

طراحی و ساخت یک سیستم تجاری برای آشکارسازی و شمارش خودرو با استفاده از فناوری پردازش تصاویر ویدیویی

محمدحسین سیگاری[†]، حمیدرضا پوررضا[‡]

[†] دانشجوی کارشناسی ارشد هوش مصنوعی، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت ایران

[‡] استادیار گروه کامپیوتر، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

در این مقاله به مسئله طراحی و ساخت یک سیستم تجاری برای آشکارسازی و شمارش خودرو با استفاده از فناوری پردازش تصاویر ویدیویی پرداخته می‌شود. این سیستم با استفاده از روش های مبتنی بر پردازش تصویر، به آشکارسازی و شمارش خودرو پرداخته و اطلاعات ترافیکی را از تصاویر پردازش شده استخراج می‌نماید. سیستم پیشنهادی شامل دو بخش نرم‌افزار و سخت‌افزار می‌باشد و در قالب معماری اریاب-برده طراحی شده است. این سیستم می‌تواند برای کنترل، نظارت و تهیه اطلاعات آماری تردد خودروها در داخل و خارج شهر مورد استفاده قرار گیرد. با انجام آزمایشات در محیط واقعی، نتایج بسیار مطلوبی حاصل شد که نشان از دقت بالای سیستم در شرایط نوری مختلف دارد. در طول ۸۳ دقیقه آزمایش در شرایط نوری مختلف، دقت کلی سیستم حدود ۹۹٫۲٪ و سرعت پردازش سیستم حدود ۱۵ فریم در ثانیه بدست آمده است.

کلید واژه: پردازش تصاویر ویدیویی، آشکارسازی خودرو، شمارش خودرو.

این سیستم در شرکت بیناپرداز شرق با نام پروژه TVD به انجام رسیده است. آدرس سایت: <http://www.binapardaz.com>
پست الکترونیکی: info@binapardaz.com

[†] همراه: ۰۹۳۵۲۱۵۹۳۲۴، پست الکترونیکی: mo_sigari@comp.iust.ac.ir

[‡] پست الکترونیکی: hpourreza@um.ac.ir



امروزه با گسترش استفاده از خودرو در زندگی روزمره و افزایش حجم عبور و مرور خودروها، نظارت و کنترل هوشمند ترافیک شهرها و جاده‌ها امری ضروری است. در این بین سیستم‌های آشکارساز خودکار نقش مهمی در سیستم حمل و نقل هوشمند (ITS) دارند. این سیستم‌ها علاوه بر تشخیص تخلفات رانندگی و تصادفات، داده‌های آماری ترافیک را نیز به مرکز کنترل ترافیک ارسال می‌کند. این داده‌های آماری، مهندسين ترافیک را در طراحی و اجرای پروژه‌های حمل و نقل کمک خواهد کرد.

روش‌های مختلفی در سیستم‌های آشکارساز خودکار استفاده می‌شوند. از جمله این روش‌ها استفاده از رادار^۱، حلقه‌های القایی^۲، حلقه‌های مغناطیسی^۳ و آشکارسازهای ویدیویی^۴ است [1]. در بین این روش‌ها حلقه‌های القایی بیشترین استفاده را داشتند. عیب این روش این است که حلقه‌ها باید در زیر سطح جاده قرار بگیرند و برای این کار باید جاده مسدود و سطح آن تخریب شود. بنابراین نصب این آشکارساز خود باعث ایجاد مشکل ترافیکی است. ضمن اینکه هر حلقه فقط یک لاین را پوشش می‌دهد و می‌تواند تعداد محدودی از پارامترهای ترافیکی استخراج کند.

هم‌اکنون استفاده از آشکارسازهای ویدیویی رو به افزایش است. از عوامل گسترش آشکارسازهای ویدیویی می‌توان به آسان بودن نصب سیستم، قابلیت نظارت^۵ توسط کاربر، انعطاف‌پذیری، قابلیت اطمینان طولانی و مقرون به صرفه بودن هزینه آنها اشاره کرد.

یک سیستم آشکارساز ویدیویی شامل دوربین و پردازنده تصاویر ویدیویی^۶ است. سیستم تصاویر ویدیویی را از طریق دوربین دریافت کرده و الگوریتم‌های تشخیص خودرو^۷، خودروها را از پس زمینه جدا می‌کند. این تصاویر توسط پردازنده تصاویر ویدیویی پردازش می‌شوند و خروجی آن به شکل مجموعه از اطلاعات ترافیکی به کنترل کننده ترافیکی یا مرکز کنترل ترافیک ارسال می‌شود [1].

