New Researches in the Smart City
Vol 2 (Issue 2), 6-18
Nrsc.apadana.ac.ir

Apadana Institute of Higher Education

Intelligent Traffic Analysis of Urban Streets Using Image Processing Algorithms

Ali Motevassel *
Head of Technical and Support Department, Information Technology and Communications Organization, Shiraz Municipality, Iran.

Shiva Alsadat Tabibzadeh
HSE Group Instructor, Fazel Center for Culture and Art, Shiraz, Iran.

Received: 23/December/2023
Accepted: 19/February/2024
ISSN: 2980-8936

Abstract

Nowadays, with the increasing use of various discrete data acquisition methods such as drones and digital cameras, image processing has found wide application. However, video data alone cannot play a significant role in urban management decisions until they are transformed into statistical sequences. In this paper, a system for detecting the number of cars per unit length and time is presented. In this method, video data is converted into statistical sequences of traffic indicators. First, the images corresponding to each frame are modeled into background images based on the Gaussian mixture model, which are resistant to lighting changes. This operation is performed on a large number of frames to create a learned background image. In traditional traffic image processing methods, modeling the background image was not considered, and conversely, in the proposed method, this model is used to detect moving objects. Then, by comparing each input main frame with the learned background image, moving cars are detected. The information on the number of cars per unit length and time, which corresponds to the concepts of traffic volume and density, is used to estimate traffic flow. Based on the simulations performed and the comparison of the obtained results with other results from different studies, the high performance of the proposed method in car detection and accurate counting, considering proper background image training, is demonstrated. Moreover, this method can be used for processing low-quality images.

Keywords: image processing, intelligent transportation systems, gaussian mixture model

* Corresponding Author: Motevassel.ali@gmail.com

فصلنامه پژوهش‌های نوین در شهر هوشمند
دوره ۲، شماره ۲، زمستان ۱۴۰۲، ۶-۱۸
Nrsc.apadana.ac.ir

مؤسسه آموزش عالی آپادانا
غیر دولتی - غیر انتفاعی

تحلیل هوشمند ترافیک معابر با استفاده از الگوریتم پردازش تصویر

علی متوسل *
رئیس اداره فنی و پشتیبانی سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری شیراز، ایران.

شیوا سادات طبیب‌زاده
استاد گروه HSE، دانشگاه علمی کاربردی مرکز فرهنگ و هنر فاضل، شیراز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰
ISSN: 2980-8936

چکیده

امروزه با گسترش روزافزون روش‌های مختلف اخذ اطلاعات گسسته مانند پویشگرها و دوربین‌های دیجیتالی، پردازش تصویر کاربرد فراوانی یافته است. مادامی‌که اطلاعات ویدیویی به دنباله‌های آماری تبدیل نشوند، می‌توانند در تصمیمات مدیریت شهری، نقشی ایفا کنند. در این مقاله، یک سیستم آنالیز تشخیص تعداد خودروها در واحد طول و زمان ارائه شده است. در این روش، اطلاعات ویدیویی به دنباله‌های آماری شاخص‌های ترافیکی تبدیل می‌شوند. ابتدا، تصاویر مربوط به هر فریم، بر اساس مدل مخلوط گوسی به تصاویر پس‌زمینه مدل می‌شوند که در برابر تغییرات نور مقاوم هستند. این عملیات در تعداد زیادی فریم به کار گرفته می‌شود تا اصطلاحاً یک تصویر پس‌زمینه آموزش‌دیده‌شده ایجاد گردد. در روش‌های سنتی پردازش تصاویر ترافیکی، مدل کردن تصویر پس‌زمینه مورد توجه قرار نمی‌گرفت. بالعکس در روش ارائه‌شده، از این مدل جهت تشخیص شیء در حال حرکت استفاده می‌شود. سپس، با مقایسه تک‌تک فریم‌های اصلی ورودی به این سیستم و تصویر پس‌زمینه آموزش‌دیده‌شده، خودروهای در حال حرکت تشخیص داده می‌شوند. از اطلاعات تعداد خودروها در واحد طول و زمان که به ترتیب، به مفهوم حجم و چگالی ترافیکی است، جهت تخمین جریان ترافیکی استفاده می‌شود. با توجه به شبیه‌سازی‌های انجام‌شده و مقایسه نتایج به‌دست‌آمده با نتایج مقالات دیگر، عملکرد بالای روش ارائه‌شده در این مقاله، برای تشخیص خودرو و محاسبه دقیق تعداد آن، با توجه به آموزش صحیح تصاویر پس‌زمینه، اثبات می‌شود. همچنین، این روش را می‌توان برای پردازش تصاویر با کیفیت نامطلوب نیز استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: پردازش تصویر، سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، مدل مخلوط گوسی

* نویسنده مسئول: Motevassel.ali@gmail.com

مقدمه

یک تصویر را می‌توان به‌صورت یک تابع دوبعدی تعریف کرد که x و y، مختصات مکانی آن بوده و f، دامنه در هر مختصات یا شدت سطح خاکستری تصویر است. هنگامی‌که مقدار x، y و f متناهی، مجزا و گسسته باشند، به این تصویر، تصویر دیجیتالی می‌گویند. باید توجه کرد که تصویر دیجیتالی، ترکیبی از تعداد عناصر محدود بوده که هر کدام، مکان و مقدار خاصی دارند. این المان‌ها، نقاط تصویر یا پیکسل نامیده می‌شوند. بینایی از حس‌های پیشرفته انسان است. پس شگفت‌انگیز نیست که تصاویر، نقش مهمی را در ادراک آدمی بر عهده دارند. برخلاف انسان‌ها که چشمشان منحصر به محدوده مرئی طیف الکترومغناطیسی است، ماشین‌های تصویربرداری تقریباً تمامی طیف الکترومغناطیسی را از اشعه گاما تا امواج رادیویی، پوشش داده و می‌توانند روی تصاویری عمل کنند که منبع ایجاد آن‌ها، برای انسان نامأنوس است. گاهی پردازش تصویر[1]، مجموعه عملیاتی تعریف می‌شود که ورودی و خروجی آن تصویر است و یا ورودی، تصویر و خروجی، شاخص‌های مطرح شده‌ای است که از ویژگی‌های تصویر قابل استنباط است؛ بنابراین، عملیات جزئی مثل محاسبه شدت میانگین از یک تصویر به‌عنوان عملیات پردازش تصویر در نظر گرفته می‌شوند. از طرف دیگر، حوزه‌هایی وجود دارند که مقصد نهایی آن‌ها، استفاده از رایانه برای تقلید حس بینایی انسان است. به‌طور مثال، در بینایی ماشین، یادگیری، استنباط، نتیجه‌گیری و انجام عملیات بر اساس ورودی‌های بصری انجام می‌شوند. این حوزه‌ها، شاخه‌ای از هوش مصنوعی هستند که می‌خواهند از هوش انسان تقلید کنند. بر اساس نظریات مطرح‌شده، پردازش تصویر در شناسایی نواحی یا عناصر منفرد تصویر با یکدیگر همپوشانی منطقی دارند.

