

تشخیص حجم ترافیک خودروهای چهارراه بکمک تصاویر دوربین[®]

عبداله نارویی
مدیر تحقیقات و توسعه
شرکت قلمرو نیک

محمود فتحي
عضو هیئت علمی دانشکده-
کامپیوتر
دانشگاه علم و صنعت ایران

امین اله مه آبادي
عضو هیئت علمی دانشکده فنی
مهندسی دانشگاه شاهد

narouie@gmail.com mahfathy@lust.ac.ir mahabadi@shahed.ac.ir

چکیده

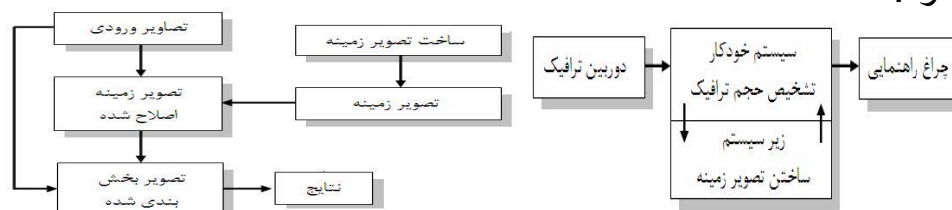
در این مقاله سیستم جدید تشخیص حجم ترافیک^۱ خودروهای چهارراه را که یک سیستم ویدیویی خودکار برای محاسبه حجم ترافیک خودروهای عبوری جهت کنترل چراغهای راهنمایی چهارراه است ارائه می-شود. هر خیابان ورودی چهارراه دارای یک دوربین می باشد. عملیات شامل دوحمل ایجاد تصویر بلادرنگ زمینه (خیابان بدون ماشین) و محاسبه حجم خودروهای عبوری است. تصاویر زمینه^۲ در حین- کارسیستم ساخته و بروز^۳ می شوند سپس حجم ترافیک از ازدحام خودروهای خیابانهای ورودی به چهارراه محاسبه و با مقایسه حجم ترافیک و با صدور فرامین^۴ مربوطه چراغهای چهارراه تنظیم می گردد. سیستم بصورت فازی^۵ عمل می کند و برای تست از چهار دسته تصویر با کیفیتهای متفاوت استفاده شده که با افزایش کیفیت تصاویر، دقت نتایج بهتر می شود. اشیاء متحرک در پیاده رو و سمت دیگر خیابان اثری بر نتایج ندارند و حذف می گردند. سیستم^۶ فریم بر ثانیه را برای هر دوربین پردازش می کند و با افزایش فریم ها نتایج بهبود می یابد. سیستم پیشنهادی در مقابل تغییرات آرام نور محیط^۷ مقاوم و تا حدودی تغییرات ناگهانی را تحمل می کند و نسبت به شعاع پوشش دوربین وابستگی ندارد. اگر سرعت حرکت خودروها کم و متناسب با سرعت حرکت چهارراه باشد، بصورت بلادرنگ^۸ عمل می کند.

کلمات کلیدی: تحلیل ترافیک^۹، تصاویر ویدیویی، دوربین ترافیکی، تصویر زمینه، بخش بندی تصویر^{۱۰}، تفاضل-گیری، سایه، رشد ناحیه^{۱۱}

برای طراحی سیستم کنترل ترافیک در یک موقعیت خاص، پارامترهای مربوط به حرکت خودروها بدست می-آیند که برحسب نوع سیستم متغیر است [1]. این پارامترها می-توانند حجم ترافیک، نوع خودروها، تعداد خودروها، سرعت خودروها، تخلفات رانندگی، حوادث رانندگی و مانند آن باشند [28]. به علت وجود تفاوت در پارامترهای موردنظر، روشهای متفاوت مورد استفاده قرار می-گیرند [18,27]. یک روش معمول استفاده از نیروی انسانی مشاهده گر جهت جمع آوری اطلاعات و استنتاج پارامترهای موردنظر اطلاعات بدست آمده است که ابزارهای فیزیکی نیز می-توانند مورد استفاده قرار گیرند [31]. روشی که فعلاً بیشترین استفاده را در شمارش تعداد اتومبیل ها و تخمین سرعت آن ها دارد، استفاده از حلقه های مغناطیسی نصب شده کف خیابان می-باشد. روشهایی مانند استفاده از حلقه های مغناطیسی، سنسورهای فشار، امواج ماورای صوت و دوربین های ویدیویی در بسیاری از کشورها مرسوم است. بررسی تصاویر ویدیویی از خطا می-کاهد و بررسی نتایج حاصل را دقیقتر می-کند. از تصاویر می-توان بعنوان اسناد مهم برای استنتاج های دیگر استفاده کرد که طبیعتاً ترکیب سیستم های مختلف دقت در محاسبه پارامترها و نتایج را افزایش می-دهد [5-1]. سیستم خودکار کنترل ترافیک ویدیویی امتیازات بسیار زیادی دارد. اولاً دوربین پارامترهای بیشتری (مانند طبقه بندی نوع خودرو، تعداد خودروها، حجم ترافیک و غیره) را برای بررسی ارایه می-دهد. ثانیاً، نصب دوربینهای ویدیویی^{۱۱} بسیار آسانتر و کم هزینه تر از حلقه های مغناطیسی^{۱۲} و مانند آن است. ثالثاً، دیدگسترده دوربین میتواند جایگزین چندین سنسور^{۱۳} یا حلقه مغناطیسی گردد. رابعاً، برخلاف امواج ماورای صوت^{۱۴} یا حلقه های مغناطیسی استفاده از دوربین برای انسان کاملاً بیخطر است [3-2]. سیستم های خودکار کنترل ترافیک ویدیویی می-توانند دردو حالت بلادرنگ و غیرمستقیم^{۱۵} مورد استفاده قرار گیرند [38]. مثلاً برای تعیین زمان تعویض چراغهای راهنمایی یا تشخیص و ثبت تخلفات سیستم در حالت غیرمستقیم استفاده میشود درحالیکه کنترل ترافیک در محل های پرتراکم و همراه با تغییرات شبانه روزانه، بصورت بلادرنگ بکار میرود. تشخیص خودکار ترافیک با استفاده از روشهای ویدیویی، بدلالی بطورگسترده مورد استفاده قرار نگرفته است. اولاً این سیستم ها دارای محدودیت کارایی هستند و مثلاً با ازدحام زیاد، سایه های بلند و تغییرات نور شب و روز مشکل دارند

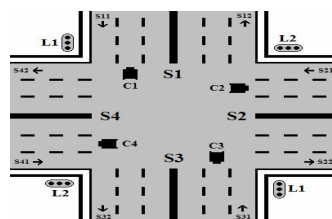
[2]. ثانیاً هزینه تولید آنها بسیار بالا است. ثالثاً وجود خطوط ارتباط سریع انتقال تصاویر دوربین‌ها به پردازشگر لازم است. رابعاً برای عملیات بلادرنگ به سخت افزار پیشرفته نیاز است.

