

مروری بر روش های استخراج راه از تصاویر اخذ شده به کمک پهپاد

اعظم عامری^۱، فرزانه دادرس جوان^{۲*}، نیما زرین پنجه^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد نقشه برداری، فتوگرامتری - دانشکده نقشه برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده های

فنی - دانشگاه تهران

a.ameri@ut.ac.ir

^۲ استادیار دانشکده نقشه برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

fdadrasjavan@ut.ac.ir

^۳ استادیار گروه مهندسی نقشه برداری - دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

nzarrin@qiau.ac.ir

(تاریخ دریافت فروردین ۱۳۹۶، تاریخ تصویب مرداد ۱۳۹۶)

چکیده

راه ها به عنوان شریانهای حیاتی در هر کشور بوده و تامین نقشه های به روز از آنها به شدت مورد توجه قرار گرفته است. استخراج راه ها از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا به خصوص در مناطق شهری در بسیاری از تحقیقات در زمینه سنجش از دور مطرح و مورد توجه است. از سوی دیگر، امروزه پهپادها به عنوان سکوه های ارزان قیمت و در دسترس نقش مهمی در تامین اطلاعات مکانی مورد نیاز ایفا می کند. مساله استخراج راه از تصاویر پهپاد به دلیل جدید بودن این فناوری و تفاوت داده های ورودی از نظر کیفیت و قدرت تفکیک با روش های رایج کنونی برای استخراج جاده از تصاویر ماهواره ای، زمینی و یا تصاویر هوایی متفاوت بوده و به این دلیل نیازمند بررسی و مطالعه بیشتر می باشد. در این مقاله با مرور رویکردهای شناسایی و دنبال کردن جاده در تصاویر حاصل از پهپادها، بررسی و مقایسه روش های پردازشی، مزایا و معایب آن سعی در رسیدن به نتیجه گیری درستی برای انتخاب تکنیک مناسب جهت استخراج اتوماتیک راه از تصاویر پهپاد داریم. در نتیجه بررسی های انجام شده، استفاده از روشی ترکیبی مانند گراف-کات و دنبال کردن جاده بر اساس هموگرافی پیشنهاد می شود.

واژگان کلیدی: استخراج جاده، تصاویر پهپاد، پردازش تصاویر، شناسایی راه، استخراج اتوماتیک، مرور روش ها

۱- مقدمه

معطوف کرده است، پرنده های بدون سرنشین^۱ یا همان پهپادها می باشند. پهپادها کاربردهای زیادی در زمینه های مختلف دارند. آن ها قابلیت دسترسی به مکان هایی را دارند که رسیدن به آنجا برای انسان بسیار دشوار و بعضا خطرناک است. در موارد زیادی مانند وقوع بلایای طبیعی، لزوم دسترسی فوری به اطلاعات مکانی زمینی و تصویر برداری آبی و ژئوفرانس شده حیاتی است. در دهه های گذشته اغلب از تصاویر ماهواره ای برای این کار استفاده می شد که رزولوشن پایینی داشت، اما اگر تصاویر ماهواره ای در زمان و مکان مناسب در اختیار نبوده و رزولوشن نامناسبی داشته باشد، احتیاج به ابزاری مانند پهپاد برای تهیه داده های مورد نظر به صورت آبی، دقیق و با کیفیت بالا خواهیم داشت. [۲]

پهپادها، در زمینه های مختلف از جمله در صنعت حمل و نقل به طور گسترده ای مورد استفاده قرار گرفته اند. در سال های اخیر استفاده از کاربردهای پهپاد بخاطر دسترسی و سرعت نسبی بالا به طور چشمگیری افزایش پیدا کرده است [۳]. می توان از توانایی اخذ دیتای زیاد و با کیفیت از منابع مختلف، قیمت ارزان برای پایش یک منطقه وسیع، توانایی انطباق با مقیاس های زمانی و مکانی مختلف و همچنین توانایی حمل سنسور های مختلف به عنوان قابلیت های ویژه ای که پهپاد را برجسته کرده است، نام برد. پهپاد فرآیند مکملی برای بهبود عملکرد سیستم حمل و نقل می باشد. شناسایی و دنبال کردن یک راه خاص در تصاویر پهپاد، نقش مهمی در هدایت خودکار پرنده، پایش ترافیک، دنبال کردن وسایل نقلیه زمینی و مدل کردن شبکه راهها دارد [۴]، [۵]. شکل ۱ نمایی کلی از تصویر برداری عوارض زمینی توسط پهپاد را ارائه داده است.



شکل ۱- شمای کلی تصویربرداری توسط پهپاد

اطلاعات مکانی در هر کشوری زیر ساخت اطلاعات و تصمیم گیری های کلان بوده و رشد و توسعه پایدار نیازمند اطلاعات دقیق، به روز و قابل اطمینان از مناطق شهری و غیر شهری می باشد. امروزه دستیابی به اطلاعات زمین مرجع برای بسیاری از متخصصان و تصمیم گیران در حوزه داده های مکانی، دارای اهمیت بسزایی است.