مانیتور کردن وضعیت ترافیکی، یکی از ابزارهای مهم در توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند[2] (ITS) است. کاربرد روش‌های پردازش تصویر و بینایی ماشین در آنالیز دنباله‌های ویدیویی ترافیکی و تبدیل آن‌ها به دنباله‌های آماری جهت جمع‌آوری اطلاعات ترافیکی، بسیار دقیق‌تر و کم‌هزینه‌تر از روش‌های دیگر جمع‌آوری اطلاعات ترافیکی است. روش‌هایی مانند آشکارسازهای ماکروویو، نوری و استفاده از سنسورها و حلقه‌های القائی، معمولاً دارای هزینه‌های نصب، نگهداری بالا و همچنین مسدود کردن مسیر حرکت خودروها جهت نصب خواهند بود. این وضعیت در حالی است که معمولاً این نوع روش‌ها در تشخیص خودروهای در حال حرکت با سرعت پایین و یا متوقف، دچار اشکال می‌شوند.

هنگامی‌که تصاویر از دوربین‌های نظارت تصویری گرفته می‌شود، همواره کم و بیش با مقداری نویز همراه بوده و در مواردی نیز دارای مشکل محوشدگی مرزهای نمونه‌های داخل تصویر هستند که موجب کاهش وضوح تصویر دریافتی می‌گردد. مجموعه عملیات و روش‌هایی که به‌منظور کاهش عیوب و افزایش کیفیت ظاهری تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرد، جزء عملیات پردازش تصویر محسوب می‌شود. اگرچه حوزه‌های کار با تصویر بسیار وسیع است ولی عموماً محدوده مورد توجه در چهار زمینه بهبود کیفیت ظاهری[3]، بازسازی تصاویر مختل‌شده[4]، فشردگی و رمزگذاری تصویر[5] و درک تصویر توسط ماشین[6] متمرکز می‌گردد. بهبود تصاویر شامل روش‌هایی مثل استفاده از فیلتر محوکننده و افزایش تضاد برای بهبود کیفیت دیداری تصاویر و اطمینان از نمایش درست آن‌ها در محیط مقصد است. بینایی ماشین به روش‌هایی می‌پردازد که به کمک آن‌ها می‌توان معنا و محتوای تصاویر را درک کرد تا از آن‌ها در کارهایی چون رباتیک استفاده شود. پردازش تصویر، پیشرفت‌های چشمگیری در هر دو جنبه نظری و عملی داشته

1. image processing
2. intelligent transportation systems
3. enhancement
4. restoration
5. compression and coding
6. understanding

است و بسیاری از علوم به آن وابسته‌اند. کاربردهای متنوعی را می‌توان برای الگوریتم‌های پردازش تصویر مثال زد، ازجمله در اتوماسیون صنعتی، آنالیز تصاویر پزشکی، فشرده‌سازی ویدیو و تصویر، حمل‌ونقل، هواشناسی، شهرسازی، صنعت، کشاورزی، علوم نظامی و امنیتی، نجوم، پزشکی، باستان‌شناسی، سینما، زمین‌شناسی، صنایع غذایی و حتی روانشناسی. به‌طور مثال، در شهرسازی، با مقایسه عکس‌های مختلف از سال‌های مختلف یک شهر می‌توان میزان گسترش و پیشرفت آن را مشاهده و بررسی کرد. قبل از ساختن یک شهر می‌توان آن را توسط کامپیوتر شبیه‌سازی کرد که به‌صورت دوبعدی از بالا و حتی به‌صورت سه‌بعدی از دیدهای مختلف، یک شهرک چطور ممکن است به نظر برسد. تصاویر ماهواره‌ای که از شهرها گرفته می‌شود، می‌تواند توسط فیلترهای مختلف پردازش تصویر فیلتر شده و اطلاعات مختلفی از آن استخراج گردد. به‌طور مثال، اینکه شهر در چه قسمت‌هایی دارای ساختمان‌ها، آب‌ها یا راه‌های بیشتری است و همین‌طور می‌توان جاده‌هایی را که داخل یا خارج از شهر کشیده شده‌اند، تحلیل کرد و یا با گرفتن عکس‌های هوایی از زمین، ترافیک هر قسمت از شهر مشخص شود. در اینجا مایلیم بیشتر توضیحاتی را در مورد کاربرد پردازش تصویر در حوزه حمل‌ونقل و ترافیک، مطرح و روش جدیدی را برای تشخیص شاخص‌های ترافیکی ارائه کنیم و کنکاش در مورد سایر حوزه‌های پردازش تصویر را به آینده موکول نماییم.

افزایش تقاضا برای سفر در بزرگراه‌ها به یک رشد انفجاری در سال‌های گذشته رسیده است. این روند صرفاً با افزایش ساخت جاده‌های بیشتر برای پاسخگویی به این تقاضای روزافزون امکان‌پذیر نیست؛ اگرچه ساخت جاده امری اجتناب‌ناپذیر برای تقویت زیرساخت‌های کنونی در بلندمدت خواهد بود اما برای رسیدگی به نیازهای فوری، استفاده مؤثرتر از زیرساخت‌های موجود لازم است. به‌عنوان یک نتیجه، سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، یک فناوری میان‌رشته‌ای بوده که در طراحی، تجزیه‌وتحلیل و نظارت بر شبکه ترافیک کمک می‌کند و مورد توجه بسیار زیادی قرار گرفته است. این فناوری، دربردارنده جزئیاتی برای نظارت بر ترافیک اتوماتیک و برنامه‌های کاربردی تشخیص حادثه است. اکثراً این فناوری با استفاده از تکنولوژی دوربین که به‌راحتی در دسترس است، طراحی شده که قابل اعتماد و مفید است. اعتبار به اثبات‌رسیده در سال‌های اخیر، سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند را یک بخش جدایی‌ناپذیر از هر سیستم حمل‌ونقل مدرن ساخته است. استفاده از پردازش تصویر برای نظارت ترافیک در اواسط سال ۱۹۷۰ میلادی آغاز شد. سخت‌افزار و الگوریتم‌های مورد استفاده برای برآورد پارامترهای ترافیک باعث بهبود بزرگی در طول سال‌های گذشته شده است (Stewart et al., 1994). در مدل‌سازی شبکه‌های ترافیک، پارامترهایی نظیر تعداد خودرو، سرعت، فاصله متوالی بین وسایل نقلیه و درصد کامیون‌های عبوری، نقش کلیدی دارند. تشخیص خودرو برای برنامه‌های کاربردی نظارت در بزرگراه‌ها و برنامه‌ریزی ترافیک شهری بسیار مهم است. تشخیص وسایل نقلیه در محیط‌های مختلفی که نور و وضعیت ترافیک در حال تغییر است، اجرا می‌شود.

