Archive of SID

سیستم تشخیص هوشمند میزان ترافیک

هومن جعفرآبادی، علی‌اکبر جلالی
دانشجوی دانشکده برق دانشگاه آزاد اسلامی و احد اراک
hoomanjafarabadi@yahoo.com
دانشیار دانشکده برق دانشگاه علم و صنعت ایران
ajalali@iust.ac.ir

۱- مقدمه

شهرهای الکترونیکی در تمام جنبه‌های زندگی بشر امروز و بخصوص در بخش خدمات عمومی با ارائه سرویس‌های متنوع، موثر و کارآمد موجب توسعه و افزایش کیفیت فرایند ارائه خدمات شده است. شهرهای الکترونیکی منافع و فرصت‌های زیادی از جمله کاهش زمان و هزینه در ارائه سرویس‌های خدمات عمومی از یک سو و حل بسیاری از مشکلات عمومی کلان شهرها مانند کاهش ترافیک و آلودگی و افزایش کارایی را از سوی دیگر به دنبال داشته است. کاهش ترافیک یکی از مسائل مهم است و از امتیازات اساسی شهرهای الکترونیکی به‌شمار می‌رود. با توجه به پیشرفت سریع تکنولوژی، علوم کامپیوتر و الکترونیک با سرعت روز افزونی جهت تسریع خدمات شهری به‌کار گرفته می‌شوند. پر واضح است که حمل و نقل و سفرهای درون‌شهری یکی از ارکان مهم در کلان شهرهاست. یکی از دشواری‌های ناشی از پیشرفت و صنعتی شدن کشورها، مساله‌ی ترافیک است. ترافیک درون شهری با تلف کردن بخش قابل توجهی از ساعات افراد در شبانه روز باعث کند شدن جریان امور در شهرهای پر جمعیت و صنعتی می‌شود. استفاده از علوم الکترونیک و کامپیوتر در گذار از شهرهای سنتی به شهرهای الکترونیکی می‌تواند راهکاری مفید در جهت حل معضل ترافیک باشد.

راه‌حل‌هایی که برای برون رفت از مساله‌ی ترافیک در کانون اصلی توجه قرار دارد، معمولا زمان‌بر و دارای هزینه‌های گزاف می‌باشند، بنابراین دو مساله زمان و هزینه از مهمترین موانع در خروج از بحران ترافیک می‌باشند. از این رو پیدایش و توسعه روش‌های زودبازده و با هزینه‌های کم، همواره در دنیای امروز از جایگاه بسیار ارزنده و قابل توجه‌ای برخوردار است.

چند نمونه از راه‌حل‌های سنتی متعارفی که برای حل بحران ترافیک مطرح است، عبارتند از:

۱. توسعه سیستم‌های حمل و نقل عمومی
۲. تعریض راه‌ها
۳. احداث زیرگذرها و پل‌ها
۴. توسعه راه‌ها
۵. احداث و توسعه سیستم‌های حمل و نقل ریلی

موارد ذکر شده همگی زمان‌بر و پرهزینه هستند و باید به دنبال روشهایی در مدیریت ترافیک مبتنی بر دو اصل کم هزینه بودن و زود بازده بودن بود. در این مقاله یک روش هوشمند برای مدیریت و کنترل ترافیک در چهارراه‌های بزرگ پیشنهاد شده است که دو اصل کم هزینه بودن و زودبازده بودن را دارا می‌باشد. در صورت پذیرش پیشنهاد مطرح شده در این مقاله و عملی نمودن نتایج آن که در شبیه‌سازی و تئوری جواب مناسبی دارد، شهرداری‌ها و راهنمایی و رانندگی که از مهمترین عوامل کنترل کننده ترافیک در شهرها می‌باشند جزو استفاده کننده‌های اصلی خواهند بود و از بسیاری از اشتباهات انسانی نیز جلوگیری می‌شود.

سیستم‌های متداول کنترل ترافیک غالبا مبتنی بر مانیتوریگ هستند که این سیستم‌ها هوشمند نبوده و اپراتور به صورت کنترل از راه دور، مدیریت چهارراه‌ها را بر عهده دارد. اشتباهات فردی، هزینه نسبتا بالا و نیاز به مخابره سیگنال‌های ویدیوئی در فواصل مکانی طولانی نمونه‌هایی از ایرادات چنین سیستم‌هایی است.