سیستم از دو بخش اصلی ساختن تصویر زمینه و محاسبه حجم ترافیک تشکیل شده که وظیفه بخش اول به دست آوردن تصویر زمینه یا مرجع^{۱۶} از فریم‌های ورودی و ذخیره آن است. بخش دوم برای محاسبه حجم ترافیک با تصاویر ورودی، تصویر زمینه را اصلاح و نهایتاً تصویر بخش‌بندی شده ورودی را بعنوان تصویر نهایی ارائه می‌کند. نتایج مطابق الگوریتم شکل ۱ از تصویر بخش‌بندی شده بدست می‌آیند. در ادامه مقاله، اجزای سیستم تعریف و مدل ارائه شده یک چهارراه مورد بحث قرار می‌گیرد. سپس الگوریتم کار برای ساختن تصاویر زمینه معرفی می‌گردد. در بخش بعدی روش تشخیص حجم ترافیک معرفی و در انتها نتایج حاصل بیان می‌شود.



شکل ۱ الگوریتم تشخیص حجم ترافیک خودرو

۲- مدل چهارراه



شکل ۲ مدل چهارراه و موقعیت دوربین‌ها

در سیستم ارائه شده چهارراه و محل دوربین‌ها مطابق شکل ۲ مدل شده است. از آنجا که رنگ چراغ تنها برای خودروهای وارد شونده به چهارراه اهمیت دارد در هر خیابان منتهی به چهارراه، تنها بخش ورودی به آن چهارراه در نظر گرفته شده و با نصب یک دوربین بر روی هر ورودی، تنها ترافیک خودروهای در حال حرکت به سمت دوربین محاسبه می‌شوند. ترافیک ورودی، به تعداد لاین‌های^{۱۷} تشکیل دهنده خیابان، تقسیم‌بندی شده و حجم ترافیک در هر لاین به صورت جداگانه محاسبه و نمایش داده می‌شود. هر دو خیابان روبروی هم

يك خيابان واحد را در يك چهارراه مي سازند وداراي يك چراغ راهنمايي مشترك هستند، با جمع حجم ورودي-ها و مقايسه آن با مقدار متناظر خيابان متقاطع، مي توان الگوريتم كنترل چراغ راهنمايي در يك چهارراه را بدست آورد. با توجه به شكل ۲، تصاوير هر يك از خيابان هاي ورودي S_{11} ، S_{21} ، S_{31} و S_{41} جداگانه توسط دوربين هاي C_1 ، C_2 ، C_3 و C_4 ارسال و پس از محاسبه حجم ترافيك، حجم S_{11} و S_{31} باهم جمع وبا مجموع حجم هاي S_{21} و S_{41} مقايسه مي گردد تا نهايتاً وضعيت دوچراغ L_1 مربوط به خيابان S_1S_3 و L_2 مربوط به خيابان S_2S_4 مشخص گردد. با فرض آنكه حجم خودرو مربوط به ورودي هاي S_{11} ، S_{21} ، S_{31} و S_{41} بترتيب V_{11} ، V_{21} ، V_{31} و V_{41} باشد، حجم ترافيك را مطابق رابطه ۱ داريم. باتوجه به اينكه در رابطه ۱، R_1 حجم ترافيك در دو ورودي روبروي هم S_{11} و S_{31} (يعني خيابان L_1 چهارراه) و R_2 حجم ترافيك در دو ورودي روبروي هم S_{21} و S_{41} (يعني خيابان L_2 چهارراه) مي باشد، رنگ چراغ هاي L_1 و L_2 بصورت ساده از رابطه ۲ بدست مي آيد. رنگ چراغ خيابان با حجم ترافيك كم، قرمز و باحجم ترافيك بالاسبز است و در صورت تساوي زرد خواهند بود.

$$\begin{aligned} R_1 &= V_{11} + V_{31} \\ R_2 &= V_{21} + V_{41} \end{aligned}$$

(۱)

$$\begin{cases} \text{if } (R_1 = R_2) & L_1 : L_2 \Rightarrow \text{Yellow} \\ \text{else if } (R_1 < R_2) & L_1 \Rightarrow \text{Red}, L_2 \Rightarrow \text{Green} \\ \text{else if } (R_1 > R_2) & L_1 \Rightarrow \text{Green}, L_2 \Rightarrow \text{Red} \end{cases}$$

(۲)

۳- تصویر زمینه

سیستم پیشنهادی از ترکیب روش‌های پردازش تصویر و تحلیل تصاویر متوالی ترافیکی استفاده کرده که اصلاحاتی در تکنیک‌های موجود و استفاده از الگوریتم‌های جدید نیز صورت گرفته است. خروجی سیستم می‌تواند شامل سیگنال‌های لازم برای کنترل و صدور فرمان به چراغ‌های راهنمایی باشد. استفاده از تصویر زمینه در سیستم‌هایی که از روش زمینه برای تشخیص و جداسازی حرکت استفاده می‌کنند، کاملاً ضروری است [34]. یک راه حل ساده، استفاده از تصویر اولیه ذخیره شده باز 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) در چنین شرایطی کاربرد ندارد. مشکل دیگر گرفتن تصویر بدون حضور اشیاء متحرک در محیط‌های شلوغ خصوصاً خیابان می‌باشد که در بعضی شرایط این کار تقریباً غیر ممکن است. لذا بنظر می‌رسد چاره‌ای جز ساختن بلادرنگ تصویر زمینه از تصاویر ورودی اشیاء و اجزاء متحرک و بروز کردن مداوم آن نیست. البته این روش نیز خود با مشکلاتی همراه است ولی بدلیل مذکور، تنها راه حل موجود می‌باشد و سیستم از 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- علاوه بر 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 و یا سراسری بوده و کل تصویر محیط را تحت تأثیر قرار دهند. بسیار مهم است که مدل ساخته شده از زمینه بتواند این تغییرات را تحمل کند و مدل پیشنهادی اینچنین است.

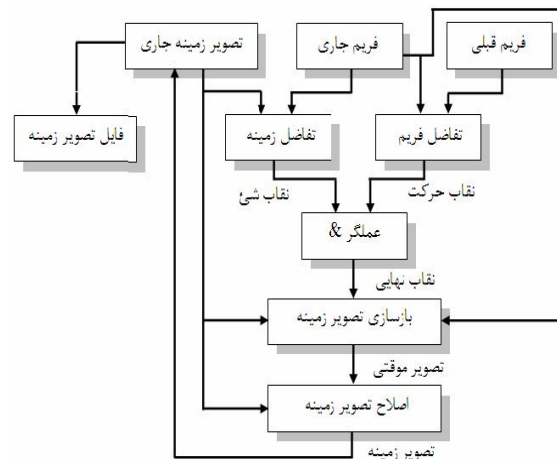
۳-۱- تغییرات در زمینه

به طور عمده دونوع تغییر در محیط یا زمینه ممکن است رخ دهد: الف- تغییرات نور^{۱۸} یا روشنایی و ب- تغییرات پویا^{۱۹} [34]. در محیطهای عملی، الف- همواره سه نوع تغییرات نور یا روشنایی در محیط اتفاق می افتد که عبارتند از: ۱- تغییرات تدریجی نور (در محیطهای آزاد یا بسته زیر سقف) به علت تغییر موقعیت خورشید ایجاد و تغییر کلی در نظر گرفته می شوند. 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 يك ابر تیره از محیط اتفاق بیفتد. در این حالت روشنایی اشیاء و سطوح بطور همزمان تغییر میکند. ۳- سایه ها^{۲۰} توسط اشیاء زمینه که بدون حرکتند و یا اشیاء متحرك که متعلق به زمینه نیستند، ایجاد می شوند. این تغییرات قسمتی از محیط را تحت تأثیر قرار می دهد. 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 در محیطهای آزاد اتفاق می افتد. ۳- تغییرات فیزیکی شامل هر تغییری در ظاهر محیط و زمینه بر اثر تغییر موقعیت اشیائی که قبلاً متعلق به زمینه بوده اند است [35-38].