ازجمله روش‌های پیشرو برای محاسبه و تشخیص تمامی شاخص‌های ترافیکی اعم از حجم ترافیک، چگالی ترافیکی، سرعت لحظه‌ای خودروها، سرعت متوسط خودروها، دسته‌بندی خودروها بر اساس نوع رنگ، اندازه، طول و غیره و آنالیز هندسه جاده، استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویر است. این آنالیز در جمع‌آوری اطلاعات ترافیکی و به‌کارگیری آن‌ها نسبت به روش‌های دیگر، بسیار عملیاتی‌تر، کم‌هزینه‌تر و دقیق‌تر است. از این روش در حالت کلی به دو صورت استفاده می‌شود؛ یا بر اساس متحرک بودن دوربین است و یا بر اساس ثابت بودن آن. وقتی از دوربین متحرک استفاده می‌شود (مانند آنچه شرکت گوگل در پیاده‌سازی خودروهای بی‌سرنشین انجام داده است)، دوربین همراه با شیء موردنظر در حال حرکت خواهد بود. در این صورت باید آنالیز دقیقی از اطلاعات ویدیویی محیط پیرامونی (تغییرات دینامیکی محیط پیرامونی) که از طریق دوربین‌های نصب‌شده بر روی خودرو تهیه می‌گردد، انجام شود؛ بنابراین، هندسه جاده اعم از طول، عرض، خطوط و موانع جاده، آشکارسازی هر شیء متحرکی اعم از انسان در

حال حرکت در پیاده‌رو، خودروهای در حال حرکت و متوقف‌شده، اهمیت بسیار پیدا خواهند کرد. تشخیص تمامی این موارد توسط الگوریتم‌های پیچیده پردازش تصویر خواهد بود. به دلیل آنکه دنبال کردن شیء متحرک[1] و مدل کردن آن‌ها و اعمال تغییرات دینامیکی محیط به همراه تغییرات دینامیکی دوربین، همگی باید در محاسبات پردازش تصویر لحاظ شود، آنالیز پردازش تصویر در این حوزه بسیار پیچیده خواهد بود. بعد از این آنالیز، داده‌های آماری به میکروکنترلرها ارجاع داده می‌شوند تا دستورات واکنش لازم توسط این ریزپردازنده‌ها به قطعات مکانیکی خودرو داده شود.

در حالتی که دوربین ثابت است (مانند دوربین‌های مداربسته بانک‌ها و مراکز مهم و یا دوربین‌های نظارت تصویری که در سطح شهر جهت کنترل مسیر عبور و مرور خودروها وجود دارد)، آنالیز پردازش تصویر به دلیل آنکه بسیاری از ملاحظات فوق‌الذکر در آن وجود ندارد، تا حدودی ساده‌تر خواهد بود. در این حالت، معمولاً دوربین‌ها در ارتفاع مشخصی از سطح زمین و با زاویه دید خاصی قرار می‌گیرند. به دلیل ثابت بودن دوربین، آشکارسازی شیء در حال حرکت و یا متوقف‌شده ساده‌تر خواهد بود. بستگی به اینکه چه نوع اطلاعاتی می‌خواهد در نظر گرفته شود، می‌توان از الگوریتم‌های پردازش تصویر در آنالیزهای تشخیص شاخص‌های ترافیکی استفاده کرد. الگوریتم‌های پردازش تصویر در این حوزه، به‌طورکلی به چندین دسته تقسیم‌بندی می‌شوند که در ادامه توضیحاتی را در مورد بعضی از مهم‌ترین دسته‌بندی‌ها ارائه خواهیم کرد.

به‌عنوان مثالی دیگر، با استفاده از دو دوربین و کالیبره کردن آن‌ها و پردازش تفاوت دید موجود در تصاویر به‌دست‌آمده از دو دوربین، امکان تشخیص عمق خودروی عبوری فراهم می‌شود و با توجه به مکان خودرو در لحظه‌های مختلف، سرعت خودرو قابل محاسبه است. از مزایای استفاده از روش سرعت‌سنجی خودروها به کمک پردازش تصویر نسبت به دیگر روش‌ها مانند رادار و یا لیزر، پسیو بودن این روش است. بدین ترتیب، امکان ثبت نشدن تخلف به علت استفاده افراد متخلف از دستگاه‌های مختل‌کننده[2] وجود ندارد. همچنین، دستگاه‌های هشداردهنده وجود سیستم‌های سرعت‌سنج نیز که با آشکارسازی امواج رادار به افراد متخلف هشدار می‌دهند، دیگر کاربری نخواهند داشت. سیستم‌های سرعت‌سنج دو نوع هستند؛ سرعت‌سنج ثابت که بر روی پایه‌هایی در کنار بزرگراه‌ها و جاده‌ها نصب می‌شوند و سرعت‌سنج خودرویی که بر روی خودروی پلیس سوار می‌شود. به علت حرکت خودروی پلیس، استفاده از الگوریتم‌های ثابت‌کننده تصویر به‌منظور حذف حرکت خودروی پلیس، لازم است (از این نمونه بر روی خودروهای کنترل نامحسوس پلیس ایران نصب شده است). پلاک‌خوانی خودرو با آموختن کاراکترهایی که پلاک خودرو از آن تشکیل شده است، می‌تواند به‌عنوان کاربردی دیگر در حوزه حمل‌ونقلی پردازش تصویر مطرح باشد. سیستم‌های پلاک‌خوان خودرو، کاربردهای مختلفی دارد که می‌توان به چند نمونه اشاره کرد، ازجمله پلاک‌خوانی پارکینگ‌های مجتمع‌های بزرگ، پلاک‌خوانی جهت کنترل عبور و مرور در مرزها و پلاک‌خوانی خودروهای متخلف در سیستم‌های ثبت تخلف و اعمال جریمه. با پردازش تصویر می‌توان فهمید که چه تعداد خودرو در واحد زمان و یا طول، در مسیر مشخصی مثل بلوار چمران شیراز حرکت می‌کنند، سرعت این خودروها چه میزان است، چه نوع خودروها و با چه رنگ، اندازه و پلاکی از این مسیر عبور می‌کنند و بسیاری اطلاعات ترافیکی دیگر که می‌تواند در مدیریت شهری از آن استفاده گردد.

