

طراحی یک پایگاه قوانین عارضه مبنا جهت کشف عارضه راه از تصاویر ماهواره‌ای با حد تفکیک مکانی بالا

مریم نیک‌فر^{*}، محمدجواد ولدان زوج^۲، مهدی مختارزاده^۲، مهدی علیاری^۴

- ۱- دانشجوی دکتری فتوگرامتری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، گروه فتوگرامتری و سنجش از دور
- ۲- دانشیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، پژوهشکده سنجش از دور، گروه فتوگرامتری و سنجش از دور
- ۳- استادیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، پژوهشکده سنجش از دور، گروه فتوگرامتری و سنجش از دور
- ۴- استادیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده برق، گروه کنترل

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۵/۲۷

چکیده

افزایش دسترسی به تصاویر ماهواره‌ای با حد تفکیک مکانی بالا بیش از پیش امکان شناسایی و استخراج اتوماتیک عوارض راه را برای ما فراهم نموده است. در حال حاضر اغلب روش‌های ارائه شده جهت شناسایی و استخراج اتوماتیک عوارض راه پیکسل مبنا بوده که بر اساس درجه خاکستری هر پیکسل عمل می‌نمایند. به دلیل ضعف اطلاعات موجود در یک پیکسل، توانایی تفسیر مفهومی تصویر از طریق روش‌های پیکسل مبنا بسیار ضعیف می‌باشد. در صورتی که در روش‌های عارضه مبنا، علاوه بر ویژگی‌های طیفی، ویژگی‌هایی همچون بافت، ساختار، مقیاس و اطلاعات متنی مانند اطلاعات در رابطه با ماهیت عوارض مجاور و نحوه ارتباط با آن‌ها برای هر عارضه تصویری قابلیت تعریف دارند و به همین دلیل پردازش‌های تصویری حاصل از آن‌ها نتایج قابل اطمینان‌تری را نیز در اختیار می‌گذارند. از آن رو در این مقاله سعی شده است با توجه به مزایای روش‌های عارضه مبنا روشی کارا در قالب یک سیستم دانش مبنا جهت کشف اتوماتیک عارضه راه از تصاویر ماهواره‌ای طراحی و پیاده سازی گردد. در مرحله اول به دلیل تعداد بالای ویژگی‌های قابل تعریف برای هر قطعه تصویری در روش‌های عارضه مبنا و اهمیت استفاده از ویژگی‌های شاخص در تفکیک عوارض از یکدیگر، استفاده از الگوریتم ژنتیک در تلفیق با الگوریتم طبقه‌بندی نزدیکترین همسایگان جهت یافتن مؤثرترین ویژگی‌ها در شناسایی عارضه راه پیشنهاد گردیده است. در مرحله دوم یک سیستم دانش مبنا با توجه به دانش موجود، بررسی داده‌ها و همچنین با بهره‌گیری از هوش انسانی در شناسایی عارضه راه طراحی خواهد گردید. تصاویر مختلفی از ماهواره IKONOS به منظور تولید قوانین دانش مبنا و همچنین جهت ارزیابی و اعتبارسنجی سیستم پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج اعتبارسنجی حاکی از کارایی و قابلیت اعتماد آنالیزهای عارضه مبنا و هم چنین پایگاه قوانین ارائه شده می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: آنالیزهای عارضه مبنا، الگوریتم ژنتیک، پایگاه قوانین دانش مبنا، کشف راه، تصاویر ماهواره‌ای

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، تقاطع میرداماد و ولیعصر(عج)، دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، اتاق ۳۲۸

تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۷۷۰۷۰

۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر کشف و استخراج عارضه راه به صورت اتوماتیک از تصاویر ماهواره‌ای، به‌عنوان یک عارضه خطی در نقشه‌های متوسط و کوچک مقیاس و به‌عنوان یک عارضه سطحی در نقشه‌های بزرگ مقیاس و همچنین به دلیل اهمیت این عارضه ارتباطی به‌عنوان یکی از مهمترین اطلاعات مکانی و اهمیت بالای آن در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های کشوری و منطقه‌ای همانند کاربرد در برنامه‌ریزی شهری، شهرسازی، مدیریت بحران و هم چنین به دلیل زمانبر بودن و پرهزینه بودن استخراج آن توسط عامل انسانی مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. تاکنون روش‌های متعددی به این منظور ارائه شده است. وسل‌من و نچت در سال ۱۹۹۵ یک روش نیمه اتوماتیک ردیابی عارضه راه شامل ترکیبی از روش‌های تناظریابی کمترین مربعات پروفیل‌های درجات خاکستری و فیلتر کالمن ارائه نمودند [۱]. روشی نیمه اتوماتیک جهت استخراج عوارض خطی بر مبنای مدل منحنی‌های فعال که مدل مارها نامیده می‌شود توسط گروئن و لی در سال ۱۹۹۷ توسعه داده شد [۲]. دوست و همکارانش در سال ۲۰۰۴ روشی اتوماتیک جهت استخراج مرکز راه با استفاده از استخراج ویژگی‌های طیفی و همچنین خصوصیت لبه‌های موازی راه ارائه نمودند [۳]. در همین سال روش موجک توسط ژانگ و کولوینر برای استخراج راه توسط تصاویر ماهواره‌ای پیشنهاد گردید [۴]. در سال ۲۰۰۶ مختارزاده و همکارانش روشی را برای محاسبه میانگین مقادیر طیفی پیکسل‌های عوارض راه بر اساس تئوری فازی نوع ۱ و توسط الگوریتم بهنیه سازی پرندگان ارائه نمودند [۵]. مختارزاده و ولدان زوج در سال ۲۰۰۷ شبکه‌های عصبی با ساختارهای متفاوت را جهت استخراج راه بررسی نمودند [۶]. پنگ در سال ۲۰۰۸ بهنگام رسانی نقشه‌های راه را توسط دانش قبلی در قالب یک روش چند مقیاسه پیشنهاد نمود [۷]. والرو و همکارانش در سال ۲۰۱۰ شبکه راه‌ها را

با استفاده از الگوریتم‌های مورفولوژی استخراج نمودند [۸]. در سال ۲۰۱۱ میمالینی و همکارانش سیستمی را با استفاده از الگوریتم SVM^۱ توسط تعدادی از تصاویر ماهواره‌ای جهت استخراج راه از تصاویر ماهواره‌ای طراحی نمودند [۹]. در سال ۲۰۱۴ سیک و گرگ بکارگیری توابع عضویت وزن‌دار در الگوریتم FCM^۲ به همراه قیده‌های مکانی را برای استخراج راه پیشنهاد نمودند [۱۰]. تمامی این تحقیقات انجام شده پیکسل مبنا بوده و در مواردی با اطلاعات بافت پنجره‌های مستطیلی حول هر پیکسل همراه شده است. بدلیل پیکسل مبنا بودن روش‌های مذکور اطلاعات شکل و مفهومی عوارض موجود در تصویر جهت استخراج راه مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. جهت کاستن از مشکلات روش‌های پیکسل مبنا و خلاهای مفهومی، روش‌های عارضه مبنا توسط محققین ارائه گردیدند [۱۱، ۱۲ و ۱۳]؛ که از لحاظ دستیابی به دقت بالاتر در طبقه‌بندی تصاویر نسبت به روش‌های پیکسل مبنا مورد تایید محققین قرار گرفته‌اند [۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷]. زرین پنجه و همکارانش در سال ۲۰۱۳ جهت بهنگام نمودن نقشه‌های راه از آنالیزهای عارضه مبنا استفاده نموده‌است [۱۸]. همچنین در سال ۲۰۱۲ گروت و همکارانش برای استخراج شبکه راه‌ها نیز روش‌های عارضه مبنا تصویری را پیشنهاد نموده‌اند [۱۹]. در تحقیق اخیر سیستمی عارضه مبنا بر اساس منطق فازی نوع ۲ توسط نیک فر و همکاران جهت شناسایی عارضه راه ارائه گردید [۲۰]. از طرف دیگر سیستم‌های دانش مبنا علیرغم پیچیدگی‌های فراوان در زمینه‌های مختلف بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند [۲۱]. ثابت شده است که پایگاه قوانین دانش مبنا در شناسایی عوارض پیچیده و همچنین آنالیزهای تصویری بسیار مؤثر می‌باشند. برای نمونه سیستم‌های

1 Support Vector Machine

2 Fuzzy C-Means

الگوریتم ژنتیک در کشف اتوماتیک عارضه راه نشان داده شود. روش پیشنهادی در بخش دوم به طور کامل مورد بحث قرار گرفته است. پیاده سازی سیستم توسعه داده شده در بخش سوم و ارزیابی و اعتبار سنجی آن توسط تصاویری که هیچ گونه دخالتی در طراحی سیستم نداشته اند در بخش چهارم مورد بررسی قرار گرفته است. در پایان نتیجه گیری و پیشنهادات ارائه گردیده است.

۲- روش پیشنهادی

ساختار کلی روش پیشنهادی جهت توسعه پایگاه قوانین دانش مبنا جهت کشف اتوماتیک عارضه راه در شکل ۱ ارائه شده که در ادامه به جزئیات مراحل آن پرداخته شده است.

