

# استفاده از پردازش تصویر برای شناخت رفتار خرد ترافیک

سید محمد سادات حسینی، دانشجوی دکتری، پژوهشکده حمل و نقل، تهران، ایران

رسول جوادیان، کارشناس، پژوهشکده حمل و نقل، تهران، ایران

منوچهر وزیری، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

E-mail: sadathoseini@yahoo.com

## چکیده

برای شناخت رفتار حرکتی وسایل نقلیه در قسمت اصلی آزادراه از دیدگاه خرد لازم است، موقعیت این وسایل در آزاد راه در هر بازه زمانی مشخص باشد. در این پژوهش سیستمی ابداع شده است که با استفاده از الگوریتم های ساده پردازش تصاویر موقعیت هر یک از وسایل نقلیه در آزاد راه را تعیین می کند. سادگی الگوریتم های بکار رفته، زمان اجرای نرم افزار پردازش تصویر تهیه شده را کاهش می دهد و دقت تشخیص موقعیت وسایل نقلیه نیز در حد ابعاد یک وسیله نقلیه است که برای اکثر تحقیقات خرد ترافیک کافی است. ورودی سیستم تهیه شده یک فیلم ویدیویی از حرکت وسایل نقلیه و خروجی آن جدول موقعیت هر یک از وسایل نقلیه مشاهده شده در فیلم مورد نظر است. به عنوان یکی از کاربردهای این سیستم، نحوه تشخیص وسیله نقلیه ای که فاصله مطمئن را رعایت نکرده معرفی شده است.

واژه های کلیدی: پردازش تصویر، جابجایی وسایل نقلیه، رفتار حرکتی وسایل نقلیه، خصوصیات کلان ترافیک، خصوصیات خرد ترافیک، ردیابی وسایل نقلیه

## ۱. مقدمه

حجم محاسباتی زیادی داشته و پیاده سازی آنها دشوار بوده است. غالب این روشها بر اساس پردازش کل تصویر ایجاد شده و امکان پیاده سازی آنها را با مشکل مواجه می کند [۴،۵،۶،۷]. در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از پردازش تصاویر، وسایل نقلیه در خیابان تشخیص داده شوند و موقعیت هر یک از آنها در هر لحظه مشخص شود. به این ترتیب علاوه بر این که خصوصیات کلان ترافیک نظیر تعداد وسایل نقلیه و سرعت آنها مشخص می شود، نحوه حرکت هر یک از آنها نیز به دست خواهد آمد و بر اساس این اطلاعات، می توان مدل هایی برای توصیف حرکت وسایل نقلیه پیشنهاد کرد تا برای پیش بینی رفتار حرکتی وسایل نقلیه در موارد دیگری مانند شبیه سازی مورد استفاده قرار

همراه با پیشرفت فناوری پردازش تصاویر در رایانه، امکان بکارگیری این فناوری در مهندسی حمل و نقل نیز مطرح شده است. هم اکنون سیستم های مختلفی برای شمارش تعداد وسایل نقلیه عبوری، توزیع حرکت آنها در تقاطع ها و محاسبه سرعت وسایل نقلیه تهیه شده است که در بعضی نقاط جهان مشغول به کار هستند [۱،۲،۳]. در سیستم های متداول پردازش تصاویر در ترافیک، بیشتر پارامترهای کمی یا کیفی کلان ترافیک مورد توجه بوده اند و توجه کمتری به رفتار هر یک از رانندگان در بزرگراه ها شده است و گزارش های محدودی در این زمینه ارائه شده است. اکثر روشهایی که برای تعیین موقعیت خودروها ارائه شده اند، بر اساس استفاده از الگوریتم هایی بوده است که

نمایش فیلمهای دیجیتال بکار می‌رود و دارای قابلیت‌های مختلفی است که از آن جمله می‌توان به قابلیت تبدیل فیلم به یک سری عکس‌های دیجیتال با فرمت مورد نظر اشاره کرد.

## ۲-۲ نحوه عملکرد برنامه پردازش تصویر

در تصاویر دریافتی از خیابان، معمولاً علاوه بر وسایل نقلیه در مسیر مورد نظر، وسایل نقلیه دیگری که در باندهای دیگر حرکت می‌کنند، نیز در حرکت اند، به همین سبب تشخیص وسایل نقلیه مشکلاتی را پدید می‌آورد. یکی از روش‌هایی که برای رفع این مشکل وجود دارد استفاده از روش پنجره است که در آن، قسمتهایی از تصویر که مسیر حرکت وسایل نقلیه است به عنوان پنجره انتخاب شده و تنها همان بخش‌ها از تصویر پردازش می‌شوند. انتخاب پنجره‌ها به نحوی است که بتواند معرف تصویر کامل ترافیکی با دقت کافی باشد. با توجه به نگاشت غیر خطی سه بعدی ترافیک به تصویر دو بعدی فاصله پنجره‌ها به صورت غیر خطی تعیین می‌شوند. روابط استفاده شده برای فاصله پنجره‌ها در بخشهای بعدی توضیح داده شده است. شکل ۱ نمونه‌ای از توزیع پنجره‌ها روی تصویر ترافیکی را نشان می‌دهد. توزیع پنجره‌ها به نحوی است که فاصله دو پنجره افقی نمایانگر یک فاصله معین در تصویر واقعی سه بعدی باشد. بر روی هر پنجره انتخاب شده، عملیات مختلفی برای تشخیص خودرو صورت می‌گیرد و با توجه به وضعیت پنجره می‌توان تشخیص داد که وسیله نقلیه‌ای از زیر آن پنجره عبور کرده یا خیر. به این ترتیب، اطلاعات لازم برای هر پنجره به دست می‌آید. برای تمام پنجره‌هایی که انتخاب شده‌اند همین پردازش انجام می‌شود و به این ترتیب شناختی از کل خیابان به دست می‌آید. به عنوان مثال در شکل ۱ مشاهده می‌شود که ۲۰ ردیف پنجره که هر یک شامل ۱۲ پنجره بودند روی مسیر حرکت وسایل نقلیه قرار گرفتند. تعداد پنجره‌ها و تعداد ردیف‌های آنها بر مبنای دقت مورد نیاز برای محاسبه فاصله‌های طولی و عرضی توسط کاربر انتخاب می‌شوند. سپس با عملیات پردازش تصویر چنان که خودرویی در هر یک از این پنجره‌ها قرار گیرد، پنجره مربوطه یک و در غیر این صورت صفر خواهد شد. به این ترتیب به ازای هر مقطع از فیلم حرکت وسایل نقلیه در خیابان یک ماتریس ۱۲×۲۰ تشکیل می‌شود که در آن اعداد ۱ نمایانگر حضور خودرو و اعداد ۰ نمایانگر عدم حضور خودرو هستند. به ازای هر مقطع از تصویر یک فایل حاوی ماتریس

گیرند [۸،۹،۱۰،۱۱]. همچنین برخی تخلفات رانندگی مانند سرعت غیر مجاز، سبقت غیر مجاز و عدم رعایت فاصله مطمئن، قابل تشخیص خواهند بود. استفاده از پردازش تصاویر به جای روشهای دستی قدیمی باعث افزایش دقت محاسبات می‌شود و از آن جهت که یک کار یکنواخت و خسته‌کننده توسط ماشین انجام می‌شود، امکان انتخاب نمونه آماری بزرگ‌تر و در نتیجه به دست آوردن نتایج دقیق‌تر فراهم می‌شود. علاوه بر این، نتایج به دست آمده قابل استناد خواهند بود و جمع‌آوری اطلاعات هزینه کمتری در برخواهد داشت.