در ادامه، بعضی از مهم‌ترین روش‌های پردازش تصویر برای تشخیص خودروهای در حال حرکت و محاسبه سرعت آن‌ها با به‌کارگیری دوربین‌های ثابت نظارت تصویری آورده شده است.

1. tracing
2. jammer

تعیین مقدار آستانه بر روی تصاویر ترافیکی[1]

ساده‌ترین روش در تشخیص خودرو در حال حرکت بوده و بر اساس این حقیقت است که شیء متحرک دارای شکل چگالی نوری مختلف از تصویر پس‌زمینه خواهد بود. با تعیین یک آستانه شدت نور در یک ناحیه کوچک از تصویر می‌توان خودرو را از تصویر پس‌زمینه تشخیص داد. این روش به‌شدت به مقدار آستانه وابسته است که این مقدار نیز بر اساس چگالی نوری تصویر مربوط به یک خودرو مشخص و مدل تصویر پس‌زمینه آن تعیین می‌شود. برای بهینه‌سازی مقدار آستانه می‌توان از شمارش تغییرات نوری استفاده کرد اما آشکارسازی و تشخیص اشتباه خودروها به دلیل سایه‌های در حال حرکت همراه با خودرو در طول روز که دارای شدت نور یکسانی با محیط اطراف هستند، اجتناب‌ناپذیر است. جهت کسب اطلاعات بیشتر به منابع (Enkelmann, 1991) و (Park, 2001) مراجعه کنید.

آشکارسازی لبه‌های تصاویر ترافیکی[2]

عملکرد این روش بر اساس ویژگی‌هایی است که در لبه‌های شیء موردنظر در تصاویر دیجیتالی گرفته‌شده از دوربین‌های نظارت تصویری مثل خودرو وجود دارد. این روش با توجه به اینکه روش مقایسه‌ای بین دو تصویر مربوط به دو فریم نیست، می‌تواند خودروهای متوقف‌شده را نیز تشخیص دهد. روش‌های آشکارسازی لبه‌های شیء متحرک با عملیات مورفولوجیکال[3]، دارای کاربردهای وسیعی است. در این روش، لبه‌های خودروها نسبت به لبه‌های جاده، به شکل برجسته نمایش داده می‌شوند. با استفاده از هیستوگرام تصویر و همراه با یک سری عملیات و لبه‌های شیء متحرک می‌توان ویژگی‌های لبه‌های تصویر را در حوزه مکانی به دست آورد. در این پردازش، روش‌های آشکارسازی سه نوع گسستگی اساسی در شدت تصویر، یعنی نقطه، خط و لبه، قابل ارزیابی هستند. متداول‌ترین روش برای جستجوی گسستگی در این روش، اعمال ماسک به تصویر است. به‌طور مثال، در این روش با اعمال یک ماسک ۳×۳ می‌توان مجموع حاصل‌ضرب مقادیر سطوح شدت ناحیه احاطه‌شده توسط ماسک، در ضرایب ماسک را محاسبه کرد. آشکارسازی یک نقطه منفرد در ناحیه‌ای از تصویر با شدت ثابت یا تقریباً ثابت، از نظر مفهومی بسیار ساده است اما نکته اصلی اینجاست که بیشترین پاسخ ماسک هنگامی بوده که مرکز ماسک واقع بر نقطه منفرد است. همچنین، هنگامی‌که مرکز ماسک در نواحی با شدت یکسان قرار گیرد، مقدار پاسخ صفر است. جهت کسب اطلاعات بیشتر به منابع (Blosseville et al., 1990) تا (Aach & Kaup, 1995) مراجعه کنید.

روش تجمیع ویژگی‌ها و دنبال کردن شیء متحرک[4]

این روش بر اساس ابعاد و شکل خودرو و یا به‌طورکلی، ویژگی‌های هندسی خودرو، تشخیص الگویی را سبب می‌شود. سپس، کدگذاری‌ها بر روی ویژگی‌های هندسی خودرو گذاشته خواهد شد. این کدها می‌توانند بر اساس سیگنال زمانی شدت نور هر نقطه از تصویر ایجاد شوند. سپس با به‌کارگیری این کدها و ارتباط آن با مفاهیم فیزیکی حرکت می‌توان پیش‌بینی موردنظر را در زمینه تغییرات رفتار مدل به‌دست‌آمده از خودروها داشت. جهت کسب اطلاعات بیشتر به منابع (Kim et al., 2001) تا (Badenas et al., 2001) مراجعه کنید. تمامی شبیه‌سازی‌های این مقاله با برنامه متلب انجام شده است.

1. thresholding
2. edge-based detection (spatial differentiation)
3. morphological
4. feature aggregation and object (tracking)

روش تحقیق

در این بخش، توضیحات روش پیشنهادی همراه با جزئیات کامل آمده است. روش پیشنهادی برای تخمین وضعیت ترافیکی شامل چهار مرحله کلی است.

