

آشکار سازی تغییرات ساختمان‌ها از تصاویر ماهواره‌ای کوئیک برد با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم‌گیری

محمد رضا سلطانی: دانشجوی کارشناسی ارشد GIS & RS دانشگاه علوم و تحقیقات یزد، یزد، ایران
جلال کرمی: عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران*

وصول: ۱۳۹۱/۳/۲۶ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۲۲، صص ۱۲۸-۱۱۷

چکیده

استخراج محدوده ساختمانها از تصاویر ماهواره‌ای نه تنها نقش انسان را در تولید نقشه‌های شهری کاهش می‌دهد بلکه در زمان و هزینه تولید این نقشه‌ها صرفه جویی قابل توجهی صورت خواهد گرفت. همچنین امکان تهیه نقشه محدوده ساختمانها در بازه‌های زمانی کوتاه مدت سالیانه، ماهیانه و حتی کوتاه تر را نیز فراهم می‌آورد. شهرداریها و سایر ارگانهای شهری نیاز به نقشه‌های بروز از ساختمانها و سایر عوارض شهر دارند. روش انتخابی برای انجام این کار بر اساس اطلاعات هر پیکسل (Pixel Base) و با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم‌گیری (Decision Tree) است. به این صورت که با تعیین حد آستانه‌های مناسب با توجه به ویژگیهای طیفی هر پدیده نسبت به حذف مرحله‌ای عوارض اقدام و در نهایت کلاس ساختمانها با توجه به هدف مطالعه استخراج گردید. عملیات فوق بر روی تصاویر دو زمانه مربوط به سالهای ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ میلادی انجام و سپس نقشه تغییرات ساختمانها استخراج گردید و در نهایت نقشه خروجی با نقشه‌های رقومی املاک در وضع موجود که از ممیزی سطح شهر تولید شده مقایسه و دقت روش انتخابی مورد ارزیابی قرار گرفته است. واژه‌های کلیدی: پیکسل مینا، درخت تصمیم‌گیری، سنجش از دور، ممیزی املاک، کوئیک برد

۱. مقدمه

و به اپراتورهای حرفه‌ای نیاز داشته است و برای مدلسازی مناطق شهری با تراکم بالا مناسب نمی‌باشد. با رشد و توسعه فناوری سنجش از دور، در حال حاضر تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک مکانی در دسترس است. به کمک این تصاویر امکان طبقه‌بندی جزئیات کاربری اراضی در مناطق شهری در مقیاس بزرگ فراهم شده است. ماهواره آیکونوس، به عنوان اولین ماهواره تجاری قدرت تفکیک بالا در سال ۱۹۹۹ شناخته می‌شود. بعد از آن، ماهواره‌های

استخراج عارضه به معنی تشخیص و بازسازی عارضه‌ای خاص از روی تصاویر هوایی و ماهواره‌ای است. تشخیص عارضه بدان معنی است که عارضه‌ای خاص بر روی تصویر بر اساس قدرت تفکیک مکانی را بتوان پیدا کرد و پس از تشخیص بتوان آنرا به ساده‌ترین شکل ممکن بازسازی نمود. در گذشته استخراج ساختمانها از تصاویر رقومی به صورت دستی انجام می‌شده است که این عمل بسیار کند و هزینه‌بر بوده

در این مطالعه از تصاویر چند طیفی و پانکروماتیک ماهواره کویک برد باندهای ۱ تا ۴ جهت بدست آوردن محدوده کلاسهای عوارض شهری مورد نظر مانند ساختمانها، جاده‌ها، گیاهان، پیاده‌روها و... استفاده گردید.

۲. مواد و روش‌های تحقیق

۱-۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این تحقیق بخش از شهر چابهار در جنوب شرق ایران است. با توجه به اینکه در این شهر عملیات ممیز املاک بصورت پیمایش میدانی صورت گرفته بود لذا به لحاظ در دسترس بودن اطلاعات ممیزی این شهر برای انجام این تحقیق انتخاب گردید. تصاویر ماهواره مورد استفاده برای انجام این مطالعه تصویر ماهواره کویک برد مربوط به سالهای ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ میلادی است.