۲-۱- قطعه بندی و استخراج ویژگی های عارضه مبنا

به دلیل ضعف اطلاعات موجود در یک پیکسل، توانایی تفسیر مفهومی تصویر از طریق روش های پیکسل مبنا بسیار ضعیف می باشد. از آنجایی که در روش های عارضه مبنا، علاوه بر ویژگی های طیفی، ویژگی هایی همچون بافت، ساختار و اطلاعات مربوط به همسایگی ها برای هر عارضه تصویری قابلیت تعریف دارند، پردازش های تصویری حاصل از آن ها نتایج قابل اطمینان تری را در اختیار خواهند گذاشت. تحقیقات متعددی جهت مقایسه روش های عارضه مبنا و پیکسل مبنا انجام شده که نتایج نشان دهنده دقت بالاتر روش های عارضه مبنا در آنالیزهای تصویری می باشند. در این تحقیق از الگوریتم قطعه بندی سلسله مراتبی ارائه شده توسط باتز و همکارانش در سال ۲۰۰۰ [۱۱]، به دلیل توانایی بالای آن در قطعه بندی معنی دار تصویر استفاده شده است. از آنجایی که سیستم پیشنهادی عارضه مبنا می باشد، در گام اول قطعه بندی تصویر به هدف قطعه بندی معنی دار عارضه راه صورت می گیرد. جهت کسب اطلاعات و دانش از تصاویر ماهواره ای و مدل نمودن آنها در قالب یک سیستم دانش مبنا جهت

سیگما^۱ [۲۲] و شما^۲ [۲۳] جهت آنالیزهای تصویری تصاویر هوایی توسط تعدادی از توصیف کننده های عوارض طراحی شده اند. مؤسسه ناچریختن تکنیک^۳ در سال های متمادی تلاش های فراوانی را جهت دخیل نمودن دانش قبلی در تفسیر تصاویر نموده اند [۲۴ و ۲۵]. در سیستم طراحی شده معروف به ژئو ایدیا^۴ از یک شبکه معنایی جهت مدل نمودن دانش قبلی عوارض استفاده شده است. اما در حقیقت اخذ دانش در یک حوزه خاص اغلب پیچیده و خسته کننده بوده که بنا بر حوزه مورد مطالعه می تواند شامل مراحل مختلف و همچنین روش های مختلف باشد. با توجه به رایج بودن پردازش های تصویری پیکسل مبنا و کمبود اطلاعات و جزئیات تصاویر، تاکنون تعداد کمی از محققین در زمینه استفاده از سیستم های دانش مبنا در شناسایی راه پرداخته اند. هدف از تحقیق پیش رو معرفی مزایای سیستم های دانش مبنا جهت ذخیره دانش خبره و استفاده از آن در کشف و شناسایی اتوماتیک عارضه راه می باشد. یک پایگاه قوانین دانش مبنا بر اساس ویژگی های طیفی، بافت، شکل و اندازه و همچنین اطلاعات همسایگی ها جهت کشف اتوماتیک عارضه راه توسعه داده شده است. در این راستا جهت یافتن مؤثرترین ویژگی ها جهت تولید قوانین و جلوگیری از پیچیدگی سیستم، استفاده از الگوریتم ژنتیک در تلفیق با الگوریتم طبقه بندی نزدیکترین همسایگان پیشنهاد شده است. سپس با استفاده از ویژگی های عارضه مبنا بهینه و نمونه های آموزشی استخراج شده از تصاویر قوانین طراحی می گردند. در این مقاله سعی شده است تا توانایی ها و مزایای سیستم دانش مبنا توسعه داده شده توسط ویژگی های عارضه مبنا و

¹ SIGMA

² Schema

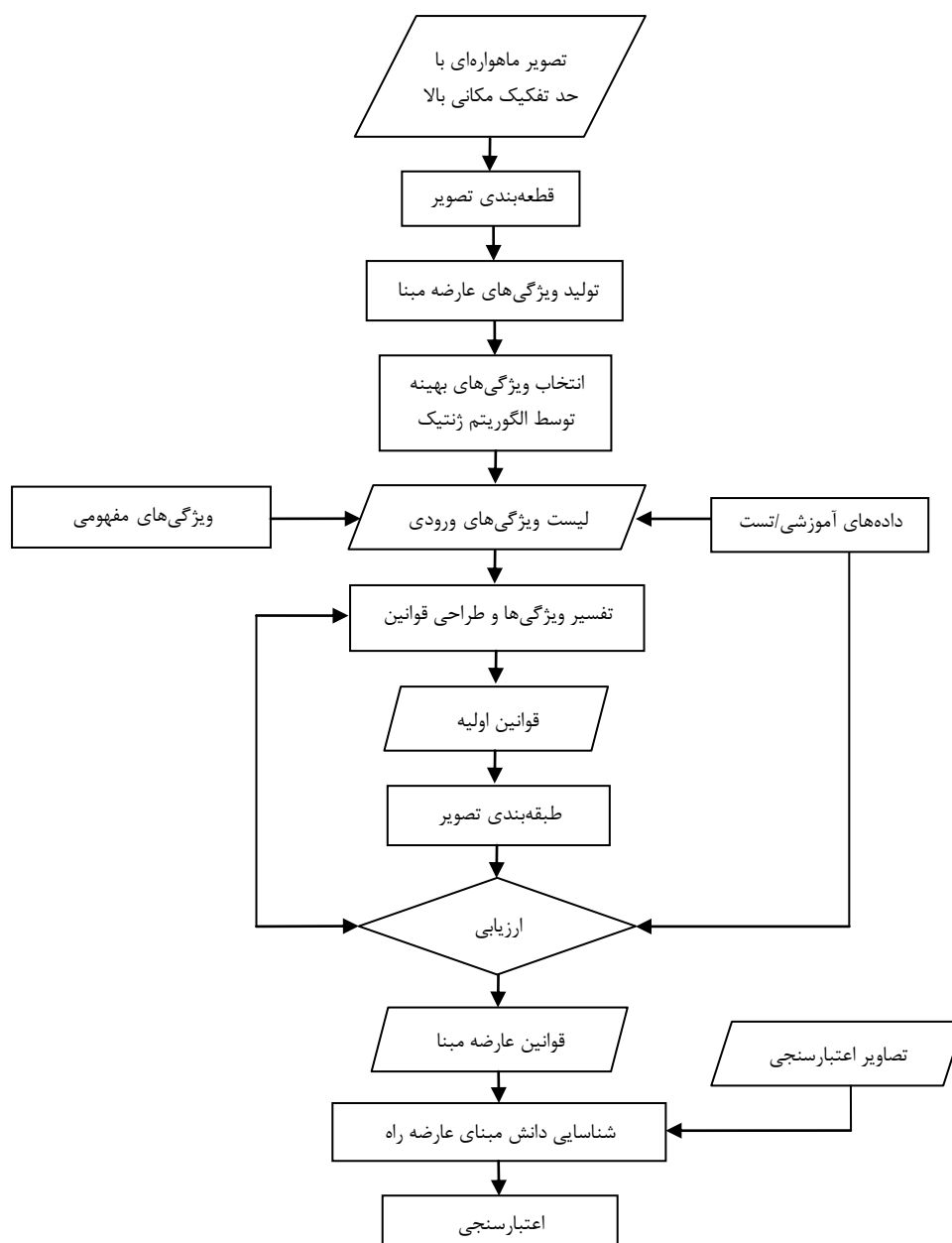
³ für Theoretische Nachrichtentechnik و

Informationsverarbeitung

⁴ GeoAIDA

گروه ویژگی‌های طیفی، بافت، ساختار و ویژگی‌های ترکیبی تولید می‌شوند. جهت عمومیت بخشیدن به الگوریتم تمام ویژگی‌های تولید شده، نرمال می‌گردند. در ادامه نمونه‌ها جهت ورود به الگوریتم ژنتیک جهت یافتن ویژگی‌های بهینه، در دو کلاس راه و غیر راه از یکدیگر تفکیک می‌گردند.

کشف عارضه راه لازم است علاوه بر عارضه راه به عنوان عارضه هدف، نمونه‌های کاملی از سایر عوارض موجود در تصاویر شامل عوارض گیاهی، آبی، زمین‌های خشک و بایر، عوارض ساختمانی و همچنین پارکینگ‌ها جهت آموزش به سیستم معرفی گردند. همانطور که گفته شد بعد از قطعه‌بندی تصویر، ویژگی‌های متعدد شامل چهار



شکل ۱: ساختار پیشنهادی جهت استخراج عارضه راه از تصاویر ماهواره‌ای

۲-۳- تفسیر ویژگی‌های بهینه و تولید قوانین

همانطور که بیان شد ویژگی‌های بهینه نقش مؤثری در تولید قوانین دانش مبنا را دارا بوده که به منظور یافتن این ویژگی‌ها که هر کدام به تنهایی قادرند دقت نتایج کشف راه را بهبود بخشند از الگوریتم ژنتیک در تلفیق با الگوریتم نزدیکترین همسایگان بهره گرفته شد. با توجه به مزایای آنالیزهای تصویری عارضه مبنا، امکان استفاده از تعدادی از ویژگی‌ها همانند ویژگی‌های شکلی که حضورشان به تنهایی ممکن است مخرب باشد ولی همانند تفسیر انسانی در ترکیب با سایر ویژگی‌ها بهبود دهنده نتایج کشف راه می‌باشد امکان‌پذیر است. همچنین تعدادی از ویژگی‌ها همچون ویژگی‌های مفهومی بعد از یک کشف و شناسایی اولیه قابلیت تعریف یافته که به نحو مطلوبی در بهبود نتایج تاثیرگذار می‌باشند. شایان ذکر است که استفاده از این قابلیت‌ها در روش‌های پیکسل مبنا امکان‌پذیر نبوده و از دلایل محبوبیت آنالیزهای عارضه مبنا بشمار می‌روند. در این مرحله ابتدا تعدادی از قوانین اولیه توسط دانش قبلی و همچنین بررسی و ارزیابی هیستوگرام ویژگی‌های بهینه نمونه‌های آموزشی در دو کلاس راه و غیر راه تولید خواهند گردید. بعد از تولید قوانین اولیه، تعدادی از قوانین با توجه به تفسیر انسانی در کشف و شناسایی عارضه راه با ترکیب نمودن تعدادی از ویژگی‌های شکلی و مفهومی با ویژگی‌های بهینه، به قوانین قبلی اضافه خواهند گردید. قوانین به صورت اگر- آنگاه تولید خواهند شد و برای عمومیت بخشیدن بیشتر به روند پیشنهادی، ویژگی‌ها نرمال خواهند گردید.