۳-۲- ساخت تصویر زمینه

روش ارائه شده برای ساخت و اصلاح تصویر زمینه روش جدید ترکیبی از روش تفاضل پویا^{۲۱} و استفاده از الگوریتمهای جدید است (شکل ۳) [21,25]. پس از ساخت تصویر زمینه، این تصویر بعنوان مرجع ذخیره و سپس بخش محاسبه حجم تردد، از این تصویر (به عنوان تصویر زمینه مرجع) 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 بخش ساختن تصویر زمینه، دنباله تصاویر متوالی از يك 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، يك مقدار باینری بعنوان نقاب شیء^{۲۲} (مطابق رابطه ۳) می‌یابیم. از تفاضل فریم جاری و فریم قبلی و آستانه‌گیری^{۲۳} از نتیجه تفاضل، نقاب حرکت^{۲۴} (مطابق رابطه ۴) بدست می‌آید.



شکل ۳ اصلاح تصویر زمینه

در روابط ۳ و ۴، i و j مختصات پیکسل، CF تصویر فریم جاری، CB تصویر زمینه جاری، PF تصویر فریم قبلی و T مقدار آستانه می‌باشد. پس از محاسبه نقابهای شیء و حرکت با AND کردن این دو نقاب، نقاب نهایی بدست می‌آید (رابطه ۵). با استفاده از این نقاب می‌توان تصویر زمینه موقت را بدست آورد (مطابق رابطه ۶) که IB تصویر زمینه موقت است. در آخر، تصویر زمینه نهایی به دست می‌آید (مطابق رابطه ۷).

$$\text{Object_Mask}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } |CF(i, j) - CB(i, j)| > T \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{Motion_Mask}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } |CF(i, j) - PF(i, j)| > T \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{Mask}(i, j) = \text{Motion_Mask}(i, j) \& \text{Object_Mask}(i, j) \quad (5)$$

$$IB(i, j) = \begin{cases} CF(i, j) & \text{if } \text{Mask}(i, j) = 0 \\ CB(i, j) & \text{if } \text{Mask}(i, j) = 1 \end{cases} \quad (6)$$

$$CB(i, j) = \alpha \cdot IB(i, j) + (1 - \alpha) \cdot CB(i, j) \quad (7)$$

در رابطه ۷، 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 پارامتر یادگیری^{۲۵} است که تأثیر زیادی در نتیجه نهایی دارد و می‌تواند به عنوان يك مقدار ثابت و بدون تغییر مورد استفاده قرار گیرد اما ثابت بودن α مشکلاتی

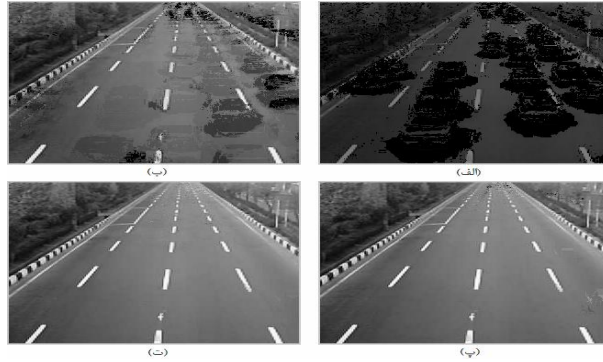
ایجاد می‌کند. مثلاً مقادیر بزرگتر α ، تغییرات را به سرعت منعکس می‌کند، بنابر این ممکن است پس از حصول يك تصویر زمینه خوب، با عبور يك شيء یا خودروی دارای سرعت کم، تاثیر آن در زمینه برای مدتی به نمایش درآید. از طرفی مقدار کم α ، تغییرات سریع مانند تغییر ناگهانی نور محیط، مدت زمان و تعداد فریم‌های بیشتری برای تطابق زمینه طلب می‌کند اما در تصویر نهایی از زمینه کیفیت بهتری ارائه می‌کند [6]. تعیین مقدار α ، باید تناسبی بین کیفیت بهتر و سرعت بیشتر برقرار گردد. با استفاده از تصاویر ورودی میتوان به رابطه‌ای برای تعیین مقدار α در شرایط مختلف دست‌یافت و باید بگونه‌ای باشد که وقتی شرایط نور محیط به سرعت تغییر می‌کند، مقدار α بزرگ‌تر شده و در مواقعی که تغییر نور سریع وجود ندارد، مقادیر کوچک‌تری برای α در نظر گرفته شود. می‌توان با استفاده از تغییرات نور، يك مقدار قابل تطبیق برای α تعیین کرد. مقدار میانگینی از فریم جاری و فریم قبلی برای محاسبه α بکار میرود. خودروهای در حال حرکت نباید بعنوان تغییرات نور در نظر گرفته شوند لذا میانگین‌گیری باید تنها در قسمت‌های غیر متحرك انجام گیرد (معادلات ۸ تا ۱۰).

$$Area_Unmoved = \sum_{i,j} (1 - Motion_Mask(i, j)) \quad (8)$$

$$Sum_Unmoved = \sum_{Motion_Mask(i,j)=0} |CF(i, j) - PF(i, j)| / 256 \quad (9)$$

$$\beta = \frac{Sum_Unmoved}{Area_Unmoved} \quad \alpha = 0.9\alpha + 0.1\beta \quad (10)$$

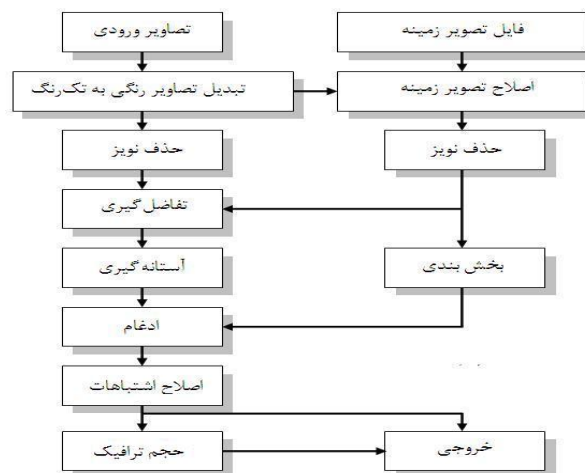
در روابط ۹ تا ۱۰، $Area_Unmoved$ مشخص‌کننده بخش‌های بدون حرکت بین فریم جاری و فریم قبلی، $Sum_Unmoved$ جمع نرمال‌سازی شده قدر مطلق اختلاف سطح‌روشنایی بین فریم جاری و فریم قبلی در نقاطی از تصویر که بدون حرکت هستند، و β از تقسیم این دو مقدار بدست می‌آید. بنابر این تغییرات سریع در روشنایی محیط بین دو فریم متوالی با توجه به رابطه ۹، مقادیر بزرگ‌تری از β را تولید می‌نماید که α بزرگ‌تری را نتیجه می‌دهد. ثابت‌های ۰/۹ و ۰/۱ حساسیت مدل زمینه^{۲۶} را به تغییرات نور کنترل می‌کنند و به تجربه بدست آمده‌اند [16, 26]. شکل ۴ نمایش نتیجه استفاده این روش و تصاویر حاصل پس از به ترتیب ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ فریم ورودی است که هرچه تعداد فریم‌ها بیشتر شود کیفیت تصویر زمینه نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۴ تصویر زمینه حاصل (الف) بعد ۱ فریم، (ب) بعد ۵ فریم، (پ) بعد ۱۰ فریم، (ت) بعد ۱۵ فریم