۲-۲. معرفی ماهواره کویک برد

این ماهواره مربوط به شرکت Digital Globe که تصاویری با قدرت تفکیک مکانی حدود ۶۰ سانتیمتر را ارائه می‌دهد. ای ماهواره (پرتاب شده در ۱۸ اکتبر ۲۰۰۱) تصاویر چند طیفی و سیاه و سفید (پانکروماتیک) را به طور هم زمان برداشت می‌نماید. نوارها به طول ۲۵۰ کیلومتر در یک بار عبور ماهواره می‌توانند جمع آوری شوند. مشخصات باند های این ماهواره در جدول ۱ آمده است.

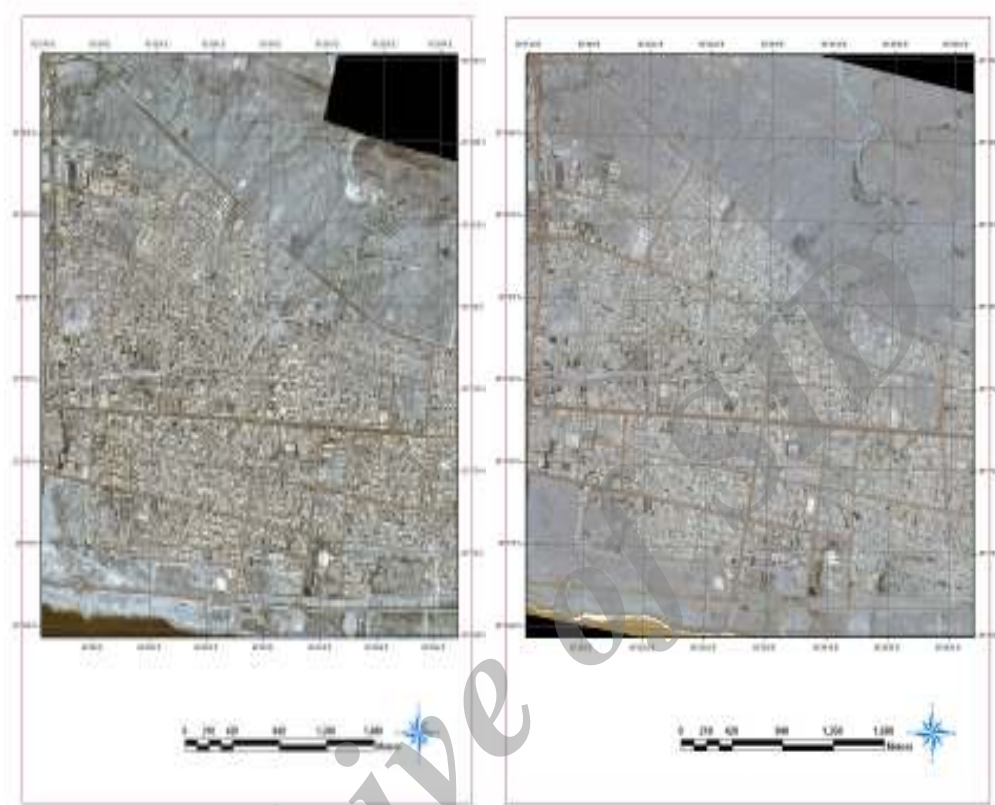
مشابهی همچون ماهواره کویک برد و ماهواره جئوآی در سالهای بعد به فضا پرتاب شد. استفاده از یک روش مناسب اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک جهت استخراج محدوده ساختمانها از تصاویر ماهواره ای نه تنها نقش انسان را در تولید نقشه‌های شهری کاهش می‌دهد بلکه در زمان و هزینه تولید این نقشه‌ها صرفه جویی شایان توجهی خواهد شد و امکان تهیه نقشه محدوده ساختمانها فراهم می‌آورد. به علاوه اینکه چنین روشی راه را برای استخراج سایر عوارض که هندسه و ماهیتی مشابه با ساختمانها دارد هموار می‌سازد.