همانطور که می‌دانید در بسیاری از چهارراه‌های کلان شهرها مانند تهران و شهرهای بزرگ دیگر، زمان سبز یا قرمز بودن چراغ راهنما غیرهوشمند است و چنانچه میزان ترافیک در یک مسیر معین به بیش از حد معمول برسد، توسط پلیس راهنمایی و بر اساس برداشت فرد تنظیم می‌گردد. به عنوان مثال اگر ترافیک مسیر شرق به غرب سنگین‌تر از مسیر شمال به جنوب باشد پلیس تصمیم می‌گیرد زمان بیشتری را برای سبز بودن مسیر شرق به غرب تخصیص دهد که ناگزیر از اشتباهات فردی و بدتر شدن اوضاع ترافیک نیست.

www.SID.ir

Archive of SID

۲- تشریح مساله

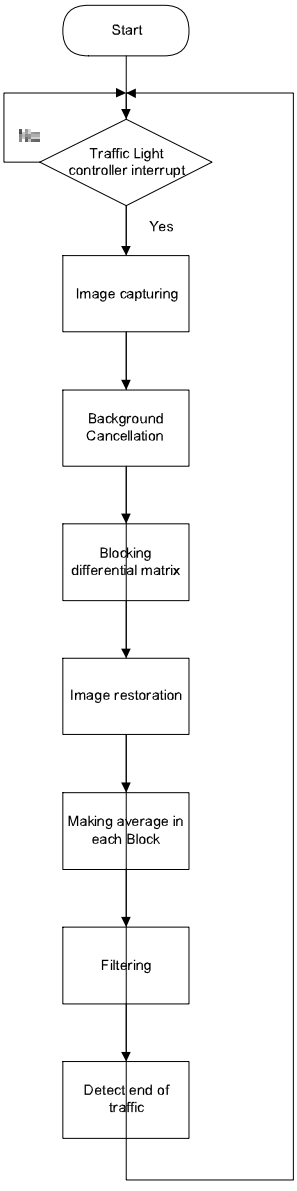
با توجه به آنچه که ذکر شد وجود سیستمی زودبازده که به طور هوشمند، با هزینه پایین و با دقت بالا بتواند بـه مـدیریت ترافیـک بپـردازد بسـیار مطلوب می‌باشد.

چهارراه‌ها در کامل‌ترین حالت از هشت مسیر تشکیل شده‌اند که چهار عدد از این مسیرها به چهارراه وارد و چهار مسیر دیگر از آن خارج می‌شوند، بنابراین در یک چهارراه کامل، نیاز به چهار عدد چراغ راهنما می‌باشد. به ازای هر مسیر ورودی به چهارراه یک عدد دوربین در ابتدای مسیر جهت تشخیص طول ترافیک آن نصب می‌شود، بنابراین برای یک چهارراه به چهار عدد دوربین نیاز می‌باشد. این چهار دوربین به یک عدد میکسـر چهارکاناله که خروجی آن به پردازنده اختصاص می‌یابد، متصل می‌شوند. مدار کنترلی با توجه به استراتژی کنترل در زمان‌های مشخصی که توسط سیگنال‌های زمان‌بندی تعیین می‌شود دستور دریافت سیگنال های تصویر را از دوربین I ام می‌دهـد. تصـویر مـورد نظـر پـس از پـردازش توسـط پردازنده، انتهای ترافیک را مشخص می‌کند. پردازنده، نتایج پردازش را به مدار کنترل می‌فرستد. مدار کنتـرل پـس از مقایسـه نتـایج ترافیـک در مسیرها، زمان مناسب برای سبز بودن هر یک از چراغ ها را تخصیص می‌دهد. راه حلی که در این مقاله به آن پرداخته شده است و بـرای تشـخیص طول ترافیک به‌کار می‌رود برمبنای پردازش تصویر می‌باشد و مدل آن در نرم افزار MATLAB پیاده سازی شده است [2,1]. که نتـایج حاصـل از اجرای مدل در ادامه آورده شده است.