توضیح کلی فلوچارت روش پیشنهادی

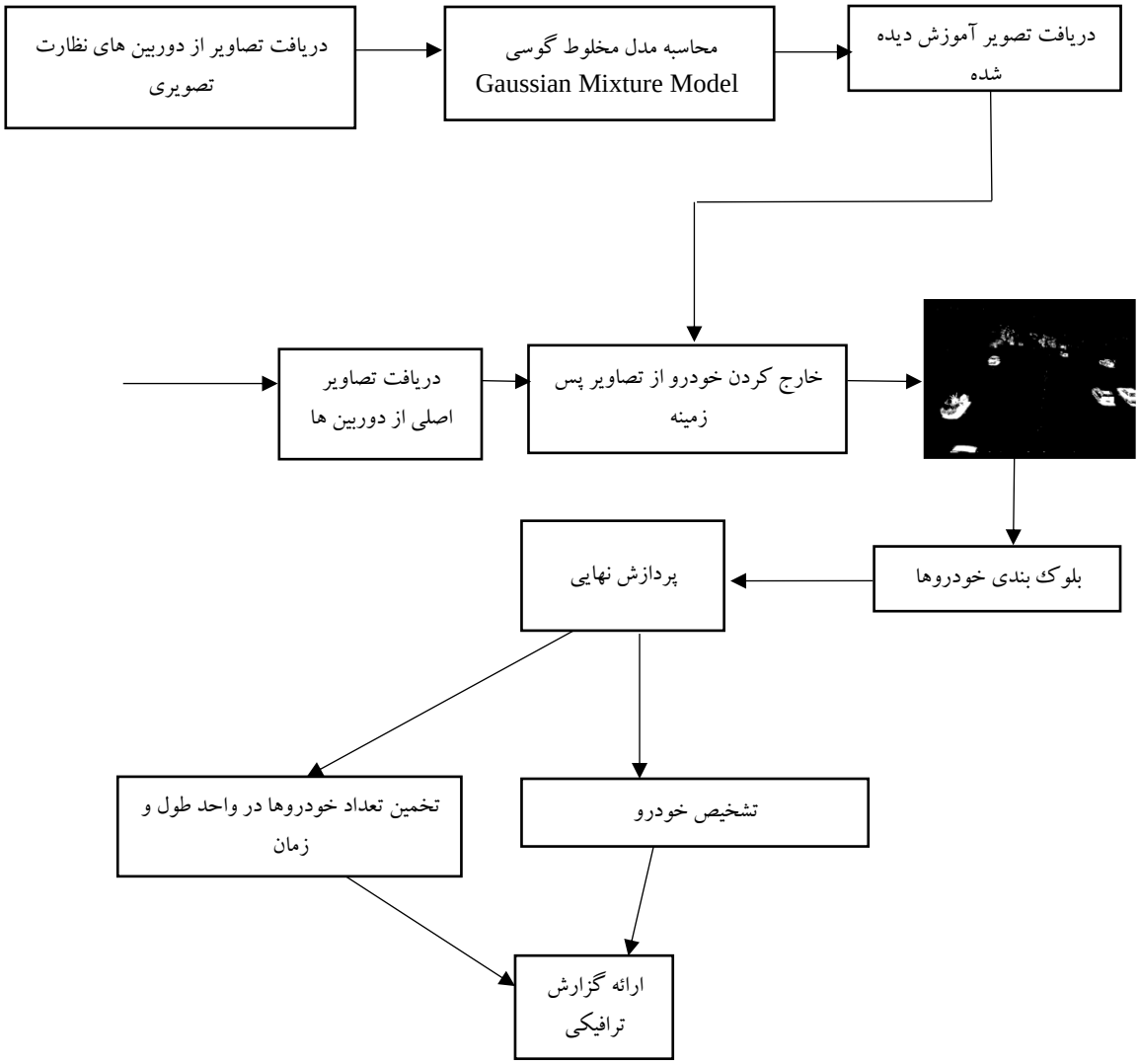
شکل ۱ را ببینید. اطلاعات ویدیویی که توسط دوربین‌های نظارت تصویری به مرکز کنترل ترافیک می‌رسند، در گام نخست به تصویر یا فریم تبدیل شده و توسط الگوریتم مخلوط گوسی، تصویر پس‌زمینه ایجاد می‌شود. اعمال مدل مخروط گوسی به هر تصویر از ویدیو، تا آنجا ادامه می‌یابد که تمام فریم‌های یک ویدیو را شامل شود. در چنین حالتی، تصویر پس‌زمینه دقیقی ایجاد خواهد شد. این مرحله را مرحله اجرا[1] می‌نامیم. در گام دوم، با مقایسه‌ای که تصویر پس‌زمینه با تصویر اصلی دارد، خودروهای در حال حرکت شناسایی می‌شوند. در گام سوم، دور هر خودرو در حال حرکت کادر سبزرنگی جهت تشخیص چشم انسان کشیده می‌شود.

محاسبه مدل مخلوط گوسی[2]

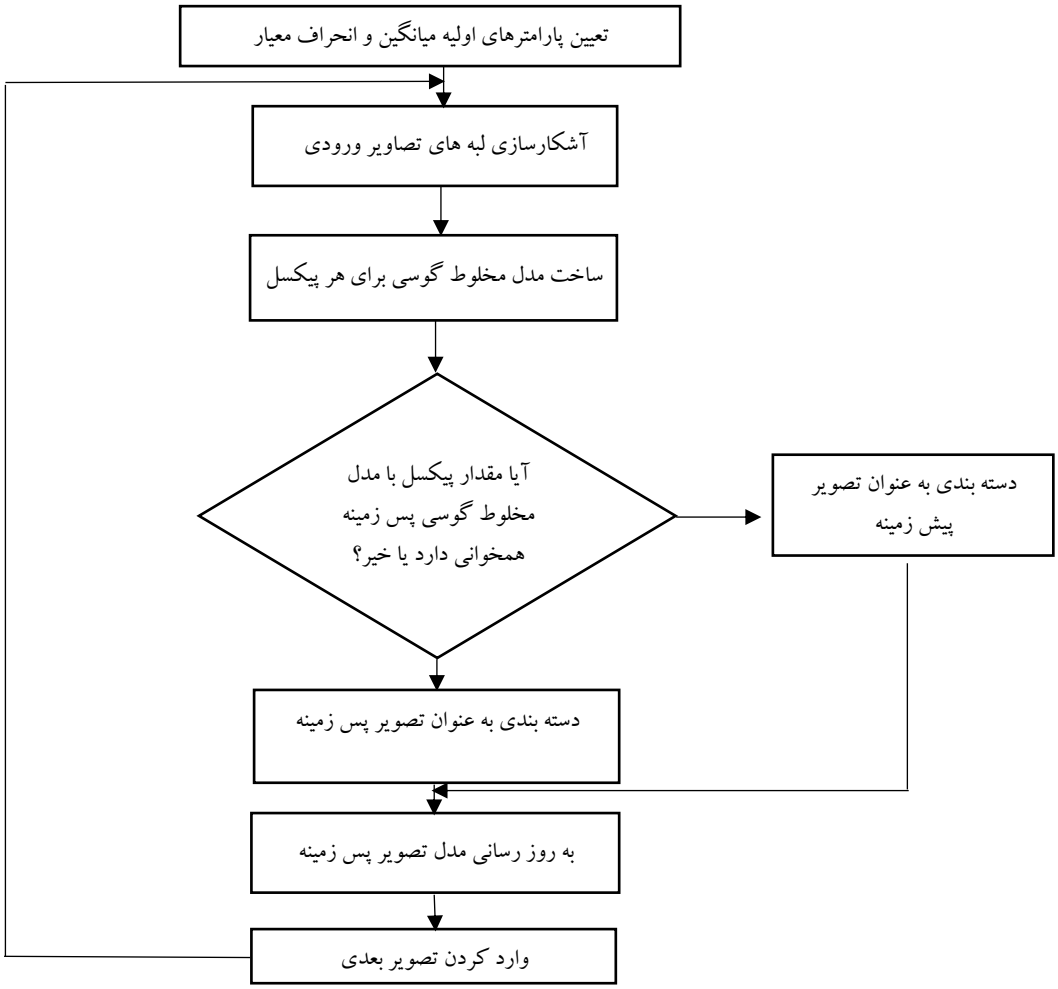
طبق شکل ۲، نحوه محاسبه مدل مخلوط گوسی به قرار زیر است. هر تابع گوسی بر اساس دو پارامتر مقدار میانگین و انحراف معیار شناخته می‌شود. ابتدا بر اساس دو پارامتر مقدار میانگین و انحراف معیار مربوط به تصاویر ترافیکی و مقایسه آن‌ها با هر پیکسل از تصویر، وزنی را ایجاد می‌کنیم؛ به این صورت که با محاسبه اختلاف مقدار میانگین با پیکسل ورودی به سیستم و مقایسه این اختلاف با مقدار انحراف، معیار وزن را ایجاد و دائماً به‌روزرسانی می‌کنیم. سپس، لبه‌های هر تصویر را آشکارسازی نموده و یک مدل مخلوط گوسی را برای هر پیکسل لبه از تصویر، ایجاد می‌کنیم. سپس بررسی می‌کنیم که آیا پیکسل‌ها با مقادیر وزن ایجادشده همخوانی دارند یا خیر. اگر همخوانی لازم وجود داشت، آن را به‌عنوان تصویر پس‌زمینه[3] دسته‌بندی کرده و درصورتی‌که همخوانی ایجاد نشود، پیکسل به‌عنوان تصویر پیش‌زمینه[4] دسته‌بندی می‌شود. این کار برای تمامی پیکسل‌های تصویر و برای تمامی تصاویر اطلاعات ویدیویی تکرار می‌شود.