۴- تشخیص حجم ترافیک

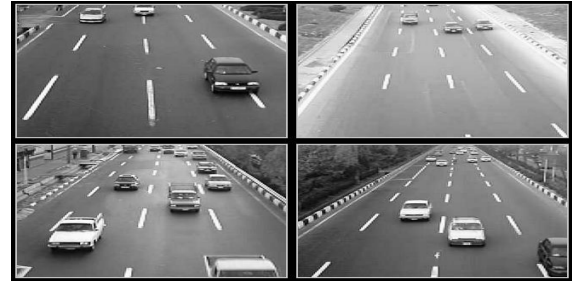
الگوریتم محاسبه حجم ترافیک مطابق شکل ۵ است. ورودی‌های این سیستم چهار رشته تصویر متوالی جداگانه و چهار تصویر زمینه متناظر با رشته تصاویر ورودی می‌باشند. خروجی آن نیز نمایش حجم ترافیک بدست آمده در هر یک از چهار ورودی^{۲۷} بطور جداگانه (به تفکیک لاینها) و هر یک از دو خیابان ایجاد کننده چهارراه و مقایسه آنها است. در اولین مرحله، چهار سری تصویر از چهار ورودی به چهارراه، به سیستم وارد می‌شوند. سپس چهار تصویر زمینه هر کدام مربوط به یکی از ورودی‌ها (بدون وجود خودروها و اشیاء متحرک) و قبلاً ساخته شده را مانند شکل ۷ بار می‌کند.



شکل ۵ الگوریتم محاسبه حجم ترافیک



شکل ۷ تصاویر زمینه چهار ورودی



شکل ۶ چهار ورودی چهارراه

۴-۱- تبدیل به تصویر خاکستری

مرحله اول، پس از ورود تصاویر ورودی رنگی عمل تبدیل به تصاویر سطح خاکستری^{۲۸} انجام می‌شود و با توجه به اینکه تصویر زمینه را با سطوح خاکستری ذخیره دارد، این عملیات تنها روی تصاویر ورودی انجام می‌پذیرد لذا سیستم قادر است با دوربین رنگی و تکرنگ کار کند. روش سیستم تبدیل تصاویر رنگی با فرمت RGB به سطح خاکستری مدل رنگ YIQ می‌باشد که این تبدیل با استفاده از عملیات ماتریسی صورت می‌گیرد. مؤلفه Y اطلاعات روشنایی و مؤلفه‌های I و Q اطلاعات رنگ را شامل می‌شوند (ماتریس رابطه ۱۱). مقدار سطح خاکستری تصویر در مؤلفه Y قرار می‌گیرد که برای هر پیکسل از رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود [37].

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$Gray(i, j) = 0.299R(i, j) + 0.587G(i, j) + 0.114B(i, j) \quad (12)$$

۴-۲- اصلاح تصویر زمینه

مرحله دوم، اصلاح تصویر زمینه با استفاده از تصاویر ورودی تکرنگ است. برای افزایش کارایی و سرعت و اجتناب از مشکلاتی که در بخش قبل به آنها اشاره شد، از روش آستانه‌گیری (مطابق رابطه ۱۳) برای بازسازی و اصلاح تصویر زمینه استفاده می‌شود [38].

$$CB(i, j) = \begin{cases} CF(i, j) & \text{if } |CF(i, j) - CB(i, j)| < T \\ CB(i, j) & \text{else} \end{cases} \quad (13)$$

در رابطه ۱۳، CB تصویر زمینه، CF تصویر ورودی و T مقدار آستانه (ثابت ۲۰ فرض شده) است. لذا تغییرات کوچک مانند تغییرات آرام نور و سایه‌های اجسام ثابت در اثر تغییر جهت تابش خورشید، با سرعت

در تصویر زمینه منعکس و تصویر زمینه را به مرور زمان با این تغییرات هماهنگ و اصلاح می‌نماید. بدیهی است در این روش میزان تطابق با تغییرات ناگهانی، به مقدار آستانه یا T بستگی دارد. مقادیر بزرگ آستانه موجب میشوند که تغییر مکان اجسام متحرك و خودروها در زمینه منعکس شود و مورد نظر سیستم نیست. همچنین مقادیر کوچکتر T، احتمال عدم تطابق با تغییرات ناگهانی نور را بیشتر می‌کند. این تغییرات که در استفاده از دوربین‌های ارزان قیمت در طول مدت تصویربرداری بسیار اتفاق می‌افتد، با مقادیر كوچك آستانه، ممكن است تغییرات در تصویر زمینه ثبت نشده و پس از مدت طولانی و افزایش حجم تغییرات محیطی (مانند شدت نور و انباشتگی آن) بمرور زمان، نتایج نادرستی را تولید نماید.

۴-۳- حذف نویز

مرحله سوم، کاهش اثر نویز با یک نقاب 3×3 و روش میانگین^{۲۹} رابطه ۱۴ است [20]. عملیات حذف نویز در تصویر زمینه و هم در تصویر ورودی صورت می‌گیرد (تصویر زمینه در شکل ۸).

$$R = \sum_{i=1}^q Z_i W_i = Z_1 W_1 + Z_2 W_2 + \dots + Z_q W_q \quad (14)$$



شکل ۸ (الف) قبل میانگین، (ب) بعد

میانگین

۴-۴- بخش‌بندی تصویر

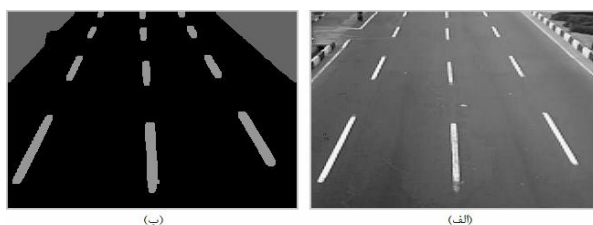
از این پس، عملیات بصورت موازی در دو بخش اصلاح زمینه و محاسبه ترافیک پیش میرود. يك بخش، بخش‌بندی تصویر است که روی تصویر زمینه اعمال می‌شود (و هدف اینکار جداکردن محدوده سمت چپ خیابان است) [11-15]. باتوجه به تعریف ورودی چهارراه، باید تنها خودروهایی که به چهارراه وارد میشوند و جهت حرکت آنها بطرف دوربین است، برای محاسبه حجم ترافیک در نظر گرفته شوند. لذا لازمست محدوده سمت چپ خیابان (یعنی مسیر عبور خودروها بسمت چهارراه) از بقیه قسمت‌ها جدا گردد تا هم حجم پردازش کاهش یابد و هم اشیاء متحرك غیر از خودروهای موردنظر، از محاسبات حذف شوند [23]. در

بسیاری از کاربردهای پردازش تصویر، لازمست که اشیاء از زمینه تصویر جدا و یا تصویر به قسمت‌های جداگانه‌ای تقسیم‌بندی شود که به این عملیات، بخش‌بندی تصویر گفته میشود. روش سیستم برای بخش‌بندی تصویر روش ناحیه‌گرا^{۳۰} است. باید توجه کرد یک روش کلی که برای همه انواع تصاویر درست عمل کند وجود ندارد و دیگر اینکه هیچ روشی بطور دقیق و عالی عمل نمی‌کند [30,33,36,37].