استخراج عوارض از تصاویر هوایی و ماهواره ای، نوعی فناوری مکمل برای دستیابی به این گونه اطلاعات به شمار می آید که تفسیر و آنالیز تصویر را ساده تر ساخته و به منظور بهنگام سازی پایگاه های داده به کار می رود. با گسترش علوم فتوگرامتری و سنجش از دور، طیف وسیعی از داده های مکانی در دسترس علوم مختلف قرار گرفته است. به منظور استخراج اطلاعات از تصاویر، اغلب از روش های دستی و غیر خودکار استفاده می شود که زمان بر و پرهزینه اند. به منظور غلبه بر این محدودیت ها، استفاده از روش های خودکار برای استخراج اطلاعات و آنالیز محتویات تصویر مورد نیاز است [۱].

راهها همواره به عنوان شریان های حیاتی ارتباطی، تجاری و زندگی بشر در جهت رفع نیازهای متقابل مناطق عمل کرده اند، به طوری که تامین هزینه های سنگین راه سازی در کشورها نیز نشان دهنده اهمیت فراوان و روز-افزون این موضوع می باشد. استخراج خودکار راه از تصاویر در کاربردهای حمل و نقل نقشی اساسی ایفا می کند، چرا که موجب ایجاد، نگهداری و به روز رسانی پایگاه داده شبکه راهها به منظور انجام فعالیت هایی چون مدیریت ترافیک، نوبری خودکار وسایط نقلیه، حفظ امنیت و ارزیابی خطر ها و بلایای طبیعی، تسهیل و فراهم آوردن زمینه مشارکت و همکاری برای تولید، تبادل و به اشتراک گذاری داده های مکانی در قالب زیرساخت داده مکانی و جلوگیری از موازی کاری و دوباره کاری ها می گردد.

علوم ژئوماتیک و نقشه برداری همواره از رشد و توسعه تکنولوژی در جهت ارتقاء کیفیت داده های جمع آوری شده چه به لحاظ مادی و چه نیروی انسانی و زمان بهره برده است. از مهمترین دستاوردهای دهه اخیر که بهره گیری از آنها در نقشه برداری توجه زیادی را به خود

^۱ Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)

به صورت خط ظاهر می گردد. برخلاف آن، در تصاویر با قدرت تفکیک بالا (کمتر از نیم متر در هر پیکسل)، راه به صورت عارضه ای دارای درجه خاکستری متفاوت و براق، ناحیه ای هموزن و ممتد و بلند، همراه با عرضی تقریباً ثابت و مرزهای منحنی شکل دیده می شود [۷].

استخراج راه از تصاویر پهپاد باتوجه به ارتفاع پایینتر پرنده و قدرت تفکیک بالاتر، متفاوت با متد های کنونی است. اغلب متدهای اخیر خصوصاً در مواجهه با روش های دستگاه های هدایت پذیر زمینی^۳، به شدت وابسته به استخراج خطوط راهنمای جاده و نقطه ناپدیدشدگی^۴ هستند. این ویژگی به درستی با استفاده از پهپاد همخوانی ندارد، چرا که معمولاً لبه های جاده و یا خطوط نشانه کناره های جاده برای استخراج از تصاویر با توجه به ارتفاع پهپاد کافی نیستند. همچنین دید پهپاد ها عموماً دید به پایین است اما برای استفاده از متدهای وابسته به نقطه ناپدیدشدگی (جایی که لبه های جاده در افق به هم می رسند)، به دید خیلی مایل تر از تصویربرداری توسط پهپاد ها نیاز است و پرسپکتیو مورد نیاز با پرسپکتیو پهپادها مطابقت ندارد. همچنین متدهای زیادی در دهه اخیر برای شناسایی، استخراج و کلاسه بندی راه از تصاویر ماهواره ای ارائه شده است، اما باید توجه داشت که این استخراج شامل خطوط و نقاط تقاطع راه ها و در حقیقت شبکه راهها می گردد که مورد توجه ما در استخراج جاده توسط پهپاد نیست.

استخراج راه با استفاده از قطعه بندی و کلاسه بندی، توسط سه الگوریتم مشهور کلاسه بندی الف) قطعه بندی پیرامید ب) کلاسه بندی بایاس ساده^۵ و ج) ماکزیمم انتظار^۶ انجام می شود که این روش ها در مناطق دشت و بیابان عملکرد ضعیفی داشته و مناطق زیادی را به اشتباه تشخیص می دهد [۵].

همچنین در تصاویر پهپاد، جاده ها تغییر ناگهانی زیادی در بین فریم های متوالی ندارند، لذا استفاده از تکنیک های ترکینگ در این نوع داده مقرون به صرفه است [۸].