آشکارسازی خودرو بسیار وابسته به شرایط نوری محیط است. شرایطی از قبیل هوای برفی یا بارانی، مه، شب، تغییر نور هنگام طلوع و غروب خورشید، سایه ماشین‌ها و ساختمان‌ها، تکان خوردن دوربین بر اثر باد و یا حرکت وسایل نقلیه، بر صحت اجرا پردازش تاثیر منفی خواهد گذاشت. البته توجه به انتخاب مناسب دوربین، موقعیت دوربین نسبت به جاده، انتخاب الگوریتم آشکارسازی می‌توان تا حد زیادی اثرات منفی نور محیط را جبران کند.

¹ Radar

² Inductive Loop

³ Magnetic Loop

⁴ Video Detector

⁵ Surveillance

⁶ VIP (Video Image Processor)

⁷ Vehicle Detection

بسته به فناوری استفاده شده در آشکارساز، اطلاعات متفاوتی از تصویر استخراج می شود. اما تقریباً در تمامی این آشکارسازها اطلاعاتی نظیر حضور خودرو^۱، نوع خودرو از نظر اندازه^۲، سرعت میانگین خودروها در هر لاین^۳، حجم ترافیک^۴ و زمان پیشروی^۵ تعیین می شوند. برخی از آشکارسازها علاوه بر اطلاعات فوق توانایی تشخیص وقوع تصادف^۶ را نیز دارند. این آشکارسازها اگر احتمال وقوع تصادف را در نقطه ای از محدوده کاری خود بدهند، با ارسال پیام هشدار، کاربر را از وقوع یک تصادف احتمالی با خبر می کند.

در حال حاضر دو روش اصلی در آشکارسازهای ویدیویی عبارتند از: Trip-Line و ردیابی.

۱.۱- روش Trip-Line

در آشکارسازهای Trip-Line میدان دید دوربین به تعداد محدودی ناحیه تشخیص خودرو تقسیم می شود. در هر ناحیه با تغییر شدت روشنایی پیکسل‌های تصویر می توان خودرو را تشخیص داد. در واقع این روش شبیه‌سازی حلقه‌های القایی با کمک تکنیک‌های پردازش تصویر است. به این شیوه آشکارسازی روش ناحیه محلی^۷ نیز می گویند. علت اصلی استفاده از این روش کاهش حجم پردازش می باشد. در این روش می توان به اطلاعات ترافیکی شامل حضور خودرو، سرعت خودرو، حجم ترافیک، چگالی ترافیک، طول صف، پیش روی و تغییر جهت خودرو دست یافت [2,3,4].

۱.۲- روش ردیابی

آشکارسازهای ردیابی هر وسیله نقلیه که در صفحه دوربین حرکت می کند آشکارسازی و تعقیب می کنند. این روش می تواند توصیف بهتری از اطلاعات ترافیکی فراهم کند. به عنوان مثال تخمین سرعت متوسط خودروها با استفاده از روش ردیابی دارای دقت بیشتری نسبت به روش Trip-Line است. در این روش تقریباً تمام تصویر مورد تحلیل قرار می گیرد و نسبت به روش Trip-Line محاسبات و زمان پردازش بیشتری نیاز دارد. روش ردیابی می تواند تمام اطلاعات ترافیکی بدست آمده از روش Trip-Line را با دقت بهتری تهیه کند [2,4].

۲- الگوریتم آشکارسازی و شمارش خودرو

در [۶] مسئله آشکارسازی خودرو در شرایط نوری مختلف مورد بررسی قرار گرفته و راه حلی بر اساس لبه یابی سریع و تفاضل بین فریمی^۸ ارائه شده است. این راه حل به عنوان راه حل ابتدایی سیستم مورد استفاده قرار گرفت. اما به دلیل این که روش پیشنهادی در [۶] قادر به آشکارسازی

¹ Vehicle Presence

² Vehicle Classification

³ Average Speed

⁴ Traffic Volume

⁵ Time Headway

⁶ Incident Detection

⁷ Local Region Method

⁸ Inter-frame Subtraction



خودروهای متوقف نیست، در سیستم از این روش استفاده نشد. برای حل این مشکل از روش تفاضل پس زمینه^۱ استفاده شده است.

در سیستم پیشنهادی، آشکارسازی خودرو در روز و شب به روش Trip-Line انجام می شود. در الگوریتم آشکارسازی، پارامترهای کنترلی وجود دارد که بر اساس شرایط مختلف نور محیط تغییر می کند. البته آشکارسازی در روز به دلیل نور مناسب بر اساس بدنه خودرو و در شب به دلیل نور نامناسب بر اساس چراغ خودرو است. الگوریتم کلی بر پایه آشکارسازی پس زمینه و تفاضل پس زمینه است. این الگوریتم به دلیل سادگی و پیچیدگی محاسباتی کم انتخاب شده تا بتوان آن را بر روی یک کامپیوتر PC-104+ اجرا نمود.