روش سیستم پیشنهادی برای بخش‌بندی روش ناحیه‌گرا است. در رشد ناحیه با پیوستن پیکسل، پیکسل‌ها در نواحی بزرگ‌تر گروه‌بندی می‌گردد و با پیوستن پیکسل‌ها انجام می‌شود. لذا یک یا چند پیکسل به عنوان بذر در نظر گرفته شده و سپس این پیکسل‌ها با همسایگانیشان و براساس تشابه در سطح خاکستری یا خواص دیگر پیوند می‌خورند تا نواحی بزرگ‌تری ایجاد شود. سیستم برای بخش‌بندی از روش رشد ناحیه با پیوستن پیکسل و شروع از یک نقطه به عنوان بذر استفاده می‌کند. یک یا چند نقطه تصویر متعلق به ناحیه مورد نظر، انتخاب و با یک سطح روشنایی مانند صفر علامتگذاری می‌شوند. سپس با پیمایش تصویر در چند جهت و استفاده از خاصیت سطح روشنایی در همسایگان پیکسل‌های برجسته خورده با مقدار صفر، اگر در محدوده یک مقدار آستانه با پیکسل برجسته خورده برابر بودند، به ناحیه مورد نظر اضافه می‌شوند، در غیر اینصورت بدون تغییر باقی می‌مانند. این عملیات روی کل تصویر انجام و در انتها تمام محدوده مورد نظر از خیابان ورودی به چهارراه با مقدار صفر جایگزین می‌شود. سپس با استفاده از تشخیص لبه، خطوط منقطع جداکننده لاین‌ها با سطح روشنایی ۱۵۰ علامتگذاری می‌گردد. اینکار جهت تقسیم خیابان به لاین‌های جداکننده آن لازم است. سپس باقیمانده تصویر به عنوان قسمت‌های غیر ضروری جهت پردازش با سطح روشنایی ۱۰۰ برجسته می‌خورد. پس 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 باید از محاسبات و اندازه‌گیری حذف شوند. نتیجه بخش بندی تصویر زمینه در شکل ۹ قابل مشاهده است.

از وظایف سیستم، تقسیم‌بندی خیابان ورودی به لاین‌های جدا کننده و اندازه‌گیری حجم بطور جداگانه در هر لاین و نمایش آن است. سعی شده تا حد ممکن جداسازی به دقت انجام گیرد تا نتایج بهتری بدست آید. فرض

در اینکار اینست که خطوط منقطع، يك خیابان را به اندازه‌های مساوي تقسیم می‌کند يعني عرض تمام لاین‌ها در يك خیابان برابرند. حداکثر تعداد پنج لاین برای هر خیابان در نظر گرفته شده که در عمل نیز بیشتر از این تعداد مشاهده نمی‌شود. با فرض تساوي عرض لاین‌ها در يك خیابان، برای جداکردن خیابان به لاین‌های تشکیل‌دهنده آن، ابتدا تعداد خطوط تشکیل‌دهنده لاین‌ها در عرض خیابان به دست‌آمده، و عرض هر لاین با تقسیم عرض کل خیابان به تعداد خطوط به اضافه يك، محاسبه می‌شود.



شکل ۹ (الف) تصویر زمینه، (ب) تصویر بخش بندی شده

پس از محاسبه عرض لاین‌ها، هر لاین از سمت چپ با يك سطح روشنایی متفاوت با لاین‌ها و قسمت‌های دیگر بخش‌بندی شده حاصل از مرحله قبل، علامت‌گذاری می‌شود تا در مرحله محاسبه حجم مورد استفاده قرار گیرد. بدیهی است در این روش، دقت نتایج و حجم ترافیک هر لاین به کیفیت بخش‌بندی تصویر و جداسازی عرض خیابان ورودی به چهار راه بستگی زیادی دارد. تا این مرحله، تصویر زمینه بخش‌بندی شده و محدوده مورد نظر از خیابان از سایر بخش‌های غیر لازم جهت پردازش جدا گردیده است، همچنین محدوده مورد نظر به تعداد لاین‌های تشکیل‌دهنده آن تقسیم‌بندی شده و هر لاین نیز با يك سطح روشنایی متفاوت علامت‌گذاری شده تا این سطوح روشنایی بعنوان معیاری برای تشخیص حجم ترافیک هر لاین باشد.

۴-۵- تفاضل‌گیری

ورودی‌های این بخش، تصویر ورودی خاکستری بدون نویز و تصویر زمینه بدون نویز می‌باشند. خروجی آن يك تصویر حاصل از تفاضل^{۳۱} دو تصویر ورودی و زمینه مطابق رابطه ۱۵ است و در آن DF تصویر خروجی تفریق‌شده، CF تصویر ورودی و CB تصویر زمینه هستند [37]. پس از تفاضل‌گیری برای تولید تصویر دودویی، از تصویر حاصل آستانه‌گیری می‌شود.

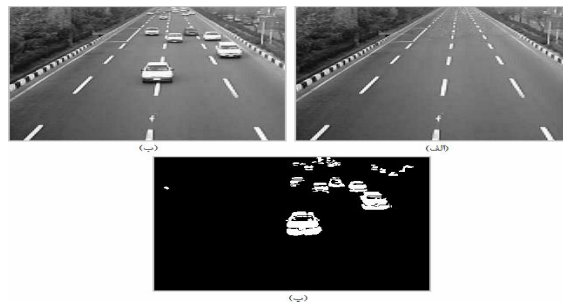
$$DF(i, j) = CF(i, j) - CB(i, j) \quad (15)$$

۴-۶- آستانه‌گیری

آستانه‌گیری روشی برای استخراج اشیاء از تصویر زمینه است و روش ما آستانه‌گیری سراسری^{۳۲} می‌باشد [38]. مقدار آستانه در اینجا ۱۰ فرض شده که تجربی بدست آمده و نتایج خوبی را تولید می‌کند (رابطه ۱۶) [8]. در رابطه ۱۶، BF تصویر باینری حاصل از آستانه‌گیری و DF تصویر خروجی از بخش تفاضل تصویرهای ورودی و زمینه می‌باشد. به این ترتیب اشیاء متحرک و خودروها، از زمینه و قسمت‌های بدون حرکت تصویر جدا و تصویر به دو بخش سیاه (زمینه) و سفید (اشیاء متحرک) تقسیم می‌شود. عملاً برای کاهش حجم پردازش‌ها و اجتناب از حلقه‌های تکراری، عمل تفاضل‌گیری و آستانه‌گیری با یکدیگر بصورت رابطه ۱۷ ادغام شده‌اند.

$$Bf(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } |DF(i, j)| > T \\ 0 & \text{if } |DF(i, j)| \leq T \end{cases} \quad (۱۷) \quad Bf(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } |CF(i, j) - CB(i, j)| > T \\ 0 & \text{if } |CF(i, j) - CB(i, j)| \leq T \end{cases} \quad (۱۷)$$

نتیجه این عملیات و مرحله قبل در شکل ۱۰ آمده است. با تفریق تصویر ورودی شامل اشیاء متحرک از تصویر زمینه بدون اشیاء متحرک و سپس آستانه‌گیری، یک تصویر باینری که در آن خودروهای متحرک با سطح روشنایی ۲۵۵ مشخص شده‌اند بدست می‌آید [40-43].