## ۲. تشخیص موقعیت وسایل نقلیه

برای تشخیص موقعیت وسایل نقلیه، ابتدا فیلمی از حرکت وسایل نقلیه تهیه می‌شود، سپس نرم افزار پردازش تصویر، موقعیت هر وسیله نقلیه در هر زمان را تشخیص داده و در جدول موقعیت وسایل نقلیه ذخیره می‌کند.

## ۲-۱ تهیه فیلم از وسایل نقلیه و تبدیل آنها به تصاویر

### دیجیتالی

با توجه به این که الگوریتم‌های پردازش تصاویر بر روی تصاویر دیجیتال قابل پیاده سازی است، لازم است فیلم ویدیویی تهیه شده تبدیل به یک فیلم دیجیتال شود. در حال حاضر با استفاده از تجهیزات موجود در بازار می‌توان فیلم‌های ویدیویی VHS را به سادگی به فیلمهای دیجیتال VCD تبدیل کرد. فیلم‌های دیجیتال با فرمت dat به صورت فایل‌های رایانه‌ای با پسوند dat ذخیره می‌شوند. عکس‌های دیجیتال به صورت فایل‌های رایانه‌ای هستند که اطلاعات مربوط به یک عکس دیجیتال را ذخیره می‌کنند. این فایل‌ها انواع مختلفی دارند که از آن میان می‌توان به فایل‌های Bitmap اشاره کرد. در این نوع فایل‌ها اطلاعات مربوط به هر تصویر به صورت یک ماتریس ذخیره می‌شود که در آن مقدار هر عنصر ماتریس، مشخص کننده رنگ نقطه متناظر آن از تصویر دیجیتال است. برای تبدیل یک فیلم دیجیتال با فرمت dat به یک سری عکس دیجیتال به صورت فایل‌های دیجیتال با فرمت bitmap می‌توان از نرم‌افزارهای گوناگونی که برای نمایش فیلم‌های دیجیتال در رایانه‌ها وجود دارند استفاده کرد. به عنوان یکی از این نرم‌افزارها می‌توان به نرم‌افزار Super Decoder اشاره کرد که برای

الف) چهار نقطه از تصویر با مختصات معلوم  $(X_{si}, Y_{si})$   $i=1,2,3,4$  به نحوی که دو نقطه از این چهار نقطه روی یک خط افقی از تصویر دوربین قرار گیرند و مقدار  $Y_s$  آنها برابر باشد، انتخاب شوند. این چهار نقطه با استفاده از فواصل طولی و عرضی خط کشی بزرگراه به سهولت و با خطای مطلوبی قابل محاسبه است.

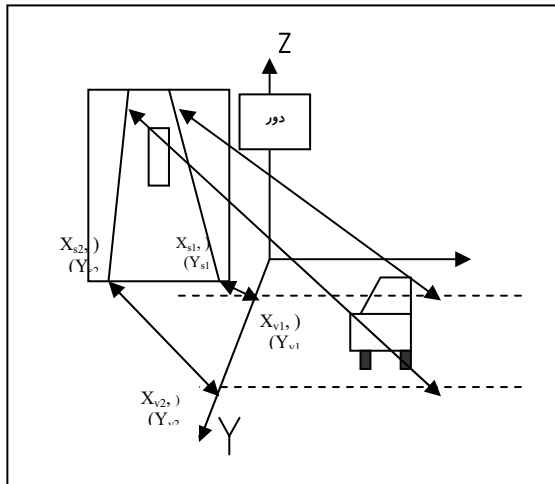
ب) این نقاط با نقاط متناظر خود در خیابان تطبیق داده می‌شوند تا چهار نقطه  $(X_{vi}, Y_{vi})$   $i=1,2,3,4$  به دست آیند.

ج) با توجه به روابط موجود برای کالیبراسیون دوربین‌ها به ازای هر نقطه که  $(X_{vi}, Y_{vi})$  در خیابان و  $(X_{si}, Y_{si})$  در تصویر دوربین برای آن مشخص است، دو معادله زیر تشکیل می‌شوند:

$$X_{si} = \frac{C_1 X_{vi} + C_2 Y_{vi} + C_3}{C_4 X_{vi} + C_5 Y_{vi} + 1} \quad (1)$$

$$Y_{si} = \frac{C_6 X_{vi} + C_7 Y_{vi} + C_8}{C_4 X_{vi} + C_5 Y_{vi} + 1} \quad (2)$$

معادلات ۱ و ۲ نحوه انطباق نقاط تصویر با نقاط خیابان را نشان می‌دهند. به این ترتیب به ازای چهار نقطه تعیین شده، هشت معادله خواهیم داشت و با داشتن این هشت معادله می‌توان هشت مجهول (ضرایب  $C_1 \dots C_8$ ) را به دست آورد. در شکل ۲ خیابان و تصویری که از دوربین به دست می‌آید نشان داده شده است.



شکل ۲. محورهای مختصات در محیط واقعی

در شکل ۲ نقطه  $(X_{v1}, Y_{v1})$  در خیابان و نقطه متناظر آن در تصویر دوربین  $(X_{s1}, Y_{s1})$ ، همچنین نقطه  $(X_{v2}, Y_{v2})$  در خیابان و نقطه متناظر آن در تصویر دوربین  $(X_{s2}, Y_{s2})$  نیز نشان داده شده است. برای دو نقطه دیگر نیز نقاط متناظر آنها

مقطع مورد نظر را ذخیره کرده و بقیه عملیات به جای آن که روی تصویر انجام شوند روی ماتریس انجام می‌رسند.



شکل ۱. نمایی از موقعیت پنجره‌ها روی مسیر یک بزرگراه (بزرگراه همت - نوری)

## ۲-۳ انطباق وسایل نقلیه

برای محاسبه برخی پارامترها مثل سرعت وسایل نقلیه، لازم است که موقعیت وسیله نقلیه در چند فریم دانسته شود. برای این کار باید هر وسیله نقلیه با همان وسیله نقلیه در فریم بعدی انطباق داده شود. برای این کار از فاصله استفاده می‌شود و هر وسیله نقلیه با نزدیک‌ترین وسیله در فریم بعدی انطباق داده می‌شود. برای این که روش انطباق بر مبنای موقعیت درست کار کند، لازم است که فاصله برداشت فریم‌های متوالی حتی المقدور کم باشد تا جابه‌جایی وسایل نقلیه کم بوده و موقعیت هر وسیله نقلیه نسبت به فریم‌های بعدی تغییر اندکی بنماید.