۲-۴- اعتبارسنجی

لازم است که سیستم پیشنهادی با تصاویر دیگری که هیچگونه دخالتی در طراحی قوانین نداشته‌اند مورد ارزیابی و اعتبارسنجی قرار گیرد تا کارایی آن سیستم به طور کامل شفاف گردد. تصاویر آیکونوس دیگری

۲-۲- انتخاب ویژگی‌های بهینه جهت کشف

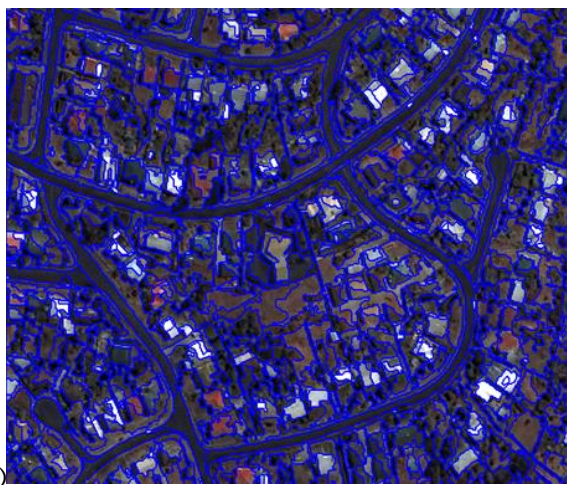
اتوماتیک عارضه راه توسط الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک در کنار سایر روش‌های شناخته شده بهینه‌سازی، به صورت موفقیت آمیزی در مسائل مختلفی همچون پردازش‌های تصویری، انتخاب ویژگی‌های بهینه، شناسایی الگو، قطعه‌بندی و طبقه‌بندی تصویر به کار گرفته شده است [۲۶، ۲۷، ۲۸ و ۲۹]. الگوریتم ژنتیک تکنیکی است که از تکامل ژن‌ها در مسائل بهره می‌گیرد. هر راه حل ممکن که یک کروموزوم نامیده می‌شود شامل تعدادی ژن بوده که می‌تواند به صورت باینری و یا غیر باینری تعریف گردد. تکامل از یک مجموعه کاملاً اتفاقی از راه‌حل‌ها شروع شده و تکامل بر اساس میزان شایستگی هر کروموزوم توسط سه اپراتور تکثیر، ترکیب و جهش ژنتیکی در نسل‌های بعدی ادامه می‌یابد [۳۰]. جهت یافتن ویژگی‌های بهینه توسط الگوریتم ژنتیک، هر کروموزوم به صورت یک بردار باینری با طولی برابر با تعداد ویژگی‌های تولید شده در مرحله قبل تعریف شده است. عدد یک در بردار فوق نشان از حضور ویژگی مربوطه در الگوریتم کشف عارضه راه بوده و متقابلاً عدد صفر نشان از عدم حضور دارد. جهت یافتن بهترین ویژگی‌ها توسط الگوریتم ژنتیک از طبقه‌بندی کننده نزدیکترین همسایگی‌ها که الگوریتمی ساده و کارا در مسائلی مانند شناسایی الگو و استخراج اطلاعات می‌باشد بهره گرفته شده است. بعد از طبقه‌بندی تصویر توسط الگوریتم نزدیکترین همسایگی‌ها و ویژگی‌های موجود در هر کروموزوم، میزان شایستگی هر کروموزوم توسط معیار کاپا که قابل محاسبه از ماتریس خطا می‌باشد محاسبه می‌گردد [۳۱]. در یک طبقه‌بندی کاملاً صحیح، معیار کاپا عدد یک و در بدترین حالت عدد صفر را نشان خواهد داد. الگوریتم ژنتیک براساس میزان کاپای هر کروموزوم روند تکامل را تا رسیدن به نتیجه مطلوب ادامه خواهد داد.

شکل ۵ (الف)، (ج) جهت ارزیابی نهایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

۳-۲- انتخاب ویژگی‌های بهینه عارضه مبنا

قطعه‌بندی معنی‌دار تصویر اولین مرحله از پردازش تصویری در آنالیزهای عارضه مبنا به‌شمار می‌رود. یک قطعه معنی‌دار، قطعه‌ای با مرزی منطبق بر محدوده عارضه هدف تولید می‌نماید. از آنجایی عارضه راه در کل تصویر عارضه‌ای بهم پیوسته بوده، در نتیجه تولید قطعه‌ای منطبق بر شبکه راه‌ها در کل تصویر امکانپذیر نمی‌باشد. از این رو جهت استفاده از ویژگی‌های مهم عارضه راه همچون پیوستگی، کشیدگی و خطی بودن آن بهتر است قطعه‌هایی تا حد امکان بزرگ و کشیده تولید شود و این بزرگی تا اندازه‌ای باشد که سبب ترکیب قطعه راه با عوارض غیر راه مجاور نگردد. الگوریتم قطعه‌بندی تصویر ارائه شده توسط آقای باتز و همکارانش جهت قطعه‌بندی معنی‌دار عارضه راه توسط یک کارشناس خبره در این تحقیق بکار گرفته شده است. پارامترهای این قطعه‌بندی ۴۳، ۰.۵ و ۰.۳ به‌ترتیب برای پارامتر مقیاس، وزن شکل و وزن فشردگی تنظیم گردیده‌اند که نتایج این قطعه‌بندی برای تصاویر مورد استفاده در طراحی سیستم در شکل ۲ (ب) نشان داده شده است.



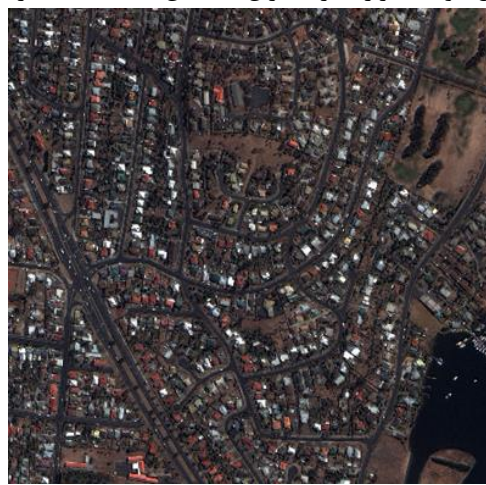
(ب)

همانند تصاویر داده‌های آموزشی قطعه‌بندی شده و ویژگی‌های مورد نظر در پایگاه قوانین برای تمامی قطعه‌های تصویری تولید می‌گردند. برای ارزیابی بیشتر نتایج اعتبارسنجی با نتایج الگوریتم طبقه‌بندی نظارت شده نزدیکترین همسایگان مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

۳- پیاده‌سازی

۳-۱- داده‌های ورودی

در این تحقیق تصاویر چهار باندی تلفیق شده با تصاویر پانکروماتیک آیکونوس با قدرت تفکیک مکانی ۱ متر و قدرت تفکیک رادیومتریکی ۱۱ بیت مورد استفاده قرار گرفته‌اند. یک روش آماری-مبنا، پیاده‌سازی شده در نرم افزار PCI جهت تلفیق تصاویر مورد استفاده قرار گرفته است. کلیه داده‌ها به دو دسته داده‌های آموزشی/تست جهت طراحی سیستم و همچنین داده‌های اعتبارسنجی جهت ارزیابی نهایی نتایج تقسیم‌گردیده‌اند. تصویر اخذ شده از هبارت در استرالیا نشان داده شده در شکل ۲ (الف) به دلیل تنوع در عوارض موجود در آن به‌عنوان داده آموزشی و تست در طراحی سیستم مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین به دلیل اهمیت بالای اعتبارسنجی و نشان‌دادن کارایی سیستم طراحی شده، دو تصویر کیش و شیراز در ایران، نشان داده شده در



(الف)

شکل ۲: (الف) قسمتی از تصویر ماهواره IKONOS شهر هبارت استرالیا، (ب) نتیجه قطعه‌بندی تصویر هبارت

اضافه نمود. همچنین تعدادی از ویژگی‌های مفهومی بعد از یک شناسایی اولیه قابلیت تعریف پیدا می‌نمایند. از این رو جهت مدل نمودن دانش انسانی علاوه بر ویژگی‌های بهینه، تعدادی از ویژگی‌های ساختاری و مفهومی همچون کشیدگی عارضه راه، مرز مشترک با عوارض مجاور و اختلاف رنگی با همسایه‌ها که انسان نیز در تشخیص عارضه راه از آنها بهره جسته، مورد استفاده قرار می‌گیرند. لازم به ذکر است که ویژگی‌های مذکور قابلیت تعریف در روش‌های پیکسل مبنا را نداشته، همچنین استفاده از هر یک از آنها به‌تنهایی ممکن است مخرب نتایج کشف راه باشد.

