

شناسایی جاده و تشخیص خودرو در تصاویر هوایی با استفاده از شدت روشنایی و رنگ

وحید قدس^(۱) - علیرضا بهراد^(۲)

(۱) کارشناس ارشد - دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سمنان

(۲) استادیار - دانشگاه شاهد، تهران

تاریخ دریافت: پاییز ۱۳۸۸

تاریخ پذیرش: تابستان ۱۳۸۹

خلاصه: یکی از مهم‌ترین کاربردهای عکس‌های هوایی، شناسایی و استخراج جاده و خودرو از تصاویر هوایی می‌باشد. در این مقاله ابتدا، با استفاده از شدت روشنایی و محتوای رنگ و فیلتر کردن تصویر در مدل‌های HSI و RGB، محدوده‌های جاده تعیین می‌گردد. سپس به منظور حذف نویز از فیلترهای متوسط‌گیر و میانه استفاده می‌شود. پس از لبه‌یابی توسط فیلتر لبه یاب مناسب، زاویه بین خط‌های مجاور جاده، توسط روش تبدیل هاف محاسبه شده و خط‌های غیر موازی زاید حذف می‌گردد. در گام بعدی، کدهای زنجیره‌ای به منظور فرموله کردن لبه‌های جاده به دست می‌آید و بازسازی جاده از فایل کدهای زنجیره‌ای صورت می‌پذیرد. مرحله آخر، تشخیص خودرو از تصاویر هوایی با استفاده از ویژگی سایه ایجاد شده از خودرو است. هدف از این مقاله ارائه روش بهینه در شناسایی جاده، انجام چندین مرحله اصلاح جاده، کد کردن آن و تشخیص خودرو می‌باشد. در این تحقیق مرجع تصاویر هوایی جاده، پایگاه Google Earth است. دقت کدهای زنجیره‌ای به منظور شناسایی جاده حدود ۹۰٪ به دست آمده که نسبت به کارهای قبلی انجام شده بهبود نسبی حاصل شده است.

کلمات کلیدی: شناسایی جاده، استخراج جاده، تشخیص خودرو، بینایی ماشین، تبدیل هاف، کد زنجیره‌ای.

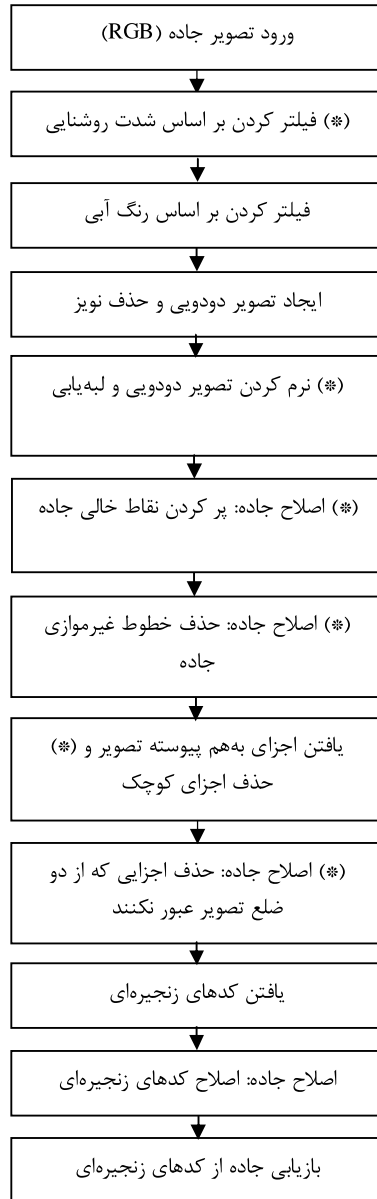
۱- مقدمه

امروزه سیستم‌های دورکاوی^۱ هوایی و فضایی می‌توانند حجم عظیمی از داده‌های ارزشمند را در پایش منابع زمینی فراهم نمایند. در زمینه شناسایی و استخراج جاده در تصاویر هوایی تحقیقات زیادی به دلیل کاربرد وسیع آن در زمینه‌های متفاوت از جمله: نقشه برداری، حمل و نقل، کنترل ترافیک، استفاده‌های کشوری و نظامی صورت گرفته است.

از آنجایی که فرآیند توسعه با سرعت در حال پیشرفت است، نقشه‌های تولید شده سنتی، قابلیت انتشار مجدد را ندارند. سیستم‌های دورکاوی می‌توانند داده‌های خام رایج را به صورت تصویر برای به هنگام سازی پایگاه داده فراهم نمایند [۱]. آنچه که در این زمینه مورد نیاز بشر است توسعه یک روش خودکار، سریع و قابل اعتماد برای استخراج اطلاعات از جمله جاده در این تصاویر می‌باشد [۳].

در مورد شناسایی و استخراج جاده در تصاویر هوایی کارهای زیادی انجام شده است [۴،۵،۶]. در مرجع [۷] نزدیک به ۲۵۰ مرجع مرتبط با استخراج جاده معرفی شده است. در سال ۱۹۹۸، Wang and Trinder

جاده را با به کارگیری پایگاه دانش مبتنی بر اطلاعات پرتوسنجی و هندسی آن از تصویر استخراج نمودند [۹]. در سال ۲۰۰۳، Bicego به منظور استخراج جاده از الگوریتمی بر پایه احتمال به منظور شناسایی جاده، استفاده نمود [۱۰]. استخراج جاده با استفاده از الگوریتم رقابت ناحیه^۲ در مقاله آقای Amo و همکارانش بیان شده است [۱۱]. در این روش ابتدا چندین نقطه بارز و کلیدی در تصویر که مربوط به جاده است به دست می‌آید و سپس تمرکز الگوریتم بر روی این نقاط است و در صورت نیاز پس از آنالیز اولیه تعداد نقاط اولیه اضافه می‌گردد. سپس با استفاده از روش رشد ناحیه جاده اولیه تشخیص داده شده و با الگوریتم رقابت ناحیه، بهترین شناسایی از جاده صورت می‌پذیرد. استخراج جاده از مناطق روستایی و نیمه‌شهری به منظور به روزرسانی نقشه‌ها و به کارگیری آن در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مرجع [۱۲] معرفی شده است. سیستم پیشنهادی دارای چهار قسمت است: پردازش داده‌ها، بخش‌بندی دودویی، استخراج اسکلت و ارزیابی سیستم. در [۱۴] شناسایی جاده در سه گام اساسی زیر انجام می‌شود:



شکل (۱): بلوک دیاگرام کلی استخراج جاده

Fig. (1): The overall block diagram of the road extraction

ابتدا سه مولفه فام (Hue)، اشباعی^۶ و شدت روشنایی^۷ در تصویر محاسبه می‌شود و تصویر به مدل HSI تبدیل می‌گردد. سپس با استفاده از مؤلفه شدت روشنایی و تعیین آستانه‌های مناسب، محدوده اولیه جاده تعیین می‌گردد. در مرحله بعد، تصویر فیلتر شده به مدل RGB؛ یعنی، ماتریس‌های مربوط به رنگ قرمز، رنگ سبز و رنگ آبی تبدیل می‌شود و با توجه به محتوای رنگ جاده، فیلتر کردن دوم جاده توسط آستانه‌گذاری مناسب در ماتریس رنگ آبی صورت می‌پذیرد [۲]. شکل (۲) تصویر اصلی و شکل (۳) تصویر فیلتر شده مرحله اول و دوم تصویر اصلی می‌باشد. برای روز آفتابی (یعنی نور کافی) و برای هوای ابری و یا با نور کم مقادیر حد آستانه توسط نمونه‌گیری‌های آماری به

الف) تولید بذر (Seed) جاده بر اساس تشخیص لبه و گروه‌بندی ب) تولید Snaxel و استفاده از فیلتر کالمن^۳ ج) بازسازی شبکه جاده با استفاده از مرزهای متحرک در مقاله‌های دیگر مساله بهبود در استخراج جاده مد نظر قرار گرفته است [۱۵]. در این مقاله از فیلترینگ مسیرها و گروه‌بندی ادراکی برای تصاویر با کیفیت بالا استفاده شده است. در مورد تشخیص خودرو در جاده نیز کارهای فراوانی انجام شده است [۱۶ و ۱۷]. در سال ۱۹۹۷، Rojas و Crisman با استفاده از رنگ جاده و رنگ خودرو، وسیله نقلیه را شناسایی نمودند [۸]. در [۱۸] با استفاده از تصاویر چند طیفی^۴، تصاویر تمام رنگی^۵ و نقشه جاده به تشخیص خودرو پرداخته است.

هدف از این مقاله، شناسایی جاده‌های برون شهری با استفاده از ویژگی‌های شدت روشنایی و رنگ در تصویر می‌باشد که از مزایای مهم آن نسبت به کارهای قبلی ساده و سریع بودن الگوریتم و دقت بالای آن در شناسایی جاده است. در مرحله بعد، تشخیص خودرو در جاده مقصود است.

در بخش دوم مقاله، به موضوع ویژگی‌های شدت روشنایی و رنگ پرداخته خواهد شد. بخش سوم به فرموله کردن جاده توسط کدهای زنجیره‌ای و بازیابی آن می‌پردازد. نتایج تجربی شناسایی جاده و تشخیص خودرو در بخش‌های چهارم و پنجم آمده است. بررسی کارهای دیگران و نتیجه‌گیری در بخش‌های ششم و هفتم ذکر خواهد شد. نکات بارز در این تحقیق، نوآوری‌های انجام شده در اصلاحات جاده در مراحل مختلف شناسایی جاده است که تاثیر شایانی در دقت و نیز کیفیت جاده شناسایی شده داشته است.

۲- شناسایی جاده از تصویر

در تصاویر هوایی، جاده دارای ویژگی‌های خاصی می‌باشد که می‌توان با در نظر گرفتن این ویژگی‌ها و به کارگیری الگوریتم‌های مناسب جاده را شناسایی نمود. از جمله این ویژگی‌ها، شدت روشنایی و رنگ است. توزیع رنگ جاده یک ویژگی شناسایی آن می‌باشد. از دیگر ویژگی‌های جاده کنار هم بودن لبه‌های جاده و موازی بودن لبه‌ها است. در این مقاله با استفاده از ویژگی‌های اشاره شده الگوریتم جدیدی معرفی شده است که بلوک دیاگرام آن در شکل (۱) نشان داده شده است. نوآوری‌های بارز انجام شده جهت بهبود شناسایی جاده که در این تحقیق انجام شده است، با علامت (*) در شکل (۱) مشخص شده است. در ادامه این بخش به بررسی هر کدام از مراحل الگوریتم خواهیم پرداخت.

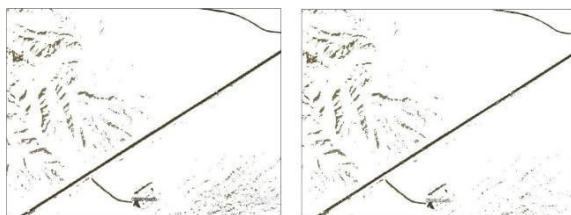
الف- شناسایی جاده با استفاده از شدت روشنایی و رنگ

رنگ ویژگی است که در بیشتر الگوریتم‌های استخراج و بازیابی تصاویر مبتنی بر محتوا از آن استفاده شده است. فوایدی مانند پایداری، مؤثر بودن و سادگی محاسباتی، استفاده از محتوای رنگ را توجیه می‌کند. در این مقاله برای استفاده بهینه از محتوای رنگ از هر دو فضای HSI و RGB استفاده شده است.

استفاده شده است. علت انتخاب کوچکترین ابعاد ممکن برای پنجره (یعنی 3x3) دوری از مات شدگی زیاد تصویر است. تصویر فیلتر شده در شکل (۵) آورده شده است.