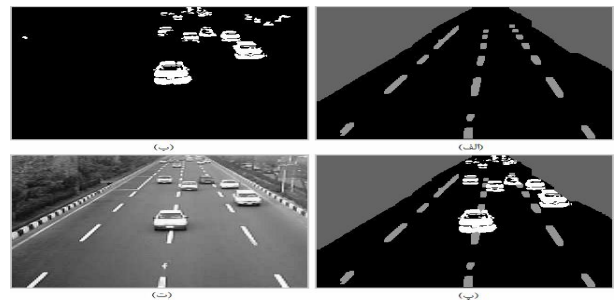
شکل ۱۰ (الف) تصویر زمینه، (ب) ورودی، (پ) باینری

۴-۷- ادغام

مرحله بعدی مرحله ادغام دو تصویر، یکی تصویر حاصل از بخش تفاضل‌گیری شامل زمینه و دیگری تصویر زمینه بخش‌بندی شده برای بخش‌های غیرقابل پردازش، خطوط منقطع جداکننده لاینها، ولاینها می‌باشد. در این مرحله دو تصویر ادغام می‌شوند تا تصویر نهایی بعنوان نتیجه تولید گردد. تصویر نهایی يك

تصویر بخش‌بندی از چند قسمت مجزا با سطوح روشنایی متفاوت است. با توجه به اینکه تصویر بدست‌آمده در قسمت تفاضل‌تصویر و پس از مرحله آستانه‌گیری، شامل همه اشیاء متحرک بود، در این مرحله می‌توان خودروهای مورد نظر که در خیابان ورودی به چهارراه و در جهت دوربین در سمت چپ در حرکتند را از سایر اشیاء مانند عابرین پیاده در پیاده‌رو یا خودروهای سمت راست (طبق رابطه ۱۸) جدا کرد. به این ترتیب برای تمامی پیکسل‌های موجود، یک تصویر نهایی بخش‌بندی شده شامل خودروهای معرف حجم ترافیک، بخش غیرقابل پردازش و محدوده خیابان منتهی به چهارراه بدست می‌آید (شکل ۱۱).

$$SF(i, j) = \begin{cases} BF(i, j) & \text{if } (BF(i, j) = 255 \ \& \ SB(i, j) \neq 100) \\ SB(i, j) & \text{else} \end{cases} \quad (18)$$



شکل ۱۱ (الف) تصویر بخش‌بندی زمینه، (ب) تصویر باینری ورودی، (پ) ادغام تصاویر (الف) و (ب)، (ت) تصویر اصلی

۴-۸- اصلاح اشتباهات

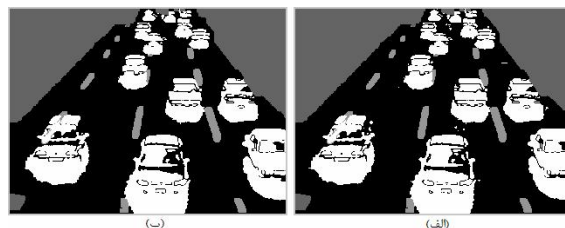
این مرحله تقریباً شبیه مرحله حذف‌نویز ولی برای اصلاح اشتباه است چون باید نقاطی که به اشتباه در قسمت بخش‌بندی یا تفاضل در یک‌دسته قرار گرفته‌اند، با سطح روشنایی همسایگان آن نقاط جایگزین و اصلاح شوند. تفاوت آن نیز با مرحله حذف نویز در نوع و ابعاد نقاب‌های بکاررفته است. روش کار عبارتست از بدست آوردن سطح روشنایی همسایگان یک پیکسل در مرکز یک همسایگی 3×3 که اگر سطح روشنایی تمام همسایگان پیکسل مرکز با خود پیکسل متفاوت بود، پیکسل مرکز همسایگی با سطح روشنایی همسایگان خود جایگزین می‌شود (معادلات ۱۹ و ۲۰). برای حذف پیکسل‌های اشتباه از نقاب‌هایی با ابعاد ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ استفاده شده تا

بیشترین میزان اصلاح در خطاهای مراحل بخش‌بندی و تفاضل‌گیری صورت‌گرفته و نتایج بهتری حاصل- گردد. نتیجه آن در شکل ۱۲ با حذف برخی نقاط و خطوط اضافی تصویر مشخص شده است.

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

$$R = W_1 Z_1 + W_2 Z_2 + W_3 Z_3 + W_4 Z_4 + W_5 Z_5 + W_6 Z_6 + W_7 Z_7 + W_8 Z_8 + W_9 Z_9$$

if (R = 0) Z₀ = 0 (۱۹) (۲۰)



شکل ۱۲ (الف) اصلاح نشده، (ب) اصلاح

شده

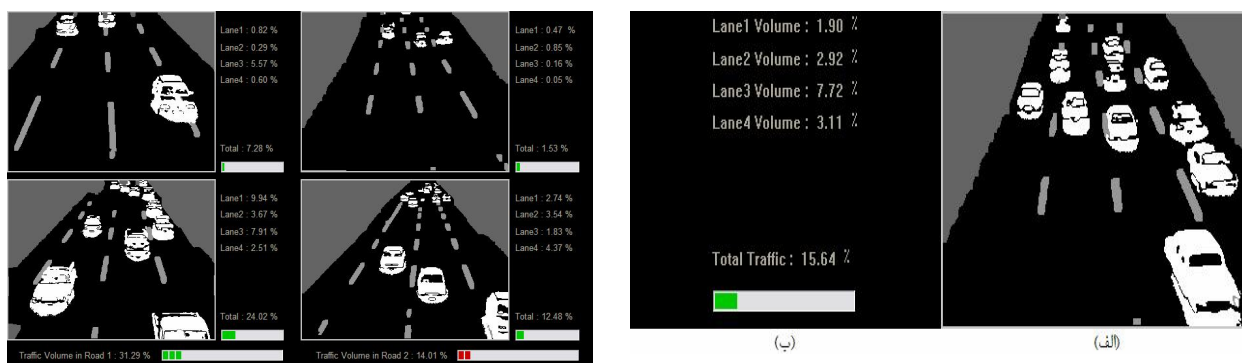
۴-۹- حجم ترافیک

با داشتن تصویر بخش‌بندی‌شده از ورودی و تصویر زمینه بخش‌بندی‌شده 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 نمود [33,38]. حجم ترافیک نسبت حجم خودروها بسطح خیابان است که به درصد تبدیل و بعنوان حجم خام ارائه می‌شود. حجم ترافیک در هر لاین با شمارش تعداد پیکسل‌ها در آن لاین که سطح روشنایی‌اش در تصویر بخش‌بندی‌شده 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 (فرمول ۲۱). حجم کل ترافیک خیابان برابر با مجموع حجم‌های به دست آمده هر لاین می‌باشد.

$$\sum_{i=1}^{Lanes} \frac{C_i}{B_i} \quad (21)$$

شکل ۱۳ 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. با توجه به تعریف چهارراه، حجم کل ترافیک باید در دو خیابان متقاطع چهارراه بدست‌آید تا براساس میزان حجم ترافیک در هر یک از دو خیابان، چراغ‌ها کنترل شوند. این مقدار از جمع حجم‌ها در هر دو ورودی مقابل هم در چهارراه که یک خیابان واحد گذرنده از چهارراه را می‌سازند، بدست می‌آید. سپس با مقایسه دو مقدار بدست آمده از دو خیابان متقاطع می‌توان به متدی برای کنترل چراغ‌های راهنمایی یک چهارراه دست یافت.