۳-۳- طراحی پایگاه قوانین دانش مبنا

برای بررسی بهتر ویژگی‌های بهینه، تصویر قطعه‌بندی‌شده هبارت در هر یک از ویژگی‌های مذکور در شکل ۳ نشان داده شده است. با استفاده از دانش قبلی در مورد دو شاخص نرمال شده آبی و گیاهی به‌راحتی می‌توان عوارض آبی، گیاهی و زمین‌های بایر را از سایر عوارض جدا نمود. بنابراین سه قانون اول با توجه به دو شاخص مذکور به‌صورت زیر ارائه شده‌است:

۱- اگر شاخص گیاهی $T_1 < T_1$ ، آنگاه عارضه تصویری متعلق به کلاس غیر راه می‌باشد (عوارض گیاهی) [۳۴].

۲- اگر شاخص آبی $T_2 < T_2$ ، آنگاه عارضه تصویری متعلق به کلاس غیر راه می‌باشد (عوارض آبی) [۳۵].

۳- اگر شاخص آبی $T_3 > T_3$ ، آنگاه عارضه تصویری متعلق به کلاس غیر راه می‌باشد (زمین‌های خشک و بایر).

برای از بین بردن خطای ناشی از حذف راه‌های مجاور با زمین‌های بایر و یا عوارض گیاهی همچون ردیف درختان، بعلاوه امکان تغییر رفتار ویژگی‌های قطعه‌های کلاس راه مذکور از حالت نرمال عوارض راه، قوانین دیگری با وارد کردن ویژگی کشیدگی و خطی بودن عارضه راه در ترکیب با دو شاخص آبی و گیاهی به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

بعد از قطعه‌بندی تصویر، تمام ویژگی‌های نامبرده در جدول ۱ برای هر عارضه تصویری تولید شده و سپس بردارهای ویژگی قطعه‌های تصویری در دو کلاس راه و غیر راه جهت انتخاب ویژگی‌های بهینه وارد الگوریتم ژنتیک - نزدیکترین همسایگی‌ها می‌گردند. با توجه به کل ویژگی‌های تولید شده برای هر عارضه که در حدود شصت ویژگی بوده، جمعیت اولیه در این الگوریتم ۶۰۰ کروموزوم در نظر گرفته شده است. به‌صورت تجربی پارامترهای ترکیب و جهش ژنی به ترتیب ۰.۶۶ و ۰.۰۵ تنظیم گردیده‌اند [۳۲ و ۳۳]. همچنین جهت کشف ویژگی‌های بهینه، ۱۰۰ قطعه تصویری متعلق به عوارض راه با عرض بیش از ۱۰ متر و همچنین ۱۰۰ قطعه تصویری متعلق به عوارض غیر راه به‌عنوان نمونه‌های آموزشی و ۲۰۰ عارضه راه و غیر راه به‌عنوان نمونه‌های تست در الگوریتم طبقه‌بندی نزدیکترین همسایگی‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. جهت تعیین میزان شایستگی هر کروموزوم، معیار دقت کاپا محاسبه می‌گردد. در نهایت همگرا شدن جمعیت هر نسل به‌عنوان شرط خاتمه این الگوریتم در نظر گرفته شده است. نتایج بررسی‌های انجام شده در طراحی روش پیشنهادی نشان داده است که استفاده از ۵ یا ۷ نزدیکترین همسایه و حتی بیشتر در الگوریتم تأثیری در انتخاب ویژگی‌های بهینه ندارد. در جدول ۲ ویژگی‌های بهینه انتخاب شده توسط الگوریتم ژنتیک - نزدیکترین همسایگی‌ها جهت کشف عارضه راه از تصاویر ماهواره‌ای ارائه شده است. برای ارزیابی بیشتر سایر قطعه‌های تصویری باقیمانده از تصویر هبارت به عنوان داده‌های تست مورد استفاده قرار خواهند گرفت که نتایج آن در شکل ۴ (ب) و جدول ۴ ارائه شده و جزئیات آن در بخش بعدی مورد بحث قرار گرفته است.

همان‌طور که قبلاً نیز بیان شد با توجه به مزایای روش‌های عارضه مبنا، می‌توان دانش انسانی و همچنین دانش قبلی در کشف عارضه راه را در قالب قوانین، جهت بهبود دقت نهایی به سیستم طراحی شده

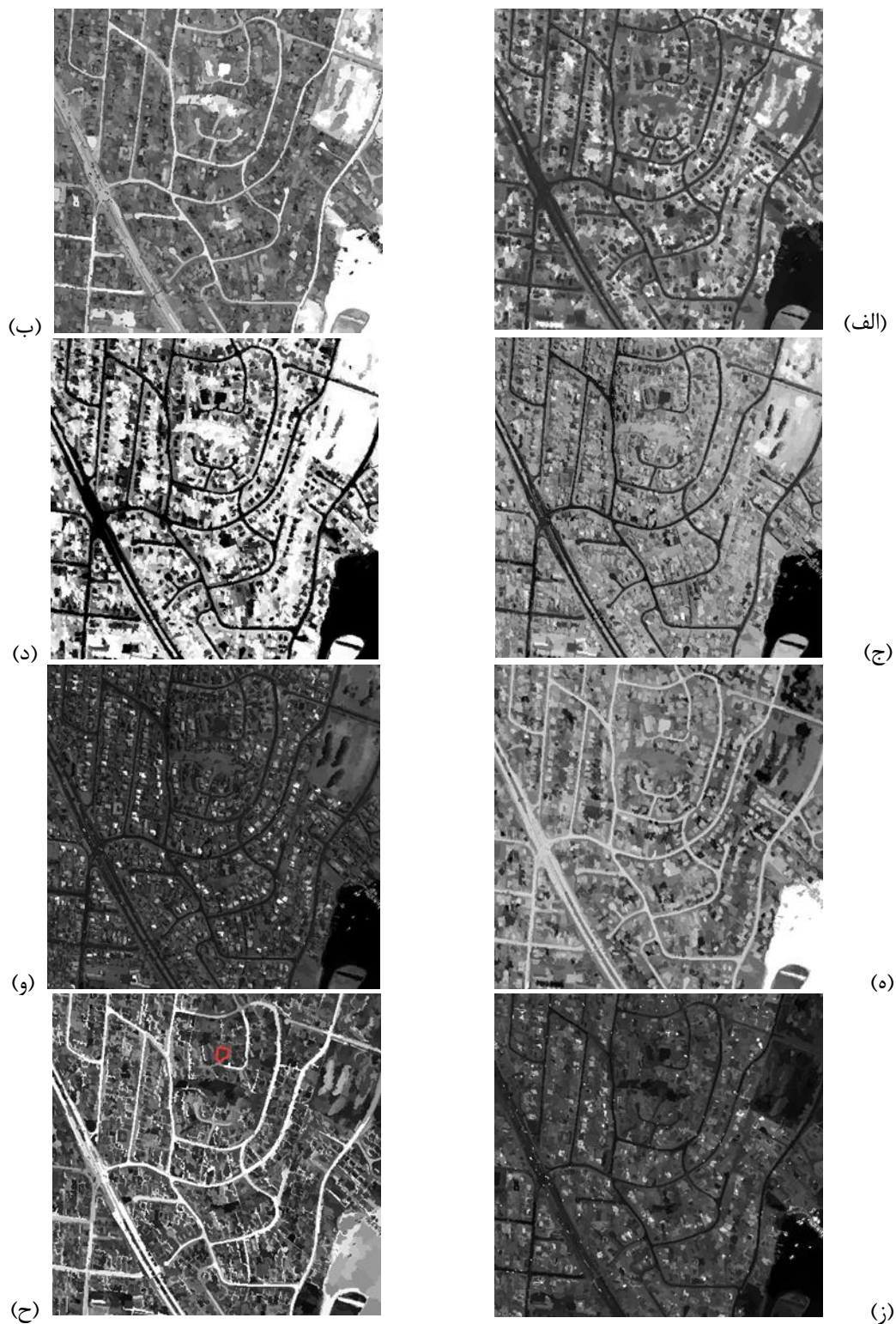
- ۴- اگر $T_1 < \text{شاخص گیاهی}$ و $T_2 < \text{نسبت طول}$ به عرض T_5 آنگاه عارضه تصویری می‌تواند متعلق به به کلاس راه باشد.
- ۵- اگر $T_6 < \text{شاخص آبی}$ و $T_3 < \text{نسبت طول}$ به عرض T_5 آنگاه عارضه تصویری می‌تواند متعلق به به کلاس راه باشد.