شکل (۲): تصویر اصلی
Fig. (2): The original image



شکل (۳): تصویر فیلتر شده از مدل HSI (چپ) و RGB (راست)
Fig. (3): The filtered images of HIS (left) and RGB (right)

ب- لبه یابی

از آن جایی که تغییرات شدت روشنایی نور در لبه‌های جاده قابل ملاحظه است می‌توان توسط لبه‌یاب مناسب لبه‌های جاده را تشخیص داد. در تصویر باینری بیکسلی لبه است که دارای مقدار "یک" باشد و در همسایگی یک پیکسل "صفر" نیز قرار گرفته باشد. اما این کار باعث می‌شود که لبه‌های کوچک و ضعیف نیز در تصویر خروجی ظاهر شوند. برای رفع این مشکل ابتدا تصویر دودویی خروجی با عبور از فیلتر گوسی که در رابطه (۱) آورده شده است، با انتخاب $\sigma=5$ نرم و هموارتر می‌گردد و سپس لبه‌یاب Canny به تصویر خروجی اعمال می‌شود. تصویر حاصل از لبه‌یابی در شکل (۶) آورده شده است.

$$h(x, y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \cdot \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

فیلتر گوسی اعمال شده ممکن است برخی از لبه‌های جاده را نیز پاک کند. در ادامه به منظور ترمیم لبه‌های جاده و اصلاح نقاطی از جاده که به اشتباه پاک شده است الگوریتم زیر را به کار می‌بریم:
یک پنجره 3x3 در تمام پیکسل‌های تصویر حرکت می‌کند. علت انتخاب ابعاد 3x3 جستجو در تمام پیکسل‌های مجاور پیکسل مورد نظر می‌باشد. در هر پنجره اگر فرض شود پیکسل مرکزی (x_i, y_i) عضو جاده تشخیص داده نشده باشد (یعنی $I(x_i, y_i)=0$) هرگاه اطراف آن در داخل پنجره، پیکسل عضو جاده وجود داشته باشد و یکی از

دست آمده که در جدول (۱) آورده شده است. B_{ij} و I_{ij} به ترتیب شدت روشنایی و شدت رنگ در ماتریس رنگ آبی مربوط به پیکسل ردیف i ام و ستون j ام است.

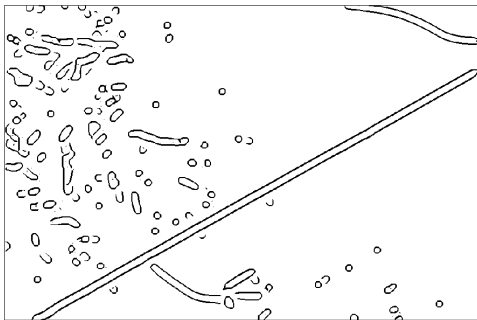
Table (1): The thresholds of filtering in HIS and RGB models
جدول (۱): آستانه‌های فیلتر کردن در دو مدل HSI و RGB

	هوای آفتابی	هوای ابری
HSI Model	$0 < I_{ij} < 0.55$	$0 < I_{ij} < 0.4$
RGB Model	$0.1 < B_{ij} < 0.42$	$0.08 < B_{ij} < 0.3$

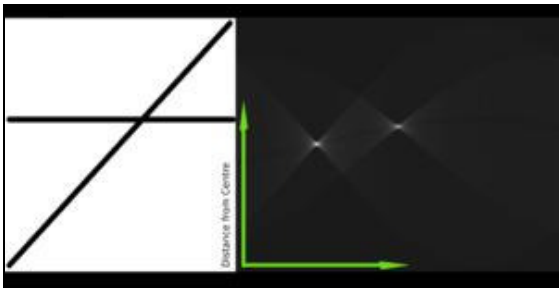
شکل (۴)، تصویر دودویی حاصل را نمایش می‌دهد. سه مجموعه نقاطی که در این تصویر دیده می‌شود شامل نقاط جاده، نقاطی که در تصویر وجود دارد ولی جزء جاده نیست (که باید حذف گردد) و نیز برخی نقاط که به اشتباه از جاده حذف شده است (و باید اصلاح شود) می‌باشد. نویزها باعث می‌شوند که سطح جزئیات ثبت شده در عکس دیجیتال یا فیلم کاهش یابد، بنابراین کاهش دادن این نویزها سبب می‌شود که کیفیت عکس نهایی یا خروجی چاپی افزایش یابد. مشکلی که وجود دارد این است که تکنیک‌های رایج برای کاهش یا حذف نویز تصاویر به همان اندازه منجر به مات شدن تصویر می‌شود. مات شدن تصویر در عکس‌هایی که از موضوعاتی مانند آسمان یا سطح آب گرفته شده‌اند مشکل چندانی ایجاد نمی‌کند اما مثلا در تصویر یک منظره از درختان حتی تلاش‌های محتاطانه برای کاهش نویز موجب صدمه دیدن جزئیات شاخ و برگ‌های درختان موجود در عکس می‌شود.

نویزها در عکاسی دیجیتال و اسکن انواعی دارند که شایع‌ترین آن‌ها عبارتند از نویزهای اتفاقی^۱ و نویزهای ثابت^۲. نویزهای اتفاقی غالباً در ایزوهای بالا دیده می‌شوند و همانگونه که از اسمشان مشخص است، محل ثابتی ندارند. یعنی اگر دو یا چند عکس با شرایط یکسان و با ایزو بالا تهیه شود، محل نویزها در عکس‌های مختلف متفاوت است. اما نویزهای ثابت غالباً در نوردی‌های طولانی و موارد دیگری که با گرم شدن سنسور همراه است، دیده می‌شوند.

حذف نویزهای ثابت راحت‌تر است چون محل آن‌ها ثابت است و اگر یک فریم سیاه (با بستن درپوش لنز) بگیریم و تفاضل آن را با عکس اصلی تهیه کنیم، نویزها حذف خواهند شد. کاری که برخی دوربین‌ها به طور خودکار نیز انجام می‌دهند. اما چالش اصلی چه در دوربین، اسکنر و چه در نرم‌افزار حذف نویزهای اتفاقی است. غالباً این روش‌ها منجر به کاهش جزئیات عکس و یا ایجاد آثار جانبی، بخصوص در لبه‌های اجسام می‌گردند. در واقع کاربر باید بین این مشکلات و نویز، تعادلی برقرار نماید و تصویر نهایی، حاصل این تصمیم‌کاربر خواهد بود. به منظور حذف نویزهای گوسی و فلفل- نمکی، به ترتیب از فیلترهای متوسط‌گیر و میانه استفاده می‌کنیم. در این تحقیق برای حذف نویزها از پنجره‌های 3x3 که در تمام تصویر حرکت داده می‌شود، یک بار برای حذف نویزهای گوسی و بار دیگر برای حذف نویزهای فلفل- نمکی



شکل (۸): شکل حاصل از اصلاح لبه‌های جاده
Fig. (8): The picture obtained from improved road edges



شکل (۹): استفاده از تبدیل هاف برای تشخیص خط مستقیم
Fig. (9): The use of Hough transform for straight line determination

ج- استفاده از تبدیل هاف

تبدیل هاف^۱ روشی برای استخراج ویژگی‌ها در آنالیز تصاویر، بینایی رایانه‌ها و پردازش تصویر دیجیتال است. این روش در یک تصویر به دنبال نمونه‌هایی از یک الگو می‌گردد. این نمونه‌ها ممکن است کامل نباشند و همچنین تا حدی دچار اعوجاج شده باشند. به عنوان نمونه از کاربردهای این روش می‌توان به تشخیص وجود خط مستقیم در یک تصویر اشاره کرد. شکل (۹) استفاده از تبدیل هاف برای تشخیص خط مستقیم را نشان می‌دهد. نقاط مشخص شده در نمودار Rho-Theta شکل (۹)، نشان دهنده موقعیت خطوط در تصویر هستند.

