

آشکارسازی و تشخیص علائم سرعت با استفاده از اطلاعات رنگ و شکل

حامد حمیدی‌راد^(۱) - حسین پورقاسم^(۲) - همایون مهدوی‌نسب^(۳) - احمد کشاورز^(۳)

(۱) کارشناسی ارشد - دانشکده برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد

(۲) استادیار - دانشکده برق، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد

(۳) استادیار - دانشکده برق، دانشگاه خلیج فارس بوشهر

تاریخ پذیرش: تابستان ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: زمستان ۱۳۸۸

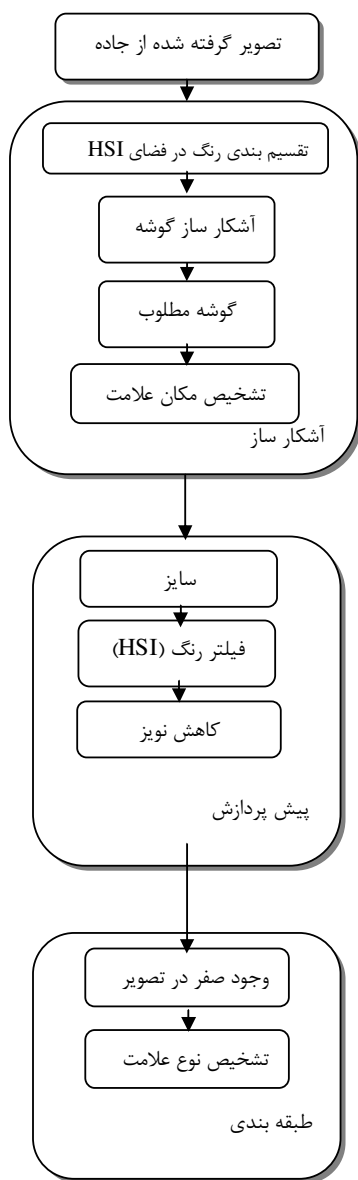
خلاصه: رنگ و شکل دو پارامتر اساسی برای شناسایی علائم ترافیکی هستند. این مقاله یک روش جدید در مورد شناسایی علائم هشدار دهنده سرعت در تصاویر جاده‌ای در شرایط مختلف ارائه می‌دهد. در این روش با استفاده از تکنیک آستانه گذاری در فضای رنگ HSI، تقسیم بندی رنگ در تصویر انجام می‌گیرد. در ادامه گوشه‌های بهینه در تصویر را با کانالو کردن تعدادی ماسک به دست می‌آوریم و با استفاده از یکسری عملیات هندسی مکان علامت در تصویر استخراج می‌گردد. اولین مزیت در تشخیص مکان علامت، دقت بالای آن است. به طوری که مکان علامت تا فاصله 30 متر، تصاویر نویز دار تا 30 درصد و تصاویر چرخیده تا 5 درجه توسط این روش قابل شناسایی است. از دیگر مزایای این الگوریتم می‌توان به سادگی ساختار ماسک‌ها و سرعت محاسبات بیشتر از روشهای دیگر تشخیص ارائه شده، اشاره کرد. در نهایت، با حذف اطلاعات اضافی در تصویر استخراج شده و تطبیق با تصاویر پایگاه داده، نوع علامت تشخیص داده می‌شود. اگر عکس برداری در شرایط نورپردازی و آب و هوایی مناسبی صورت گیرد، نرخ تشخیص علامت بالای 89% خواهد بود.

کلمات کلیدی: آشکار ساز گوشه، پایگاه داده، تطبیق الگو، فیلتر رنگ.

۱- مقدمه

می‌شود. در روش دیگر با استفاده از آنالیز پیکسل‌های قرمز، مکان تابلو مشخص می‌گردد و در ادامه با استفاده از نقشه‌های خود سازمانده (SOM) نوع علامت تشخیص داده می‌شود [۳]. برای رفع مشکلات ناشی از تغییرات روشنایی می‌توان از سطوح خاکستری تصویر استفاده کرد [۴]. اما استفاده از این روش باعث افزایش ضریب خطا به علت افزایش تعداد اشکال شبیه به علائم ترافیکی می‌شود. استفاده از اطلاعات مربوط به رنگ و یکسری الگوهای دایره‌ای شکل، تکنیک دیگری است که مکان علامت در تصویر را استخراج می‌کند [۵]. در این روش به علت محدود بودن تعداد الگوهای دایره‌ای شکل، افزایش ضریب خطا در فاصله‌های مختلف را خواهیم داشت. روش دیگر به دست آوردن اشکال مستطیلی از طریق تحلیل نورپردازی افقی و عمودی بر روی لبه‌های تصویر علامت مستطیلی شکل و پیدا کردن بیشترین مقدار هیستوگرام این نورپردازی‌ها می‌باشد [۶]. در این روش هیچکدام از مشکلات ناشی از تغییر سایز، چرخش و نویز ورودی در نظر گرفته نشده است. برای شناسایی علائم دایره‌ای شکل می‌توان