این تکنیک به شرایط ویژه ای مانند داده های پهپاد نیاز دارد و نمی توان به خوبی روش های مورد استفاده در استخراج زمینی و یا ماهواره ای جاده را با آن منطبق نمود.

تاکنون روش های زیادی جهت استخراج راه از تصاویر ارائه شده است، اما به دلیل جدید بودن پلت فرم پهپاد در مصارف سنجش از دور و همچنین متفاوت بودن نوع دیتا و هدف مورد انتظار از این تصاویر، نیاز به یک بررسی کلی در مورد روش های استخراج عوارض و به طور خاص جاده از این تصاویر است.

۲- استخراج راه در تصاویر پهپاد

راه ها شبکه های وسیع و مهم ساخته دست بشر می باشند و تحقیقات زیادی برای آشکار سازی آنها صورت گرفته است. عموماً استخراج راه در سه مرحله صورت می گیرد: پیدا کردن^۱ راه، دنبال کردن^۲ آن و اتصال قطعات راه. استخراج راه به صورت دستی، اتوماتیک و نیمه اتوماتیک می باشد. روش دستی دقت بالایی دارد ولی از لحاظ زمان و هزینه مقرون به صرفه نمی باشد. تفاوتی که بین روش اتوماتیک و نیمه اتوماتیک وجود دارد در مرحله اول می باشد، در روش نیمه اتوماتیک اپراتور در مرحله اول استخراج راه نقش دارد ولی در روش اتوماتیک این مرحله هم به صورت خودکار می باشد. روش های مختلفی برای استخراج اتوماتیک راه وجود دارد از جمله: طبقه بندی و بخش بندی، مدل های فازی، شبکه های عصبی، الگوریتم ژنتیک و آنالیزهای کلاسه بندی تصاویر، مدل منحنی فعال، برنامه ریزی پویا، چند مقیاسه و چند رزولوشنی، متدهای برپایه فیوژن، چند زمانه و دنبال کردن راه و غیره [۶].

با اینکه روش های بسیاری برای استخراج جاده وجود دارد، چندین مساله و چالش به دلیل شرایط نواحی مختلف حل نشده باقی می ماند (به طور مثال موانع شناسایی راه های شهری مانند ابر ها، ساختمان ها، سایه ها، درخت ها و ماشین ها). بنابراین متدهای سنتی که فقط راه اصلی با یک زمینه ساده را در نظر می گیرند اغلب در مواجهه با شرایط پیچیده شکست می خورند. همچنین با توجه به ارتفاع پرواز و مقیاس تصویر برداری، راه به اشکال گوناگونی در تصویر ظاهر می شود و حتی در برخی موارد نیمی از تصویر را در بر می گیرد. در تصاویر با قدرت تفکیک پایین (۲ متر در هر پیکسل)، عمدتاً راه

^۳ UGVs

^۴ vanishing point

^۵ Naive Bayes-NB

^۶ Expectation-Maximization

^۱ detection

^۲ tracking

بنابراین برای انتخاب تکنیک مناسب ابتدا باید وضعیت، ویژگی و فاکتورهای ممتاز و اصلی داده های ورودی را سنجید و سپس اقدام به شناسایی و استخراج عارضه کرد [۶].

۳- مروری بر روش های استخراج راه

در ادامه به مرور روش هایی که تاکنون برای استخراج راه از تصاویر حاصل از پهپادها ارائه شده است خواهیم

پرداخت. در جدول (۱) مروری بر مقالات مرتبط و متد مورد استفاده در استخراج جاده از تصاویر هوایی (و بعضا تصاویر ماهواره ای رزولوشن بالا) و به خصوص تصاویر پهپاد کرده ایم. طبق بررسی انجام شده اکثر رویکرد های استخراج راه از تصاویر پهپاد، شامل دو بخش اصلی شناسایی جاده و دنبال کردن آن در فریم های متوالی ویدئوی اخذ شده اند، بنابراین این جدول به شکل زیر ارائه شده است (ترتیب قرارگیری مقالات براساس سال انتشار می باشد).