برای اینکه الگوریتم در شرایط مختلف نوری عمل کند و در ضمن برخی از معایب آن مرتفع گردد، تعدادی پارامتر کنترلی تعریف شده است. این پارامترها در سه بخش دسته بندی شده اند:

(۱) پارامترهای پس زمینه

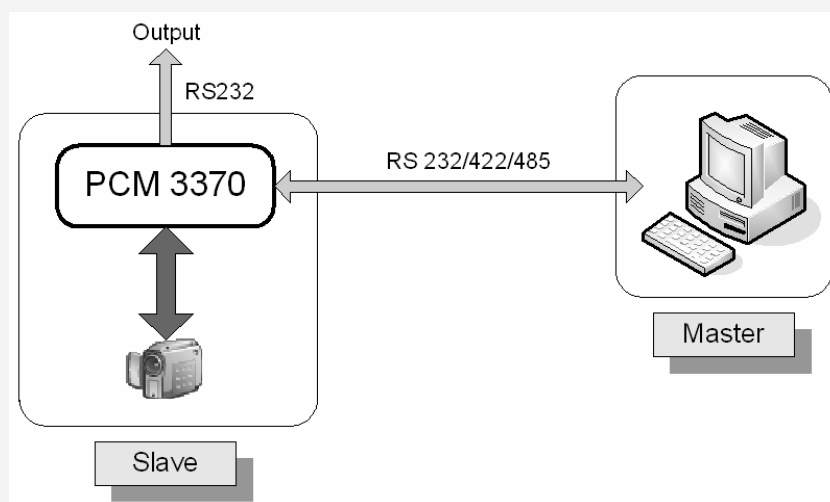
(۲) پارامترهای آشکارسازی

(۳) پارامترهای کنترل نور

پارامترهای تعریف شده در سیستم برای کنترل کیفیت تصویربرداری و آشکارسازی خودرو لحاظ شده اند. این پارامترها در فرایند پردازش تصاویر ویدیویی بسیار موثر است و در شرایط نوری و ترافیکی مختلف تغییر می کند.

۳- سخت افزار

سخت افزار سیستم پیشنهادی شامل کامپیوتر PC-104+ و برد های نصب شده بر روی آن، دوربین، لنز و بدنه است. بلوک دیاگرام سخت افزاری سیستم در شکل ۱ مشاهده می شود.



شکل ۱: بلوک دیاگرام سخت افزار سیستم پیشنهادی

¹ Background Subtraction

سخت‌افزار شامل دو کامپیوتر و در قالب یک معماری ارباب-برده^۱ است. محدودیت‌های سخت‌افزاری بیشتر در مورد کامپیوتر برده است. زیرا کامپیوتر ارباب می‌تواند یک معمولی باشد. اما کامپیوتر برده به همراه دوربین باید دارای ابعاد کوچک و در ضمن هزینه پایین باشد. زیرا با استفاده از یک کامپیوتر ارباب چند کامپیوتر برده را می‌توان مدیریت نمود. هدف اصلی نیز طراحی بخش برده است. کامپیوتر برده از نوع کامپیوترهای PC-104+ (شکل ۳) استفاده شده است. این کامپیوترها تقریباً با تمام امکانات یک کامپیوتر شخصی معمولی در ابعاد 95×115 mm مجتمع سازی شده اند. ارتباط بین کامپیوتر ارباب و برده از طریق ارتباط سریال^۲ با درگاه RS232، RS422 یا RS485 انجام می‌شود.



شکل ۳: نمای کامپیوتر PC-104+ با ابعاد 95×115 mm

دوربین انتخاب شده برای این سیستم DMK 21AF06 می‌باشد. از مهمترین ویژگی‌های این دوربین قابلیت کنترل نرخ تصویر برداری، کنترل زمان باز بودن دریچه دیافراگم و کنترل مقدار بهره سیگنال است [5].