سیستمهای شناسایی علائم ترافیکی می‌توانند به راننده در تشخیص درست این علائم کمک کنند. مخصوصاً شناسایی علائم سرعت که می‌تواند در صورتی که سرعت خودرو از حد مجاز بیشتر شود به راننده اخطار دهد. رنگ و شکل دو خاصیت برتر و مهم علائم ترافیکی می‌باشند. برای سیستمهای هوشمند این اطلاعات به طور موثر و کارآمد به کار گرفته می‌شود. شناسایی علائم ترافیکی به دو دسته کلی تقسیم می‌شود: آشکارسازی و طبقه بندی. در مرحله آشکارسازی می‌توان از اطلاعات رنگ در فضای رنگ RGB بهره برد [۱]. اشکال اساسی استفاده از این فضای رنگ حساس بودن آن نسبت به تغییرات روشنایی است. برای آشکارسازی علائم ترافیکی با استفاده از نوعی فیلتر محیطی، می‌توان نواحی سفید رنگ داخل علامت ترافیکی را استخراج کرد [۲]. در این روش نواحی که محدوده آنها با محدوده از قبل تعریف شده مطابقت دارند، دارای اهمیت می‌باشند. وجود گرد و غبار در هوا یا تابلوهای کثیف باعث ایجاد خطای زیاد در این روش



شکل (۱): بلوک دیاگرام تشخیص
Fig. (1): The recognition block diagram

۲-۱-۱-۱-۲- تقسیم بندی در فضای رنگ HSI

فضای رنگ معمول استفاده شده در فیلترینگ تصویر RGB (قرمز، سبز، آبی) می‌باشد. مشکل بزرگ استفاده از این فضای رنگ حساس بودن آن نسبت به تغییرات روشنایی (مانند زاویه تابش نور، شرایط آب و هوایی و...) است. روش معمول برای غلبه بر این مشکل استفاده از فضای رنگ HSI (پرده رنگ، اشباع، شدت) می‌باشد. این فضای رنگ مولفه‌های شدت را از اطلاعات حامل رنگ (پرده رنگ و اشباع) در تصویر رنگی، تفکیک می‌کند. اگر تصویری با فرمت RGB داشته باشیم، مولفه‌های فضای رنگ HSI با استفاده از روابط زیر به دست می‌آیند:

پارامترهای دایره (مرکز و شعاع) را با انتخاب سه نقطه روی محدوده مورد نظر در تصویر محاسبه کرد [۷]. برای بقیه نقاط خطای میانگین محاسبه می‌شود و اگر این مقدار پایین‌تر از مقدار آستانه باشد محدوده مورد نظر به عنوان دایره در نظر گرفته می‌شود. این روش نیز خطاهای ناشی از نویز و نورپردازی را در نظر نگرفته است. تبدیل هاف نیز یک روش برای شناسایی انواع اشکال می‌باشد. اما نقص عمده آن زمان محاسبات زیاد و حافظه بالای آن است [۸]. استفاده از الگوریتم ژنتیک [۹] برای آشکارسازی و شبکه‌های عصبی [۱۰، ۱۱] برای طبقه‌بندی نیز روش دیگری است که اخیراً برای تشخیص علائم ترافیکی مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از دو شبکه عصبی جداگانه برای استخراج رنگ و شکل علائم، دقت زیادی در تشخیص علائم ترافیکی دارد [۱۲]. اما آموزش شبکه‌های عصبی دارای محاسبات پیچیده و وقت گیر است. در [۱۳] پس از آستانه‌گذاری در فضای رنگ RGB و استخراج رنگ قرمز، با کانالو چهار ماسک در تصویر و استفاده از یکسری عملیات هندسی، مکان علائم دایره‌ای شکل در تصویر تشخیص داده می‌شود. این روش نسبت به دیگر روش‌های ارائه شده دارای سرعت پردازش بیشتری و همچنین دقت این روش در زمانی که تصویر از اشیاء قرمز رنگ زیادی تشکیل شده است، بسیار بالاتر است. اما اشکال این روش، انتخاب اشیاء یا علائم مستطیلی یا مربعی شکل به جای دایره‌ای است.

در بخش اول این مقاله با استفاده از اطلاعات رنگ در فضای HSI و آستانه‌گذاری برای رنگ قرمز، پیکسل‌های قرمز تصویر مشخص می‌گردند و با استفاده از یکسری عملیات هندسی مکان علامت در تصویر تشخیص و استخراج می‌گردد. بخش دوم مربوط به حذف اطلاعات زائد در تصویر و استخراج اعداد داخل علامت و بخش سوم مربوط به شناسایی اعداد استخراج شده و تشخیص نوع علامت می‌باشد. در نهایت به بررسی نتایج شبیه‌سازی بر روی تصاویر مختلف می‌پردازیم.

۲- روش پیشنهادی

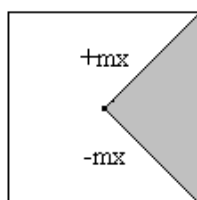
بلوک دیاگرام الگوریتم ارائه شده، در شکل (۱) نشان داده شده است. این الگوریتم شامل سه مرحله می‌باشد: آشکار ساز برای تشخیص مکان علامت در تصویر، پیش پردازش برای حذف اطلاعات اضافی و طبقه‌بندی برای تشخیص نوع علامت.