جدول ۱- مرور روش های استخراج راه

پلتفرم	توضیحات	دنبال کردن	شناسایی
پهپاد	برای تصاویری که با دیگر تصاویر پوشش ندادن، از گراف کات آنلاین استفاده کرده اند. خوشه بندی توسط Orchard & Boumand binary splitting انجام می شود.	هموگرافی ^۱ (سرعت آن وابسته به سه عامل: سرعت شناسایی نقاط کلیدی، ترکر KLT برای پیدا کردن اتصالات و تخمین گر هموگرافی با RANSAC)	گراف کات ^۲ ، تنظیم پارامترهای اولیه توسط نمونه های اولیه کلاس راه با استفاده از مدل مخلوط گوسین ^۳
پهپاد	این الگوریتم در مناطق روستایی به خوبی عمل کرده است و زمان پردازش در آن کمتر بوده است.	دنبال کردن بر اساس هموگرافی	گراف کات- برش گراف بر اساس وزن تعریف شده بین پیکسل ها بر طبق میزان مشابهت
پهپاد	از Orchard-Boumand برای خوشه بندی اولیه استفاده شده است.	از هموگرافی سریع برای دنبال کردن جاده استفاده شده است.	گراف کات برای شناسایی جاده در ابتدا و برخی فریم های میانی
-	مقاله مروری بوده و به تعریف پارامترها مهم در استخراج جاده می پردازد. روش های استخراج عارضه به دو دسته مدل مینا و پیکسل مینا تقسیم می شوند.		
پهپاد	به منظور هدایت پرنده صورت گرفته و در هر شناسایی جاده یا عوارض خطی، میزان آفست و دوران لازم برای هدایت پرنده محاسبه می شود. این تحقیق برای شناسایی سریع و ارزان عوارض خطی، به طور خاص جاده و راه آهن با تصاویر مرئی پهپاد انجام شده است. نتایج نشان می دهد با افت رزولوشن، الگوریتم مورد نظر دقت خود را برای شناسایی جاده از دست نمی دهد اما در مورد راه آهن به این گونه نیست.		یک کلاسه بندی کننده ی ماشین های هدایت برداری بر پایه رنگ، بازتابندگی، درخشندگی و کانال آبی، مناطق جاده را تشخیص می دهد.
پهپاد	مروری بر روی روش ها استخراج و دنبال کردن راه با استفاده از تصاویر پهپاد در مناطق شهری		
پهپاد	استخراج جاده را به دو مرحله شناسایی و دنبال کردن جاده تقسیم کرده است. گراف کات و هموگرافی را به عنوان روشی بهینه برای شناسایی و دنبال کردن معرفی تشریح کرده است.		
پهپاد	۲۷۶۰ فریم توسط این مدل ارزیابی شد که تنها در ۱۶ فریم آن جاده شناسایی شد. طبق آزمایشات دریافته اند که در پهپاد های ارتفاع پایین و با سرعت بالا، خطای دریافت هموگرافی به صورت زیگزاگی تغییر می کند.	دنبال کردن بر اساس هموگرافی این روش فقط در یک پنجره خاص ROI اجرا می شود تا زمان پردازش پایین بیاید. پنجره مورد نظر توسط اطاعات جی پی اس و آی ام یو پهپاد قابل محاسبه است.	آموزش مدل رنگ جاده توسط مدل مخلوط گوسین با استفاده از تصاویر آموزشی و محاسبه میزان انطباق نواحی در فریم ها با تابع احتمال گوسین برازشی
پهپاد	الگوریتمی برای شناسایی باند فرود پهپاد پیشنهاد داده است.	نتایج موقعیت جاده توسط فیلتر کالمن (دنبال کردن و ترکیب اطلاعات سنسور های مختلف) به روز رسانی می شود.	بر مبنای ترکیب قطعه بندی براساس رقابت ناحیه ای و مینیمم سازی تابع انرژی برای شناسایی لبه های باند فرود است.