از تبدیل هاف برای یافتن خطوط در تصاویر استفاده می‌کنیم. معادله تبدیل هاف در دستگاه کارتزین به صورت رابطه (۲) است.

$$\rho = x \cos(\theta) + y \sin(\theta) \quad (2)$$

با توجه به ماهیت تصاویر هوایی دو نکته زیر در یافتن لبه‌های جاده مفید می‌باشد [۱۱]:

- جاده‌ها می‌توانند لبه‌های موازی و یا غیر موازی داشته باشند ولی اختلاف زاویه بین لبه‌های جاده حداکثر ۱۵ درجه است.
- پهناهای جاده در فاصله مشخص عکس‌برداری کمتر از تعداد مشخصی پیکسل است که در این تحقیق کمتر از ۱۵ پیکسل می‌باشد.
- در این مرحله تصویر به بلوک‌های ۲۵×۲۵ پیکسل تفکیک شده و هر بلوک یک زیر تصویر در نظر گرفته می‌شود. سپس با استفاده از تبدیل هاف خطوط داخل بلوک و ρ ، θ مربوط به آن‌ها استخراج می‌شود.

پنجره‌های شکل (۷) ایجاد شود، پیکسل $I(x_i, y_i)$ نیز عضو جاده می‌شود، یعنی $I(x_i, y_i) = 1$ خواهد شد. به این ترتیب پیکسل‌های خالی بین دو پیکسل جاده پر می‌شود. تصویر حاصل از اصلاح جاده در شکل (۸) نمایش داده شده است.



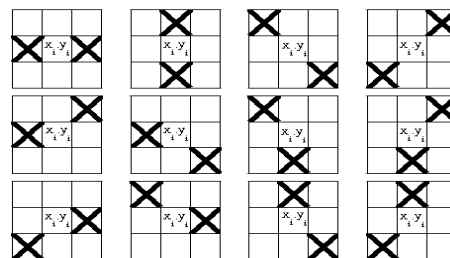
شکل (۴): تصویر دودویی
Fig. (4): The dual image



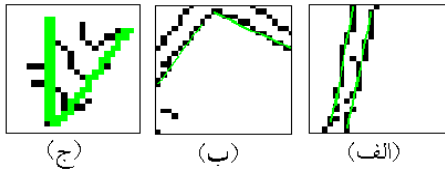
شکل (۵): تصویر حاصل از حذف نویز
Fig. (5): The image obtained from noise elimination



شکل (۶): تصویر حاصل از لبه‌یابی
Fig. (6): The image obtained from edge

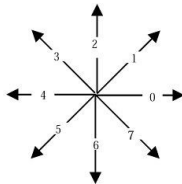


شکل (۷): پنجره‌های ۳×۳ اصلاح لبه‌های جاده
Fig. (7): The improved 3×3 window from road edges



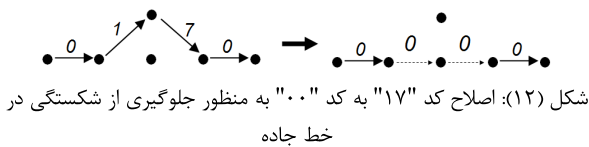
شکل (۱۰): بلوک‌های ۲۵×۲۵ پیکسل تصویر، خطوط ممتد استخراج شده از تبدیل هاف

Fig. (10): The 25×25 pixels image, the continuous lines extracted from Hough transform



شکل (۱۱): هشت حالت کدهای زنجیره‌ای
Fig. (11): Eight states of chain codes

به منظور نرم کردن^{۱۱} خط‌های بازسازی شده جاده که از کدهای زنجیره‌ای به دست می‌آید، از جدول (۲) استفاده می‌شود؛ یعنی، دو کد پشت سرهم در جاده که به صورت کد قبلی در جدول (۲) باشد به کد جدید اصلاح و تبدیل می‌گردد. روند اصلاح در این جدول به این صورت است که اگر دو کد پشت سرهم، زاویه ۹۰ درجه را تشکیل دهند؛ یعنی کدهای قبلی که در جدول (۲) آورده شده است، به منظور جلوگیری از شکستگی در خط جاده، با کد جدید جایگزین می‌شود. در شکل (۱۲) نمونه‌ای از کد "۱۷" که موجب شکستگی در خط جاده شده است و اصلاح کد آن به "۰۰" مشاهده می‌گردد. نمونه‌ای از کدهای زنجیره‌ای حاصل برای یک جزء جاده در شکل (۱۳) آورده شده است.



شکل (۱۲): اصلاح کد "۱۷" به کد "۰۰" به منظور جلوگیری از شکستگی در خط جاده

Fig. (12): The corrected code "17" to code "00" to avoid breaking in the road

Table (2): The corrected chain codes
جدول (۲): جدول اصلاح کدهای زنجیره‌ای

کد جدید	کد قبلی
00	17 یا 71
22	13 یا 31
44	35 یا 53
66	57 یا 75

با توجه به دو نکته فوق در هر بلوک حداکثر به جستجو برای یافتن دو خط خواهیم پرداخت. در نتیجه در هر بلوک می‌تواند ۰، ۱ و ۲ خط موجود باشد.

در بلوک‌های شامل دو خط، اگر زاویه بین دو خط از ۱۵ درجه بیشتر باشد آن خطوط از تصویر حذف می‌گردند. شکل (۱۰) الف) یک بلوک شامل دو خط از جاده می‌باشد که تبدیل هاف خطوط ممتد را منطبق بر جاده با زاویه‌های ۹ و ۱۰ درجه نسبت به محور عمودی استخراج کرده است و این بلوک عضو جاده است.