جدول ۱: ویژگی‌های عارضه مبنای قطعه‌های تصویری قابل تعریف قبل از هر گونه طبقه‌بندی تصویر

ترکیبی	بافت	شکل	طیفی
شدت رنگ / دانسیته	همگنی در چهار باند در تمام جهات	مساحت	میانگین طیفی چهار باند
اشباع رنگ / دانسیته	کنتراست در چهار باند در تمام جهات	تقارن	روشنایی
شدت رنگ / فشردگی	عدم شباهت در چهار باند در تمام جهات	شاخص شکل	بیشترین اختلاف طیفی
اشباع رنگ / شاخص شکل	انتهایی در چهار باند در تمام جهات	نسبت دایره‌ای	انحراف معیار طیفی در چهار باند
شدت رنگ / شاخص شکل	میانگین طیفی در چهار باند در تمام جهات	تناسب مستطیلی	نسبت طیفی در چهار باند
مساحت*بیشترین اختلاف طیفی/طول مرز	انحراف معیار طیفی در چهار باند در تمام جهات	عرض	کنتراست نسبت به عوارض مجاور
نسبت طیفی قرمز / دانسیته	زاویه‌ای ممان دوم در چهار باند در تمام جهات	شاخص مرز	انحراف معیار طیفی نسبت به عوارض مجاور
مساحت*نسبت طیفی قرمز/طول مرز		طول	میانگین اختلاف طیفی نسبت به عوارض مجاور
چردگی / دانسیته		دانسیته	میانگین اختلاف طیفی نسبت به عوارض تیره‌تر مجاور
چردگی / شاخص شکل		تناسب بیضوی	میانگین اختلاف طیفی نسبت به عوارض روشن‌تر مجاور
بیشترین اختلاف طیفی / دانسیته		فشردگی	چردگی
بیشترین اختلاف طیفی / تناسب مستطیلی		طول / عرض	شدت رنگ
بیشترین اختلاف طیفی / شاخص شکل		طول مرز	اشباع رنگ
نسبت طیفی قرمز / تناسب مستطیلی			شاخص نرمال شده گیاهی
نسبت طیفی قرمز / شاخص شکل			شاخص نرمال شده آبی

جدول ۲: ویژگی‌های بهینه انتخاب شده توسط الگوریتم ژنتیک - نزدیکترین همسایه‌ها

شاخص نرمال شده گیاهی	نسبت طیفی	چردگی	روشنایی
شاخص نرمال شده آبی	همگنی	اشباع / دانسیته	انحراف معیار



شکل ۳: نمایش رفتار ویژگی‌های بهینه‌ی تصویر هبارت: (الف) شاخص گیاهی نرمال شده، (ب) همگنی باند آبی، (ج) نسبت باندهای قرمز، (د) چرندگی، (ه) شاخص آبی نرمال شده، (و) روشنائی، (ز) انحراف معیار استاندارد آبی، (ح) اشباع/دانسیته

دانشتیه عوارض خطی پایین می‌باشد. از این رو ترکیب این دو ویژگی منجر به ایجاد یک ویژگی خواهد گردید که برای عوارض راه مقدار بسیار بالایی خواهد داشت و در نتیجه عوارض راه توسط این ویژگی به صورت بسیار واضح از سایر عوارض قابل تمایز می‌باشند. مطالب مذکور در قالب قانون زیر به سیستم اضافه خواهد گردید.

۱۰- اگر نسبت اشباع به دانشتیه $T_{11} >$ باشد، آنگاه عارضه تصویری متعلق به کلاس غیر راه می‌باشد.

در میان ویژگی‌های بهینه دو ویژگی چرذگی و شاخص آبی از وابستگی بیشتری نسبت به یکدیگر برخوردارند. از طرفی حذف هر کدام منجر به کاهش دقت هر چند جزئی نتایج کشف راه خواهد گردید. از این رو قانون بعدی همانطور که در ادامه ارائه شده است توسط ویژگی چرذگی رنگ به پایگاه قوانین اضافه خواهد:

۱۱- اگر چرذگی $T_{12} <$ باشد، آنگاه عارضه تصویری متعلق به کلاس غیر راه می‌باشد.

برای استفاده هر چه بیشتر آنالیزهای عارضه مبنا در مدل نمودن شناسایی عارضه راه همانند هوش انسانی به سراغ ویژگی‌های مفهومی قطعه‌های تصویری همچون ارتباط عوارض راه با یکدیگر و مجاورت عوارض راه با سایر عوارض خواهیم رفت. بر اساس خصوصیت پیوستگی عارضه راه، هر قطعه تصویری متعلق به کلاس راه حداقل با یک قطعه راه دیگر در ارتباط خواهد بود. از این رو قانون زیر با توجه به پیوستگی عارضه راه و خطی بودن آن به صورت زیر تعریف می‌گردد:

۱۲- اگر نسبت طول به عرض $T_5 >$ و مرز مشترک با سایر قطعه‌های راه $T_{13} =$ باشد، آنگاه عارضه تصویری متعلق به کلاس غیر راه می‌باشد.

جهت حذف ماشین‌های واقع در خیابان و همچنین سایه تعدادی از ساختمان‌های مشرف بر راه‌ها دو قانون زیر طراحی گردیدند:

۱۳- اگر مساحت عارضه غیر راه $T_{14} (m^2) >$ و نسبت مرز مشترک با عوارض راه $T_{15} <$ باشد، آنگاه

همانطور که می‌دانیم راه به عنوان یک عارضه همگن تصویری برای عامل انسانی قابل شناسایی بوده و میزان روشنایی آن نیز پایین می‌باشد. شکل‌های ۳(ب)، (و) تایید کننده هوش انسانی در استفاده از ویژگی‌های مذکور در شناسایی عارضه راه می‌باشند.

از این رو دو قانون بعدی بر اساس دو ویژگی همگنی باند آبی و میزان روشنایی عارضه راه به صورت زیر طراحی می‌شوند:

۶- اگر همگنی باند آبی $T_7 >$ باشد، آنگاه عارضه تصویری متعلق به کلاس غیر راه می‌باشد.

۷- اگر روشنایی $T_8 <$ باشد، آنگاه عارضه تصویری متعلق به کلاس غیر راه می‌باشد.

همانطور که در شکل‌های ۳(ج)، (ز) دیده می‌شود عوارض کلاس راه در دو ویژگی انحراف معیار باند آبی و نسبت باندی قرمز، نسبت به سایر عوارض تیره‌تر دیده می‌شوند که در دو قانون زیر مدل می‌گردند:

۸- اگر انحراف معیار باند آبی $T_9 <$ باشد، آنگاه عارضه تصویری متعلق به کلاس غیر راه می‌باشد.

۹- اگر نسبت باندی قرمز $T_{10} <$ باشد، آنگاه عارضه تصویری متعلق به کلاس غیر راه می‌باشد.

ویژگی اشباع/دانشتیه یک ویژگی ترکیبی بوده که همزمان از مزایای دو ویژگی طیفی و شکلی برخوردار می‌باشد و همین خصوصیت آن را تبدیل به ویژگی مؤثری نموده است. با نگاهی دقیق‌تر بر رفتار این ویژگی در شکل ۳(ح) متوجه خواهیم شد که این ویژگی در تشخیص عوارض مشابه طیفی عوارض راه همانند پارکینگ‌های عمومی و یا ساختمان‌ها بسیار مؤثر بوده و براحتی این عوارض را از یکدیگر تفکیک می‌نماید. برای مثال در شکل مذکور محوطه پارکینگ عمومی با مرز قرمز نشان داده شده است. همان طور که دیده می‌شود این عارضه تنها در ویژگی ترکیبی مذکور متفاوت از سایر عوارض مشابه طیفی دیده می‌شود در حالی که در سایر ویژگی‌ها، از مقداری مشابه عوارض راه برخوردار می‌باشد. اشباع رنگ عوارض راه بالا بوده و از طرفی

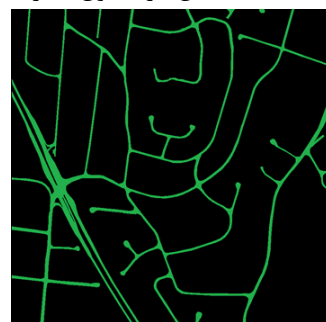
تصویر ۴(الف) تصویر مرجع راه شناسایی شده توسط عامل انسانی با استفاده از تصویر هبارت می‌باشد. همانطور که در شکل ۴(ب) دیده می‌شود تمامی قسمت‌های اصلی راه در تصویر مرجع توسط ساختار پیشنهادی کشف شده است. تنها قسمت‌های محدودی از عارضه راه شامل سایه درختان، ساختمان‌ها و یا ماشین‌های مجاور راه به‌طور کامل به کلاس راه اضافه نشده‌اند که البته توسط الگوریتم‌های مورفولوژی و یا کشف گپ براحتی قابل جبران بوده و خارج از بحث این تحقیق می‌باشد. همانطور که در مقایسه دو کادر قرمز در شکل‌های ۴(ب) و ۴(ج) دیده می‌شود تا اندازه زیادی این عوارض توسط دو قانون ۱۳ و ۱۴ به کلاس راه اضافه گردیده‌اند. نتایج ارائه شده در شکل و جدول ۴ نشان دهنده پایین‌تر بودن دقت الگوریتم طبقه‌بندی همسایگان نسبت به پایگاه قوانین پیشنهادی بوده و براحتی می‌توان دریافت که استفاده از اطلاعات شکل و مجاورت که امکان استفاده آنها در روش‌های پیکسل مبنا وجود ندارد تا چه اندازه در حذف عوارض غیر راه مشابه طیفی کلاس راه پیشنهادی مؤثر می‌باشد. همانطور که در جدول ۴ دیده می‌شود ضریب کاپای سیستم پیشنهادی کشف راه و الگوریتم طبقه‌بندی نزدیکترین همسایگان برای تصویر هبارت به ترتیب ۰.۸۶۵ و ۰.۸۱۹۴ بدست آمده‌است. از آنجایی که ضریب کاپا به معیار بدبینانه در ارزیابی دقت به‌شمار می‌رود این اختلاف در دقت دو سیستم قابل ملاحظه می‌باشد.