۲-۱- آشکار سازی علائم ترافیکی سرعت

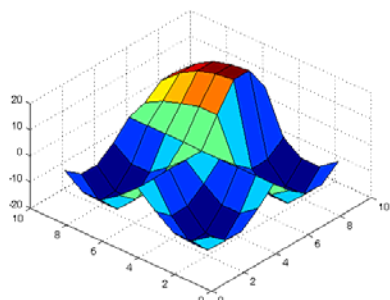
تمامی علائم سرعت دارای زمینه سفید، حاشیه قرمز و شکل دایره‌ای می‌باشد. آشکار سازی علائم سرعت در دو مرحله صورت می‌گیرد: تقسیم بندی رنگ و آشکار ساز گوشه‌ها.



شکل (۲): نتیجه اعمال فیلتر HSI و استخراج رنگ قرمز
 Fig. (2): The result of applying HSI filter and extracting red colour



شکل (۳): مدل گوشه
 Fig. (3): The corner model



شکل (۴): ماسک گوشه 90 درجه
 Fig. (4): The 90 degree corner mask

نقص این روش وابسته بودن آن به مرکز دایره است. ماسک‌های استفاده شده در این مقاله دو مزیت دارند. اول اینکه به علت سادگی دارای سرعت زیاد در محاسبات می‌باشند و دوم این که این ماسک‌ها گوشه‌ها را بر اساس زاویه و جهت طبقه‌بندی می‌کنند که این خود باعث کاهش پیچیدگی برای تشخیص شکل می‌شود. برای طراحی آشکار ساز گوشه بهینه، [۱۵] یک مدل ریاضی را ارائه می‌دهد. فرض کنید یک گوشه در مبدا قرار گرفته باشد، به طوری که محور X نیمساز زاویه تشکیل شده توسط دو لبه در گوشه می‌باشد (شکل (۳)). بنابراین تابعی که سطوح خاکستری را توضیح می‌دهد به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$I(x, y) = \begin{cases} A & \text{if } x > 0 \text{ and } -mx < y < mx \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases} \quad (1)$$

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right] \quad (2)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)] \quad (3)$$

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \quad (4)$$

که روابط (۱) و (۲)، مولفه پرده رنگ، رابطه (۳) اشباع و رابطه (۴) شدت روشنایی می‌باشد. رابطه (۲) مولفه‌ای است که برای به دست آوردن مولفه پرده رنگ استفاده می‌شود. R، G و B به ترتیب اطلاعات مربوط به رنگ‌های قرمز، سبز و آبی در فضای رنگ RGB است. تقسیم‌بندی رنگ در فضای رنگ HSI توسط فرمول زیر حاصل می‌گردد:

$$b(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } \begin{cases} H_{\min} < H(x, y) < H_{\max} \\ S_{\min} < S(x, y) < S_{\max} \\ I_{\min} < I(x, y) < I_{\max} \end{cases} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

در رابطه (۵)، $b(x, y)$ خروجی آستانه‌گذاری و H_{\min} و H_{\max} محدوده مقادیر پرده رنگ است. $H(x, y)$ ، $S(x, y)$ و $I(x, y)$ به ترتیب اجزای ترکیب‌دهنده پرده رنگ، اشباع و شدت در تصویر ورودی می‌باشند. مقادیر تجربی آستانه‌گذاری در این فضای رنگ به صورت زیر به دست آمد:

$$\begin{aligned} H_{\min} &= 0.2 & H_{\max} &= 0.75 \\ S_{\min} &= 0 & S_{\max} &= 0.3 \\ I_{\min} &= 0 & I_{\max} &= 0.4 \end{aligned} \quad (6)$$

شکل (۲) نتیجه اعمال این فیلتر بر روی تصویر را نشان می‌دهد.

۲-۱-۲- آشکار ساز گوشه‌ها

برای ادامه کار احتیاج به به دست آوردن گوشه‌ها در تصویر می‌باشیم. با استفاده از پنج ماسک و با کانالو کردن آنها در تصویر، گوشه‌های موردنظر که برای تشخیص علامت دایره‌ای شکل مورد نیاز است به دست می‌آوریم. ماسک‌های مشابهی نیز برای تشخیص علائم به کار رفته است. به عنوان مثال [۱۴] یک سری ماسک‌های وابسته به زاویه را برای شناسایی لبه‌های دایره و شعاع استفاده می‌کند. این دو آشکار ساز به نام‌های (Detector Circular Edges) DCE و (Detector Radial Edges) DRE توسط یکسری از ماسک‌های کانولوشن ساخته می‌شوند، که این ماسک‌ها به وسیله تنظیم کردن یک تابع پایه (مانند sobel) با خط‌های مماس آنها، به دست می‌آیند.