برای جلوگیری از حذف بلوک‌هایی که شامل تقاطع جاده‌ها می‌باشند، وجود پیکسل‌های جاده در محیط داخلی بلوک ۲۵×۲۵ مورد نظر (که ممکن است نشان دهنده ادامه جاده بلوک مجاور باشد) مانع حذف خطوط بلوک می‌شود؛ مثلاً، دو زاویه استخراج شده در شکل (۱۰) ب) یک تقاطع است و دارای زاویه‌های ۳۴ و ۶۲ می‌باشند؛ ولی چون پیکسل‌های جاده در محیط داخلی بلوک وجود دارد این بلوک نیز عضو جاده است. از شکل (۱۰) ج) دو خط با زاویه‌های ۲ و ۳۷ درجه به دست آمده است و به دلیل اختلاف زاویه بزرگتر از ۱۵ درجه این بلوک از جاده حذف می‌شود.

۳- به دست آوردن اجزای جاده و کدهای زنجیره‌ای

به منظور استخراج نهایی جاده، از استخراج اجزای به هم پیوسته تصویر استفاده می‌گردد. در این مرحله پس از شناسایی اجزای به هم پیوسته در تصویر به منظور اصلاح اجزای جاده، از آن جایی که لبه‌های جاده طولانی می‌باشند، اجزای به هم پیوسته کوچک که شامل تعداد پیکسل بسیار کم است جزء لبه‌های جاده نیستند و باید حذف گردند. در الگوریتم به کار گرفته شده، با توجه به ابعاد انتخاب شده ۱۰۰۰×۷۰۰ پیکسل، حد آستانه تعداد پیکسل‌ها جهت حذف هر جزئی که جاده نیست، ۱۵۰ پیکسل (یعنی ۰.۰۲۱٪ مساحت تصویر) در نظر گرفته شده است؛ یعنی، اگر تعداد پیکسل‌های یک جزء ۱۵۰ یا کمتر از آن باشد، این جزء لبه جاده نمی‌باشد و بنابراین هرس می‌گردد. دیگر ویژگی مهم جاده‌ها در تصاویر هوایی، امتداد جاده در آن تصویر است؛ به طوری که جاده از یک ضلع تصویر وارد و از ضلعی دیگر خارج می‌شود. این شرط طبیعی ۶ وضعیت مسیر متفاوت (بالا-چپ بالا-پایین، بالا-راست، چپ-راست، چپ-پایین، راست-پایین) را برای جاده‌های صحیح به وجود می‌آورد. بنابراین اجزای حاصل شده جاده در صورت عدم داشتن شرط امتداد جاده حذف می‌گردند.

حال برای اجزای به دست آمده کدهای زنجیره‌ای ۸ جهته شکل (۱۱) با حرکت بر روی اجزای جاده به دست می‌آید و سپس به صورت فایل متنی ذخیره می‌گردد.

در هنگام ذخیره‌سازی کدهای زنجیره‌ای اجزای تصویر در ابتدای ذخیره‌سازی کد زنجیره‌ای هر جزء، نقطه شروع (اولین پیکسل چپ - بالا هر جزء) را نیز ذخیره می‌کنیم که در مرحله بازسازی تصویر استفاده می‌گردد.

می‌گردد آزمایش‌ها در دو شرایط نور کافی و نور کم انجام شده است. در موارد اندک در گوشه‌های تصویر باریکه‌ای که از نظر شدت روشنایی و رنگ همانند جاده واقعی است به اشتباه جاده تشخیص داده می‌شود (مانند شکل (۱۶) الف).

برای بررسی عملکرد الگوریتم پیشنهادی، به عنوان یک نمونه، 25 تصویر پایه را با مرجع [۲] که از کدهای زنجیره‌ای نیز استفاده کرده است، مقایسه نمودیم. در جدول (۳) با استفاده از سه شاخص A، B و C نتایج آورده شده است.

Table (3): The evaluation of performance of the proposed algorithm

جدول (۳): ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی

الگوریتم پیشنهادی	مرجع [۲]	
92	88	A
2	5	B
8	12	C

A: درصد پیکسل‌هایی از تصویر که به درستی جاده تشخیص داده شده است.

B: درصد پیکسل‌هایی از تصویر که به اشتباه جاده تشخیص داده شده است.

C: درصد پیکسل‌هایی از تصویر که به اشتباه جاده تشخیص داده نشده است.

دقت و اعتبار به ترتیب از رابطه (۳) و (۴) محاسبه گردیده است.

$$\text{Accuracy} = A / (A+B+C) \quad (۳)$$

$$\text{Validity} = A / (A+B) \quad (۴)$$

با استفاده از روابط (۳) و (۴) دقت و اعتبار به ترتیب ۹۷/۸ و ۹۰/۱ درصد به دست آمد. نتایج در جدول (۴) آورده شده است.

از خطاهایی که در روش ارائه شده پیش می‌آید در تصاویری است که دارای میدان دایره شکل می‌باشند. در این صورت دایره داخلی میدان تشخیص داده نمی‌شود. علت این امر شرط عبور از اضلاع تصویر برای جاده است که در دایره داخلی میدان محقق نمی‌شود. البته وجود میدان در جاده به دلیل اینکه پیش‌فرض تصاویر مورد بررسی، جاده‌های برون شهری است، به ندرت اتفاق می‌افتد. در شکل (۱۷) شناسایی جاده از تصویری که دارای میدان است نشان داده شده است. در جاده‌ی شناسایی شده، دایره داخلی میدان تشخیص داده نشده است.

Table (4): The accuracy and validity

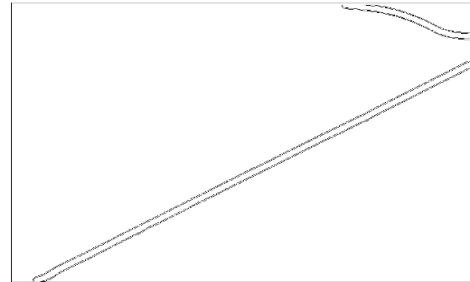
جدول (۴): دقت و اعتبار

الگوریتم پیشنهادی (%)	مرجع [۲] (%)	
90.1	83.8	دقت
97.8	94.6	اعتبار

137 988 6 5 4 4 4 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5
5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5
4 5 4 5 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5
4 5 4 5 4 5 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 4
5 5 4 5 4 5 4 5 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5
5 5 4 5 4 5 4 5 4 ...