شکل ۴: دوربین DMK 21AF04

¹ Master-Slave Architecture
² Serial Communication



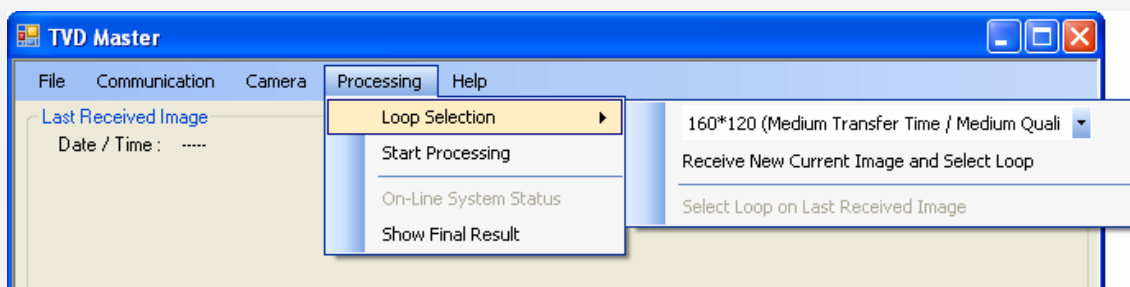
شکل ۲: شکل ظاهری سیستم برده در بسته‌بندی تجاری برای نصب در خیابان

۴- نرم افزار

معماری نرم‌افزار نیز همانند سخت‌افزار یک معماری ارباب-برده است. کامپیوتر ارباب با استفاده از ارتباط سریال با کامپیوتر برده در ارتباط است. کامپیوتر ارباب با ارسال دستورات، کنترل برده را در اختیار دارد. کامپیوتر برده نیز با انجام یکسری عملیات پردازش تصویر، آشکارسازی و شمارش خودرو را انجام می‌دهد. خروجی کامپیوتر برده از طریق درگاه سریال به بیرون منتقل می‌شود.

نرم‌افزار با استفاده از زبان برنامه نویسی C# در محیط Microsoft Visual Studio .Net 2005 پیاده‌سازی شده و قابلیت اجرا در سیستم عامل Microsoft Windows XP دارد. طراحی نرم‌افزار در محیط Windows XP باعث افزایش سهولت استفاده کاربر از سیستم خواهد شد.

نرم افزار سیستم طوری طراحی شده که کاربر از طریق فهرست تعبیه شده در صفحه اصلی سیستم به سادگی می‌تواند با سیستم را کنترل کند. شکل ۵ نمایی از فهرست اصلی در نرم افزار سیستم را نشان می‌دهد.



شکل ۵: نمایی از فهرست اصلی نرم‌افزار طراحی شده برای سیستم

در این نرم‌افزار کاربر می‌تواند نواحی آشکارسازی خودرو را بر روی تصویر تعیین کند. به طور مثال، شکل ۶ نمایی از پنجره انتخاب نواحی آشکارسازی در نرم افزار سیستم را نشان می‌دهد. در این پنجره کاربر با کمک موس به راحتی می‌تواند هر تعداد دلخواه ناحیه آشکارسازی تعیین کند و در عین حال در انتخاب اندازه هر ناحیه آزاد است.



۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله طراحی و ساخت یک سیستم تجاری برای آشکارسازی و شمارش خودرو ارائه شده است که با استفاده از فناوری پردازش تصاویر ویدیویی عمل می‌کند. این سیستم بر اساس روش Trip-Line و با الگوریتم تفاضل پس‌زمینه خودروها را آشکارسازی و شمارش می‌کند. طراحی سیستم به گونه‌ای می‌باشد که دقت آن در شرایط نوری مختلف (روز، شب، طلوع و غروب آفتاب) بسیار خوب ارزیابی می‌شود.

سیستم پیشنهادی در قالب یک سیستم تجاری قابل استفاده در خیابان‌ها، تقاطع‌ها، بزرگراه‌ها و جاده‌های بین شهری است و می‌تواند با آشکارسازی و شمارش تعداد خودرو، اطلاعات آماری ترافیک را استخراج کند. همچنین می‌توان از این سیستم برای تقاطع‌های مجهز به سیستم زمان‌بندی هوشمند استفاده نمود.

۶- مراجع

- [1] U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. "Traffic Detector Handbook", Second Edition. July 1990.
 - [2] Amy Polk. "Field Test of Non-Intrusive Traffic Detection Technologies". National Traffic Data Acquisition Conference Albuquerque, New Mexico. May 5-9, 1996.
 - [3] Christopher Grant, Bret Gillis, Randall Guensler. "Collection of Vehicle Activity Data by Video Detection for Use in Transportation Planning". ITS Journal, Vol. 5, No. 4. 1999.
 - [4] Jamal El Zarif. "Deploying an ITS Warning System for No-Passing Zones on Tow Lane Rural Roads". Ph.D Thesis in Civil and Environmental Engineering, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. July 2001. Blacksburg, Virginia.
 - [5] http://www.1394imaging.com/en/products/cameras/firewire_mono/dmk21af04.
- [۶] محمدحسین سیگاری، حمیدرضا پوررضا. «یک سیستم آشکارسازی خودرو مقاوم در برابر تغییرات نور». همایش منطقه‌ای مهندسی کامپیوتر، برق و فناوری اطلاعات، همدان، ایران. ۱۳۸۶.