اخذ مجوزهای لازم برای ساخت و ساز از مراجع زیربط نظیر شهرداریها به جهت برنامه ریزی اصولی در شهر، حفظ حریم و محدوده قانونی، حفظ زیبایی و ظاهر شهر، رعایت استحکام و ساختار کالبدی و دلایل متعدد دیگر از اهمیت بسزایی در مدیریت شهری برخوردار است. در حال حاضر شهرداریها و سایر نهادهایی که به اطلاعات بروز از املاک و معابر شهر نیاز دارند سالیانه هزینه‌های بسیار زیادی را جهت مساحی و ممیزی املاک و معابر شهر با سلسله عملیات دشوار و با تعداد زیاد نفرات انسانی هزینه می‌نمایند، که در اغلب موارد دقت و صحت اطلاعات بدست آمده رضایت بخش نبوده و منجر به چند باره کاری نیز می‌گردد.

جدل ۱: مشخصات باندهای ماهواره کویک برد

باندهای طیفی	طول موج (μm)	توان تفکیک در نادیر	توان تفکیک ۳۰ درجه از نادیر
آبی (۱)	0.45 - 0.52	2.5 m	2.9 m
سبز (۲)	0.52 - 0.60	2.5 m	2.9 m
قرمز (۳)	0.63 - 0.69	2.5 m	2.9 m
مادون قرمز (۴)	0.76 - 0.89	2.5 m	2.9 m
پانکروماتیک	0.45 - 0.90	0.61 m	0.73 m

نمونه‌ای از تصاویر مورد استفاده در این مطالعه در شکل ۱ مشاهده می‌گردد. این تصاویر شامل دو تصویر ماهواره‌ای کوئیک برد از شهر چابهار در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ میلادی اخذ گردیده است.