شکل (۱۳): نمونه‌ای از کدهای زنجیره‌ای یک جزء جاده

Fig. (13): A sample of chain codes related to a part of the road



شکل (۱۴): تصویر جاده بازسازی شده از کدهای زنجیره‌ای

Fig. (14): The reconstructed road image from chain codes



شکل (۱۵): تصویر هوایی اولیه و جاده استخراج شده با خط سفید

Fig. (15): The original aerial road image and extracted road with white line

دو عدد اول به ترتیب نماینده X و Y نقطه شروع این جزء و بقیه اعداد به ترتیب مسیر محیط جاده را تعیین می‌کند. تصویر جاده بازسازی شده از روی تمام کدهای زنجیره‌ای در شکل (۱۴) آمده است.

شکل (۱۵) مقایسه تصویر هوایی اولیه و جاده استخراج شده را نمایش می‌دهد.

۴- نتایج تجربی

الگوریتم ارائه شده توسط یک برنامه MATLAB پیاده‌سازی و آزمایش شد. در این تحقیق مرجع تصاویر هوایی جاده، پایگاه Google Earth می‌باشد. تصاویر از جاده‌های بین شهری ایران انتخاب شده است. روش ارائه شده بر روی 25 تصویر که از ارتفاع حدود ۳ کیلومتری زمین (معادل 10000 فوت) تهیه شده است، انجام گردید. ابعاد این تصاویر 1000x700 پیکسل است. در شکل (۱۶) نتایج برخی از تصاویر جاده‌های ایران که در آزمایش الگوریتم ارائه شده در این مقاله استفاده گردید، نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده

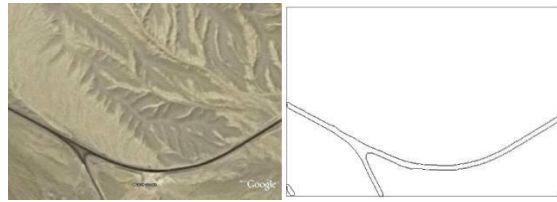
۵- تشخیص خودرو

در مورد تصاویری که در نور آفتاب گرفته شده باشند، نکته جالب توجه استفاده از سایه خودروها برای تشخیص آن‌ها است. در ماتریس اشباع^{۱۲} در مدل HSI، زمانی که پیکسل مورد نظر به سمت تیره شدن یک رنگ پیش برود مقدار اشباع نیز به سمت عدد 1 پیش می‌رود. در سایه خودروها، رنگ تیره (مشکی) وجود دارد و در نتیجه مقدار عددی اشباع در این نواحی بالا است. در شکل (۱۸) تصویر اصلی و مولفه اشباع تصویر نشان داده شده است. در شکل (۱۸) (ب) مقادیر بین 0 الی 1 می‌باشند و رنگ سفید نماد مقدار اشباع "1" و رنگ سیاه نماد مقدار اشباع "0" است. با توجه به رنگ ذاتی آسفالت جاده، متوسط مقدار اشباع رنگ آن پایین‌تر از عدد 0.5 است. اگر مقادیر عددی کوچکتر از 0.5 را در مولفه اشباع بخش‌های متعلق به جاده حذف کنیم، هر کدام از بخش‌های به هم پیوسته باقی‌مانده، نماینده سایه یک خودرو است. این بخش‌ها در شکل (۱۹) با دایره سفید رنگ مشخص شده است. در اجرا، ابتدا بخش‌هایی که جاده است را با توجه به الگوریتم استخراج جاده این مقاله به دست می‌آوریم (شکل (۲۰)) و سایر بخش‌ها را حذف می‌کنیم و مقادیر اشباع را در این نواحی تعیین می‌کنیم. هر کدام از قسمت‌های روشن تصویر مقادیر اشباع، نماینده سایه یک خودرو بر روی جاده است. همان‌طوری که در شکل (۱۹) مشاهده می‌شود، ۷ خودرو در جاده تشخیص داده شده است.

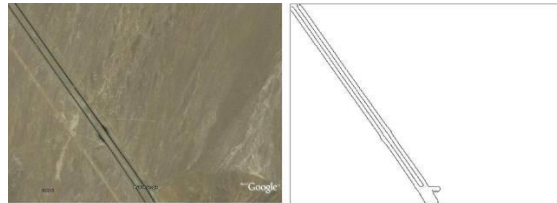
البته زمانی که خورشید، کاملاً عمود بتابد (مثلاً در ظهر) و سایه‌ای وجود نداشته باشد از روش مذکور نمی‌توان استفاده نمود. مشکل دیگر این الگوریتم زمانی پیش می‌آید که دو خودرو به اندازه‌ای نزدیک هم باشند که سایه‌های آن‌ها با هم تداخل داشته باشد که الگوریتم به اشتباه یک خودرو تشخیص می‌دهد.

در مقایسه روش پیشنهادی این مقاله در تشخیص خودرو، در مرجع [۱۹] از رنگ قرمز چراغ‌های پشت خودرو و توابع تقارن برای تشخیص آن استفاده شده است. روش ارائه شده در آن مقاله برای تشخیص خودرو در تصاویر هوایی به دلیل فاصله زیاد تا خودرو کاربرد ندارد.

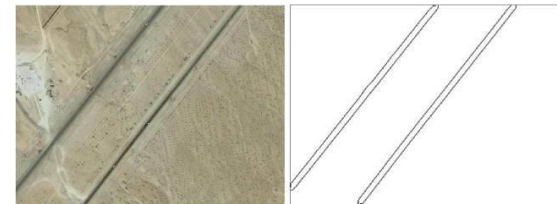
اگر توسط نرم افزار Google Earth از فاصله حدود 600 متری زمین از جاده عکس گرفته شود، حدود ۱ km از جاده به دست می‌آید که می‌توان به شناسایی جاده و تردد خودروها پرداخت. با چندین تصویر در زمان‌های مختلف و یا مکان‌های مختلف (با توجه به نوع کاربرد) از جاده می‌توان متوسط نرخ تردد خودروها را به دست آورد که می‌تواند کاربردهای متنوع مانند مسائل حمل و نقل جاده‌ای داشته باشد.