^۱ homography

^۲ graph-cut

^۳ GMMs

پلتفرم	توضیحات	دنبال کردن	شناسایی
پهپاد	تفاوت این مقاله با سایر مقالاتی که از گراف کات و هموگرافی استفاده کرده اند، بررسی تصاویر پهپاد در ارتفاع ها و رزولوشن های متفاوت است.	هموگرافی. با انباشته شدن خطای های کوچک دریافت، این خطا قابل توجه است که با به روز رسانی هموگرافی این مشکل حل خواهد شد.	گراف کات - آموزش قطعه بندی توسط نمونه های اولیه و استفاده از مدل مخلوط گوسین و به روز رسانی آن
پهپاد	دو متد عمده برای شناسایی جاده وجود دارد، قطعه بندی و شناسایی قطعات خطی. در مورد پهپاد با ارتفاع پایین قطعه بندی گزینه منطقی تری به نظر می رسد.	موزاییک کردن تصاویر از طریق دنبال کردن مناطق شناسایی شده ی جاده به سادگی امکان پذیر است.	قطعه بندی توسط کامین. تصویر باینری منطقه و عملگر های مورفولوژی برای بهبود مرزها، از آنالیز بهم پیوستگی اجزا برای تشخیص جاده استفاده می شود.
وسایل زمینی	در مورد استخراج جاده از تصاویر زمینی توسط وسایط نقلیه است اما از آنجا که اکثرا در پیشینه تحقیق مقالات استخراج جاده با پهپاد آورده شده است، در اینجا مورد بحث قرار می گیرد.	شناسایی دانه های اولیه در هر فریم با استفاده از جریان های نوری. تولید اتوماتیک دانه توسط ورژن Horn-Schunck صورت می پذیرد.	با استفاده از الگوریتم RWA قطعه بندی را انجام می دهد.
پهپاد	با شناسایی سگمنت های خطی توسط تابع هاف ^۱ ، مناطق شناسایی شده بهبود می یابد و کلاس نهایی راه توسط خوشه بندی نقطه ای مشخص می گردد.	در فریم های متوالی با استفاده از اطلاعات جی پی اس و قیودی ناحیه جستجوی جاده محدود شده و روند پردازش سرعت گرفت.	ترشد بر پایه هیستوگرام
پهپاد	این مقاله، پایه مقاله ی [۱۵] است و براساس تصاویر پهپاد در مناطق دشت ارائه شده است.	یک ترشد بر پایه هیستوگرام برای شناسایی اولیه نواحی جاده به کار می رود، پس از آن یک تابع احتمال تبدیل هاف بر اساس سگمنت های خطی شناسایی شده اقدام به بهبود نواحی اولیه و استخراج راه می کند.	[۱۱]
پهپاد	قیودی شامل موازی بودن خطوط، حداقل طول، فاصله خطوط از هم و غیره	با استفاده از شناسایی قطعات خطی و رشد ناحیه، با اعمال قیودی برای تشخیص خطوط مربوط به جاده، مرزهای راه را شناسایی کردند.	[۱۶]
هوایی	مدل کردن جاده توسط تابع مریت، بر اساس ویژگی های هندسی و رادیومتریکی جاده مانند هموزن بودن پیکسل های آن صورت می گیرد.	از یک متد نیمه اتوماتیک سه بعدی برای استخراج محور مرکزی جاده در تصاویر پوشش دار استریوسکوپیک هوایی استفاده کرده است. یک استراتژی بر مبنای برنامه ریزی پویا برای حل مساله در فضای عارضه پیشنهاد شده است. ابتدا تعدادی دانه اولیه در یکی از تصاویر مشخص کرده و آنها را به فضای عارضه منتقل می کنیم.	[۱۷]
سنجش از دور	بهبود نتایج توسط مورفولوژی	قطعه بندی کامین، شناسایی در تک عکس صورت گرفته و دنبال کردن ندارد.	[۱۸]
پهپاد	به منظور هدایت خودکار پرنده بر اساس شناسایی مرزها و خطوط زمینی است. نگه داشتن پرنده در مسیر توسط محاسبه شروط در حین پرواز (به طور مثال برای خط ساحلی: پیکسل های دریا و ساحل باید برابر باشند)	شناسایی لبه ها توسط اپراتور سوپل	[۱۹]
پهپاد	هدف شناسایی وسایل نقلیه از تصاویر پهپاد است.	در ابتدا با استفاده از الگوریتم ژنتیک و شبکه های عصبی تصویر را خوشه بندی کرده، پس از باینری سازی و اعمال فیلتر مورفولوژی، با استفاده از ساختار کاهش پس زمینه وسایل نقلیه شناسایی می شوند.	[۲۰]
پهپاد	پایش و هدایت پهپاد با استفاده از المان های خطی بصری. خطای این روش توسط یه لوپ بسته شناسایی و کنترل گشته است.	به دست آوردن مقاطع عرضی، مرزها و پس از آن نقطه ناپدیدشدگی	[۲۱]

^۱ Hough transform

پلتفرم	توضیحات	دنبال کردن	شناسایی
هوایی	نوآوری آن اتوماتیک بودن شناسایی دانه های اولیه توسط فوت پرنیت هاست.	با استفاده از رشد ناحیه بر اساس هموژن بودن محیط، محیط بسته شامل راه ها استخراج می شود.	[۲۲]
هوایی	مهمترین مزیت این رویکرد توانایی مقابله با سایه ها و عوامل مزاحم است.	ترکیب شناسایی چند مقیاسه راه و پارامتر های هندسی نظیر لبه های استخراج شده توسط روش اسنیک (snakes)	[۷]

۴- ارزیابی روش های استخراج راه

استخراج خودکار اطلاعات سطح زمین با استفاده از فتوگرامتری و سنجش از دور، نیازمند عددی کردن معلومات انسانی و داده های تصویر است، به گونه ای که تمام محتوی تصویر را در بر گیرد. البته انجام این عمل کار چندان ساده ای نیست، چرا که عوارض موجود در روی تصویر دارای ساختار پیچیده ای هستند. علت این پیچیدگی این است که هر تصویر، ترکیبی است از عوارض مختلف مانند پوشش گیاهی، عوارض ژئولوژیکی و هیدروژئولوژیکی، عوارض ساخت دست بشر مانند ساختمان ها و راه ها است [۱۰]. همچنین مشکلاتی که در اثر تغییر روشنایی صحنه به وجود می آید مانند وجود سایه ابر، کاستی های سنجنده ۲- بر پیچیدگی کار می افزاید. برخی عوامل محدودکننده استخراج خودکار راه نیز وجود دارند که در این بین می توان به نوع پوشش زمینه تصویر و یا عوارض موجود در همسایگی راه، چند راهی ها و تقاطعات، حد تفکیک مکانی تصویر، عبور راه از مناطق شهری دارای ساختمان های زیاد، وجود عوارضی مانند وسایل نقلیه موجود در جاده ها، پل ها و سایه های حاصل از آنها و وجود پدیده هایی با درجات خاکستری مشابه با راه در تصویر مانند پارکینگ ها و باند فرودگاه ها اشاره کرد. لذا در انجام بررسی به منظور استخراج اطلاعات، بایستی دانش انسانی، داده های رقمی موجود و ارتباط بین آنها در نظر گرفته شوند.