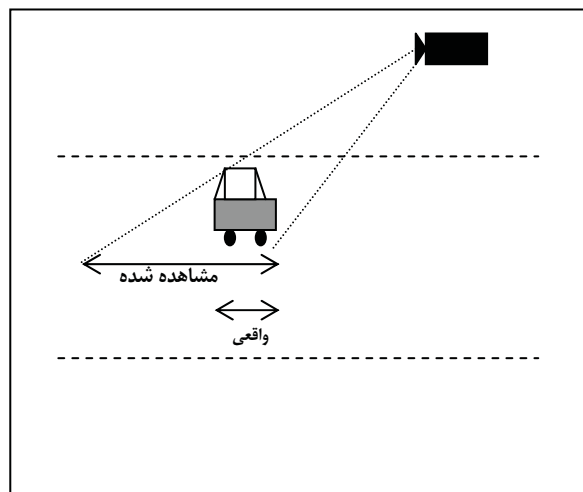
## ۲-۴ کالیبراسیون دوربین

برای این که بتوان از تصاویر به دست آمده از دوربین مختصات نقاط تصویر را بر مبنای مختصات خیابان به دست آورد، باید دوربین کالیبره شود. منظور از کالیبره کردن دوربین به دست آوردن موقعیت دوربین از لحاظ محل قرار گرفتن، زاویه دید، میزان بزرگنمایی و از این قبیل است. اگرچه از دیدگاه نظری برای کالیبراسیون دوربین نیاز به داشتن مختصات ۶ نقطه به عنوان مرجع است، ولی اگر مختصات چنان تعریف شوند که دوربین روی محور  $Z$  قرار گیرد و خیابان روی صفحه  $XY$  مانند شکل ۲ قرار گیرد، در این صورت به کمک چهار نقطه می‌توان دوربین را کالیبره کرد، مشروط بر این که دو نقطه از این چهار نقطه روی یک خط افقی از تصویر دوربین قرار گیرند. در این صورت برای کالیبره کردن دوربین باید به ترتیب زیر عمل کرد:

همان گونه که در رابطه ۵ مشاهده می‌شود، فاصله پنجره‌ها در تصویر از یک رابطه عکس مجذوری نسبت به فاصله واقعی نقاط در خیابان به دست می‌آید و به تدریج با افزایش فاصله از دوربین، فاصله پنجره‌ها باید کاهش یابد. به این ترتیب پس از کالیبراسیون دوربین که  $C_i$ ها مشخص می‌شوند و انتخاب فاصله مورد نظر  $d$  طبق معادله فوق می‌توان فاصله پنجره‌ها روی تصویر را تعیین کرد [۱۲].

## ۲-۵ انطباق الگو برای تفکیک وسایل نقلیه

اگر به ماتریس حاصل از وسایل نقلیه توجه شود، مشاهده می‌شود که طول وسایل نقلیه بیش از مقدار واقعی آن نشان داده می‌شود. علت بروز این مشکل زاویه دید دوربین است که قسمتی از پشت وسیله نقلیه را نیز به عنوان خودرو در نظر می‌گیرد. شکل ۳ این مطلب را نشان می‌دهد. هر چه فاصله وسیله نقلیه از دوربین بیشتر باشد، مشکل فوق شدت می‌یابد.



شکل ۳. طول واقعی و طول مشاهده شده

همان گونه که در شکل ۳ دیده می‌شود، طول واقعی وسایل نقلیه از طول مشاهده شده آنها در تصویر بیشتر است که این موضوع به دلیل زاویه دید دوربین رخ می‌دهد. برای رفع این مشکل بهتر است برای تعیین موقعیت وسایل نقلیه به موقعیت لبه جلویی آنها توجه شود و مرکز وسایل نقلیه با توجه به طول تقریبی یک وسیله نقلیه معمولی نسبت به لبه جلویی آن محاسبه شود. به این ترتیب در ماتریس حاصل از خیابان، ردیف اول هر مجموعه از یک‌ها به عنوان قسمت جلوی وسیله نقلیه در نظر گرفته می‌شود و الگوی یک وسیله نقلیه در محل آن منطبق می‌شود. وسایل نقلیه ای که از

تعیین می‌شود. پس از کالیبره شدن دوربین، امکان مشخص کردن مختصات هر نقطه از تصویر در جهان واقعی فراهم می‌شود. با انتخاب قسمت مستقیمی از آزادراه در این پژوهش فرض شده است که حاشیه خیابان به صورت خط راست می‌باشد، در آن صورت ابتدای همه ردیف پنجره‌ها روی یک خط راست قرار می‌گیرد. به همین ترتیب انتهای آنها هم روی یک خط راست دیگر قرار می‌گیرد. به عبارتی فرض شده که قسمت مستقیمی از آزادراه مورد توجه است. با داشتن دو نقطه از یک خط راست می‌توان معادله آن خط را به دست آورد. بنابراین برای معادله خط هر حاشیه خیابان، دو نقطه آن در نظر گرفته می‌شود و معادله خطی که از آن دو می‌گذرد، محاسبه می‌شود. به این ترتیب اگر مختصات این دو نقطه به ترتیب  $(X_{s1}, Y_{s1})$  و  $(X_{s2}, Y_{s2})$  باشد، در آن صورت معادله ۳ معادله خط خواهد بود:

$$Y = \frac{Y_{s1} - Y_{s2}}{X_{s1} - X_{s2}} (X - X_{s2}) + Y_{s2} \quad (3)$$

معادله ۳ نشان دهنده خطی است که از دو نقطه  $I, 2$  می‌گذرد. به همین ترتیب معادله خط حاشیه دیگر هم به دست می‌آید. فاصله پنجره‌ها از یکدیگر باید چنان تعیین شود که فاصله هر دو پنجره در تصویر معادل فواصل مساوی در خیابان باشد، تا هر رقم یک یا صفری که در ماتریس خیابان می‌گذاریم، اگر  $d = X_{vi} - X_{v(i+1)}$  باشد که در آن  $d$  مقدار ثابتی است، یعنی فاصله مشخصی از آزادراه را مورد توجه قرار دهیم، باید مقدار  $X_{s(i+1)} - X_{si}$  محاسبه شود. با استفاده از معادله ۱ می‌توان به رابطه ۴ دست یافت:

(۴)

$$X_{si} - X_{s(i+1)} = \frac{C_1 X_{vi} + C_3}{C_4 X_{vi} + 1} - \frac{C_1 X_{v(i+1)} + C_3}{C_4 X_{v(i+1)} + 1}$$

با در نظر گرفتن یک خط عمودی در خیابان یعنی برابر بودن عرض دو نقطه انتخابی (مثلاً با فرض  $Y_{vi}=0$  و  $Y_{v(i+1)}=0$ ) رابطه ۵ به دست می‌آید:

(۵)

$$X_{si} - X_{s(i+1)} = \frac{(C_1 - C_4 C_3) d}{C_4^2 X_{vi}^2 + (2C_4 - d C_4^2) X_{vi} - C_4 d + 1}$$