(الف) جاده فیروزکوه-تهران (نور کافی)



(ب) جاده اصفهان-قم (نور کم)



(ج) جاده سمنان - تهران (نور کافی)

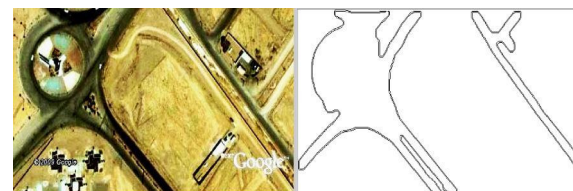


(د) جاده نجف آباد-اصفهان (نور کم)



(ه) جاده قم-تهران (نور کم)

شکل (۱۶): تصاویر هوایی اولیه و جاده استخراج شده با شرایط نور متفاوت
Fig. (16): The original aerial image from different roads with different lightness



شکل (۱۷): اشکال در جاده‌های دارای میدان (میدان قومس - ورودی شهر سمنان)

Fig. (17): The figures in roads containing squares (entrance of Ghomes square-Semnan city)

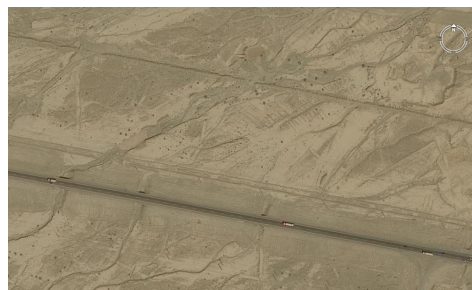
۶- بررسی نتایج و مقایسه

در مرجع [۱۰]، تشخیص جاده با ردیابی کانتور^{۱۳} احتمالی انجام شده است و با استفاده از ردیابی کانتور و تبدیل هاف به هدف خود رسیده است. در این تحقیق از تصاویر CO GE ME Informatica مربوط به ایتالیا استفاده شده است. حساسیت زیاد به نقطه شروع در ردیابی کانتور که در این مقاله به طور خودکار انتخاب می‌شود از مشکلات این روش است.

استفاده از فیلتر کالمن از روش‌های مطرح در مقالات استخراج جاده است [۱۴]. فیلتر کالمن شامل دو مرحله است: به روز رسانی زمان و به روز رسانی اندازه‌گیری. با فیلتر کالمن می‌توان در زمان t ، حالت زمان $t+dt$ را پیش‌بینی نمود و سپس حالت بهینه را در زمان $t+dt$ با استفاده از حالت t تخمین زد. از مزایای فیلتر کالمن قابل اطمینان بودن آن در بحث تئوری تخمین و آمار است. همچنین در هر نقطه شروعی می‌تواند کار تخمین را انجام دهد. فیلتر کالمن می‌تواند بخش‌های جدا (Outlier) از جاده مطلوب را تشخیص دهد و حذف کند. ماشین بردار پشتیبان (SVM) نیز در استخراج جاده استفاده می‌شود. مرجع [۱۳] در دو مرحله به استخراج جاده پرداخته است. در مرحله اول با استفاده از ماشین بردار پشتیبان، تصویر به دو گروه جاده و غیر جاده طبقه‌بندی می‌شود. در مرحله دوم با استفاده از بخش‌بندی و تکنیک رشد ناحیه، قسمت‌های همگن جاده استخراج شده است. در [۱۳] از تصاویر IKONOS و در سال ۲۰۰۰ با همکاری ناسا استفاده شده است و با استفاده از ماشین بردار پشتیبان به دقت طبقه‌بندی ۹۹٪ رسیده است.

در [۲۰] از ویژگی‌های مرز خودرو، مرز شیشه جلو و مرز سایه آن استفاده کرده است. در آن تحقیق، آزمایشات را بر روی ۱۲ تصویر از شهر واشنگتن آمریکا انجام داده‌اند. از نظر دقت، با در نظر گرفتن نرخ اخطار اشتباه^{۱۴} ۲ و ۵ درصد، نرخ‌های تشخیص خودرو در جاده به ترتیب به ۷۰ و ۹۰ درصد رسیده است.

در مقایسه با مقالات [۱۱،۱۳،۱۴،۱۵] که اساس کار آن‌ها به ترتیب، الگوریتم رقابت ناحیه، ماشین بردار پشتیبان، تولید Snaxel و استفاده از فیلتر کالمن، و گروه‌بندی ادراکی می‌باشد، در این مقاله با استفاده از روش‌های سریع فیلتر کردن و ارائه تکنیک‌های شمی^{۱۵} به شناسایی سریع و همچنین دارای دقت مطلوب جاده پرداخته‌ایم. در روش ارائه شده این مقاله با استفاده از نقاط قوت کارهای قبلی مانند استفاده از شدت روشنایی، رنگ و تبدیل هاف، روشی نوین و سریع برای استخراج جاده و تشخیص خودرو ارائه شده است. حذف قسمت‌های جدا از جاده، اتصال قسمت‌هایی از جاده که قطع شده است و نرم کردن خطوط جاده از مزایای برتر این مقاله است. از نکات قابل ذکر در این مقاله استفاده از تصاویر مرجعی است که برای عموم محققان در آینده برای تحقیقات بعدی قابل دسترس باشد. در این مقاله از تصاویر Google Earth استفاده کرده‌ایم. این در حالی است که بیشتر مقالات



(الف)



(ب)

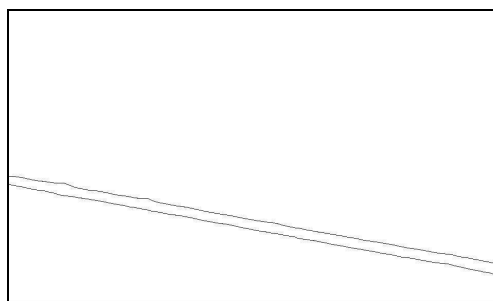
شکل (۱۸): (الف) تصویر اصلی - جاده پاکدشت تهران. (ب) مولفه اشباع تصویر (مقادیر بین ۰ الی ۱)

Fig. (18): (a) The original image Tehran Pakdasht road (b) The saturated component of the image (values from 0 to 1)



شکل (۱۹): خودروهای تشخیص داده شده (با دایره سفید مشخص شده است)

Fig. (19): The distinguished vehicles (white circles)



شکل (۲۰): جاده استخراج شده از تصویر شکل (۱۸)

Fig. (20): The extracted road from the image in Fig. (18)

سیاسگزاری

ضمن تشکر از دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان که این تحقیق از نتایج طرح پژوهشی و با حمایت این واحد انجام شده است.