(ج)



(ب)



(الف)

شکل ۴: (الف) راه‌های مرجع تصویر هبارت، (ب) راه‌های شناسایی شده توسط روش پیشنهادی، (ج) راه‌های شناسایی شده توسط الگوریتم طبقه‌بندی نزدیکترین همسایگان

عارضه تصویری متعلق به کلاس راه می‌باشد.

۱۴- اگر مساحت عارضه غیر راه $T_{16} (m^2) >$ و نسبت مرز مشترک آن با عوارض راه $T_{17} <$ و روشنایی $T_{18} >$ باشد، آنگاه عارضه تصویری متعلق به کلاس راه می‌باشد.

این قوانین با استفاده از دانش قبلی، دانش انسانی و بررسی ویژگی‌های عوارض موجود در تصویر هبارت طراحی گردیده‌اند. پارامترهای مربوط به قوانین فوق در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: پارامترهای قوانین طراحی شده

$0.1 = T_{16}, T_{17}, T_{18}$	$0.14 = T_7$	$0.45 = T_{12}$
$0.26 = T_{10}, T_{12}$	$0.32 = T_8$	$25 = T_{14}$
$0 = T_{13}, T_{14}, T_{17}$	$50 = T_{16}, T_{19}$	$0.5 = T_{15}$
$5 = T_5$	$0.15 = T_{11}$	$0.75 = T_{17}$

واحدهای پارامترهای T_{16} و T_{14} همان‌طور که در قوانین نیز آمده است بر حسب متر مربع بوده و واحد پارامتر T_9 نیز "درجه خاکستری" می‌باشد. سایر پارامترها از آنجایی که نرمال شده هستند بدون بعد می‌باشند. نتایج نهایی کشف راه توسط پایگاه قوانین دانش مبنای پیشنهاد شده و همچنین بهترین نتایج کسب شده توسط الگوریتم نزدیکترین همسایگان با استفاده از تصویر هبارت به عنوان داده‌های آموزشی/ تست به ترتیب در شکل‌های ۴(ب)، ۴(ج) ارائه شده است. همچنین نتایج ارزیابی دقت شناسایی عوارض راه از عوارض غیر راه توسط ساختار پیشنهادی و الگوریتم طبقه‌بندی همسایگان در جدول ۴ ارائه گردیده است.

جدول ۴: ارزیابی دقت کشف راه به روش پیشنهادی توسط تصویر هبارت

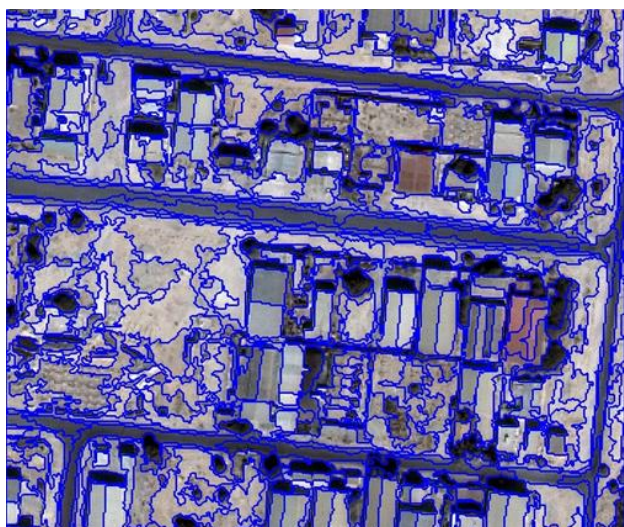
ارزیابی دقت	قوانین دانش مبنای پیشنهادی		نزدیکترین همسایگان	
	راه	غیر راه	راه	غیر راه
دقت تولید کننده	۰.۸۶۵۶	۰.۹۸۸۹	۰.۸۳۵۱	۰.۹۸۳۳
دقت کاربر	۰.۸۸۹۶	۰.۹۸۶۲	۰.۸۳۷۴	۰.۹۸۳
ضرب کاپا	۰.۸۶۵۰		۰.۸۱۹۴	
دقت کلی	۰.۹۷۷۴		۰.۹۶۹۴	

۳-۴- اعتبارسنجی

مرحله اساسی و مهم در ارزیابی هر سیستم طراحی شده به اهداف اتوماتیک، مرحله اعتبارسنجی آن سیستم می باشد. از آنجایی که منبع داده های آموزشی و تست در طراحی سیستم، تصویر هبارت بوده است، از این رو نتایج داده های تست به طور کامل بیانگر کارایی سیستم پیشنهادی نمی باشد. بنابراین ارزیابی و اعتبارسنجی ساختار پیشنهادی توسط تصاویری که هیچ گونه دخالتی در مراحل طراحی نداشته اند ضروری می باشد تا کارایی سیستم به طور کامل، شفاف و واضح گردد. تصاویر اخذ شده از کیش و شیراز جهت اعتبارسنجی سیستم طراحی شده در نظر گرفته شده اند که به ترتیب در شکل های ۵(الف)، ۵(ج) نشان داده شده اند. همچنین قسمتی از تصاویر قطعه بندی شده کیش و شیراز توسط پارامترهای پیشنهادی قطعه بندی به ترتیب در شکل های ۵(ب)، ۵(د) ارائه شده است.

نتایج قطعه بندی دو تصویر اعتبارسنجی حاکی از قابل قبول بودن پارامترهای معرفی شده می باشد. همانطور که در شکل های مذکور دیده می شود راه ها به صورت کاملاً کشیده، همگن و بدون تلفیق با سایر عوارض قطعه بندی گردیده اند. بعد از قطعه بندی تصاویر، برای هر قطعه تصویری ویژگی های نرمال شده مورد نظر در ساختار پیشنهادی استخراج شده و به طور مستقیم بدون هیچ گونه دخل و تصرفی وارد

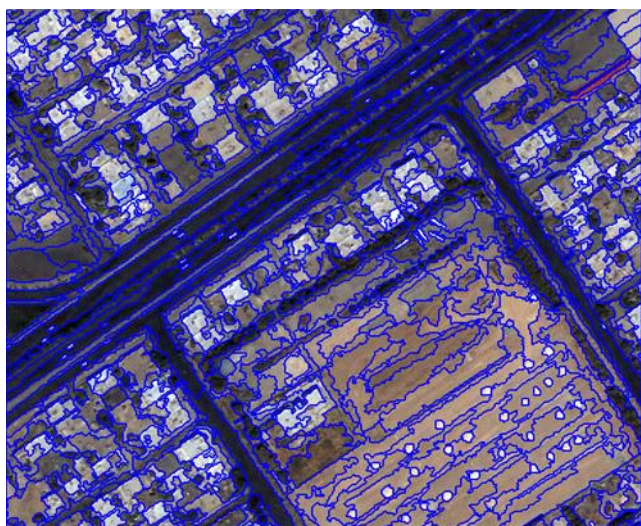
پایگاه قوانین می گردند. با توجه به سادگی قوانین و محاسبات سریع، روند شناسایی راه توسط ساختار پیشنهادی در مدت زمانی در حدود چند ثانیه انجام خواهد شد. شکل های ۶(ب)، ۶(ه) به ترتیب نتایج مرحله اعتبارسنجی ساختار پیشنهادی توسط دو تصویر کیش و شیراز را نشان می دهد. همچنین تصاویر عوارض راه مرجع تصاویر کیش و شیراز به ترتیب در شکل های ۶(الف)، ۶(د) ارائه شده اند. همانطور که در شکل های ۶(ب)، ۶(ه) دیده می شود نتایج اعتبارسنجی حاکی از کارایی بالای روش پیشنهادی می باشد. در شکل های ۶(ج)، ۶(و) بهترین نتایج بدست آمده از روش طبقه بندی نظارت شده نزدیکترین همسایگان ارائه شده است که علیرغم نظارت داشتن عامل انسانی در انتخاب نمونه های آموزشی نسبت به نتایج روش پیشنهادی دارای دقت کمتری می باشد. بررسی نتایج شناسایی عارضه راه توسط تصویر اعتبارسنجی کیش نشان می دهد که تمامی قطعه های اصلی راه های تصویر بدرستی شناسایی گردیده اند و همانطور که جدول ۵ نیز نشان می دهد نتایج رضایت بخش و قابل قبول می باشند.