نتیجه کانوالو ماسک‌های c_1 و c_2 در تصویر و تعیین مقدار آستانه برای مقادیر کانوالو شده را نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل مشخص است ماسک c_1 لبه‌ها را در زاویه 45 درجه و ماسک c_2 لبه‌ها را در زاویه 135 درجه در تصویر تقویت می‌کنند. به علت وجود انواع خطاها (گوشه‌ها در تصویر هیچگاه ایده‌آل نیستند، خطا در تعیین مقادیر آستانه، نویز...) هیچگاه یک پاسخ با اعمال ماسک‌ها و تعیین مقادیر آستانه، برای یک گوشه به دست نمی‌آید. بلکه چندین گوشه در کنار هم شناسایی می‌شوند. برای کاهش دادن تعداد گوشه‌های انتخابی در تصویر و به دست آوردن گوشه مطلوب دو عمل انجام می‌دهیم:

- ۱- کانوالو سه سازه خطی (شکل (۷)) در تصویر و تعیین مقدار آستانه (این سه سازه بر اساس زوایای گفته شده طراحی شده‌اند)
- ۲- تعیین همسایگی 5×5 و انتخاب بیشترین مقدار کانوالو شده و صرف نظر از بقیه مقادیر در این همسایگی

۲-۱-۴- تشخیص مکان علامت

برای مشخص کردن مکان علامت در تصویر با استفاده از ماسک‌های طراحی شده به صورت زیر عمل می‌کنیم (شکل (۸)):

نقطه p_1 را ناشی از ماسک c_4 در نظر می‌گیریم. در سمت راست این نقطه و در یک محدوده مثلثی شکل نقطه p_2 را که ناشی از ماسک c_3 می‌باشد پیدا می‌کنیم. فاصله این دو نقطه را به عنوان معیار

محاسبات در مراحل بعد محاسبه می‌کنیم. (فرض a)

در بالای نقطه p_2 و در محدوده مثلثی شکل نقطه p_3 را که ناشی از ماسک c_1 می‌باشد پیدا می‌کنیم. در این قسمت جستجو را بر اساس اندازه فاصله p_1, p_2 محدود می‌کنیم. محدوده جستجو را بین $(a/2) \pm a$ در نظر می‌گیریم. (دلیل انتخاب این محدوده به علت استاندارد نبودن بعضی علائم، کج شدن علائم در جاده‌ها، لرزش در هنگام عکس برداری و... می‌باشد)

در سمت چپ نقطه p_3 و در محدوده مشابه قبل به دنبال نقطه p_4 ناشی از ماسک c_2 می‌گردیم.

در منطقه بالای دایره مفروض و در بین نقاط p_3 و p_4 محدوده جستجو برای پیدا کردن نقطه p_5 ناشی از ماسک c_5 می‌باشد. این ماسک برای جلوگیری از انتخاب محدوده مستطیلی یا مربعی شکل به جای دایره‌ای است.

در [۱۳] چهار ماسک برای تشخیص علائم دایره‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. این چهار ماسک همانند ماسک‌های c_1, c_2, c_3 و c_4 عمل می‌کنند. اما اشکال این روش امکان انتخاب علائم یا اشیاء مستطیلی یا مربعی شکل به جای دایره‌ای است. با استفاده از ماسک c_5 در این روش پیشنهادی، این مشکل برطرف شده است. زیرا این ماسک نواحی خمیده را با توجه به ساختار آن تقویت می‌کند. مزیت دیگر این روش نسبت به روش ارائه شده در [۱۳] آن است که که ماسک‌های اعمالی را در داخل دایره در نظر گرفتیم و با این عمل تا حد زیادی از انتخاب حاشیه قرمز رنگ در تصویر انتخاب شده

که m شیب خط است. اگر $n(x, y)$ نشان دهنده نویز گوسین باشد تابعی که سطوح خاکستری را در اطراف گوشه‌ها بیان می‌کند به صورت زیر خواهد شد:

$$F(x, y) = I(x, y) + n(x, y) \quad (8)$$

اگر عملگر گوشه را $g(x, y)$ بنامیم چند شرط برای تکمیل آن وجود دارد.

- نتیجه کانولوشن ' $O(x, y) = F(x, y) * g(x, y)$ ' بیشترین مقدار خود را در گوشه می‌گیرد.

- عملگر $g(x, y)$ نباید به نویز حساس باشد

- عملگر $g(x, y)$ نباید مکان گوشه را تغییر دهد.

به وسیله بیان ریاضی این شرایط و بیشینه کردن آنها، آشکار ساز گوشه بهینه به صورت زیر به دست می‌آید:

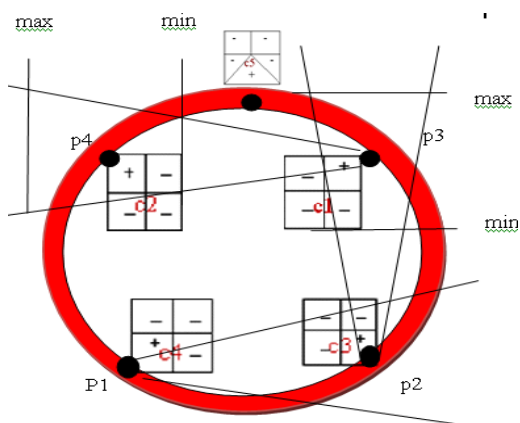
$$g(x, y) = a_1 \sin \frac{m\pi x}{w} [-e^{zw} + e^{-zw}] \quad (9)$$