با توجه به اهمیت مسئله استخراج راه، تاکنون روش های مختلفی در این خصوص ارائه شده اند. در بررسی های انجام شده می توان سه دسته بندی کلی بر اساس روش کلی مورد استفاده جهت استخراج جاده یافت. اولین و مشهورترین روش استفاده از خطوط راهنما و علائم جاده می باشد. این روش بسیار ساده و سریع بوده و قادر است حتی با استفاده از تصاویر سیاه-سفید نیز راه را استخراج کند. اما این روش غالباً برای تصویر های اخذ شده توسط وسایط زمینی و یا پهپاد های با ارتفاع بسیار پایین مورد استفاده قرار می گیرد و در جاده هایی که خطوط

راهنمای^۱ آن کانتراست مناسبی برای استخراج ندارد و یا راه های روستایی که فاقد این علائم است، کاربردی ندارد. دومین دسته بندی شامل تکنیک های رایج مانند قطعه بندی بر اساس شدت روشنایی و رنگ برای استخراج ناحیه اولیه جاده و سپس بهبود نواحی با استفاده از تکنیک های خطی برای استخراج لبه های جاده است. و اما تکنیک های گروه سوم که به منظور کاهش خطرات اشتباه، تاثیر سایه ها و موانع و همچنین افزایش دقت و پایداری به کار می رود، شامل تکنیک هایی مانند جریان های نوری، استریو ویژن و دنبال کردن است [۳].

انتخاب بهترین رویکرد مناسب استخراج عارضه در کاربرد های آبی ناوبری بصری، وابسته به چندین پیش نیاز است، از میان آنها می توانایی تشریح یکتای عارضه را با کمترین میزان اطلاعات دارند، ترجیحاً روش هایی که مستقل از مقیاس و جهت هستند به کار برده می شوند.

یک الگوریتم یکتا که به تنهایی قادر به استخراج جاده در شرایط متفاوت باشد، نسبت به نویز حساس نباشد، هیچ مقدار ترشلدی نخواهد، به طور کامل اطلاعات را مدل کند و در موارد مختلف عملکرد تقریباً یکسان و خوبی داشته باشد، دست نیافتنی است. در این حالت به کار بردن یک الگوریتم برای کامل کردن تشخیص اولیه ضروری است.

در تمام پروسه های پردازش تصاویر سنجش از دوری، با استفاده از تنها یک تکنیک برای جستجوی عارضه ی مورد نظر، بخاطر عوامل متعددی، نتایجی ناکامل و کم دقت به دست آمده است. دو توضیح برای شکست استفاده از یک متد برای شناسایی عارضه وجود دارد:

الف) عارضه موجود در تصویر شبیه به مدل شبیه سازی شده نیست. (در شرایط متفاوت به صورتی غیر از مدل ظاهر شود).

^۱ Lane marks

- احتیاج به مقدار دهی اولیه به صورت دستی و/ یا داده های آموزشی اولیه (میزان اتوماتیک بودن)
- میزان دقت و کارآمدی الگوریتم
- موجود بودن نقشه های کارتوگرافی یا دارای لیبیل
- دانش قبلی راجع به ویژگی های جاده در محیطی که الگوریتم اعمال می شود
- گام های موجود برای پس پردازش
- قدرت محاسباتی سیستم

شکل زیر چیدمانی کلی از الگوریتم های به دست آمده از تکنیک های موجود شناسایی جاده در مقاله ی [۶] را به نمایش گذاشته است (مراحل اجباری با مستطیل های تو پر از مراحل غیرضروری متمایز شده اند). تعداد زیادی از مراحل اجرا با توجه به المان ها و ترتیب قرار گیریشان متفاوت خواهد بود. در نهایت کاربر با توجه به المان های مطابق با کاربرد مورد نظر و ویژگی های جاده مشاهده شده در تصویر، المان های مورد نیاز را انتخاب خواهد کرد. علی رغم اینکه این پیشنهاد کلی بوده و لزوماً برای استفاده از تصاویر پهپاد پیشنهاد نشده است، اما بسیار کاربردی و راه گشاست.

(ب) عارضه موجود در تصویر با الگوی مدل ایجاد شده مطابقت دارد اما بخاطر بدوضعی الگوریتم شناسایی نمی شود [۲۳].