این تصاویر  $a_{ij,1}$  تا  $a_{ij,q}$  باشد، میانگین این پیکسل از معادله ۶ به دست می‌آید:

$$a_{ij,av} = \frac{\sum_{k=1}^q a_{ij,k}}{q} \quad (6)$$

که در آن  $a_{ij,k}$  مقدار پیکسلی است که در تصویر  $k$  در سطر  $i$  و ستون  $j$  قرار دارد و  $a_{ij,av}$  مقدار میانگین پیکسلی است که در  $q$  تصویر در سطر  $i$  و ستون  $j$  قرار دارد. با محاسبه مقدار میانگین تمام پیکسل‌های پنجره مورد نظر یک ماتریس میانگین پیکسل‌ها خواهیم داشت، که مشخص کننده زمینه هر پنجره است. به طور مثال اگر پنجره ای از ۲۰ در ۳ پیکسل تشکیل شده باشد، یک ماتریس ۲۰ در ۳ خواهیم داشت. برای تشخیص شیء متحرک در تصویر از روش قطعه بندی مبتنی بر حرکت استفاده می‌شود، به این ترتیب که هر یک از پیکسل‌های ماتریس هر پنجره، از پیکسل متناظر خود در ماتریس میانگین کم می‌شود و نتیجه در ماتریس تفاضل ذخیره می‌شود. عناصر ماتریس تفاضل از رابطه ۷ به دست می‌آیند:

$$a_{ij,k,dif} = abs(a_{ij,av} - a_{ij,k}) \quad (7)$$

که در آن  $a_{ij,k,dif}$  مقدار عنصر سطر  $i$  و ستون  $j$  در تصویر  $K$  در ماتریس تفاضل است. عناصر این ماتریس بسته به این که از یک مقدار آستانه بیشتر یا کمتر باشند، صفر یا یک می‌شوند. به این ترتیب مقادیر ماتریس تفاضل به وسیله رابطه ۸ تغییر می‌یابند.

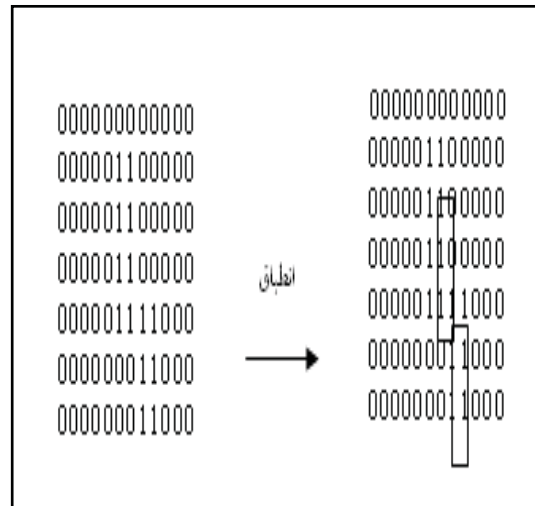
$$IF: a_{ij,k,dif} < threshold : a_{ij,k,dif} = 0 \quad (8)$$

$$ELSE : a_{ij,k,dif} = 1$$

که در آن  $threshold$  مقدار آستانه است.

نقاطی که مقدار تفاضل در آنها زیاد باشد، به این معنی است که تفاوت بین زمینه و تصویر در آن نقطه زیاد بوده و این به معنی قرار گرفتن شیء متحرک در آن محل است. به این ترتیب نقاطی که شیء متحرک در آن قرار گرفته است، مشخص می‌شوند. هر گاه تعداد نقاطی از پنجره که شیء متحرک در آنها قرار گرفته است از یک درصد مشخص بیشتر شود، حضور خودرو در محل پنجره تشخیص داده می‌شود. به طور مثال اگر تعداد یکها از ۶۰٪ تعداد پیکسل‌ها در هر پنجره بیشتر شود، در محل پنجره حضور خودرو تشخیص داده می‌شود. در نرم افزار تهیه شده، به ازای هر پنجره یک عدد اختصاص داده شده است که در هنگام وجود خودرو مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر خواهد گرفت.

یک وسیله نقلیه معمولی بزرگترند، مثل اتوبوس‌ها و کامیون‌ها، عرض بیشتری نیز دارند و با توجه به عرض آنها باید الگوی یک وسیله نقلیه بزرگ را در محل جلوی آنها انطباق داد. به کمک روش بالا می‌توان تا حدی مشکل تداخل تصویر وسایل نقلیه مختلف را بر طرف کرد و به این ترتیب اگر تصویر دو وسیله نقلیه با یکدیگر تداخل پیدا کرده باشند، با تشخیص قسمت جلویی آنها و انطباق هر یک از آنها با الگوی یک وسیله نقلیه می‌توان آنها را از هم تفکیک کرد.



شکل ۴. نحوه تفکیک دو وسیله نقلیه که قسمتی از تصویر آنها روی هم قرار گرفته است.

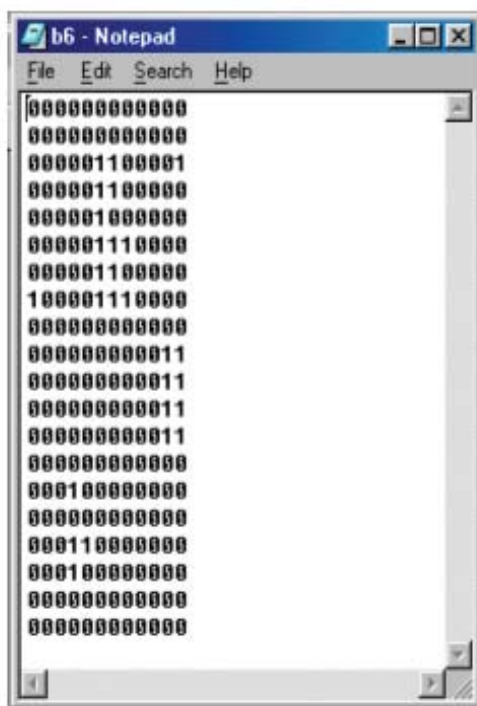
همان گونه که در شکل ۴ دیده می‌شود، مجموعه یکهای مربوط به دو وسیله نقلیه در ماتریس به دست آمده، به یکدیگر چسبیده‌اند و یک مجموعه یک را تشکیل داده‌اند، اما با توجه به این که لبه جلوی آنها مشخص است، با انطباق الگوی یک وسیله نقلیه در محل لبه از هم تفکیک شده‌اند و دو وسیله نقلیه قابل تشخیص اند. همچنین دیده می‌شود که وسیله نقلیه عقبی یک ردیف بزرگتر از جلویی است که با انطباق الگو از آن ردیف اضافی چشم پوشی شده است.

## ۲-۶ نحوه تشخیص وسایل نقلیه در هر تصویر

برای تشخیص وسایل نقلیه متحرک از پیکسل‌های واقع در هر پنجره در تصاویر مختلف، پیکسل به پیکسل میانگین گرفته می‌شود. به این ترتیب که میانگین مقدار هر پیکسل که در یکی از پنجره‌ها قرار دارد، در تمام تصاویر محاسبه می‌شود. مثلاً اگر از  $q$  تصویر استفاده کنیم و مقدار یک پیکسل مشخص در

استفاده از برنامه پردازش تصاویر، موقعیت وسایل نقلیه در هر تصویر تبدیل به یک ماتریس ۲۰ در ۱۲ می‌شود. هر یک از این ماتریسها در یک فایل از نوع text و با نامهای b\*.txt ذخیره می‌شود.

شکل ۵ ماتریس ایجاد شده از تصویر شکل ۱ که در فایل b6.txt ذخیره شده است را نشان می‌دهد.