$$g(x, y) = a_2 \sin \frac{n_1 \pi x}{w} \sin \frac{n_2 \pi y}{w} \quad (10)$$

رابطه (۹) مربوط به قسمت‌های گوشه و رابطه (۱۰) مربوط به قسمت‌های غیر گوشه می‌باشد. در رابطه فوق w سایز ماسک و a_1, a_2, m, z, n_1, n_2 همه ثابت می‌باشند. این مقادیر به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که قسمت‌های گوشه دارای مقادیر مثبت و قسمت‌های غیر گوشه دارای مقادیر منفی شوند. مثلاً اگر $m = -1$ فرض شود و x مقداری بین صفر و w انتخاب گردد قسمت نمایی در رابطه (۹) مقداری منفی می‌شود. به علت منفی شدن قسمت سینوسی نیز در این رابطه قسمت‌های گوشه، شامل مقادیر مثبت می‌گردند. با انتخاب $n_1 = 1$ و $n_2 = -1$ قسمت‌های غیر گوشه مقادیری منفی به دست می‌آیند. هیچ قانونی برای مقدار z وجود ندارد اما به صورت تجربی مشخص می‌شود که هرچه این مقدار بزرگتر باشد ظرفیت فیلتر کردن نویز نیز بالاتر می‌رود. a_1 و a_2 در تمام مقادیر ماسک ضرب می‌شوند بنابراین مقادیر آنها اختیاری است. سایز ماسک را 9×9 انتخاب می‌کنیم. زیرا سایزهای کوچکتر گوشه‌ها را به درستی نشان نمی‌دهند و سایزهای بزرگتر بر روی منطقه وسیعی از تصویر اثر می‌گذارند بنابراین اشیایی که در کنار گوشه‌ها قرار می‌گیرند، باعث ایجاد خطا می‌شوند. شکل (۴) نمونه‌ای از ماسک گوشه 90 درجه را نشان می‌دهد. همانگونه که مشخص است در یکی از گوشه‌های 90 درجه مقادیر مثبت و در قسمت‌های دیگر منفی است.

۲-۱-۳- گوشه مطلوب

با اعمال چهار ماسک گوشه 90 درجه در زوایای 45، 135، 225 و 315 درجه به صورت جداگانه به تصویر، لبه‌ها را در این چهار جهت تقویت می‌کنیم. ماسک دیگری نیز برای پیدا کردن گوشه‌های عمودی در نظر می‌گیریم. قالب کلی این پنج ماسک را در شکل (۵) مشاهده می‌کنید. با کانوالو کردن این پنج ماسک در تصویر و تعیین مقدار آستانه، گوشه‌ها در پنج جهت گفته شده مشخص می‌شوند. شکل (۶)



شکل (۸): مراحل تشخیص علائم دایره‌ای

Fig. (8): The different stages of recognition circular signs

۲-۲-۲-۲ پیش پردازش

این مرحله برای از بین بردن اطلاعات اضافی تصویر برای افزایش سرعت محاسبات در مرحله طبقه‌بندی می‌باشد.

۲-۲-۲-۱ سائز

تصویر استخراج شده از مرحله قبل را به سائز 100x100 تغییر سائز می‌دهیم. گرچه این تغییر سائز مقداری زمانبر است اما در مراحل بعد در کم شدن میزان محاسبات و افزایش سرعت الگوریتم بسیار موثر خواهد بود. روش درون‌یابی Bicubic با استفاده از اطلاعات همسایگی 4x4 برای این منظور استفاده می‌شود. در این عمل مقدار هر پیکسل توسط محاسبه میانگین وزنی (weighted average) پیکسل‌های اطراف خود در ماتریس تصویر، محاسبه می‌شود. این عمل مانند یک فیلتر میان‌گذر عمل می‌کند و لبه‌های تصویر را صاف می‌کند.

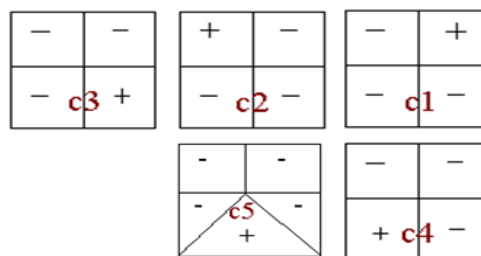
۲-۲-۲-۲ فیلتر رنگ RGB

با مشخص شدن مکان علامت در تصویر در ادامه تمامی اطلاعات به جز اطلاعات اعداد داخل علامت باید برای تشخیص نوع علامت حذف شوند. تصویر استخراج شده شامل رنگ سیاه (اعداد داخل تابلو)، رنگ سفید (زمینه تابلو) و رنگ قرمز (حاشیه دور تابلو) است. فیلتر رنگ RGB (قرمز، سفید، سیاه) برای این منظور استفاده می‌شود. پس از اعمال فیلتر بر روی تصویر و تبدیل به باینری، حاشیه قرمز رنگ اطراف تابلو سرعت تا حدود 93٪ از بین می‌رود. این عمل برای سرعت بیشتر محاسبات در مراحل بعد و جلوگیری از بروز خطا، ضروری است.

۲-۲-۲-۳ کاهش نویز

فیلتر میانه برای حذف نویز در این روش به کار گرفته می‌شود. این فیلتر با سائز 2x2 نویز فلفل- نمکی را از تصویر حذف می‌کند. با این عمل تمامی نویزهایی که شامل یک پیکسل می‌باشند به صورت کامل حذف می‌شوند و بقیه تضعیف می‌گردند. شکل (۹) مراحل انجام عملیات پیش‌پردازش را نشان می‌دهد.