۲-۱- ملاحضات اصلی

۱. چگونه و از چه روشی بهره بگیریم که با توجه به طیف وسیع رنگبندی و اندازه‌ی خودرو ها بتوان آنها را با دقت بالا تشخیص داد؟
۲. چگونه می‌توان اثر نویز را بدون از دست دادن اطلاعات مطلوب خنثی کرد یا به حداقل رساند؟
۳. چگونه می‌توان اثر عامل تغییر شدت نور در طول شـبانه روز را خنثـی نمود؟
۴. آیا اثر پرسـپکتیو مـی‌توانـد عامـل مهـم در بـروز اشـتباه در عملکـرد تشخیص میزان ترافیک شود اگر اینچنین است راه کار چیست؟

در ادامه راه حل مربوط به هر یک از ملاحضات بالا ارائه می‌شود.



شکل (۱) – بلوک دیاگرام حل مسئله

۲-۲- مزایا

به‌کارگیری سیستم تشخیص هوشمند ترافیک می‌تواند دارای مزایای اصـلی زیر باشد:

۱. کاهش قابل توجـه ترافیـک در چهـارراه‌هـای بـزرگ و بـه‌تبـع آن در مسیرهای متصل به آن.
۲. داشتن توجیه زمانی و اقتصادی و فنی .
۳. قابلیت اتصال به شـبکه‌ی جهـانی موقعیـت یـابی(GPS) و همچنـین اینترنت جهت پیاده‌سازی سیستم جامع کنترل ترافیـک شـهری و بـه اشتراک گذاشتن اطلاعات سایر پایگاه‌ها جهت کنترل هرچه دقیـق‌تـر ترافیک.

۳- الگوریتم حل

بخش آمارگیری میزان ترافیک براساس روش‌های پردازش تصـویر طراحـی شـده است و از چهار دوربین برای گرفتن تصاویر - هر دوربین بازای یک مسیر - (شرق به غرب، غرب به شرق، شمال به جنوب، جنوب به شمال) و یک سخت‌افزار بـرای پردازش تصاویر گرفته شده توسط دوربین‌ها استفاده می‌کند.

روند تشخیص طول ترافیک در این مقاله به این ترتیب است که ابتـدا یـک تصویر پس زمینه (حالتی که هیچ خودرویی در مسیر مورد نظر قرار ندارد) از هـر

www.SID.ir

Archive of SID

مسیر در حافظه سیستم پردازش تصویر قرار داده می‌شود. برای تشخیص طول ترافیک در هر زمان، تنها نیاز به دریافت یک فریم داریم و با داشتن این فریم و فریم مبنا به عنوان ورودی‌های پردازنده، پردازنده قادر است طول ترافیک آن مسیر را محاسبه نماید. بلوک دیاگرام این الگوریتم در شکل (۱) نمایش داده شده است.

در لحظه‌ای که سیستم می‌خواهد طول ترافیک مسیرI ام را تشخیص دهد، با فرمان کنترلر یک تصویر از مسیر مورد نظر گرفته می‌شود. با کاهش حجم اطلاعاتی که سیستم باید مورد پردازش قرار دهد سرعت پردازش افزایش می‌یابد. به این منظور، در ابتدا تصاویر RGB را به تصویر خاکستری تبدیل می‌کنیم، سپس تصویر مورد نظر در پردازنده از تصویر زمینه کم می‌شود و ماتریس تفاضلی بدست می‌آید. محتوای ماتریس تفاضلی، عناصر اضافه شده به تصویر (اغتشاش بعلاوه خودروها) هستند.

در مرحله‌ی بعد ماتریس تصویر، بلوک‌بندی می‌شود [۳] که طول این بلوک‌ها به اندازه عرض تصاویر گرفته شده می‌باشد و عرض آنها باید متناسب با طول خودروها در هر موقعیتی که در مسیر قرار دارند، باشد. لذا با توجه به اثر پرسپکتیو، عرض بلوک‌ها در طول ماتریس تصویر باید متغیر باشد تا بتوان به یک تقریب قابل قبول برای بررسی وجود یا عدم وجود ترافیک در هر بلوک دست یافت. در ادامه نحوه تقریب و تئوری به کار رفته در اعمال اثر پرسپکتیو ارائه می‌شود.