شکل ۵. ماتریس ایجاد شده از یک تصویر نمونه که در فایل b.txt ذخیره شده

پس از این که فایل های اولیه که متشکل از ۰ و ۱ هستند، تشکیل شدند، لازم است اهای مربوط به هر وسیله نقلیه از بقیه تفکیک و نویزها حذف شوند. برای این کار به هر وسیله نقلیه به ترتیب شماره‌ای اختصاص داده می‌شود که آن را از بقیه متمایز می‌کند. این شماره‌ها تنها به عنوان علامت مشخصه بکار برده می‌شوند و با شماره ای که به هر وسیله نقلیه در کل سلسله تصاویر برای دوره فیلمبرداری اختصاص داده می‌شود تفاوت دارند. در این مرحله هنوز وسایل نقلیه در تصاویر مختلف انطباق داده نشده‌اند و هر وسیله نقلیه تنها در همان تصویر تشخیص داده شده و شماره به آن برای تفکیک از بقیه وسایل نقلیه در همان تصویر اختصاص داده شده است. به این ترتیب هر وسیله نقلیه به صورت مجموعه‌ای متصل به هم از شماره‌های مختلف

به این ترتیب به ازای پنجره‌هایی که در هر تصویر در نظر گرفته می‌شوند یک ماتریس متشکل از صفر و یک به وجود می‌آید. در مورد تشخیص وسایل نقلیه در خیابان، مشخص شده است که فاصله مکانی بهترین نتیجه را می‌دهد. در این نرم افزار هر شیء

$$d_{ij,i(j+1)} = C_1 \text{abs}(x_{ij} - x_{i(j+1)}) + C_2 \text{abs}(y_{ij} - y_{i(j+1)})$$

متحرک با شیئی از تصویر قبلی منطبق می‌شود که کمترین فاصله مکانی را با آن دارد. اگر مقدار فاصله بین وسیله نقلیه  $i$  در تصویر  $j$  با وسیله نقلیه  $i'$  در تصویر  $j+1$  از فاصله وسیله نقلیه  $i$  با هر یک از وسایل نقلیه در تصویر  $j+1$  کمتر باشد، وسیله نقلیه  $i$  در تصویر  $j$  با وسیله نقلیه  $i'$  در تصویر  $j+1$  انطباق داده می‌شود، فاصله بین وسیله نقلیه  $i$  در تصویر  $j$  با وسیله نقلیه  $i'$  در تصویر  $j+1$  از رابطه ۹ به دست می‌آید:

$$(9)$$

که در آن:

$C_1$ : ضریب فاصله طولی،

$C_2$ : ضریب فاصله عرضی،

$X_{ij}$ : طول موقعیت وسیله نقلیه  $i$  در تصویر شماره  $j$ ،

$Y_{ij}$ : عرض موقعیت وسیله نقلیه  $i$  در تصویر شماره  $j$ ،

$\text{abs}$ : علامت قدر مطلق

$d_{ij,i(j+1)}$ : فاصله بین وسیله نقلیه  $i$  در تصویر  $j$  با استفاده از  $i'$  در تصویر  $j+1$

بنابراین با توجه به این که وسایل نقلیه به سمت جلو حرکت می‌کنند و کمتر به چپ و راست منحرف می‌شوند، جابه جایی در جهت افقی و عمودی دارای ضرایب مختلفی است. چون ضریب  $C_1$  مربوط به فاصله طولی و  $C_2$  مربوط به فاصله عرضی است، ضریب  $C_2$  بزرگ تر از ضریب  $C_1$  در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال در برنامه ضریب  $C_1$  برابر ۱ و ضریب  $C_2$  برابر ۲ در نظر گرفته شده است. به این ترتیب برای محاسبه فاصله دو شیء، برای جابه جایی عرضی فاصله بیشتری در نظر گرفته می‌شود.

### ۳. نحوه اجرای نرم افزار

ابتدا فیلم ویدئویی تبدیل به فیلم دیجیتال با فرمت dat می‌شود. هر ثانیه فیلم دیجیتال از ۲۵ عکس تشکیل می‌شود، با استفاده از نرم افزار Decoder Blaster، هر ثانیه از فیلم به ۲۵ فایل Bitmap تبدیل می‌شود. این فایل ها به ترتیب باز شده و با



ID: شماره مشخصه وسیله نقلیه،

X, Y: طول و عرض موقعیت وسیله نقلیه،

k: نوع وسیله نقلیه از لحاظ بزرگی و کوچکی،

t: زمانی که وسیله نقلیه در موقعیت مذکور بوده است.

برای ذخیره اطلاعات مربوط به سلسله تصاویر برداشتی لازم است تا جدولی تهیه شود که آرایه‌های مذکور برای هر وسیله نقلیه در هر تصویر در آن ذخیره شوند. این جدول به صورت یک فایل از نوع text تحت عنوان d.txt ذخیره می‌شود. شکل ذخیره اطلاعات در فایل d.txt در شکل ۷ آمده است.

t	ID	X	Y	kind
0	1	2	4	0
0	2	1	10	0
1	1	2	4	0
1	2	1	10	0
2	1	3	3	0
2	2	1	10	0
3	1	6	4	0
3	2	2	10	0
3	3	1	6	0
4	1	7	4	0
4	2	3	10	0
4	3	1	6	0
5	1	7	3	0
5	2	4	10	0
5	3	1	6	0
6	1	8	4	0
6	2	5	10	0
6	3	2	6	0
7	1	8	4	0
7	2	6	10	0
7	3	3	6	0
8	1	9	3	0
8	2	7	10	0
8	3	3	6	0

شکل ۷. جدول خروجی برنامه که در فایل d.txt ذخیره شده

پارامترهای ترافیکی وسایل نقلیه با استفاده از این جدول قابل محاسبه اند. مثلا در شکل ۷ وسیله نقلیه با شماره ۱ در بازه زمانی  $t=0$  در موقعیت  $x=2$  و در بازه زمانی  $t=8$  در موقعیت  $x=9$  قرار داشته است.

با توجه به این که هر بازه زمانی در این مورد  $1/25$  ثانیه بوده است، سرعت وسیله نقلیه ۱ در این مدت حدود  $21/87$  متر معادل  $78/75$  کیلومتر محاسبه می‌شود. به همین ترتیب پارامترهای دیگر برای تمام وسایل نقلیه قابل محاسبه است.

جدول ذخیره شده در فایل d.txt موقعیت هر یک از وسایل نقلیه در هر بازه زمانی را نشان می‌دهد و به عنوان ورودی برای قسمت مدل‌سازی و شبیه‌سازی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۸ مراحل مختلف این نرم‌افزار نشان داده شده است.