نمونه‌ای از تصویر پس‌زمینه به همراه اصل تصویر در شکل ۳ قابل مشاهده است. همچنین در این شکل، تصویر تخمین هندسه جاده به همراه تصاویر پیش‌زمینه‌ای قابل مشاهده است که دارای دو اشکال مطرح‌شده در مطالب قبل است؛ به این معنا که کیفیت تصویر پیش‌زمینه به‌خوبی آنچه مدنظر است، نیست. برای رفع این مشکلات، علاوه بر یک سری عملیات لبه‌های شیء متحرک، از اعمال روش ترکیبی استفاده خواهیم نمود. جهت کسب اطلاعات بیشتر به منابع (Wan et al., 2014) تا (Hsieh et al., 2006) مراجعه کنید.

1. training
2. gaussian mixture model
3. background image
4. foreground image



شکل ۱. فلوچارت روش پیشنهادی



شکل ۲. فلوچارت مدل مخلوط گوسی

(۱) (۲)

شکل ۳. نمونه‌ای از تصویر پس‌زمینه ایجادشده توسط روش پیشنهادی

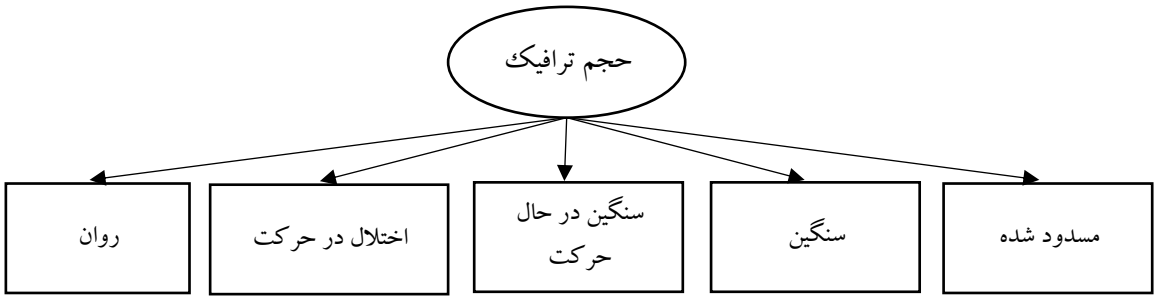
تعاریف ترافیکی

جریان ترافیک: جریان عبارت است از تعداد خودروهای عبوری از یک خط مقطع در واحد زمان (به‌عنوان‌مثال، ۶۵ خودرو در دقیقه). از مهم‌ترین کاربردهای جریان ترافیک، محاسبه تأثیرگذاری یک محور، زمان‌بندی مناسب چراغ‌های هوشمند، رشد ترافیک و احتمال بسته شدن مسیر است.

ظرفیت محور: عبارت است از حداکثر جریان عبوری ممکن از آن. این معیار که در تمام شبکه‌های جریان موجود است، به‌عنوان معیاری برای اندازه‌گیری توان یک محور مورد استفاده قرار می‌گیرد. از مهم‌ترین کاربردهای ظرفیت محور، اندازه‌گیری ماکزیمم جریان ممکن از نقاط شروع سفر به نقاط پایان سفر و اندازه‌گیری کمترین هزینه برش کمینه در شبکه جریان است.

چگالی جریان: چگالی جریان عبارت است از تعداد خودروهای موجود در واحد سطح. درواقع، این شاخص نشان‌دهنده فاصله بین خودروها در محور و درنتیجه، یک معیار مناسب برای گرفتگی جریان است.

حجم ترافیک: عبارت است از تعداد خودروهای موجود در یک محور. چگالی ترافیک متوسط یک محور عبارت است از حجم ترافیک تقسیم بر مساحت محور. با داشتن حجم ترافیک می‌توان تخمین مناسبی از چگالی ترافیک کل محور داشت. بر اساس شکل ۴ می‌توان حجم ترافیک را به پنج دسته مشخص تقسیم‌بندی کرد.



شکل ٤. ساختار ارائه حجم و چگالی ترافیکی

نتایج شبیه‌سازی

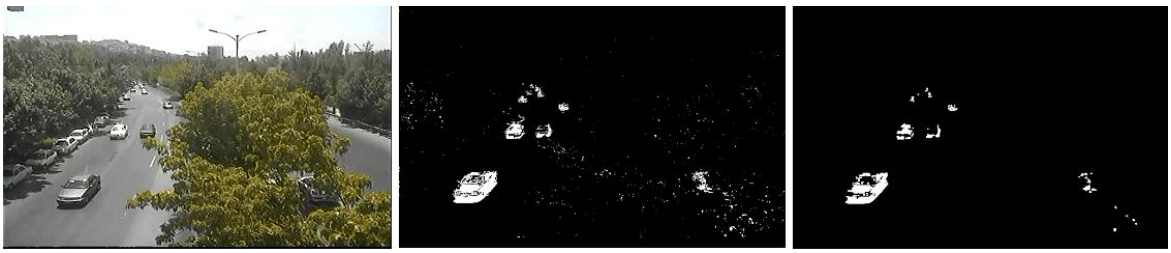
بخش نتایج شبیه‌سازی به دو بخش ارائه کیفیت و کمیت نتایج مربوط به روش پیشنهادی و مقایسه بین روش پیشنهادی با روش مشابه دیگر، تقسیم‌بندی شده است.