قبلی از مراجع انحصاری که برخی از آنها ذکر شد، بهره برده‌اند که کار مقایسه دقت و اعتبار با مرجع یکسان را مشکل می‌کند.

۷- نتیجه‌گیری

در این مقاله روشی جدید و سریع برای شناسایی و استخراج جاده و خودرو در تصویرهای هوایی ارائه و اجرا شده است. در این روش، جاده با استفاده از شدت روشنایی، توزیع خاص رنگ جاده، موازی بودن لبه‌های جاده و ویژگی‌های منحصر به فرد آن شناسایی گردیده است. اصلاح و بهبود لبه‌های جاده در چندین مرحله با روش‌های مؤثرتری نسبت به کارهای قبلی، انجام شده و سپس کدهای زنجیره‌ای اجزای تشکیل دهنده جاده به دست آمده است. این الگوریتم بر روی ۲۵ تصویر از جاده در شرایط نور کافی و نور کم آزمایش شد که دقت کدهای زنجیره‌ای به منظور شناسایی جاده حدود ۹۰٪ به دست آمد. سایه خودرو نیز ویژگی مناسبی برای تشخیص خودرو در جاده است.

پی‌نوشت:

- 1- TeleDetection
- 2- Region Competition
- 3- Kalman Filtering
- 4- Multispectral
- 5- Panchromatic
- 6- Saturation
- 7- Intensity
- 8- Random Noise
- 9- Fixed Pattern Noise
- 10- Hough Transform
- 11- Smoothing
- 12- Saturation
- 13- Contour Tracking
- 14- False Alarm Rate
- 15- Heuristic

مراجع

- [1] T.H. Kut, O. Rafieyan, "Automatic road extraction from remote sensing data", *Topography Journal*, Vol.16, No.72, pp.10-14, 2005.
- [2] Y. Nadery, N. Moghadam Charaky, "Road and vehicle extraction from aerial image using color and chain codes", In *Proc. of 14th Nati. Conf. in Elec. Engi.*, Tehran, 2006.
- [3] M.F. Auclair-Fortier, D. Ziou, C. Armenakis, S. Wang, "Survey of work on road extraction in aerial and satellite images", *Tech. Rep. 247, D'epartement de math'ematiques etd'informatique, Universite de Sherbrooke*, 2000.
- [4] W. Harvey, J.C. McGlone, D.M. McKeown, J.M. Irvine, "User-centric evaluation of semi-automated road network extraction", *Phot. Engi. & Rem. Sens.*, Vol.70, No.12, pp.1353-1364, Dec. 2004.
- [5] S. Hinz, A. Baumgartner, "Automatic extraction of urban road network from multi-view aerial imagery", *J. of Phot. & Rem. Sens.*, Vol.58, Issues 1-2, pp.83-98, Jun. 2003.
- [6] J. Amini, M.R. Saradjian, J.A. R.Blais, C. Lucas, A. Azizi, "Automatic road-side extraction from large scale imagemaps", *Arti. Inter. J. of Appl. earth Obse. and Geoinfo.*, Vol.4, Issue 2, pp.95-107, Nov. 2002.
- [7] J.B. Mena, "State of the art on automatic road extraction for GIS update: A novel classification", *Patt. Reco. Lett.*, Vol.24, Issue 16, pp.3037-3058, Dec. 2003.
- [8] J.C. Rojas, J.D. Crisman, "Vehicle detection in color images", *IEEE / ITS*, Boston, MA, pp.403-408, Nov. 1997.
- [9] J.C. Trinder, Y. Wang, "Automatic road extraction from aerial images", *Digital signal processing* 8, pp.215-224, 1998.
- [10] M. Bicego, S. Dalchini, G. Vernazza, V. Murino, "Automatic road extraction from aerial images by probabilistic contour tracking", *IEEE Inte. Conf. on Ima. Proc.*, Vol.3, pp.585-588, Sep. 2003.
- [11] M. Amo, F. Martínez, M. Torre, "Road extraction from aerial images using a region competition algorithm", *IEEE Trans. on Ima. Proc.*, Vol.15, No.5, pp.1192-1201, May 2006.
- [12] J.B. Mena, J.A. Malpica, "An automatic method for road extraction in rural and semi-urban areas starting from high resolution satellite imagery", *Patt. Reco. Lett.*, Vol.26, Issue 9, pp.1201-1220, Jul. 2005.
- [13] M. Song, D. Civco, "Road extraction using SVM and image segmentation", *Phot. Engi. & Rem. Sens.*, Vol.70, No.12, pp.1365-1371, Dec. 2004.
- [14] Tun-Yu Chiang, Yi-Hui Hsieh, W. Lau, "Automatic road extraction from aerial images", *Stanford.edu*, 2001. Online: <http://scien.stanford.edu/class/ee368/projects2001/dropbox/project10/main.html>.
- [15] P. Gamba, F. Dellapose, F. Acqua, G. Lisini, "Improving urban road extraction in high-resolution images exploiting directional filtering, perceptual grouping and simple topological concepts", *IEEE Geos. and Rem. Sens. Lett.*, Vol.3, No.3, pp.387-391, Jul. 2006.
- [16] Li. Xiaobo, Zhi-Qiang Liu, Ka-Ming Leung, "Detection of vehicles from traffic scenes using fuzzy integrals", *Arti. Patt. Reco.*, Vol.35, Issue 4, pp.967-980, Apr. 2002.
- [17] R. Aarhi, S. Padmavathi, J. Amudha, "Vehicle detection in static images using color and corner map", *itc*, 2010 *Inter. Conf. on Rece. Tren. in Info., Tele. and Com.*, pp.244-246, 2010.

- [18] L. Eikvil, L. Aural, H. Koren, "Classification-based vehicle detection in high-resolution satellite images", ISPRS J. of Phot. and Rem. Sens., Vol.64, Issue 1, pp.65-72., Jan. 2009.
- [19] L. Gao, C. Li, T. Fang, Z. Xiong, "Vehicle detection based on color and edge information", ICIAR 2008, pp.142-150, 2008.
- [20] T. Zhao, R. Nevatia., "Car detection in low resolution aerial image", Ima. and Visi. Comp., Vol.21, Issue 8, pp.693-703, 2003.