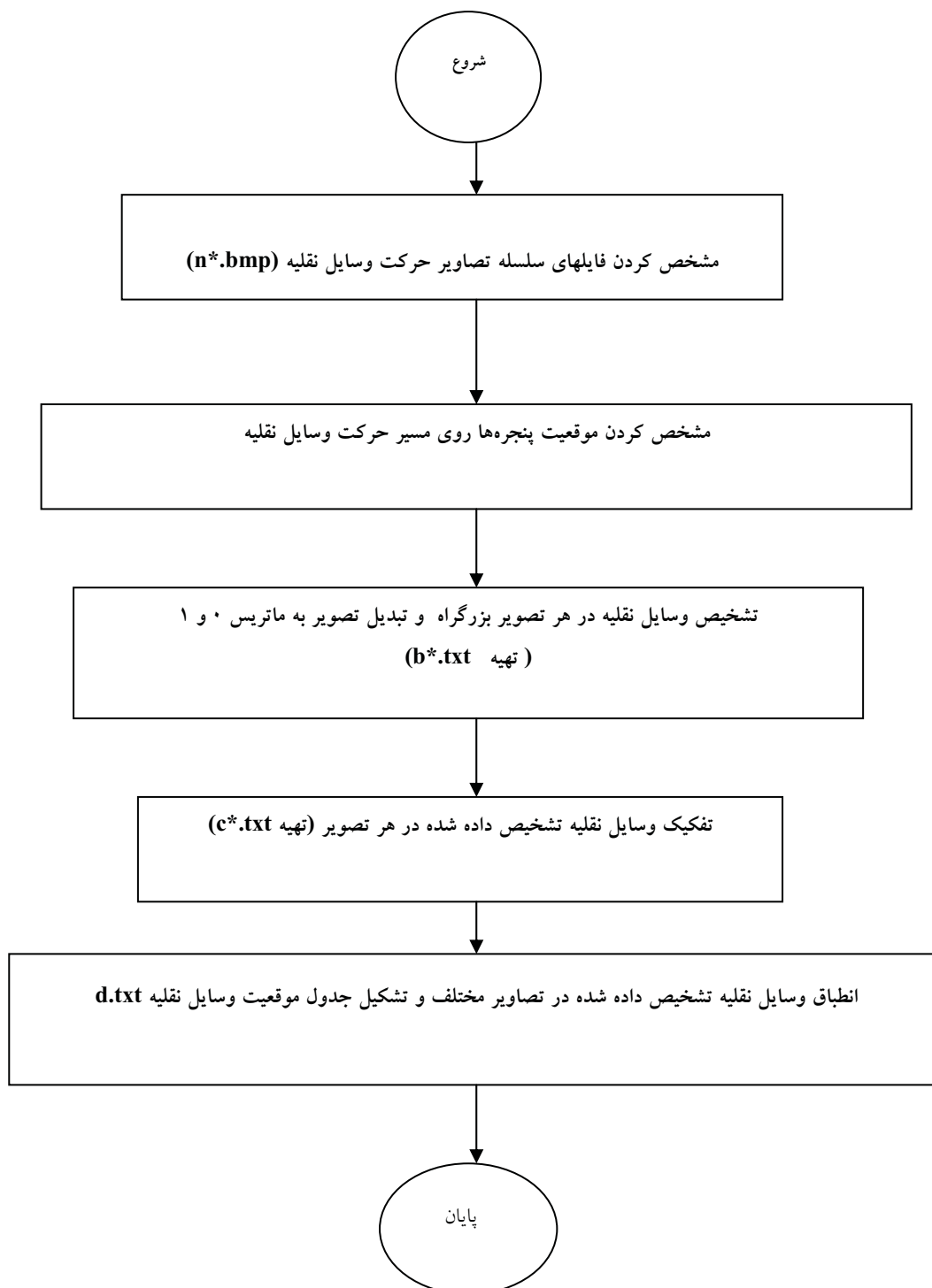
مشخص می‌شود. پس از آن که در برنامه تهیه شده هر یک از وسایل نقلیه از بقیه تفکیک شد، ماتریس‌های حاصل در یک سری فایل از نوع text و با نامهای  $c*.txt$  ذخیره می‌شوند که هر یک از این فایلها متناظر با یکی از تصاویر سلسله تصاویر عبور خودروها است. در این ماتریس‌ها هر مجموعه از اعداد نشانگر یک وسیله نقلیه است. شکل ۶ ماتریس ایجاد شده از فایل b6.txt که در فایل c6.txt ذخیره شده و در آن هر وسیله نقلیه با شماره ای از بقیه تفکیک شده را نشان می‌دهد.

```

00000000000000
000055550000
000055550000
000055500000
000055555000
000055550000
000055550000
000055550000
000055550000
000055550000
000000000333
000000000333
000000000333
000000000333
002220000000
002200000000
002222000000
002220000000
002200000000
000000000000
    
```

شکل ۶. ماتریسی که در آن هر وسیله نقلیه از بقیه تفکیک شده

همان گونه که در شکل ۶ دیده می‌شود، اعداد ۲، ۳ و ۵ به وسایل نقلیه در شکل اختصاص داده شده اند، علت این که به جای ۱، ۲ و ۳ این اعداد اختصاص داده شده این است که اگرچه نرم افزار تهیه شده برای شماره گذاری از عدد ۱ شروع میکند، ولی برخی از مجموعه شماره‌ها مربوط به وسایل نقلیه نیستند و مربوط به نویزهای ایجاد شده اند. این نویزها که اندازه آنها از یک وسیله نقلیه کوچک تر است، توسط نرم افزار تشخیص داده و حذف می‌شوند. به این ترتیب با حذف نویزها برخی از اعداد اختصاص داده شده نیز حذف می‌شوند و ترتیب اعداد به هم می‌خورد که با توجه به کاربرد مورد انتظار ما از نرم افزار تهیه شده اهمیتی نیز ندارد. پس از این که هر وسیله نقلیه در هر تصویر از بقیه وسایل نقلیه تفکیک شد، لازم است موقعیت آن به صورت یک آرایه (ID,X,Y,k,t) مشخص شود که در آن:

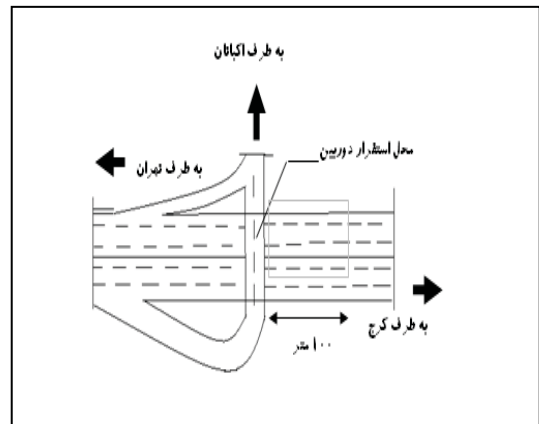


شکل ۸. فلوچارت مراحل اجرای نرم‌افزار پردازش تصاویر



#### ۴. کاربرد نرم افزار در تشخیص تخلفات رانندگی

در این قسمت جمع آوری اطلاعات موقعیت وسایل نقلیه به عنوان یک نمونه از کاربرد نرم افزار پردازش تصاویر تهیه شده معرفی می شود. برای آمار برداری از موقعیت وسایل نقلیه در یک مقطع از آزاد راه تهران کرج که در آن پلی برای استقرار دوربین وجود داشته، مورد استفاده قرار گرفته است. شکل های ۹ و ۱۰ موقعیت محل فیلمبرداری و نحوه قرار گرفتن پنجره ها روی تصویر برداشتی را نشان می دهند.