با روش ذکرشده می‌توان عناصر پس زمینه که جزو ترافیک نمی‌باشند را تا حدود زیادی حذف کرد. برای حذف اغتشاشات اضافه شده به ماتریس تفاضلی، از بلوک بازیابی تصاویر (Image Restoration) استفاده شده است. این بلوک از دو بخش فیلتر پایین‌گذر(Low Pass Filter) و فیلتر میانی (Median Filter) تشکیل شده است، فیلتر پایین گذر با حذف اغتشاشات فرکانس بالا بخشی از اغتشاش را حذف می‌کند و فیلتر میانی با جایگزین کردن مقدار میانی یک همسایگی M*N با سایر درایه‌های آن همسایگی، اثر اغتشاشات را بطور قابل توجهی کاهش می‌دهد. با توجه به اثر پرسپکتیو (خودروها در فواصل دورتر کوچک‌تر ظاهر می‌شوند) ممکن است در اثر اعمال فیلتر با مشخصات یکسان برای کل تصویر، خودروهایی که در فواصل دورتر قرار دارند حذف شوند، بنابراین بایستی عمل فیلترسازی در هر بلوک بطور مجزا و با مشخصات ویژه آن بلوک انجام شود. به این منظور همسایگی انتخابی برای فیلتر میانی، در بلوک‌هایی که در بر گیرنده عناصر دورتر در تصویر واقعی هستند کوچک‌تر انتخاب می‌شوند.

پس از بلوک‌بندی ماتریس تفاضلی و اعمال فیلتر ها، درایه‌های مربوط به هر بلوک، میانگین‌گیری می‌شود و تمامی اعضای ماتریس بلوک مورد نظر با حاصل میانگین‌گیری خود جایگزین می‌شوند. بر این اساس بلوک‌هایی که در آن ها خودروها به هم‌فشرده (وجود ترافیک) هستند، متمایل به رنگ مشکی (صفر) و بلوک‌هایی که خودرو در آنها وجود ندارد و یا خودروها به طور پراکنده قرار دارند متمایل به رنگ سفید (یک) می‌شوند. در مرحله آخر طی عمل فیلترسازی با حد آستانه مشخص، انتهای ترافیک بر اساس بلوک‌های گذرنده از فیلتر تعیین می‌شود.

همانطور که در بخش ملاحظات اصلی مطرح شد تغییرات نور در طول روز می‌تواند بر روی نتایج حاصل از مدل تاثیر بگذارد. این اثر را می‌توان با یک حسگر حساس به نور و افزایش چند مرحله فیلترسازی همچون فیلتر میانی جبران نمود. حسگر با تغییر حد آستانه فیلترهایی که پس از ایجاد ماتریس تفاضلی بکار می‌روند، اثر تغییر شدت نور را جبران می‌کند. نکته دیگری که در اینجا قابل ذکر است تاثیر رنگ خودروها بر عملکرد سیستم است، با توجه به این که الگوریتم حل بر مبنای ماتریس تفاضلی است لذا رنگ اتومبیل‌ها نمی‌تواند تاثیر مخربی بر نتایج الگوریتم داشته باشد.

۳-۱- مدل ریاضی پایه‌ای دوربین و معادلات پرسپکتیو

برای بدست آوردن معادلات نقطه تصویر شده از مسیر با توجه به شکل (۲)، با فرض انطباق مرکز تصویر و مرکز مختصات جهانی و انطباق محور نوری آن با محور z داریم[4]:

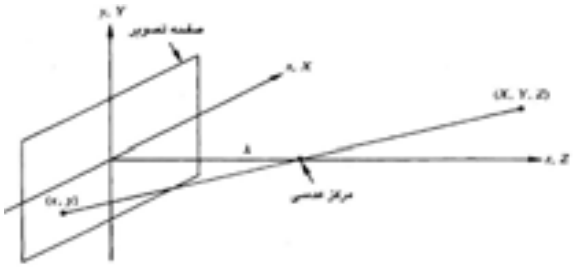
$$x=\frac{\lambda X}{\lambda-Z} \qquad (۱)$$

$$y=\frac{\lambda Y}{\lambda-Z} \qquad (۲)$$

که در معادلات (۱) و (۲) λ طول کانونی عدسی دوربین، مختصات (x,y) مربوط به تصویر و (X,Y,Z) مولفه‌های نقاط در دستگاه مختصات جهانی می‌باشند.