خروجي به شش صورت نمایش داده می‌شود: ۱-نمایش درصد حجم ترافیک هر ورودی و هرلاین بصورت جداگانه و بتفکیک تعداد لاینها. ۲-نمایش درصد حجم کل ترافیک در هر چهار ورودی. ۳-نمایش میزان حجم کل ترافیک بصورت نوارپیشرفت برای هر چهار ورودی. ۴-نمایش درصد حجم ترافیک هرخیابان گذرنده از چهارراه برای هر دوخیابان متقاطع. ۵-نمایش میزان حجم ترافیک در هرخیابان گذرنده از چهار راه به صورت نوار سه رنگ قرمز، سبز و زرد برای هر دو خیابان. ۶-نمایش تصویر ورودی بصورت بخش-بندی شده و تمایز خودروها در محدوده ورودی به چهارراه برای هر چهار ورودی. نتایج چهار ورودی چهارراه و در واقع خروجی کامل و نهایی سیستم در شکل ۱۴ آمده است.



شکل ۱۴ حجم ترافیک نهایی ولاینهای

ورودیهای چهارراه

شکل ۱۳ (الف) تصویر خروجی، (ب) میزان

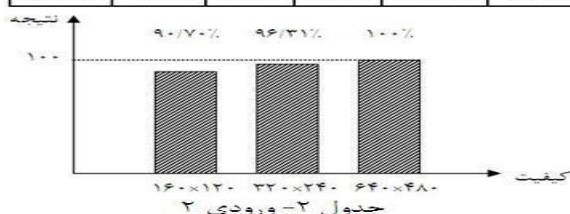
ترافیک

۵- نتایج

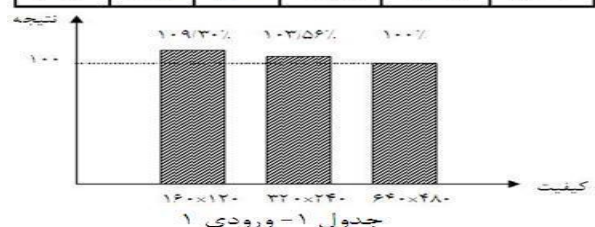
این سیستم با زبان برنامه‌نویسی C++ پیاده سازی شده و با چهار رشته تصویر از چهار خیابان منتهی به چهارراه، هر یک شامل ۱۰۰ فریم با سه درجه تفکیک مختلف روی یک کامپیوتر PV-1GHZ با 128MB حافظه RAM و چهار ورودی همزمان تست گردیده است. نتایج با استفاده از تصاویر با کیفیت‌های مختلف و درجات بالا ۶۴۰×۴۸۰، متوسط ۳۲۰×۲۴۰ و ضعیف ۱۶۰×۱۲۰ پیکسل 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. بدلیل اینکه سیستم بصورت فازی عمل می‌کند و نمی‌توان نتایج دقیق و قابل مقایسه رقمی از آن بدست آورد لذا با توجه به نتایج خوب حاصل از تصاویر درجه بالا از آنها بعنوان تصاویر مرجع استفاده شده و

نتایج آن بعنوان معیار (یعنی ۱۰۰٪) انتخاب وسایر تصاویر با این نتایج سنجیده می‌شوند. سیستم با چهار رشته تصویر از چهار خیابان منتهی به چهارراه، هر یک شامل ۱۰۰ فریم و سه درجه تفکیک مختلف تست گردیده و نتایج حاصل شدند. این نتایج به همراه نمودارهای مربوطه در جداول ۱ تا ۴ آمده‌اند. نتایج بدست آمده میانگینی از ۱۰۰ تصویر می‌باشند. در جدول ستون اول بیانگر درجه تصویر (۶۴۰×۴۸۰ بالا، ۳۲۰×۲۴۰ متوسط و ۱۶۰×۱۲۰ پایین) است. ستون دوم، تعداد پیکسل‌های سطح خیابان یا همان 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 تعداد پیکسل‌های سفید به سطح خیابان است. در ستون آخر نتایج بصورت درصد بر حسب تصویر درجه بالا 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 بعنوان تصاویر پیش فرض در سیستم در نظر گرفته شدند.

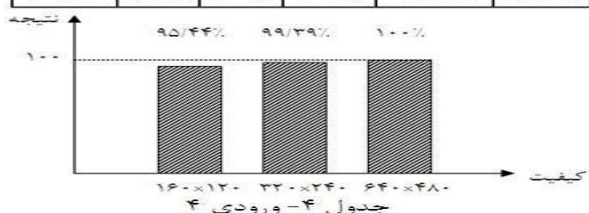
نتیجه	حجم	غیر قابل پردازش	پیکسل سفید	سطح خیابان	کیفیت
۱۰۰٪	۱۳/۰۲٪	۳۷۵۲۵	۵۱۱۵	۳۹۲۶۸	۶۴۰×۴۸۰
۹۶/۳۱٪	۱۲/۵۴٪	۳۴۶۷۱	۵۲۸۳	۴۲۱۲۵	۳۲۰×۲۴۰
۹۰/۷۰٪	۱۱/۸۱٪	۳۱۰۲۸	۵۴۰۵	۴۵۷۲۹	۱۶۰×۱۲۰



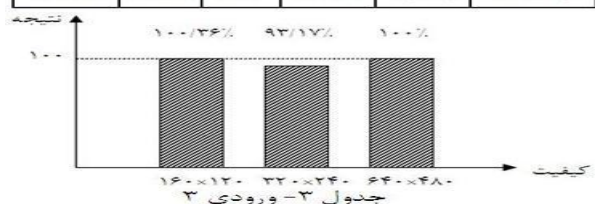
نتیجه	حجم	غیر قابل پردازش	پیکسل سفید	سطح خیابان	کیفیت
۱۰۰٪	۲۱/۰۶٪	۳۰۹۲۲	۹۶۵۰	۴۵۸۲۱	۶۴۰×۴۸۰
۱۰۳/۵۶٪	۲۱/۸۱٪	۳۰۵۱۵	۱۰۰۹۲	۴۶۲۶۵	۳۲۰×۲۴۰
۱۰۹/۳۰٪	۲۲/۰۴٪	۲۷۶۸۱	۱۱۳۰۷	۴۹۱۱۲	۱۶۰×۱۲۰



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



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



- [1] B. M. C. Basnayake, Y. K. Rajapakse, P. P. M. Dabare, Coordination of Closely located Traffic Signals, Final Year Project Report, Department of Civil Engineering, University of Moratuwa, Srilanka, September 2000.
- [2] D. Beymer, P. McLauchlan, B. Coifman, J. Malik, A Real-time Computer Vision System for Measuring Traffic Parameters, Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 1997.
- [3] J. A. K. S. Jayasinghe, G. G. D. NISHANTHA, A CCTV Image Grabber for Vehicular Parameter Detection, Symposium on Research for Industry, University of Moratuwa, Sri Lanka, November 1999.
- [4] A. Rosenfeld, Image Analysis: Problems, Progress and Prospects, Pattern Recognition, Volume 17, Number 1, 1984, pp. 3-12.
- [5] T. O. Binford, Survey of Model-Based Image Analysis Systems, The International Journal of Robotics Research Vol.1, No. 1, Spring 1982.
- [6] R. L. Kashyap, R. Chellappa, Stochastic Models for Closed Boundary Analysis: Representation and Reconstruction, IEEE Transactions on Information Theory, Volume IT-27, Number 5, September 1981, pp. 627-637.
- [7] R. M. Haralick, Digital Step Edges from Zero Crossing of Second Directional Derivatives, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume PAMI-6, Number1, January 1984, pp. 58-68.
- [8] I. E. Abdou, W. K. Pratt, Quantitative Design and Evaluation of Enhancement Thresholding Edge Detectors, Proceedings of the IEEE, Volume 67, Number 5, May 1979, pp. 753-763.
- [9] A. Aggrawal, Design and Implementation of a Real Time Object Tracking System, <http://www.cs.washington.edu/homes/amit/papers/BTP/node26.html>

