائه شده است که بتواند نقش یک سیستم بلادرنگ را برای یک چهارراه چهارفاز بازی کند. با بهره‌گیری از تکنیک‌های جدید و افزایش کارایی الگوریتم‌ها در مقابل ازدحام، سایه‌ها، و تغییرات محیطی نسبتاً مقاوم است. تغییرات آرام نور محیط^{۵۷} و تا حدودی تغییرات ناگهانی نور را تحمل کرده و نسبت به شعاع پوشش دوربین نیز وابستگی ندارد. با بهره‌گیری از پایگاه دانش، و حدس حادثه، مجدداً برنامه‌ریزی می‌شود. زمان‌بندی را براساس کل ترافیک چهارراه تنظیم می‌کند و به پارامتر انتظار اجتماعی رانندگان به عنوان میانگین انتظار توجه دارد. سایه و خطاهای موجود را برای افزایش دقت محاسبه ترافیک، به تفکیک لاین‌ها از تصاویر حذف می‌کند. با افزایش کیفیت تصاویر، دقت نتایج بهتر می‌شود. اشیاء متحرک در پیاده‌رو و سمت دیگر خیابان اثری بر نتایج ندارند. سیستم از

دقت تشخیص بالای خودروها و حذف سایه برخوردار است. در حال بهبود پایگاه دانش و افزودن بخش‌های دیگر مانند شمارش خودرو به سیستم و افزایش سرعت پردازش بخش‌های مختلف آن بر روی یک معماری موازی هستیم تا بتواند به عنوان یک سیستم بلادرنگ، با تغییر مکان دوربین و در چارچوب‌های مختلف عمل کند.

مراجع

- [1] B. M. C. Basnayake, Y. K. Rajapakse, and P. P. M. Dabare, "Coordination of Closely located Traffic Signals," Final Year Project Report, Department of Civil Engineering, University of Moratuwa, Sri Lanka, 2000.
- [2] F. Dellart, D. Pomerlain, and C. Thorpe, "Model-based Car Tracking with a Road Follower," *Proc. Int'l Conf. on Robotics and Automation*, 1998.
- [3] R. Y. Tsai, and T. S. Huang, "Estimating Three-Dimensional Motion Parameters of a Rigid Planar Patch," *IEEE Trans. Acoustics, Speech and Signal Processing*, Vol. ASSP-29, No. 6, pp. 1147-1152, 1981.
- [4] D. Koller, K. Danilidis, and H. H. Nagel, "Model-based Object Tracking in Monocular Image Sequences of Road Traffic Scenes," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 10, No. 3, pp.257-281, 1993.
- [5] D. Beymer, "Traffic Surveillance Home Page," <http://www.cs.berkeley.edu/~beymer/traffic-surveill.html>.
- [6] B. Coifman, S. Dhoorjaty, and Z. H. Lee, "Estimating median velocity instead of mean velocity at single loop detectors," *Transportation Research*, Vol. 11C, No. 3-4, pp. 211-222, 2003.
- [7] D. Beymer, P. McLauchlan, B. Coifman, and J. Malik, "A Real-time Computer Vision System for Measuring Traffic Parameters," *Proc. Intelligent Transport Systems*, 2003.
- [8] J. A. K. S. Jayasinghe, and G. G. D. nishantha, "A CCTV Image Grabber for Vehicular Parameter Detection, Symposium on Research for Industry," Engineering Research Unit, University of Moratuwa, Sri Lanka, pp. 51-59, 1999.
- [9] A. Rosenfeld, "Image Analysis: Problems, Progress and Prospects," *Pattern Recognition*, Vol. 17, pp. 3-12, 1984.
- [10] T. O. Binford, "Survey of Model-Based Image Analysis Systems," *The International Journal of Robotics Research*, Vol. 1.1, No. 1, 1982.
- [11] B. Abdulbahai, and S. M. Tabib, "Spatio temporal inductive pattern recognition for vehicle re-identification," *Transportation Research*, Vol. 11C, No. 3-4, pp. 223-240, 2003.
- [12] D. R. Magee, "Tracking multiple vehicles using foreground, background and motion models, Image and Vision Computing," *Image and Vision Computing*, Vol. 22, pp. 143-155, 2004.