تنوع و گوناگونی ویژگی های هندسی و رادیومتریک جاده ها ممکن است توسط رویکردهای متفاوتی مورد استفاده قرار گیرد که از این نظر تکنیک را خاص کرده و برای مقاصد و مناطق خاصی مورد استفاده قرار می گیرد (به طور مثال اسنیک و دنبال کردن جاده برای مناطق روستایی و برعکس آن در رویکردهای طیفی اطلاعات بافت و مکانی برای مناطق شهری با هم ترکیب می شود). رویکردهای ترکیبی ادغام چندین پارامتر جاده (بافت، طیف و اطلاعات مکانی) را اجازه می دهند و به عنوان یک راه حل جایگزین برای الگوریتم های سازگار مطرح می شوند. یکی دیگر از رویکردهای ترکیبی در ابتدا از یک تکنیک سگمنتیشن و کلاسیفیکیشن استفاده کرده و در مرحله پس پردازش با اعمال ترکیب و گروه بندی و یا سیستم امتیاز دهی، نتایج را اصلاح کرده و یا بهبود می دهند [۶].

انتخاب الگوریتم استخراج می تواند وابسته به فاکتورهای زیر باشد:



شکل ۲- روند پیشنهادی کلی شناسایی جاده در تصاویر سنجنش از دور

یکی از برجسته ترین راه های اخیر برای شناسایی جاده در تصاویر پهپاد، استفاده از توالی زمانی و مکانی است اما پیش نیاز و لازمه آن شناسایی جاده در چند تک عکس برای مقادیر اولیه و کنترل خطا در فریم های میانی می باشد. روش معروف دیگری که در برخی مقالات برای استخراج جاده در تصاویر پهپاد مورد استفاده قرار گرفته است، استفاده از تابع انتقال هاف و اعمال قیودی مانند حداقل طول قطعات خطی شناسایی شده در تصویر جهت بهبود شناسایی است. این روش بسیار سریع و آسان است اما اکثرا بر روی تصاویر جاده های دشت و خالی از عوارضی مانند درخت و سایه و ... مورد ارزیابی قرار گرفته است. همچنین با وجود بهبود الگوریتم برای شناسایی تقاطعات و جاده های منحنی شکل، هنوز این الگوریتم ها دارای ضعف هایی در شناسایی جاده هاست. ساده ترین روش در مقالات مروری استفاده از ترشلد بر پایه هیستوگرام و بهبود نتایج توسط قطعات خطی شناسایی شده است که نیاز این الگوریتم به مشخص کردن پارامترهایی نظیر ترشلد، و تشخیص اشتباه برخی عوارض مشابه و نویز ها به عنوان جاده از ضعف های این گونه روش ها می باشد.

طبق مقایسه های انجام شده، پیشنهاد ما این است که یک راه حل ترکیبی با توجه به نیاز مورد نظر، نوع خروجی مورد انتظار، هزینه اعمال الگوریتم، امکانات و محدودیت های هر الگوریتم نیز در کنار کیفیت و دقت خروجی در نظر گرفته شود. طبق پیشنهادات مکرر در مقالات و ارزیابی نتایج آن، روش گراف کات به خاطر پایداری و استحکام بالا برای استخراج جاده از تصاویر پهپاد در ارتفاع های مختلف پیشنهاد می گردد. همچنین به سبب سرعت و عملکرد دنبال کردن جاده بر پایه هموگرافی، توصیه می شود از این تکنیک برای دنبال کردن جاده در تصاویر پهپاد استفاده گردد.

۵- نتیجه گیری

استخراج خودکار راه ها به عنوان شریانهای حیاتی از تصاویر یکی از مهمترین موضوعات مطرح در سنجش از

دور می باشد. از سوی دیگر استفاده از پهپادهای مجهز به سنجنده تصویربرداری امروزه به عنوان یکی از مطرح ترین سکوهاي اخذ داده های مکانی مورد توجه بسیار قرار گرفته است. از این رو در این مقاله به بررسی و ارزیابی روش های مطرح و مورد استفاده در استخراج خودکار راه ها از تصاویر حاصل از این سکوها پرداخته شده است.

روش های قابل استفاده برای این منظور بسیار متنوع بوده که از جمله مهمترین آنها می توان به روش های بر مبنای درجه خاکستری، بر مبنای لبه های بارز مانند خطوط راهنمای جاده، ترکیب این دو در قطعه بندی و کلاسه بندی و روش های بر مبنای توالی فریم ها موسوم به جریان های نوری اشاره نمود. این در حالیکه الگوریتم یکتایی که به تنهایی قادر به استخراج جاده در شرایط متفاوت باشد، نسبت به نویز حساس نباشد، هیچ مقدار ترشلدی نخواهد، به طور کامل اطلاعات را مدل کند و در موارد مختلف عملکرد تقریبا یکسان و خوبی داشته باشد، دست نیافتنی است. بنابراین ترکیب چند الگوریتم برای کامل کردن شناسایی ضروری است.