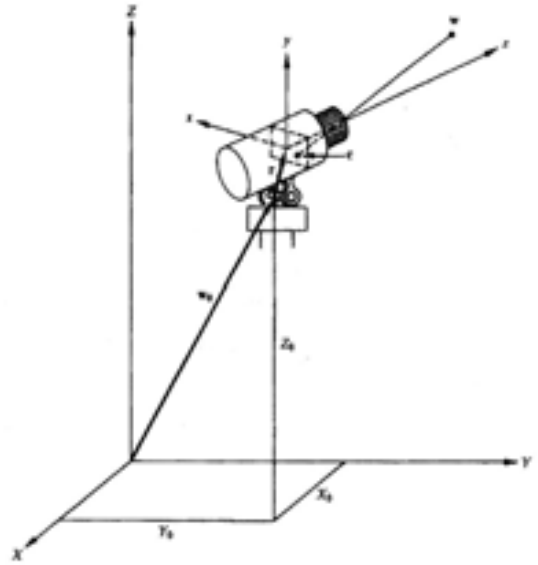
www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۲)-مدل پایه‌ای دوربین

در حالت کلی با فرض عدم انطباق این دو مختصات، نحوه قرارگیری مختصات تصویر و مختصات جهانی مطابق شکل (۳) می‌شود.



شکل(۳)-هندسه تصویر برداری با دو سامانه مختصات

با استفاده از دنباله تبدیلات زیر می توان سامانه مختصات دوربین و مختصات جهانی را منطبق نمود[4]:

$$c_h = PCRGw_h \quad (۳)$$

$$R = R_\alpha R_\theta \quad (۴)$$

که در روابط بالا:

P	ماتریس تبدیل پرسپکتیو
C	بردار جابجایی مبدا صفحه تصویر از پایه دوربین
R_α	ماتریس تبدیل چرخش حول محور Z با زاویه α
R_θ	ماتریس تبدیل چرخش حول محور Z با زاویه θ
G	ماتریس انتقال مبدا سامانه مختصات جهانی به محل مرکز پایه گردان
w_h	بردار مختصات جهانی همگن است
θ	زاویه بین دو محور x و X (زاویه پن)
α	زاویه بین دو محورz و Z (زاویه تیلت)

www.SID.ir

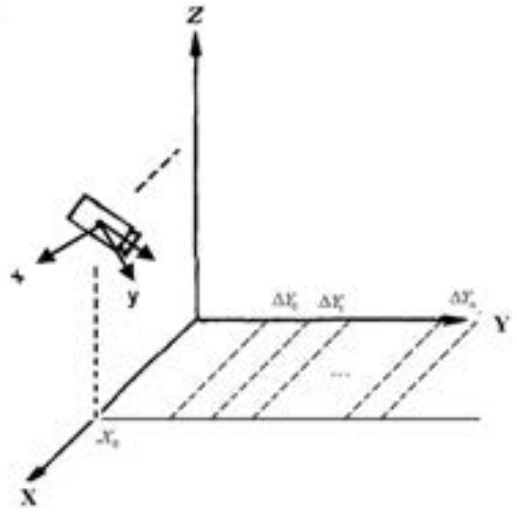
Archive of SID

که از معادلات (۳) و (۴)، (x,y) مختصات نقطه تصویر شده بدست می‌آید[4]:

$$x=\lambda\frac{(X-X_0)\cos\theta+(Y-Y_0)\sin\theta-r_1}{-(X-X_0)\sin\theta\sin\alpha+(Y-Y_0)\cos\theta\sin\alpha-(Z-Z_0)\cos\alpha+r_3+\lambda} \quad (۵)$$

$$y=\lambda\frac{-(X-X_0)\sin\theta\cos\alpha+(Y-Y_0)\cos\theta\cos\alpha+(Z-Z_0)\sin\alpha-r_2}{-(X-X_0)\sin\theta\sin\alpha+(Y-Y_0)\cos\theta\sin\alpha-(Z-Z_0)\cos\alpha+r_3+\lambda} \quad (۶)$$

با فرض این که مسیر I ام همراستا با محور Y از مختصات جهانی است به کمک تبدیلات بالا که منجر به معادلات (۵) و (۶) شد، محل دوربین مطابق شکل (۴) تعیین می‌شود.