- Computing: Techniques and Applications*, pp. 469-478, 2003.
- [26] D. Gutchessy, M. Trajković, E. Cohen-Solalz, D. Lyonsz, and A. K. Jainy, "A Background Model Initialization Algorithm for Video Surveillance," *Proc. 8th IEEE Int'l Conf. on Computer Vision*, Vol. 1, pp. 744-740, 2001.
- [27] W. Zhang, X. Z. Fang, and W. Y. Lin, "Moving vehicles segmentation based on Gaussian motion model," *Proc. Int'l Society for Optical Engineering*, Vol. 5960, pp. 141-148, 2005.
- [28] R. C. Gonzalez, and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, New Jersey, Prentice-Hall, 2001.
- [29] R. Jain, "Extraction of Motion Information from Peripheral Processes," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-3, No. 5, pp. 489-503, 1981.
- [30] E. Y. Kim, S. H. Pank, K. Jung, and H. J. Kim, "Genetic Algorithm-based Segmentation of Video Sequences," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-7, No. 4, pp. 367-373, 1985.
- [31] R. L. Kashyap, and R. Chellappa, "Stochastic Models for Closed Boundary Analysis," *IEEE Trans. Information Theory*, pp. 627-637, 1981.
- [32] J. K. Aggrawal, and R. O. Duda, "Computer Analysis of Moving Polygonal Images," *IEEE Trans. Computers*, Vol. C-24, No. 10, pp. 966-976, 1975.
- [33] Artificial Intelligence Laboratory at Kyungpook National University, Vehicle Detection and Tracking in a Traffic Scene, <http://ailab.knu.ac.kr/TrafficSurveillanceSystem/tracking.htm>.
- [34] T. J. Broida, and R. Chellappa, "Estimation of Object Motion Parameters from Noisy Images," *Proc. IEEE Conf. Computer Vision Pattern Recognition*, pp. 82-88, 1985.
- [35] C. Mukesh. R. Gadiya, and C. Motwani, "Survey of Image Denoising Techniques," *Proc. GSPx*, pp. 27-30, 2004.
- [36] R. Chellappa, and A. A. Sawchuck, "Digital Image Processing and Analysis," *Digital Image Processing*, Vol. 2, pp. 220-225, 1985.
- [37] P. C. Chen, and T. Pavlidis, "Image Segmentation as an Estimation Problem," *Comput. Graph. Image Processing*, Vol. 12, pp. 153-172, 1980.
- [38] P. C. Chen, and T. Pavlidis, "segmentation by Texture Using Correlation," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-5, pp. 64-69, 1983.
- [39] R. Ohlander, K. Price, and D. R. Reddy, "Picture Segmentation Using a Recursive Region Splitting Method," *Computer Graphics and Image Processing*, Vol. 8, pp. 313-333, 1978.
- [13] L. Lin, X. B. Han, R. Ding, G. Li, S. C. Y Lu, and Q. Hong, "A New Rechargeable Intelligent Vehicle Detection Sensor," *Journal of Physics, Conference International Symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments*, Vol. 1, pp. 102-106, 2005.
- [14] A. S. K. Chakravarthy, V. D. S. Phaneendhar, and S. Sadhukhan, "A Report on Traffic Vision (Traffic Surveillance Using Computer Vision)," International Institute of Information Technology, 2002.
- [15] J. Nascimento, and J. Marques, "Performance evaluation of object detection algorithms for video surveillance," *IEEE Trans. Multimedia*, Vol. 8, No. 9, pp. 761-774, 2006.
- [16] C. Ramchandani, "Analysis of Asynchronous Concurrent Systems by Time Petri Nets," Project MAC-TR 120, MIT, 1974.
- [17] V. Savolainen, and V. Terziyan, "Metapetrinets for Controlling Complex and Dynamic Processes," *International Journal of Information and Management Sciences*, Vol. 10, No.1, pp.13-32, 1999.
- [18] V. Terziyan, and S. Puuronen, "Reasoning with Multilevel Contexts in Semantic Metanetworks," *Proc. Formal Aspects in Context*, pp. 107-126, 2000.
- [19] A. Bobbio, M. Gribaudo, and A. Horváth, "Modeling a Car Safety Controller in Road Tunnels using Hybrid Petri Nets," *Proc. the Intelligent Transportation Systems Conf.*, pp.1436-1441, 2006.
- [20] M. Gribaudo, M. Sereno, A. Horváth, and A. Bobbio, "Fluid stochastic Petri nets augmented with flush-out arcs," *Proc. Modelling and analysis Discrete Event Dynamic Systems*, Vol. (1/2), No. 11, pp. 97-117, 2001.
- [21] G. Horton, V. Kulkarni, D. Nicol, and K. Trivedi, "Fluid stochastic Petri nets, Theory, application and solution techniques," *European Journal of Operational Research*, Vol. 1, No. 10, pp. 184-201, 1998.
- [22] Y. Papadopoulos, J. McDermid, A. Mavrides, C. Scheidler, and M. Maruhn, "Model-based semiautomatic safety analysis of programmable systems in automotive applications," *Proc. IEEE Int'l Conf. Advanced Driver Assistance Systems*, pp. 53-57, 2001.
- [23] G. Sala, R. Brignolo, E. Carrubba, U. Jallasse, and D. Shinar, "Improvement of accident prevention in road tunnels through intelligent infrastructures and intelligent vehicles operation," *Proc. Intelligent Transport Systems*, 2003.
- [24] K. Trivedi, and V. Kulkarni, "FSPNs: Fluid Stochastic Petri nets," *Proc. Int'l Conf on Application and Theory of Petri Nets*, Vol. 691 of LNCS, pp. 24-31, 1993.
- [25] Y. Ming, J. Jiang, and J. Ming, "Background Modeling and Subtraction Using a Local-Linear-Dependence-Based Cauchy Statistical Model," *Proc. of Digital Image*