جلوگیری کردیم که این خود باعث کاهش خطا در تشخیص نوع علامت در مرحله طبقه‌بندی و افزایش سرعت محاسبات خواهد شد. البته می‌توان ماسکی را طراحی کرد که به قسمت پایین حاشیه قرمز رنگ دایره اعمال شود اما در تصاویر گرفته شده از جاده احتمال دیده شدن اشیاء (ماشین‌ها و...) در پایین دایره بیشتر از بالای آن است. بنابراین خطای تشخیص مکان علامت، با انتخاب ماسک در بالای حاشیه قرمز رنگ دایره به حداقل می‌رسد.



شکل (۵): قالب کلی پنج ماسک اعمالی به تصویر

Fig. (5): The general configuration of applying five masks to the image



(الف)

(ب)

شکل (۶): (الف) نتیجه اعمال ماسک c1 (ب) نتیجه اعمال ماسک c2

Fig. (6): (a) The result of applying mask c1 (b) The result of applying mask c2

$$s1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad s2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

(الف) (ب)

$$s3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

(ج)

شکل (۷) (الف) سازه خطی در زوایای 45 و 225 درجه (ب) سازه خطی در زوایای 135 و 315 درجه (ج) سازه خطی عمود

Fig. (7): (a) The linear structure under 45 and 225 degrees (b) The linear structure under 135 and 315 degrees (c) The perpendicular linear structure

۳-۲- طبقه بندی

این قسمت شامل دو مرحله است:

۱- تشخیص صفر در تصویر، برای تعیین علامت سرعت بودن یا نبودن آن.

پایگاه داده وجود یا عدم وجود صفر در تصویر قابل بررسی می شود. این عمل باعث می شود برای تشخیص تابلوهای غیر سرعت زمان کمتری استفاده شود و در مجموع سرعت محاسبات بالا رود.

۲-۳-۲- تشخیص نوع علامت

برای تعیین نوع علامت سرعت، از اعداد غیر صفر در تصویر استفاده می کنیم. تابلوهای مورد بررسی در این مقاله 20، 40، 60، 80 و 110 می باشند. تصویر به دست آمده از مرحله قبل با تصاویر پایگاه داده مقایسه می شود. تصاویر پایگاه داده شامل اعداد داخلی علامت سرعت بجز صفر می باشند. شکل (۱۰) نمونه ای از عمل ضریب همبستگی نرمالیزه را بین تصویر استخراج شده و تصاویر پایگاه داده نشان می دهد.

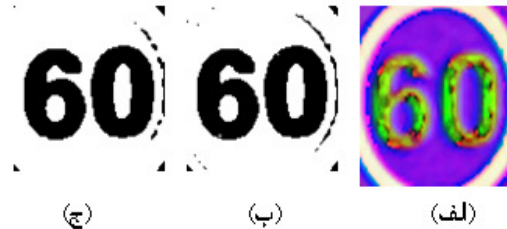
۳- نتایج شبیه سازی

در این مقاله روش کارآمد و موثری برای تشخیص مکان و نوع علامت در تصویر گرفته شده از جاده، ارائه گردیده است. روش پیشنهادی به کمک نرم افزار Matlab پیاده سازی و بر روی رایانه Pentium-4 2GH پیاده سازی شد. نتایج حاصل از پیاده سازی این روش با روش ارائه شده در [۱۳] با یکدیگر مقایسه شدند. شکل (۱۱) نتیجه اعمال این دو روش بر روی یک تصویر با اشیاء قرمز رنگ زیاد را نشان می دهد. جدول (۱) درصد خطای اعمال این دو روش را بر روی 125 تصویر انتخابی، با فاصله ها و نویزهای مختلف نشان می دهد (25 تصویر در فاصله 5 متر، 25 تصویر در فاصله 10 متر و ...). نتایج نشان دهنده بهبود دقت روش پیشنهادی در تعیین مکان علامت در تصویر، نسبت به روش [۱۳] می باشد. زمان تشخیص نیز توسط این روش بهبود پیدا کرده است. زیرا تعداد مکان های به دست آمده کمتر از روش مشابه [۱۳] می باشد. بنابراین محاسبه کمتری در قسمت طبقه بندی خواهیم داشت.

11	8	6	4	2	اعداد پایگاه داده
6	6	6	6	6	عدد داخل علامت سرعت
0.41	0.52	0.72	0.42	0.35	Cross correlation

شکل (۱۰): نمونه ای از عمل ضریب همبستگی (cross correlation) نرمالیزه بین عدد تابلوی سرعت و اعداد پایگاه داده

Fig. (10): Samples of affecting normalized cross correlation coefficient between velocity table numbers and data base numbers



شکل (۹): (الف) تصویر استخراج شده در فضای رنگ HSI (ب) اعمال فیلتر RGB (ج) کاهش نویز

Fig. (9): (a) The extracted image in HSI colour space (b) Applying RGB filter (c) Noise reduction

۲-۳-۱- تشخیص نوع علامت سرعت

در هر دو مرحله فوق از تابعی به نام ضریب همبستگی نرمالیزه شده استفاده شده است. ضریب همبستگی تابعی است که میزان مشابهت بین دو تصویر را محاسبه می کند. اگر ماتریس f دارای سایز (M_x, M_y) و ماتریس t دارای سایز (N_x, N_y) باشد ماتریس مشابهت و محدوده آن از رابطه (۱۱) محاسبه می شود.