سال ۲۰۱۲

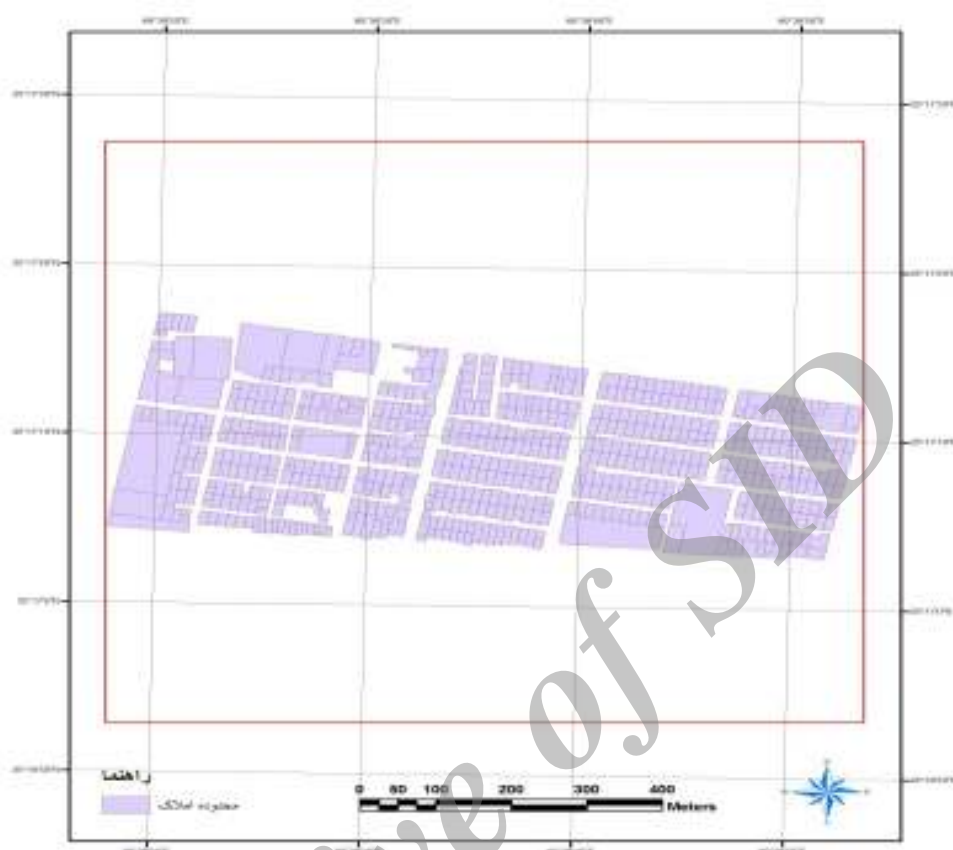
سال ۲۰۰۸

شکل ۱: ماهواره‌ی کوئیک برد از شهر چابهار مربوط به سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ میلادی

سالهای ذکر شده گردآوری و برای مقایسه با تصاویر و استخراج اختلاف برداشت زمینی و نتایج بدست آمده از تصویر مورد استفاده قرار گرفته است. از لایه‌های ملک، ساختمان بصورت شیپ فایل مربوط به برداشت‌های زمینی سالهای ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ (شکل شماره ۲) به منظور مقایسه با لایه محدودده‌های ملک و ساختمان که با استفاده از تصاویر سالهای فوق به دست می‌آید نیز استفاده شده است.

۳-۲. داده‌های برداشت زمینی

با توجه به انجام عملیات ممیزی املاک در سال ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ از اطلاعات املاک در محدوده مورد نظر نیز استفاده شده است. این اطلاعات شامل اطلاعات عرصه و اعیان (ساخت و ساز) املاک از قبیل مساحت زیربنای ساخت و نوع کاربری ملک و جنس سقف و نوع اسکلت و سایر مشخصات مورد نیاز بوده است. اطلاعات در فایلها و جداول جداگانه مربوط به



شکل ۲: نمونه ای از نقشه ممیزی املاک موجود

۱-۳- مفاهیم بنیادی درخت تصمیم گیری

یک درخت تصمیم گیری شرایط موجود را در مجموعه ای از ویژگی های اصلی که دارای مجموعه ای از کلاس هایی با اطلاعات کلی هستند توصیف می کند. ساختار درخت تصمیم گیری در اغلب موارد شامل متغیرها، گره ها (Nodes)، شاخه ها و برگ ها است. متغیرهای موجود در این روش به چند دسته شامل متغیرهای پیش بینی کننده یا همان داده های ورودی (مانند باندهای چند طیفی) و متغیرهای هدف که نمایشگر پوشش های زمین (که قرار است از آن نقشه سازی صورت گیرد) هستند (Breiman et al., ۱۹۸۴).

۳- روش طبقه بندی درخت تصمیم گیری (Decision Tree)

روش تجزیه و تحلیل تصاویر به واسطه ی درخت تصمیم گیری از اوایل دهه ی ۱۹۸۰ از طریق داده های ماهواره ای برای نقشه ی پوشش زمین مورد استفاده قرار گرفته است. این روش طبقه بندی مزیت های روش شبکه ی عصبی مصنوعی (ANN) را در بر گرفته، در حالی که برخی از محدودیت های آن را ندارد.

۱-۲-۳- درخت تصمیم‌گیری یک متغیره:

نوع خاصی از درخت است که در آن هر گره ی داخلی تنها می‌تواند بر اساس ارزیابی یک متغیر باشد. حتی ممکن است که برای ویژگی‌های مختلف از یک متغیر از گره‌های متفاوتی استفاده شود. در این روش برای هر گره یک آزمایش ساده به شکل مقایسه ی بولین صورت می‌پذیرد. این مقایسه معمولاً به صورت زیر است:

$$b \leq X_i$$

در اینجا X_i مرتبه ی متغیر یا ویژگی در فضای داده است و b آستانه ای است که با استفاده از اندازه گیری اعداد از توزیع X_i حاصل می‌آید. این روش سبب پررنگ شدن عدم شباهت‌ها و کم رنگ شدن شباهت‌ها می‌گردد.