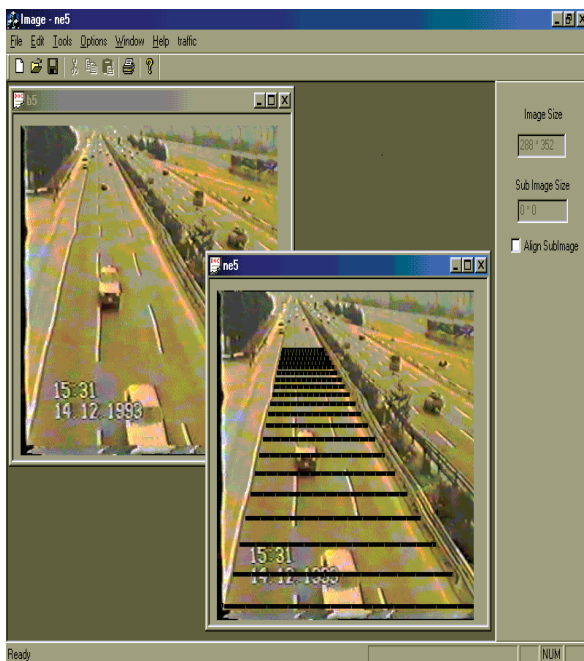


شکل ۹. موقعیت محل فیلمبرداری

حدود ۱۰۰ متر از آزادراه که در آن وسایل نقلیه در تصویر برداشتی به خوبی قابل تشخیص بوده اند، مورد بررسی قرار گرفته اند که موقعیت این ۱۰۰ متر در شکل ۹ با مستطیل خاکستری رنگ مشخص شده است. فیلم های ویدیویی تهیه شده با استفاده از دستگاه های دیجیتالیزر موجود در بازار تبدیل به فایل های فیلم های دیجیتال از نوع dat شده اند. این فایلها با استفاده از نرم افزار **decoder blaster** تبدیل به تعدادی فایل عکس از نوع **bitmap** شده و این فایلها به عنوان ورودی برنامه پردازش تصاویر مورد استفاده قرار گرفته اند.

پس از این که پنجره ها در موقعیت مناسب قرار داده شدند، برنامه اجرا شده و ماتریس های **b\*.txt** و **c\*.txt** محاسبه شده و در نهایت جدول موقعیت وسایل نقلیه در فایل **d.txt** ذخیره می شود.

به عنوان مثال طبق آیین نامه رانندگی در ایران، رانندگان برای رعایت فاصله مطمئنه موظفند به ازای هر ۱۵ کیلومتر بر ساعت سرعت، به اندازه طول وسیله نقلیه خود از وسیله جلویی فاصله بگیرند. در شکل ۱۰ دو وسیله نقلیه دیده می شوند. وسیله نقلیه



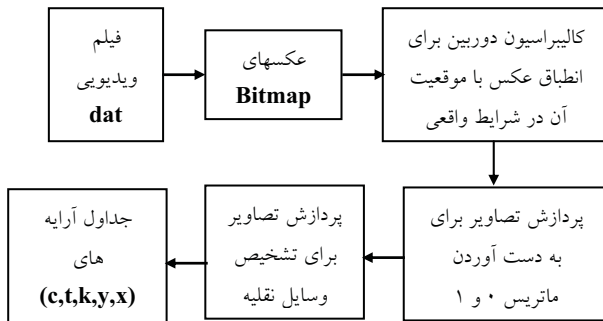
شکل ۱۰. موقعیت پنجره ها در تصویر محل فیلمبرداری

#### ۵. مقایسه روش پیشنهادی با یکی از سیستمهای

##### مشابه در جهان

از میان روشهای موجود در زمینه شناسایی وسایل نقلیه با استفاده از پردازش تصاویر، اکثراً به موضوعات مورد استفاده در کنترل ترافیک

به دست آمده بسته به نوع کاربرد در مراحل بعدی صورت می‌گیرد. همچنین در شرایطی که تداخل وسایل نقلیه زیاد می‌شود، امکان تشخیص وسایل نقلیه کاهش می‌یابد. در این پژوهش امکان تشخیص موقعیت وسایل نقلیه بدون از دست دادن قابلیت بدون تاخیر بودن سیستم یا نیاز به تجهیزات خاص فیلمبرداری مورد توجه بوده است. همچنین بدون نیاز به دانستن زاویه و بزرگنمایی و ارتفاع دوربین در هنگام فیلمبرداری تنها با دانستن مختصات ۴ نقطه از تصویر در جهان واقعی می‌توان فواصل و موقعیت‌های خیابان را با دقت قابل قبولی اندازه‌گیری کرد. شکل ۱۱ مراحل مختلف پردازش تصاویر و تولید بانک اطلاعاتی را به صورت خلاصه نشان می‌دهد.



شکل ۱۱. مراحل مختلف پردازش تصاویر و تولید بانک اطلاعاتی

همان گونه که در شکل ۱۱ دیده می‌شود، فیلم ویدیویی، تبدیل به عکسهای Bitmap می‌شود، سپس مرحله کالیبراسیون دوربین برای انطباق عکس با موقعیت آن در جهان واقعی انجام می‌شود. سپس پردازش تصاویر برای به دست آوردن ماتریس ۱ و ۰ از تصویر انجام می‌گیرد، پس از آن با استفاده از ماتریس‌های ۱ و ۰ هر یک از وسایل نقلیه در ماتریس‌های مربوطه تشخیص داده می‌شود و در نهایت با استفاده از ماتریس‌هایی که در آنها هر یک از وسایل نقلیه تشخیص داده شده‌اند، موقعیت هر یک از وسایل نقلیه مشخص و در جدول آرایه‌های  $(x,y,k,t,c)$  ذخیره می‌شوند.

نرم افزار پردازش تصاویر تهیه شده، قابلیت تشخیص وسایل نقلیه در شرایطی که تداخلی بین تصویر وسایل نقلیه وجود ندارد و تصویر وسایل نقلیه روی هم نمی‌افتد را دارد. اگر تصویر وسایل نقلیه روی هم بیفتند، باید با یک سری اصلاحات به صورت دستی، موقعیت وسایل نقلیه را به دست آورد. برای اجرای برنامه تهیه شده می‌توان از رایانه‌های شخصی معمولی استفاده کرد و به

از قبیل تشخیص سرعت غر مجاز، تشخیص تصادف و شمارش وسایل نقلیه پرداخته شده است.

شرکت Traficon محصولات متنوعی برای شناخت وضعیت ترافیک با استفاده از روشهای پردازش تصویر تولید کرده که از آن میان می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۲]:

- سیستم شمارش خودروهای عبوری،
- سیستم تشخیص سرعت وسایل نقلیه، و
- سیستم تشخیص تصادف.

Traficon مانند روش پیشنهادی در این پژوهش با استفاده از پنجره‌هایی که در تصویر حرکت وسایل نقلیه قرار می‌دهد، پارامترهای مورد نظر را استخراج می‌کند، با این تفاوت که هر یک از محصولات این شرکت کاربرد خاص خود را دارند و در زمینه‌های دیگر قابل استفاده نیستند. حال آن که در روش پیشنهادی با استفاده از تعداد زیادی پنجره، موقعیت تمام وسایل نقلیه محاسبه شده و به این ترتیب امکان محاسبه انواع پارامترهای مورد نیاز فراهم می‌شود.

از لحاظ سهولت استفاده، با توجه به تخصصی بودن محصولات Traficon استفاده از آنها ساده‌تر است، ولی انعطاف‌پذیری روش پیشنهادی بیشتر بوده و امکان استخراج پارامترهای مختلف ترافیکی با استفاده از آن وجود دارد.