$$r(u, v) = \frac{\sum_{x,y} [f(x, y) - \bar{f}_{u,v}][t(x-u, y-v) - \bar{t}]}{[\sum_{x,y} [f(x, y) - \bar{f}_{u,v}]^2 \sum_{x,y} [t(x-u, y-v) - \bar{t}]^2]} \quad (11)$$

$$0 \leq u \leq M_x + M_y - 1$$

$$0 \leq v \leq N_x + N_y - 1$$

که در رابطه بالا، f ماتریس تصویر و \bar{t} متوسط ماتریس t (الگو) و $\bar{f}_{u,v}$ میانگین ماتریس $f(x, y)$ در ناحیه زیر الگو می باشد. با استفاده از این روش، در صورت تشابه کامل، عدد یک و در صورت نداشتن تشابه، عدد صفر به دست می آید. در مرحله اول باید تشخیص داده شود که تصویر به دست آمده تصویر تابلوی سرعت می باشد یا خیر. در صورت تشخیص تابلوی سرعت، در مرحله بعد نوع آن مشخص می گردد.

۲-۳-۱- وجود صفر در تصویر

در بیشتر مقالات در مورد تشخیص علائم سرعت از علائم غیر سرعت حرفی به میان نیامده است [۲-۱]. در این مقاله برای انجام این عمل از وجود صفر در علائم سرعت بهره گرفته شده است. تمام علائم سرعت دارای عدد صفر می باشند. این در حالی است که هیچکدام از علائم دایره ای غیر سرعت دارای این عدد نمی باشند. با استفاده از تابع ضریب همبستگی نرمالیزه بین تصویر به دست آمده و تصاویر عدد صفر در



(الف)



(ب)



(ج)

شکل (۱۱): (الف) تصویر با اشیاء قرمز زیاد (ب) مکان علامت توسط روش [۱۳] (ج) مکان علامت توسط روش پیشنهادی

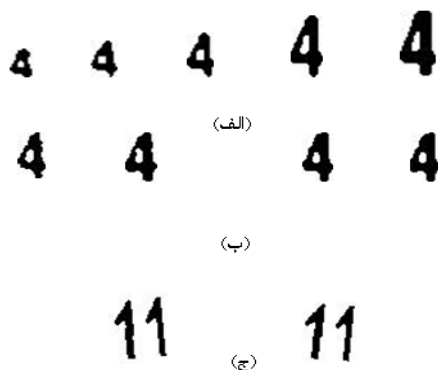
Fig. (11): (a) The image with very objects (b) The sign location by Ref [13] method (c) The sign location by proposed method

Table (1): The rate of sign location error, for different noises and different distances for the proposed method and Ref [13] method

جدول (۱): نرخ خطای تشخیص مکان علامت، انواع نویز و فاصله‌های مختلف برای روش پیشنهادی و روش [۱۳]

سطح نویز (درصد)				فاصله تا علامت (متر)					روش
%30	%20	%10	%5	30	20	15	10	5	
%17	%9	%4	%0	%13	%7	%4	%0	%0	روش پیشنهادی
%25	%11	%7	%1	%18	%9	%3	%1	%0	روش [۱۳]

جمله کارهایی است که به این منظور انجام گرفته است. پایگاه داده شامل 375 تصویر می‌باشد. نتایج به دست آمده حاکی از امکان شناسایی علائم سرعت در فاصله‌ها و شرایط نویزی مختلف با دقت نسبتاً بالایی است. شکل (۱۳) چندین نمونه مثال از اعمال این روش بر روی تصاویر مختلف را نشان می‌دهد.



شکل (۱۲): (الف) تصاویر با سایزهای مختلف برای فاصله‌های به ترتیب از راست به چپ 5، 10، 15، 20 و 30 متری (ب) تصاویر با درصد نویزهای مختلف به ترتیب از راست به چپ 5، 10، 20 و 30 درصد برای فاصله 10 متر (ج) چرخش تصویر به اندازه 5 درجه در جهت ساعتگرد و خلاف جهت آن

Fig. (12): (a) The images of different sizes for different distances (from right to left) 5, 10, 20 and 30 meters (b) The images with different noise percents (from right to left) 5, 10, 20 and 30 percent at 10 meters distance (c) The rotation of image for 5 degrees in clockwise and anti-clockwise direction