در بخش نخست، برای تخمین عملکرد روش پیشنهادی، نتایج حاصل از تصاویر پیش‌زمینه و اصلی ارائه گردیده است. روش پیشنهادی را به بیش از ۵۰ ویدیو ترافیکی اعمال کرده‌ایم و نتایج دیداری آن در تصاویر زیر آمده است. با توجه به اینکه تصاویر آموزش‌دیده‌شده پس‌زمینه به‌درستی و به شکل دقیق از اصل تصویر بیرون کشیده شده است، کیفیت خوبی در تصاویر پیش‌زمینه[1] دیده می‌شود. همچنین، در صورت هرگونه تشخیص نادرست با پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته در روش پیشنهادی که همانا استفاده از آموزش صحیح تصاویر پس‌زمینه است، هرگونه خطا در محاسبه شاخص‌های ترافیکی را به حداقل ممکن می‌رسانیم.

ویدیو خیابان زند شیراز به همراه تصاویر پیش‌زمینه

1. foreground image

ویدیو پل باغ صفا شیراز به همراه تصاویر پیش‌زمینه



ویدیو بلوار چمران شیراز به همراه تصاویر پیش‌زمینه

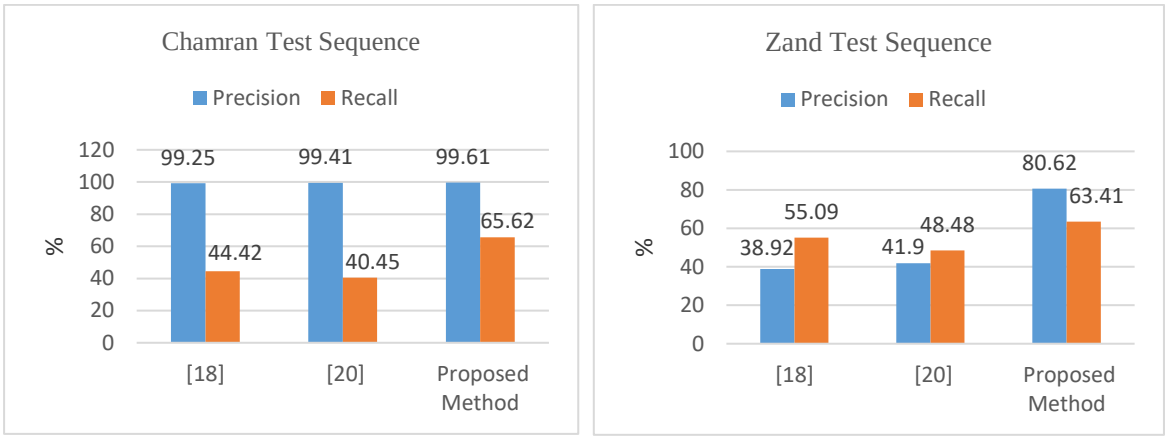
جدول ۱. مقایسه الگوریتم پیشنهادی با روش‌های مختلف در خصوص شمارش خودرو و تخمین دقت

نمونه‌ها	تعداد واقعی خودروها در ۱۵ دقیقه	روش پیشنهادی مقاله		روش (Li et al., 2011)		روش (Hsieh et al., 2006)	
		تعداد خودرو (TF)	دقت محاسبات (%)	تعداد خودرو (TF)	دقت محاسبات (%)	تعداد خودرو (TF)	دقت محاسبات (%)
ویدیو خیابان زند	۱۳٦٤٦	۱۳۳٦۰	۹۷/۹۰	۱۱۰٦۲	۸۱/۰٦	۱۰۲۵۸	۷۵/۵۱
ویدیو پل باغ صفا	۱۱٦۳۱	۱۱۵۲۱	۹۹/۰۵	۹۳٦۹	۸۰/۵۵	۸۹٦۵	۷۷/۰۷
ویدیو بلوار چمران	۲۰۸۳	۱۹۸٤	۹۵/۲	۱۸۵۸	۸۹/۹۸	۱۵۲٦	۷۳/۲٦

جدول فوق، مقایسه‌ای بین الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم مربوط به روش‌های مراجع (Li et al., 2011) و (Hsieh et al., 2006) است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، دقت محاسبات و تشخیص روش پیشنهادی در موارد بسیاری بالاتر از الگوریتم مراجع دیگر است. برای تخمین دقیق‌تر الگوریتم، دو پارامتر دیگر Recall و Precision نیز تعریف می‌گردند. بنا به تعریف، Recall نرخ آشکارسازی خودروی در حال حرکت و Precision نرخ پذیرش اشتباه تشخیص است. نتایج نشان‌دهنده این است که دقت تشخیص خودروها بالای ۹۹ درصد در جریان ترافیکی کم و بالای ۸۰ درصد در جریان ترافیکی نسبتاً بالا خواهد بود که بسیار مورد توجه است.

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \times 100 \quad (۱)$$

$$\text{Precision} = \frac{TN}{FP + TN} \times 100 \quad (۲)$$



نمودار ۱. مقایسه کمی روش پیشنهادی با روش‌های دیگر بر اساس دو پارامتر دقت شمارش و تشخیص خودرو

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از ابزارهای مهم اندازه‌گیری حجم ترافیکی، استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصاویر است که می‌تواند هم‌زمان، تخمین خوبی از حجم، چگالی، طول ترافیک متوقف‌شده و در جریان، اندازه جریان ترافیک، سرعت متوسط و لحظه‌ای خودروها به همراه ویژگی‌های دیگری مثل تشخیص تصادف، تشخیص عبور از چراغ‌قرمز، تشخیص قطع مدارم لاین‌ها و رفتار پرخطر و انحراف‌های غیرمجاز را ارائه دهد. در این مقاله، یک روش محاسبه تشخیص و شمارش خودروها جهت ارائه برخی شاخص‌های ترافیکی ارائه شده است. درنتیجه، می‌توان شاخص مهم ترافیکی چگالی و حجم خودرو را با دقت فراوانی تخمین زد. نتایج شبیه‌سازی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویر، بسیار دقیق بوده و دارای کارایی بالایی هستند و به‌خوبی می‌توانند خودروی در حال حرکت و یا متوقف‌شده را به‌طور مکانیزه، تشخیص و شمارش کنند. بدین ترتیب، ردپای پردازش تصویر در بسیاری از علوم و صنایع مشاهده می‌شود و بعضی از این کاربردها آن‌چنان به پردازش تصویر وابسته هستند که بدون استفاده از آن، اساساً قابل استفاده نخواهند بود.