۲-۲-۳- درخت تصمیم‌گیری چند متغیره:

در این درخت، تصمیم‌گیری در مورد هر گره ی داخلی بر اساس آزمایش حداقل دو صفت از داده های ورودی است (بر خلاف روش تصمیم‌گیری تک متغیره در طی یک زمان فقط به بررسی یک صفت می‌پردازد). تمایز و برتری روش چند متغیره آن است که قانون تصمیم‌گیری برای هر گره ی داخلی از طریق ترکیب خطی چندین ویژگی (صفت) ایجاد می‌شود.

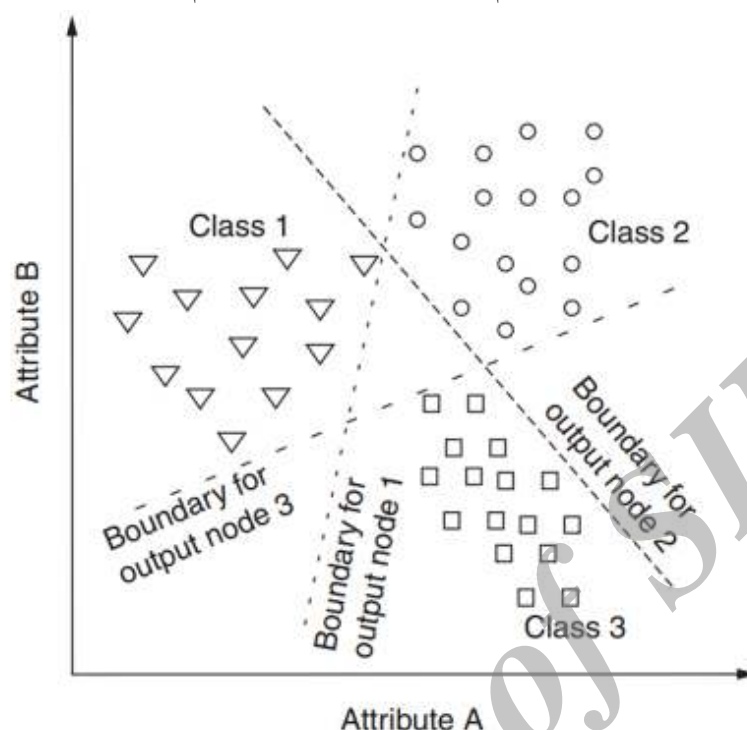
این روش از درخت تصمیم‌گیری نسبت به روش‌های دیگر دارای انعطاف بیشتری است. ارزش واقعی موجود در گره‌های داخلی این روش و نیز روش تک متغیره با استفاده از نمونه‌های آموزشی به طور آماری تخمین زده شده و با استفاده از الگوریتم ماشین یادگیری استفاده می‌شود. در نتیجه استفاده از تابع جدا

متغیرهایی که توسط کاربر تعریف می‌شوند ممکن است شامل تصاویر رستری، لایه‌های وکتوری حاصل از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مدل‌های مکانی، برنامه‌های خارجی و اعداد ساده باشد. چندین طبقه بندی از گره‌ها بر حسب اینکه در کدام بخش درخت قرار گرفته باشند وجود دارد. از این گره‌ها می‌توان به گره‌های ریشه‌ای، گره‌های داخلی، گره‌های انتهایی اشاره کرد. در یک درخت تصمیم‌گیری تنها یک گره ی ریشه‌ای وجود دارد که شامل همه ی داده های ورودی است. گره‌های داخلی که انشعاب نیز نامیده می‌شوند بر اساس شماره شان متفاوتند. در برخی از مطالعات که بر روی یک صفت انجام می‌شوند ما با یک شاخه و مجموعه ای از زیر درخت‌ها برای هر خروجی ممکن مواجه هستیم. همه ی گره‌های داخلی موجود در درخت تصمیم‌گیری به یک گره ی اصلی و دو یا چند گره ی Descendant مرتبط هستند. گره‌های انتهایی یا گره‌های برگ‌ی تقریباً مانند برگ‌های درخت هستند که نمایشگر پیکسل‌ها هستند. این گره‌ها دارای هیچ گره ی Descendant نیست.