آدرس پست الکترونیکی نامبرده عبارتست از:

mahabadi@shahed.ac.ir

اطلاعات بررسی مقاله:

تاریخ ارسال: ۸۶/۱۲/۰۵

تاریخ اصلاح: ۸۹/۰۳/۰۹

تاریخ قبول شدن: ۸۹/۰۳/۲۵

نویسنده مرتبط: امین‌الله مه‌آبادی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

- 1 Traffic Measurement
- 2 Intelligent Traffic Signal
- 3 Real Time
- 4 Intelligent Transportation Systems
- 5 Segmentation
- 6 Circle Frequency
- 7 Video Camera
- 8 Inductive Loop
- 9 Sensors
- 10 Ultrasound
- 11 Real Time
- 12 Offline
- 13 Real Time Controller
- 14 Petri Net
- 15 Reference Image
- 16 High Type - 4 Phase Intersection
- 17 Time Petri Net
- 18 Meta Petri Net
- 19 Semantic Meta network
- 20 Hybrid Petri Net
- 21 Green Signal
- 22 Red Signal
- 23 Transition
- 24 Meta Level
- 25 Basic Model Level
- 26 Model Level
- 27 Meta Model Level
- 28 Interrupt Signal Generator
- 29 Place off-on
- 30 Dynamic Network
- 31 Active/Deactive
- 32 Token
- 33 Overflow
- 34 Deadlock
- 35 Lane
- 36 Turn Around Time
- 37 Events
- 38 Context Switching Time
- 39 Social Behavior
- 40 Variations of Lighting
- 41 Dynamic Varieties
- 42 Shadow
- 43 Dynamic Deference Method
- 44 Object Mask
- 45 Thresholding
- 46 Movement Mask
- 47 Learning Parameter
- 48 Background Model Sensitivity
- 49 Input Section
- 50 Output Section
- 51 Median
- 52 Regional
- 53 Differential
- 54 Global Thresholding
- 55 Between Lights
- 56 Canny Filter
- 57 Light

[40] A. M. Nazif, and M. D. Levine, "Low Level image Segmentation: An Expert System," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI- 6, No. 5, pp. 555-577, 1984.

[41] S. M. Smith, "ASSET-2: Real-Time Motion Segmentation and Shape Tracking," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 17, No. 8, pp. 814-82, 1995.

[42] G. C. de Silva, "Automation of Traffic Flow Measurement Using Video Images," Department of Computer Science and Engineering, University of Moratuwa, SriLanka, 2001.

[43] I. E. Abdou, and W. K. Pratt, "Quantitative Design and Evaluation of Enhancement/ Thresholding Edge Detectors," *Proceedings of the IEEE*, Vol. 67, No. 5, pp. 753-763, 1979.

[44] P. L. Rosin, and T. Ellis, "Image difference threshold strategies and shadow detection," *Information Science and Engineering Journal*, Vol. 8, pp. 345-354, 2005.

[45] H. Y. Cheng, Q. Z. Wu, K. C. Fan , and B. S. Jeng, "Binarization Method Based on Pixel-level Dynamic Thresholds for Change Detection in Image Sequences," *Information Science and Engineering Journal*, Vol. 22, pp. 545-557, 2006.

[46] C. Jiang, and M. O. Ward, "Shadow identification," *Proc, IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 606-612, 1992.

[47] X. Jay, Z. Wei, and F. Yewei, "Effective vehicle detection technique for traffic surveillance systems," *Journal of Visual Communication & Image Representation*, Vol. 17, pp. 647-658, 2006.

[48] X. Li, Z. Liu, and K. Leung, "Detection of vehicle from traffic scenes using fuzzy integrals," *The Journal of the pattern recognition society*, Vol. 35, pp. 967-980, 2004.

[49] J. W. Roach, and J. K. Aggrawal, "Determining the Movement of Objects from a Sequence of Images," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-2, No. 6, pp. 554-562, 1980.

[50] S. Kawato, and J. Ohya, "Real-time detection of nodding and head-shaking by directly detection and tracking "between-eyes", " *Proc, IEEE 4th Int'l Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 40-45, 2000.



امین‌الله مه‌آبادی مدرک کارشناسی سخت‌افزار کامپیوتر خود را از دانشکده مهندسی برق دانشگاه علم و صنعت ایران در سال ۱۳۶۸ اخذ نمود همچنین مدرک کارشناسی ارشد معماری کامپیوتر خود را از دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی امیرکبیر در سال ۱۳۷۵ دریافت کرد. وی از سال ۱۳۷۶ عضو هیات علمی گروه سخت‌افزار دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شاهد است. تاکنون پنج کتاب در زمینه علوم کامپیوتر ترجمه و تالیف نموده و مقالاتی نیز در مجلات علمی پژوهشی منتشر کرده است. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه نامبرده پردازش موازی، پردازش تصویر و شبیه‌سازی است.