(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل ۵. (الف)، (ج): تصاویر کیش و شیراز ماهواره آیکونوس، (ب)، (د): قسمتی از تصویر قطعه‌بندی شده تصاویر کیش و شیراز

شیراز به‌روش پیشنهادی به‌ترتیب مقادیر ۰.۸۱۲۶ و ۰.۹۶۸۱ بوده که در جدول ۶ ارائه شده است. به دلیل تشابه طیفی عارضه راه با عوارض دیگری همچون عوارض ساختمانی، قطعه‌بندی تصویر شیراز در مقایسه با دو تصویر هبارت و کیش از کیفیت کمتری برخوردار می‌باشد. از این رو در مواردی امکان تلفیق قطعه‌های عارضه راه با سایر عوارض به دلیل تشابه طیفی وجود داشته و سبب تغییر در ویژگی‌هایی

ضریب کاپا و معیار دقت کلی شناسایی عارضه راه توسط تصویر کیش به روش پیشنهادی به‌ترتیب مقادیر ۰.۸۶۷۹ و ۰.۹۸۶ می‌باشند. نتایج کشف راه توسط روش پیشنهادی برای تصویر شیراز نشان می‌دهد که قطعه‌های کوچکی از عوارض راه موجود در این تصویر به دلیل پیچیدگی و تراکم بالای منطقه شهری به‌درستی شناسایی نگردیده‌اند. همچنین ضریب کاپا و معیار دقت کلی شناسایی عارضه راه توسط تصویر

شناسایی اتوماتیک عارضه راه به طور چشم‌گیری مؤثر واقع گردد. دستیابی به روش‌های هوشمند قطعه‌بندی معنی‌دار تصاویر که امروزه به عنوان یکی از چالش‌های مهم روش‌های عارضه مبنا پیش روی بسیاری از محققین می‌باشد می‌تواند امید به استفاده‌های عملی مفاهیم عارضه مبنا در پردازش‌های تصویری را بیش از پیش برای کاربران فراهم سازد. نتایج تحقیق حال حاضر می‌تواند انگیزه‌ای مناسب برای کامل نمودن پایگاه قوانین ارائه شده توسط داده‌های کاملتر، جامع تر و همچنین توسط روش‌های هوشمندتر باشد.

همچون اشباع رنگ، همگنی و مهم‌تر از همه ویژگی خطی بودن عارضه راه می‌گردد که متعاقباً منجر به کاهش دقت نهایی شناسایی عارضه راه می‌گردد. در هر صورت نتایج به‌طور کلی تایید کننده کارایی آنالیزهای عارضه مبنا در تلفیق با روش‌های دانش مبنا در شناسایی عارضه راه توسط تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. تحقیق حال حاضر نشان می‌دهد که استفاده از مفاهیم و مزایای آنالیزهای عارضه مبنا در تولید پایگاه قوانین، همچنین استفاده از الگوریتم‌های تکاملی در یافتن ویژگی‌های بهینه می‌تواند در

جدول ۵: ارزیابی دقت کشف راه به روش پیشنهادی توسط تصویر کیش

ارزیابی دقت	قوانین دانش مبنا پیشنهادی		نزدیکترین همسایگان	
	راه	غیر راه	راه	غیر راه
دقت تولید کننده	۰.۸۲۹۱	۰.۹۹۵۶	۰.۸۴۸۷	۰.۹۸۶۴
دقت کاربر	۰.۹۲۳۱	۰.۹۸۹۳	۰.۷۹۶۳	۰.۹۹۰۵
ضریب کاپا	۰.۸۶۷۹		۰.۸۰۹۱	
دقت کلی	۰.۹۸۶۰		۰.۹۷۸۱	

جدول ۶: ارزیابی دقت کشف راه به روش پیشنهادی توسط تصویر شیراز

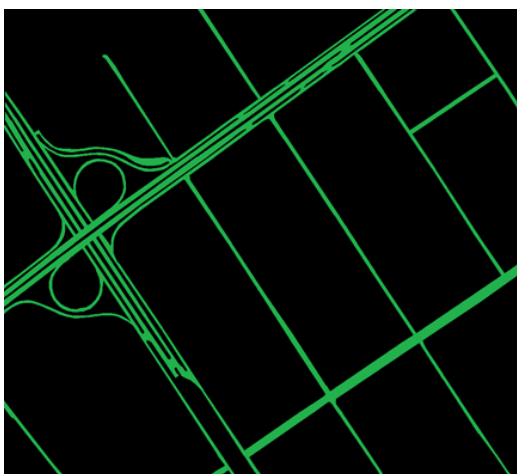
ارزیابی دقت	قوانین دانش مبنا پیشنهادی		نزدیکترین همسایگان	
	راه	غیر راه	راه	غیر راه
دقت تولید کننده	۰.۸۲۲۲	۰.۹۸۳۴	۰.۶۸۳۶	۰.۹۸۷۴
دقت کاربر	۰.۸۳۸۵	۰.۹۸۱۴	۰.۸۵۰۹	۰.۹۶۷۵
ضریب کاپا	۰.۸۱۲۶		۰.۷۳۵۸	
دقت کلی	۰.۹۶۸۱		۰.۹۵۸۶	



(ب)



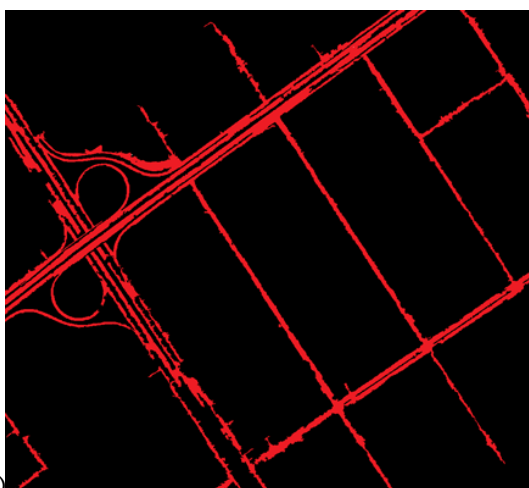
(الف)



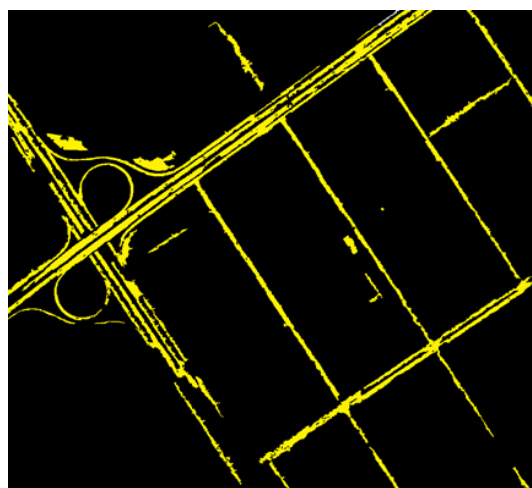
(د)



(ج)



(ه)



(و)

شکل ۶. (الف)، (د): راه‌های مرجع تصاویر کیش و شیراز، (ب)، (ه): راه‌های شناسایی شده تصاویر کیش و شیراز توسط روش پیشنهادی، (ج)، (و): راه‌های شناسایی شده تصاویر کیش و شیراز توسط الگوریتم طبقه‌بندی نزدیکترین همسایگان

۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

هدف از این تحقیق معرفی مزایای استفاده از روش‌های دانش مبنا به منظور ذخیره نمودن دانش خبره و استفاده از آن در شناسایی اتوماتیک عارضه راه می‌باشد. همان طور که می‌دانیم اکثر آنالیزهای پیکسل مبنا بر مبنای مقدار درجه خاکستری هر پیکسل می‌باشد اما تصاویر حاوی جزئیات بیشتری مانند اطلاعاتی در رابطه با شکل، اندازه، بافت و ارتباطات بین عوارض می‌باشند. از این رو استفاده از روش‌های عارضه مبنا به دلیل استفاده از اطلاعات مذکور در آنالیزهای تصوبه‌سورتری از جذابیت و موفقیت بیشتری نسبت به روش‌های پیکسل مبنا برخوردار می‌باشند. با توجه به دلایل ذکر شده در این تلفیق پایگاه قوانین دانش مبنا و آنالیزهای تصویری عارضه مبنا جهت کشف و شناسایی اتوماتیک عارضه راه از تصاویر ماهواره‌ای پیشنهاد شده است. جهت یافتن ویژگی‌های بهینه قطعه‌های تصویری از میان حدود ۱۰۰ ویژگی عارضه مبنای تعریف شده برای هر قطعه تصویری الگوریتم ژنتیک پیشنهاد گردیده است. جهت استفاده هر چه بیشتر از

مراجع

- [1] G. Vosselman, and J. de Knecht, "Road tracing by profile matching and kalman filtering", in Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images. A. Gruen, O. Kuebler, and P. Agouris, Eds., Basel, Switzerland: Birkhauser, 1995, pp. 265-274.
- [2] A. Gruen, and H. Li, "Semi-automatic linear feature extraction by dynamic programming and LSB snakes", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.63, pp. 985-995, 1997.
- [3] P. Doucette, P. Agouris, and A. Stefanidis, "Automated road extraction from high resolution multispectral imagery", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 70, pp. 1405-1416, 2004.
- [4] Q. Zhang, and I. Couloigner, "wavelet approach to road extraction from high spatial resolution remotely sensed imagery", Geomatica, Vol.58, pp. 33-39, 2004.
- [5] A. Mohammadzadeh, A. Tavakoli, and M.J. Valadan Zoej, "Road extraction based on fuzzy logic and mathematical morphology from pan-sharpened IKONOS images", The Photogrammetric Record, Vol. 21, pp. 44-60, 2006.
- [6] M. Mokhtarzade, and M. J. Valadan Zoej, "Road detection from high-resolution satellite images using artificial neural networks", International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol.