روش پیشنهادی در حال حاضر به صورت *off-line* طراحی شده که با توجه به کاربرد فعلی آن در کارهای تحقیقاتی و ثبت تخلف عدم رعایت فاصله مطمئن، کاملاً قابل استفاده است، ولی محصولات Traficon به دلیل کاربرد در کنترل همزمان ترافیک به صورت *on-line* طراحی شده‌اند. سیستم تهیه شده و متن برنامه پردازش تصویر مربوطه در اختیار پژوهشگران قرار دارد. در حالی که هزینه تهیه هر یک از محصولات Traficon در حدود ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ دلار آمریکاست و متن برنامه‌های مورد استفاده نیز در قایل دستیابی نیستند.

## ۶. خلاصه و نتیجه گیری

برای اندازه‌گیری پارامترهای کمی و کیفی کلان ترافیک تاکنون روشهای متعددی آرایه شده است، اما برای اندازه‌گیری موقعیت مکانی خودرو، پژوهش‌های محدودی صورت گرفته است.

در این پژوهش‌ها مانند پژوهش حاضر موقعیت تک تک وسایل نقلیه در هر فریم مشخص می‌شود و بررسی اطلاعات

ظرفیت دیسک سخت مورد استفاده باید به حدی باشد که بتواند حجم زیاد فایل های عکس را ذخیره کند. برای تهیه برنامه، از نرم افزار Visual C++ استفاده شده است

تجهیزات خاصی نیاز نیست، اما هر چه سرعت رایانه بیشتر باشد، عملیات پردازش سریعتر انجام خواهند شد. در پژوهش انجام شده از یک رایانه Pentium4 با ۲۵۶ مگابایت RAM

## ۷. مراجع

- Research C, Vol. 3, pp.161-174.
- 8.Kazi Iftekhar, A. (1999) "Modeling drivers' acceleration and lane changing behavior", Massachusetts Institute of Technology.
9. Gunay, B. (1999) "Modeling lane discipline on multilane uninterrupted traffic flow", Traffic Engineering + Control, pp. 440-447.
10. Heng, W., Meyer, E. Lee, J. and Chuen, F. (2001) "Characterizing and modeling observed lane-changing behavior", Transportation Research Record, No.1710, pp. 104-113.
- 11.Sadat Hoseini, S. M., Shafahi, Y. and Vaziri, M.(2004) "Combination of car following and lane changing models as a drivers' optimization Process, The 8<sup>th</sup>. International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation, ASCE, China, pp. 601-605.
۱۲. سادات حسینی، س. (۱۳۸۱) "تعیین موقعیت وسایل نقلیه با استفاده از پردازش تصاویر برای بررسی رفتار حرکتی وسایل نقلیه"، دومین کنفرانس ملی ماشین بینایی و پردازش تصاویر ایران.
1. Internet\_TRAFICON Web Site (2004), <http://videodetection.com>.
- Internet\_ViVA Web Site, (2004),
2. <http://transport.arubi.unikl.de/ViVAtraffic/English>.
3. Internet\_Control Traffic Web Site (2002) <http://www.cttraffic.com>.
4. Fathi, M. and Siyal, M. (1999) "Image processing techniques for real-time qualitative road traffic data analysis", International Journal of Real-time Imaging, Academic Press, USA, Vol. 5, pp.103-106.
5. Fathi, M. and Siyal, M. (1998) "A window based image processing technique for qualitative and quantitative analysis of road traffic parameters", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 47, No 4, pp. 1342-1350.
6. Baina, J. , LeGoff, D., Hervot, L. and Gerardin, O. (1998) "Image processing based equipment for remote traffic control", IEEE International Conference on Intelligent Vehicles.
7. Mantri, S. and Bullock, D. (1995) "Analysis of feed forward - back propagation neural networks used in vehicle detection", Transportation

# Using Image Processing for Studying Microscopic Traffic Behavior

*S. M. Sadat Hoseini, Transportation Research Institute , Tehran, Iran*

*R. Javadian, Transportation Research Institute, Tehran, Iran*

*M. Vaziri, Professor, Department of Civil Engineering, Sharif university of Technology,  
Tehran, Iran*

*E-mail: sadathoseini1@yahoo.com*

## ABSTRACT

There are many methods developed for measuring the qualitative and quantitative parameters of traffic, but few research works have been done for measuring the position of vehicles. In these research works such as the one presented here, position of every vehicle is determined and according to the application, other traffic parameters can be calculated using the position of vehicles.

For studying the microscopic movement behavior of vehicles in the basic freeway section, it is important to determine the position of vehicles in every time step. In this research a system has been developed which determines the position of vehicles in the considered section of freeway using simple image processing algorithms. Simplicity of the algorithms has reduced the execution time of the prepared image processing software and accuracy of the positions of vehicles is about the dimension of a private car, this accuracy is enough for most of the microscopic traffic studies. Input of the developed system is a video film of the vehicle movements and the output is a table of vehicles positions in the freeway.

Using the table of vehicles positions in the freeway, trajectory of vehicles can be determined. Trajectory of vehicles can be used for modeling the drivers' behavior. Drivers' behavior models can be used for micro simulating of traffic. In addition, macroscopic traffic parameters including, number of passing vehicles, average speed, and other traffic characteristics can be calculated.

Using image-processing techniques instead of manual methods increase the accuracy of measurements and a tedious work for human can be done by machine. Therefore, larger statistical samples can be collected. In addition, obtained data can be relied on and expenses are cut down. Regarding the fact that lack of safe distance observance is one of the main reasons of collisions, calculation of longitudinal distances between vehicles is introduced as an application of the developed system.

In many images taken from the streets, in addition to the considered vehicles, there are other vehicles and pedestrians moving near the considered street. Thus, it becomes important to distinguish between the considered vehicles and other moving objects in the taken images. In this research, the considered street has been divided into windows and subsequently is used for image processing. The size of these windows is determined as if they can produce a complete view of the considered street with enough resolution and accuracy.

In the developed system, position of vehicles can be determined without needing special devices. In addition, without knowing pan, tilt, focus, and height of the camera, only with knowing the co-ordinate of 4 points of the image in the real world, distances and positions in the street can be calculated. The basis of the developed image processing system is a projective model that a point on the street can be related to a respective point on the screen. Thus, all points on the street plane, which can be seen in the camera picture, are known. Windows are arranged in horizontal rows. Each row contains a number of windows. Considering the nonlinear projection of 3D images to 2D images, vertical distances between rows of windows are determined by a nonlinear equation. The distribution of the windows is

determined as if all of the distances between rows of the windows show a specified distance, e.g. 1 meter, in the street. In this way each window would be matched to a specified space on the street. Each window is processed for detecting whether there is a vehicle in it or not. In the developed computer program, an effective algorithm has been used to detect the vehicles in individual windows. In this algorithm, averaging the pixels of that window in the sequence of all images, produces background of that window, and then moving vehicles can be detected by differentiating each image from its background. In the differenced picture, pixels, which have high values, suggest presence of moving object, which in this case is a vehicle. When the number of pixels related to a vehicle exceeds a threshold, that window is considered to detect a vehicle. Such a process is done for all the windows in the images. In this way, all vehicles can be detected in the specified sector of the street and subsequently the position of vehicles can be determined and calculated in every image. If a vehicle can be seen through any of these windows, the corresponding value of that window will become 1, otherwise it will become 0.

In heavy traffic when the images of vehicles conflicts and frontier edge of vehicles cannot be seen this system loses its efficiency.

**Keywords:** Image processing, vehicle movement, motional behavior, macroscopic traffic parameters, microscopic traffic parameters, vehicle tracking.