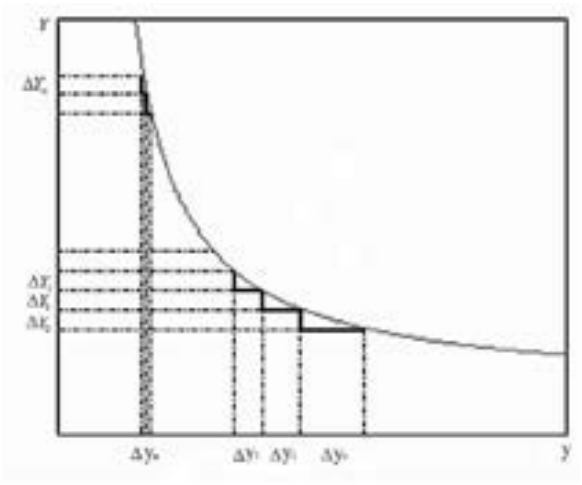
شکل (۴)-موقعیت قرار گرفتن دوربین در مسیر

مطابق شکل (۴) دوربین در وسط عرض مسیر مورد نظر نصب می‌شود. در این تقریب طول خودروها در جاده برابر با هم و برابر کوچک‌ترین طولی که یک خودروی معمولی می‌تواند داشته باشد در نظر گرفته می‌شود. لازم به توضیح است که طول خودروهای بزرگتر مشکلی در الگوریتم ایجاد نمی‌کنند چرا که این طول بزرگ حتما درون بلوک‌های کوچک‌تر قرار می‌گیرد. همچنین از ارتفاع خودروها صرفنظر شده است با توجه به اثر پرسپکتیو اگر طول بلوک‌ها هم‌اندازه گرفته شوند، ممکن است در اثر فیلترکردن، عناصر مطلوب (خودروهای دورتر) حذف شوند. بر این اساس که وضعیت دوربین در جایگاه خود ثابت است و زاویه‌های پن (Pan) و تیلت (Tilt) نیز مشخص‌اند و همچنین طول خودروها در راستای خط گذرنده از نقطه X_0 و موازی با محور Y در نظر گرفته می‌شوند، با حل معادله (۶) به معادله یک تابع هموگرافیک مطابق معادله (۷) می‌رسیم. همانطور که دیده می‌شود در شکل (۵) با یک تقریب پله ای مقادیر $\Delta y_i,\ (i=0,1,...n)$ به‌ازای $\Delta Y_0=\Delta Y_1=\Delta Y_2...=\Delta Y_n$ نشان داده شده‌اند بطوریکه $\Delta y_i\,(i=0,1,...n)$ ها عرض بلوک‌ها هستند.

$$y=\frac{aY+b}{cY+d} \quad (۷)$$

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۵) –نمودار مختصات y تصویر برحسب مولفه Y
مختصات جهانی با فرض ثابت بودن دو مولفه دیگر
مختصات جهانی و تقریب پله‌ای آن

۴- نتایج

نتایج حاصل از اجرای مدل در نرم افزار MATLAB در شکل‌های (۶) تا (۱۰) نمایش داده شده‌اند. در شکل (۶) تصویر پس زمینه یک مسیر معین ورودی به چهارراه نشان داده شده است. در شکل (۷) تصویر در لحظه‌ای که می‌خواهیم طول ترافیک را تشخیص دهیم نشان داده شده است. نتایج خروجی نرم افزار MATLAB را در شکل‌های (۸) تا (۱۰) مشاهده می‌کنید، شکل (۸) همان ماتریس تفاضلی تصویر ارائه شده در شکل (۷) از فریم مبنا است. خروجی فیلتر شده الگوریتم را در شکل (۹) می‌بینیم که نشان‌دهنده نمونه‌ای از عملکرد الگوریتم تشریح شده است. در نهایت با یک مرحله فیلترسازی دیگر محل انتهای ترافیک که محل گذر از صفر به یک (از سیاه به سفید) است، با توجه به شکل (۱۰) تعیین می‌شود.