مزایای آنالیزهای عارضه مبنا تعدادی از ویژگی‌های مفهومی به منظور شبیه‌سازی هوش انسانی در قالب قوانین به ویژگی‌های بهینه اضافه می‌گردند. پایگاه قوانین با استفاده از دانش قبلی و همچنین داده‌های آموزشی و تست طراحی می‌گردند. ضریب کاپا و نتایج کشف راه با استفاده از تصاویر اعتبارسنجی نشان از کارایی و توانایی بالای روش پیشنهادی دارد؛ به طوری که مقادیر ۰.۸۱۲۶ و ۰.۸۶۷۹ به ترتیب ضریب کاپای حاصل از نتایج اعتبارسنجی کشف راه با استفاده از تصاویر شیراز و کیش می‌باشند. مقایسه نتایج اعتبارسنجی روش پیشنهادی با نتایج الگوریتم طبقه‌بندی نزدیکترین همسایگان کارایی بالای روش پیشنهادی را بیش از پیش روشن می‌گرداند. بررسی نتایج دقت‌های روش پیشنهاد می‌تواند انگیزه‌ای مناسب جهت تکمیل نمودن پایگاه قوانین طراحی شده توسط داده‌های کامل‌تر و جامع‌تر و همچنین استفاده از روش‌های هوشمندتر در طراحی قوانین باشد.

- 9, pp. 32–40, 2007.
- [7] T. Peng, “Incorporating Generic and Specific Prior Knowledge in a Multiscale Phase Field Model for Road Extraction From VHR Images”, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, Vol. 1, pp. 130-148, June. 2008.
- [8] S. Valero, J. Chanussot, J. A. Benediktsson, H. Talbot, and B. Waske, “Advanced directional mathematical morphology for the detection of the road network in very high resolution remote sensing images”, *Pattern Recognition Letters*, vol. 31, pp. 1120–1127, 2010.
- [9] T. T. Mirnalinee, S. Das, and K. Varghese, “An integrated multistage framework for automatic road extraction from high resolution satellite imagery”, *Journal of Indian Society of Remote Sensing*, Vol. 39, pp.1-25, 2011.
- [10] P. P. Singh, and R.D. Garg, “A two-stage framework for road extraction from high-resolution satellite images by using prominent features of impervious surfaces”, *International Journal of Remote Sensing*, vol. 35, pp. 8074–8107, 2014.
- [11] M. Baatz, and A. Schäpe, “Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation”, in *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII*, J. Strobl, and T. Blaschke, Eds., Heidelberg, 2000, pp. 12-23.
- [12] M. Herold, J. Scepan, A. Muller, and S. Gunter, “Object-oriented mapping and analysis of urban landuse/cover using ikonos data”, in *Proceedings of 22nd Earsel symposium geoinformation for European-wide integration*, Prague, 2002, pp.531–538.
- [13] U. Benz, P. Hofmann, G. Willhauck, I. Lingenfelder, and M. Heynen, “Multiresolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information”, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 58, pp. 239–258, 2004.
- [14] C. Cleve, M. Kelly, F. R. Kearns, and M. Moritz, “Classification of the wild land urban interface: A comparison of pixel- and object-based classifications using high resolution aerial photography”, *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 32, pp. 317–326, 2008.
- [15] T. Blaschke, “Object based image analysis for remote sensing”, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 65, pp. 2-16, 2010.
- [16] E. Baltasavias, “Object extraction and revision by image analysis using existing geo data and knowledge: Current status and steps towards operational systems”, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 58, pp.129–151, 2004.
- [17] R. C. Frohn, K. M. Hinkel, and W. R. Eisner, “Satellite remote sensing classification of thaw lakes and drained thaw lake basins on the North Slope of Alaska”, *Remote Sensing of Environment*, vol. 97, pp. 116–126, 2005.
- [18] N. Zarrinpanjeh, F. Samadzadegan, and T. Schenk, “A new ant based distributed framework for urban road map updating from high resolution satellite imagery”, *Computers and Geosciences*, vol. 54, pp. 337–350, 2013.
- [19] A. Grote, C. Heipke, and F. Rottensteiner, “Road network extraction in suburban areas”, *The Photogrammetric Record*, vol. 27, pp. 8–28, March. 2012.
- [20] M. Nikfar, M. J. Valadan Zoej, M. Mokhtarzade and M. Aliyari Shoorehdeli, “Designing a new framework using type-2 fls and cooperative-competitive genetic algorithms for road detection from IKONOS satellite imagery”, *Remote Sensing*, vol. 7, pp. 8271-8299, 2015.
- [21] F. Gomez, and C. Segami, “Semantic interpretation and knowledge extraction. Knowledge-Based Systems”, Vol. 20, pp. 51–60, 2007.
- [22] T. Matsuyama, and V. S. Hwang, *SIGMA* –

- A knowledge-based aerial image understanding system. Plenum Press, New York, 1990.
- [23] B. Draper, A. Collins, J. Brolio, and A. Hanson, Riseman, E. "The schema system. International Journal of Computer Vision", Vol. 2, pp. 209–250, 2007.
- [24] R. Tiinjes, S. Glowe, J. Biicknel, and C. Liedtke, "Knowledge-based interpretation of remote sensing images using semantic nets", Photogrammetric Engineering and Remote, Vol. 65, pp. 811-821, 1999.
- [25] J. Bückner, M. Pahl, O. Stahlhut, and C. E. Liedtke, "A knowledge-based system for context dependent evaluation of remote sensing data", in Pattern Recognition: DAGM Symposium, L. V. Gool, Eds., Germany, 2002, pp. 58–65.
- [26] F. M. B. Van Coillie, L. P. C. Verbeke, and R. R. De Wulf, "Feature selection by genetic algorithms in object-based classification of IKONOS imagery for forest mapping in Flanders, Belgium", Remote Sensing of Environment, vol. 110, pp. 476–487, 2007.
- [27] C. H. Chang, C. C. Liu, and C. G. Wen, "Integrating semi analytical and genetic algorithms to retrieve the constituents of water bodies from remote sensing of ocean color", Optics Express, vol. 15, pp. 252–265, 2007.
- [28] D. G. Stavrakoudis, J. B. Theocharis, and G. C. Zalidis, "A boosted genetic fuzzy classifier for land cover classification of remote sensing imagery", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 66, pp. 529–544, 2011.
- [29] M. Nikfar, M. J. Valadan Zoej, A. Mohammadzadeh, M. Mokhtarzade, and A. Navabi, "Optimization of multiresolution segmentation by using a genetic algorithm", Journal of Applied Remote Sensing, vol. 6, pp. 1-18, 2012.
- [30] J. Holland, Adaptation in Natural and Artificial Systems. University of Michigan Press: Oxford, England, 1975.
- [31] Y. M. M. Bishop, S. E. Fienberg, and P. W. Holland, Discrete multivariate analysis: Theory and practice. MIT Press, Cambridge, 1975.
- [32] W. Y. Lin, W. Y. Lee, and T. P. Hong, "Adapting crossover and mutation rates in genetic algorithms", Journal of Information Science and Engineering, vol. 19, pp. 889–903, 2003.
- [33] M. J. Valadan Zoej, M. Mokhtarzade, A. Mansourian, H. Ebadi and S. Sadeghian, "Rational function optimization using genetic algorithms", International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, vol. 9, pp. 403–413, 2007.
- [34] X. Jin and C. H. Davis, "An integrated system for automatic road mapping from high-resolution multi-spectral satellite imagery by information fusion", Information Fusion, vol. 6, pp. 257–273, 2005.
- [35] A. Hamedianfar, H. Z. M., Shafri, S. Mansor, and N. Ahmad, "Improving detailed rule-based feature extraction of urban areas from WorldView-2 image and lidar data", International Journal of Remote Sensing, vol. 35, pp. 1876–1899, 2014.

..



Designing an object based rule set for road detection from high resolution satellite imagery

Maryam Nikfar ^{1*}, Mohammad Javad Valadan Zoej ², Mehdi Mokhtarzade ³,
and Mahdi Aliyari Shoorehdeli⁴.

1-PhD student of remote sensing in Department of Photogrammetry and Remote Sensing, College of Geomatics, K.N. Toosi University of technology

2- Associated professor in Department of Photogrammetry and Remote Sensing, College of Geomatics, K.N. Toosi University of technology

3- Assistant professor in Department of Photogrammetry and Remote Sensing, College of Geomatics, K.N. Toosi University of technology

2 Assistant professor in Control Department, Electrical Engineering Faculty, K. N. Toosi University of Technology

Abstract

The increasing availability of high resolution satellite images is an opportunity to detect urban objects such as roads. In order to increasing the precision a new image analysis using object-based approaches has been proposed. In this paper, designing steps of knowledge based of road detection has been presented. In this field, an important challenge is the use of knowledge for automatic road objects identification, and a major issue is the formalization and exploitation of this knowledge. At first, optimum features, including spectral, texture and structural features, are detected using a genetic algorithm with a k-nearest neighbor classifier. After that a rule based road detection strategy has been developed using prior knowledge and optimum features interpretation. The method is designed and validated by IKONOS images of the urban areas of Hobart, Kish and Shiraz. The validation results highlight the capacity of the proposed method to automatically identify road objects using the knowledge based proposed system.

Key words: Object Based Image Analysis, Road Detection, Rule Based, Genetic Algorithm.