پیشنهاد این مقاله آن است که یک راه حل ترکیبی با توجه به نیاز مورد نظر، نوع خروجی مورد انتظار، هزینه اعمال الگوریتم، امکانات و محدودیت های هر الگوریتم نیز در کنار کیفیت و دقت خروجی در نظر گرفته شود. بررسی انجام شده در این تحقیق نشان داد که روش گراف کات به خاطر پایداری و استحکام بالا (استفاده توامان از دو ویژگی رنگ و ساختار) برای استخراج راه از تصاویر پهپاد در ارتفاع های مختلف می تواند نتایج امیدوار کننده تری نتیجه دهد. همچنین به سبب سرعت و عملکرد دنبال کردن جاده بر اساس هموگرافی، توصیه می شود از این تکنیک برای دنبال کردن جاده در تصاویر پهپاد استفاده شده و با اعمال قیودی مانند مستطیل محاطی، ناحیه جستجو در فریم های بعدی محدود شده تا سرعت پردازش بالا رود.

مراجع

- [1] Lin, Y. and S. Saripalli. Road detection from aerial imagery. in Robotics and Automation (ICRA), 2012 IEEE International Conference on. 2012. IEEE.
- [2] Kalyani Chopade, M.S.K.G., Efficient road detection and tracking for unmanned aerial vehicle in urban area. IJIRSET, 2016. 5(6).

- [3] Zhou, H., et al., Efficient road detection and tracking for unmanned aerial vehicle. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2015. 16(1): p. 297-309.
- [4] Chopade, K. and M.S.K. Guru, A Survey: Unmanned Aerial Vehicle for Road Detection and Tracking. 2015.
- [5] Raut, M.V., Y. Kurwade, and V. Thakare, Road Detection and Tracking For UAVs. 2016.
- [6] Volkova, A. and P.W. Gibbens. A comparative study of road extraction techniques from aerial imagery-a navigational perspective. in *Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2015)*. 2015. Engineers Australia.
- [7] Laptev, I., et al., Automatic extraction of roads from aerial images based on scale space and snakes. *Machine Vision and Applications*, 2000. 12(1) :p. 23-31.
- [8] Zhou, H., et al. Fast road detection and tracking in aerial videos. in *Intelligent Vehicles Symposium Proceedings, 2014 IEEE*. 2014. IEEE.
- [9] L. LAXMI, C.A., Dr. B.R. VIKRAM, Efficient Road detection based on UAV using analytical graph cut and fast homography. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PROFESSIONAL ENGINEERING STUDIES*, 2016.
- [10] Crommelinck, S., et al., Review of Automatic Feature Extraction from High-Resolution Optical Sensor Data for UAV-Based Cadastral Mapping. *Remote Sensing*, 2016. 8(8) :p. 689.
- [11] Evan Smith, d.w., Linear infrastructure detection for Real-time UAV control. 2015
- [12] Abu-Jbara, K., et al. A robust vision-based runway detection and tracking algorithm for automatic UAV landing. in *Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 2015 International Conference on*. 2015. IEEE.
- [13] Radford, S.C., Real-time roadway mapping and ground robotic path planning via unmanned aircraft. 2014, Virginia Tech
- [14] Siogkas, G.K. and E.S. Dermatas, Random-walker monocular road detection in adverse conditions using automated spatiotemporal seed selection. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2013. 14(2): p. 527-538.
- [15] Lin, Y. and S. Saripalli, Road detection and tracking from aerial desert imagery. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 2012. 65(1): p. 345-359.
- [16] Cao, Y. and L. Yan. Automatic road network extraction from UAV image in mountain area. in *Image and Signal Processing (CISP), 2012 5th International Congress on*. 2012. IEEE.
- [17] Dal Poz, A.P., et al., Object-space road extraction in rural areas using stereoscopic aerial images. *IEEE geoscience and remote sensing letters*, 2012. 9(4): p. 654-658.
- [18] Maurya, R., P. Gupta, and A.S. Shukla. Road extraction using k-means clustering and morphological operations. in *Image Information Processing (ICIIP), 2011 International Conference on*. 2011. IEEE.
- [19] Xu, A. and G. Dudek. A vision-based boundary following framework for aerial vehicles. in *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2010 IEEE/RSJ International Conference on*. 2010. IEEE
- [20] Yu, L., Vehicle Extraction Using Histogram and Genetic Algorithm based Fuzzy Image Segmentation from High Resolution UAV Aerial Imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2008. 37.
- [21] Rathinam, S., Z.W. Kim, and R. Sengupta, Vision-based monitoring of locally linear structures using an unmanned aerial vehicle 1. *Journal of Infrastructure Systems*, 2008. 14(1): p. 52-63.
- [22] Hu, J., et al., Road network extraction and intersection detection from aerial images by tracking road footprints. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2007. 45(12): p. 4144-4157.
- [23] Airault, S., R. Ruskone, and O. Jamet, Road detection from aerial images: a cooperation between local and global methods. *Image and signal processing for remote sensing*, 1994. 2315: p. 508-518.