۴-۱- نتیجه گیری

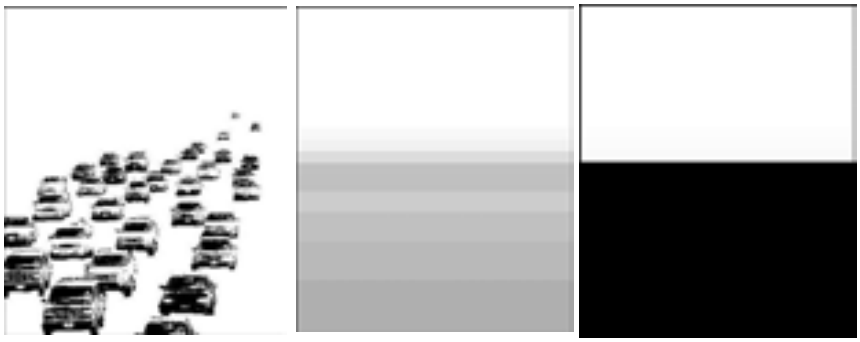
اجرای مدل ارائه شده در این مقاله بر روی یک تصویر گرفته شده نتایج بسیار قابل قبولی را نشان داد، که با توجه به کارآمدی آن می‌تواند در طیف وسیعی از کاربردهای شهر الکترونیک که نیاز به ابزار آمارگیری هوشمند دارد به کارگرفته شود. همچنین تلفیق مدل حاضر با سامانه‌های کنترلی و مدیریتی می‌تواند نتایج مفیدی برای کنترل مجموعه ترافیک یک شهر در پی داشته باشد. این مدل با بکارگیری الگوریتمی بهینه دارای مزایایی از جمله کم هزینه بودن، انعطاف پذیری بالا در تلفیق با طیف وسیعی از سیستم‌های اتوماسیون، سادگی در اجرا، زود بازده بودن، قابلیت توسعه برای بکارگیری در سیستم جامع کنترل ترافیک و بسیاری موارد دیگر را دارد.

شکل(۷) – تصویر ترافیک
در لحظه مورد نظر

شکل(۶) – فریم مبنا

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۸) – تصویر تفاضلی شکل(۹) – نمایش بلوک‌ها شکل(۱۰) – خروجی نهایی

این مدل توانسته در عین سادگی تاثیر تنوع رنگ و اندازه خودروها بر عملکرد سیستم را خنثی کند. اثر پرسپکتیو در تشخیص طول ترافیک به خصوص زمانی که دوربین یک مسیر طولانی را مانیتور می‌کند به عنوان عاملی مخرب شناسایی شد که با لحاظ کردن زیر مدلی بهینه تطابق قابل قبولی مابین واقعیت و نتایج به دست آمده حاصل شد.

از جمله مواردی که ممکن است منجر به نتایج نامطلوب در این مدل شود، عبور و مرور بی نظم خودروها است به طوری که به عنوان مثال یک لاین پر از خودرو باشد و لاین های دیگر خالی از خودرو که البته چنین مواردی نادر است. می توان با حذف عناصری که در خارج از مسیر قرار دارند (پیاده رو، بلوار، فضای سبز و غیره) و نیازی به وارد کردن آنها در روند تشخیص طول ترافیک نیست، دقت و کارآمدی مدل به کار رفته را بهبود بخشید. این فرآیند اغلب با مدلهای شکل‌شناسی (Image Recognition) انجام پذیر است [6, 5] ، که به عنوان یک پیشنهاد برای توسعه مدل می‌باشد. نتایج حاصل از این مقاله در شهرهای الکترونیکی بازتاب بهتری دارد.

مراجع

[1] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods and Steven L. Eddins, "*Digital Image Processing Using MATLAB*", in Prentice Hall, 2004.

[2] "*Matlab Digital Image Processing Manual*", Mathworks, 2006.

[۳] هومن جعفرآبادی، " **کاربرد سیستم های پردازش تصویر به‌منظور هشدار خطر**"، پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، ۱۳۸۶

[4] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, "*Digital Image Processing*", 2nd edition, in Prentice Hall, 2002.

[5] Thierry Chateau and J.T. Lapreste, "*Robust real time tracking of a vehicle by image processing*" in Procs. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Parma, Italy, June 2004.

[6] Calin Rotaru, Thorsten Graf and Jianwei Zhang, "*Extracting Road Features from Color Images using a Cognitive Approach*" in Procs. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Parma, Italy, June 2004.

www.SID.ir