- [10] J. Sklansky, On the Hough Technique for Curve Detection, IEEE Transactions on Computers, Volume C-27, Number 10, October 1978, pp. 923-926.
- [11] R. Chellappa, A. A. Sawchuck, Digital Image Processing and Analysis, Volume 2, Digital Image Analysis, IEEE Computer Society Press, 1985, pp. 220-225.
- [12] P. C. Chen, T. Pavlidis, Image Segmentation as an Estimation Problem, Comput. Graph. Image Processing, Volume 12, Feb. 1980, pp. 153-172.
- [13] P. C. Chen, T. Pavlidis, segmentation by Texture Using Correlation, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume PAMI-5, January 1983, pp. 64-69.
- [14] R. Ohlander, K. Price, D. R. Reddy, Picture Segmentation Using a Recursive Region Splitting Method, Computer Graphics and Image Processing, Volume 8, 1978, pp. 313-333.
- [15] A. M. Nazif, M. D. Levine, Low Level image Segmentation: An Expert System, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume PAMI- 6, Number 5, September 1984, pp. 555-577.
- [16] J. K. Aggrawal, R. O. Duda, Computer Analysis of Moving Polygonal Images, IEEE Transactions on Computers, Volume C-24, Number 10, October 1975, pp. 966-976.
- [17] J. W. Roach, J. K. Aggrawal, Determining the Movement of Objects from a Sequence of Images, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume PAMI-2, Number 6, November 1980, pp. 554-562.
- [18] R. Y. Tsai, T. S. Huang, Estimating Three-Dimensional Motion Parameters of a Rigid Planar Patch, IEEE Transactions on Acoustics, Speech

and Signal Processing, Volume ASSP-29, Number 6, December 1981, pp. 1147-1152.

[19] R. E. Kalman, A new Approach to Linear Filtering and Predicting Problems, Trans. ASME. Ser. D., Basic Engineering, 82(1960), pp. 35-45.

[20] T. J. Broida, R. Chellapa, Estimation of Object Motion Parameters from Noisy Images, Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vision Patt. Recog., June 1985, pp. 82-88.

[21] R. Jain, Extraction of Motion Information from Peripheral Processes, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume PAMI-3, Number 5, September 1981, pp. 489-503.

[22] G. Adiv, Determining Three-Dimensional Motion and Structure from Optical Flow Generated by Several Moving objects, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume PAMI-7, Number 4, July 1985, pp. 384-401.

[23] E. Y. Kim, S. H. Pank, K. Jung, H. J. Kim, Genetic Algorithm-based Segmentation of Video Sequences, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume PAMI-7, Number 4, July 1985, pp. 367-373.

[24] A. Bors, NOBLESSE Project (ESPRIT LTR Project 20229)
http://poseidon.csd.auth.gr/Projects/Nobless/Research/Mot_est.html

[25] E. Adelson, Mechanics for Motion Perception, Optics and Photonics News, Optical Society of America, USA, August 1991.

[26] Artificial Intelligence Laboratory at Kyungpook National University, Vehicle Detection and Tracking in a Traffic Scene,
<http://ailab.knu.ac.kr/TrafficSurveillanceSystem/tracking.htm>

- [27] D. Koller, K. Danilidis, H. H. Nagel, Model-based Object Tracking in Monocular Image Sequences of Road Traffic Scenes, IJCV 10:3 257-281,1993, Kluwer Publications, Netherlands.
- [28] F. Dellart, D. Pomerlain, C. Thorpe, Model-based Car Tracking with a Road Follower, International Conference on Robotics and Automation, May, 1998.
- [29] F. Marmoiton, F. Collarge, J. P. Derubin, J. Alison, D Localization of a Car Observed Through a Monocular Video Camera, University Blaise Pascal, France, 1997.
- [30] S. M. Smith, ASSET-2: Real-Time Motion Segmentation and Shape Tracking, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume 17, Number 8, August 1995.
- [31] David Beymer, Traffic Surveillance Home Page, <http://www.cs.berkeley.edu/~beymer/traffic-surveill.html>.
- [32] E. Ayers, VIP for ITS – Analysis of Emerging Technologies – Assignment 7, March 20, 1997, <http://tpac.gcatt.gatech.edu/et/>.
- [33] G. C. de Silva, Automation of Traffic Flow Measurement Using Video Images, Department of Computer Science and Engineering, University of Moratuwa, Sri Lanka, February, 2001.
- [34] Ying Ming, Jingjue Jiang, Jun Ming, Background Modeling and Subtraction Using a Local-Linear-Dependence-Based Cauchy Statistical Model, Dec 2003.
- [35] D. Gutchessy, M. Trajkovi'cz, E. Cohen-Solalz, D. Lyonsz, A. K. Jainy, A Background Model Initialization Algorithm for Video Surveillance.
- [36] Wei Zhang, Xiang Zhong Fang, Wei Yao Lin, Moving vehicles segmentation based on Gaussian motion model, Institute of Image

Communication and Information Processing, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, P.R. China, Visual Communications and Image Processing, 2005.

[37] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital Image Processing, Prentice-Hall, Inc, Upper Saddle River, New Jersey, 2001.

[38] A.S.K. Chakravarthy, V.D.S. Phaneendhar, Subarna Sadhukhan, A Report on Traffic Vision (Traffic Surveillance Using Computer Vision) International Intstitute of Information Technology, June 2002.

[39] Mukesh C. Motwani, Mukesh C. Gadiya, Rakhi C. Motwani, Survey of Image Denoising Techniques.

[40] H.Y.CHENG, Q.Z.WU, K.C. FAN , B.S. JENG, Binarization Method Based on Pixel-level Dynamic Thresholds for Change Detection in Image Sequences, INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING JOURNAL ,Volume 22, 2006, pp. 545-557.

[41] D. R. Magee, Tracking multiple vehicles using foreground, background and motion models, Image and Vision Computing, Volume 22, 2004, pp. 143-155.

[42] P. L. Rosin, T. Ellis , Image difference threshold strategies and shadow detection, INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING JOURNAL ,Volume 8, 2005, pp. 345-354.

[43] C. Jiang and M. O. Ward. Shadow identification. In Proc. CVPR, pp.606–612, 1992.

¹Traffic Measurement
²Background Image
³Update
⁴Traffic Commands
⁵Fuzzy Method
⁶Light
⁷Real Time
⁸Traffic Analysis
⁹Segmentation
¹⁰Region Growing
¹¹Video Camera
¹²Inductive Loop
¹³Sensors

-
- ¹⁴Ultrasound
 - ¹⁵Offline
 - ¹⁶Reference Image
 - ¹⁷Lane
 - ¹⁸Light
 - ¹⁹Dynamic varieties
 - ²⁰Shadow
 - ²¹Dynamic Deferential
 - ²²Object Mask
 - ²³Threshold
 - ²⁴Movement Mask
 - ²⁵Learning Parameter
 - ²⁶Background Model Sensitivity
 - ²⁷Input Section
 - ²⁸Gray level
 - ²⁹Median
 - ³⁰Regional
 - ³¹Difference
 - ³²Global Thresholding