Table (2): Time spent for proposed algorithm

جدول (۲): زمان سپری شده برای الگوریتم پیشنهادی

زمان سپری شده (ثانیه)	روش پیشنهادی
2	تشخیص مکان علامت
2.4	تشخیص نوع علامت

برای به دست آوردن نتیجه بهتر از شرایط مختلف جاده برای تشخیص نوع علامت، چندین پایگاه داده برای بررسی ساخته شده است. برای شبیه سازی نویز، تصاویر شامل نویز گوسین (5، 10، 20، 30 درصد) به پایگاه داده اضافه شده است. تصاویر در فاصله‌های مختلف دارای سایزهای متفاوت می‌باشند. (در فاصله 10 متر سایز تصویر علامت 30×38 در فاصله 20 متر 15×17 در فاصله 30 متر 10×13) تصاویر با فاصله‌های 5، 10، 15، 20 و 30 متر نیز به پایگاه داده اضافه شده است. امکان چرخش علائم ترافیکی در جاده‌ها زیاد است. به این دلیل تصاویر تا چرخش 5 درجه در جهت ساعتگرد و پاد ساعتگرد نیز در پایگاه داده در نظر گرفته شده است. شکل (۱۲) تعدادی از تصاویر پایگاه داده را نشان می‌دهد. تعداد 335 تصویر جاده‌ای از علائم سرعت و غیر سرعت در فاصله‌های گوناگون توسط این روش مورد بررسی قرار گرفته شد. تعداد 60 تصویر از این تصاویر، علائم غیر سرعت بودند. حدود 89% از تصاویر غیر سرعت توسط این روش به درستی تشخیص داده شد. نرخ تشخیص درست مکان علامت در تصویر، بالای 93% و نرخ تشخیص درست نوع علامت بالای 86% توسط پیاده سازی با این روش به دست آمد. زمان متوسط مورد نیاز برای مراحل مختلف الگوریتم در جدول (۲) نشان داده شده است.

۴- جمع بندی و نتیجه گیری

الگوریتم استفاده شده در این روش دارای دو مرحله اصلی می‌باشد، آشکارساز و طبقه بندی. در قسمت آشکارساز، روشی سریع برای تشخیص مکان علامت در تصویر با استفاده از یکسری عملیات هندسی ارائه گردیده است. همان گونه که از نتایج مشخص است این روش، روشی دقیق و سریع است و در شرایط مختلف جاده دارای قدرت تشخیص بالایی است. در قسمت طبقه‌بندی با استفاده از اطلاعات پایگاه داده که شامل تصاویر اعداد داخلی علامت سرعت می‌باشد نوع علامت تشخیص داده می‌شود. برای داشتن نتایج بهتر و قوی‌تر در تشخیص نوع علامت، تا حد ممکن شرایط موجود در تصاویر واقعی را در تصاویر دیتا بیس در نظر گرفتیم. فاصله‌های مختلف، نویز، تصاویر چرخیده، از



شکل (۱۳): (الف) فاصله 5 متر (ب) فاصله 30 متر (ج) فاصله بسیار دور (د) فاصله 30 متر و نویز 30 درصد
 Fig. (13): (a) The 5 meters (b) 30 meters (c) Long distance (d) 30 meters and 30 percent noise

مراجع

- [1] R. Malik, J. Khurshid, S.N. Ahmad, "Road sign detection and recognition using colour segmentation, shape analysis and template matching", IEEE/ICMLC, Vol.6, pp.3556-3560, Hong Kong, Aug. 2007.
- [2] J. Miura, T. Kanda, Y. Shirai, "An active vision system for on-line traffic sign recognition", IEICE Trans., pp.1784-1792, 2002.
- [3] S.M. Prieto, R. Alastair Allen, "Using self-organising maps in the detection and recognition of road Signs", Sch. of Engi. Ima. and Visi. Comp., Vol.27, pp.673-683, 2009.
- [4] M. Lalonde, Y. Ling, "Road sign recognition, survey of the state of the art", CRIM/IIT, 1995.
- [5] J. Torresen, J.W. Bakke, L. Sekania, "Efficient recognition of speed limit signs", IEEE/ITS, Washington DC, Oct. 2004.
- [6] P. Suau, "Robust artificial landmark recognition using polar histograms", In Lec. Not. in Comp. Sci., Vol.3803, pp.455-461, 2005.
- [7] Y. Ishizuka, E.A. Puente, "Segmentation of road sign symbols using opponent-color filters", ITSWC, Nagoya, pp.12-15, Oct. 2004.
- [8] M.A. Garcia-Garrido, M.A. Sotelo, E. Martm-Gorostiza, "Fast traffic sign detection and recognition under changing lighting conditions", IEEE/ITSC, pp.811-816, Sep. 2006.
- [9] H. Liu, D. Liu, J. Xin, "Real-time recognition of road traffic sign in motion image based on genetic algorithm", IEEE/ICMLC, Vol.1, pp.83-86, 2002.
- [10] H. Zhang, D. Luo, "A new method for traffic signs classification using probabilistic neural networks", In: Wang, J. Yi, Z. Zurada, J.M. Lu, B.L. Yin, H. (eds.), ISNN 2006. LNCS, Vol.3973, pp.33-39, 2006.

- [11] Y.Y. Nguwi, A.Z. Kouzani, "Automatic road sign recognition using neural networks", IEEE/IJCNN, pp.3955-3962, 2006.
- [12] C.Y. Fang, S.W. Chen, C.S. Fuh, "Road sign detection and tracking", IEEE Trans. on Vehi. Tech., Vol.52, pp.1329-1341, 2003.
- [13] D.L. Escalera, L. Moreno, "Road traffic sign detection and classification", IEEE Trans. on Indu. Elec., Vol.44, No.6, pp.146-161, 1997.
- [14] H. Sandoval, T. Hattori, S. Kitagawa, Y. Chigusa, "Angle dependent edge detection for traffic sign recognition", IEEE/IVS, pp.308-313, 2000.
- [15] K. Rangarajan, M. Shah, D. Van Brackle, "Optimal corner detector", Comp. Visi., Grap. and Ima. Proc., Vol.48, No.2, pp.230-245, Nov. 1989.