منابع

Aach, T., & Kaup, A. (1995). Bayesian algorithms for adaptive change detection in image sequences using Markov random fields. *Signal Processing: Image Communication*, *7*(2), 147-160.

Badenas, J., Sanchiz, J. M., & Pla, F. (2001). Motion-based segmentation and region tracking in image sequences. *Pattern recognition*, *34*(3), 661-670.

Blosseville, J. M., Krafft, C., Lenoir, F., Motyka, V., & Beucher, S. (1990). TITAN: new traffic measurements by image processing. In *Control, computers, communications in transportation* (pp. 35-42). Pergamon.

Chen, Z. J., Chen, X. J., & He, H. (2007). Moving object detection based on improved mixture Gaussian models. *Journal of Image and Graphics*, *12*(9), 1585-1589.

Chen, Z., & Zhou, R. (2007). Simulation of an improved Gaussian mixture model for background subtraction. *Computer Simulation*, *24*(11), 190-192.

Dubuisson, M. P., & Jain, A. K. (1995). Contour extraction of moving objects in complex outdoor scenes. *International Journal of Computer Vision*, *14*(1), 83-105.

Enkelmann, W. (1991). Obstacle detection by evaluation of optical flow fields from image sequences. *Image and Vision Computing*, *9*(3), 160-168.

Evangelio, R. H., Patzold, M., Keller, I., & Sikora, T. (2014). Adaptively splitted GMM with feedback improvement for the task of background subtraction. *IEEE transactions on information forensics and security*, *9*(5), 863-874.

Giachetti, A., Campani, M., & Torre, V. (2000). The use of optical flow for road navigation. *IEEE transactions on robotics and automation*, *14*(1), 34-48.

Haines, T. S., & Xiang, T. (2014). Background subtraction with dirichletprocess mixture models. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, *36*(4), 670-683.

Hsieh, J. W., Yu, S. H., Chen, Y. S., & Hu, W. F. (2006). Automatic traffic surveillance system for vehicle tracking and classification. *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, *7*(2), 175-187.

Kim, J. B., Park, H. S., Park, M. H., & Kim, H. J. (2001). A real-time region-based motion segmentation using adaptive thresholding and K-means clustering. In *AI 2001: Advances in Artificial Intelligence: 14th Australian Joint Conference on Artificial Intelligence Adelaide, Australia, December 10–14, 2001 Proceedings 14* (pp. 213-224). Springer Berlin Heidelberg.

Lan, J., Li, J., Hu, G., Ran, B., & Wang, L. (2014). Vehicle speed measurement based on gray constraint optical flow algorithm. *Optik*, *125*(1), 289-295.

Leone, A., & Distante, C. (2007). Shadow detection for moving objects based on texture analysis. *Pattern Recognition*, *40*(4), 1222-1233.

Li, X., Liu, Z. Q., & Leung, K. M. (2002). Detection of vehicles from traffic scenes using fuzzy integrals. *Pattern Recognition*, *35*(4), 967-980.

Li, Y., Li, Z., Tian, H., & Wang, Y. (2011). Vehicle detecting and shadow removing based on edged mixture Gaussian model. *IFAC Proceedings Volumes*, *44*(1), 800-805.

Ma, Y. D., Zhu, W. F., An, S. X., Qiu, H. Y., & Tang, S. S. (2007). Improved moving objects detection method based on Gaussian mixture model. *Jisuanji Yingyong/ Journal of Computer Applications*, *27*(10), 2544-2546.

Moon, H., Chellappa, R., & Rosenfeld, A. (2002). Performance analysis of a simple vehicle detection algorithm. *Image and Vision Computing*, *20*(1), 1-13.

Mukherjee, D., Wu, Q. J., & Nguyen, T. M. (2013). Gaussian mixture model with advanced distance measure based on support weights and histogram of gradients for background suppression. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *10*(2), 1086-1096.

Nguyen, T. M., & Wu, Q. J. (2013). Fast and robust spatially constrained Gaussian mixture model for image segmentation. *IEEE transactions on circuits and systems for video technology*, *23*(4), 621-635.

Park, Y. (2001). Shape-resolving local thresholding for object detection. *Pattern Recognition Letters*, *22*(8), 883-890.

Stewart, B. D., Reading, I., Thomson, M. S., Binnie, T. D., Dickinson, K. W., & Wan, C. L. (1994). Adaptive lane finding in road traffic image analysis. In *Seventh International Conference on Road Traffic Monitoring and Control, 1994.* (pp. 133-136). IET.

Sullivan, G. D., Baker, K. D., Worrall, A. D., Attwood, C. I., & Remagnino, P. M. (2004). Model-based vehicle detection and classification using orthographic approximations. *Image and vision computing*, *15*(8), 649-654.

Techmer, A. (2001). Real-time motion based vehicle segmentation in traffic lanes. In *Pattern Recognition: 23rd DAGM Symposium Munich, Germany, September 12–14, 2001 Proceedings 23* (pp. 202-207). Springer Berlin Heidelberg.

Wan, Y., Miao, Z., Zhang, X. P., Tang, Z., & Wang, Z. (2014). Illumination robust video foreground prediction based on color recovering. *IEEE Transactions on Multimedia*, *16*(3), 637-652.

Won, Y., Nam, J., & Lee, B. H. (2000). Image pattern recognition in natural environment using morphological feature extraction. In *Advances in Pattern Recognition: Joint IAPR International Workshops SSPR 2000 and SPR 2000 Alicante, Spain, August 30–September 1, 2000 Proceedings* (pp. 806-815). Springer Berlin Heidelberg.

استناد به این مقاله: متوسل، علی، و طبیب‌زاده، شیوا سادات. (۱۴۰۲). تحلیل هوشمند ترافیک معابر با استفاده از الگوریتم پردازش تصویر. *فصلنامه پژوهش‌های نوین در شهر هوشمند*، ۲(۲)، ۶-۱۸.

New Researches in The Smart City is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.