۲-۳- انواع درخت تصمیم‌گیری

در حقیقت چندین درخت تصمیم‌گیری وجود دارد. این درخت‌ها می‌تواند با معیارهای مختلف طبقه بندی شود. مانند متغیرهایی که برای آزمایش هر گره ی داخلی، همگنی قوانین در کل شاخه و ماهیت گره‌های انتهایی استفاده می‌شود. بنابراین درخت می‌تواند به صورت تک متغیره، چند متغیره، مجزا و یا رگرسیون، یک شکل و یا دوگانه طبقه بندی شوند.

کننده ی خطی، محورهای موجود در مرز تصمیم گیری به صورت قائم الزاویه نیست (شکل شماره ۳).



شکل ۳: افراز فضای طیفی در روش درخت تصمیم گیری برای دو باند نمونه طیفی

انشعاب سازی پیچیده تری داشته و تفسیر آن نیز دشوارتر است.

۳-۲-۳- درخت تصمیم گیری دوگانه

این نوع از طبقه بندی کننده برای تخمین انشعاب در گره‌های داخلی دارای درجات متنوعی از همگنی (یکسانی) است. اگر چه این روش نسبت به دو روشی که ذکر آن‌ها رفت پیچیده تر است، ولی به دلیل مزیت‌هایی که دارد هنوز هم به عنوان روشی با ارزش و مفید برای طبقه بندی تصاویر به کار می‌رود.

۴-۲-۳- درخت‌های رگرسیون

زمانی که متغیرهای هدف مجزا و یا قطعی هستند، این نوع از درخت برای طبقه بندی استفاده می‌شود. زمانی که متغیرهای هدف ادامه دار هستند تحت عنوان درخت تصمیم گیری رگرسیون نامیده می‌شوند.

از ادغام این مرزهای تصمیم گیری با یکدیگر نیز یک زاویه ی راست تولید نمی‌شود. با این وجود، مرزهای تصمیم گیری همیشه خطی هستند. بنابراین اگر داده‌ها به صورت خطی قابل جداسازی نباشند، عملکرد درخت تصمیم گیری چند متغیره کاهش خواهد یافت. یک مجموعه داده ی مشابه می‌تواند با استفاده از درخت تصمیم گیری تک متغیره و نیز درخت تصمیم گیری چند متغیره به زیرمجموعه‌های خالص تری تبدیل شود. درخت تصمیم گیری چند متغیره نسبت به درخت تصمیم گیری تک متغیره توانایی بیشتری در استفاده ی هم زمان از چندین متغیر در یک گره ی داخلی مشابه در طی روند تصمیم گیری را داراست. ولی این روش نسبت به روش تک متغیره قوانین

۳-۳- ساخت درخت تصمیم‌گیری

برای ساخت درخت تصمیم‌گیری نیاز به مجموعه‌ی بزرگی از نمونه‌های آموزشی برای نمایش کل مجموعه‌ی داده‌ها است. از جمله‌ی این نمونه‌ها ورودی‌های بردار ویژگی‌ها (مثلاً تعداد باندهای طیفی) یا بردار هدف (مانند تعداد پوشش‌های زمینی) است. این نمونه‌های آزمایشی باید دارای کیفیت بالایی باشد چون از آن‌ها برای پدیده‌ی آموزش ارتباط میان پدیده‌ها و کلاس‌های موجود در داده‌ها استفاده می‌شود. در ابتدا بخش بزرگی از این داده‌ها برای تعیین ساختار درخت به کار می‌روند. این عمل با استفاده از عملیات شکستن این داده‌ها با استفاده از هر نوع تقسیم دوتایی در یک گره‌ی داخلی انجام می‌گردد. داده‌های آموزشی برای تخمین انشعاب در هر گره‌ی داخلی و با استفاده از فرآیندهای آماری صورت می‌گیرد. فرآیند تقسیم برای ایجاد هر گره‌ی جدید صورت می‌پذیرد. این کار آنقدر تکرار می‌شود تا هر گره به کوچکترین حد مورد استفاده اش توسط کاربر نزدیک شود و به یک گره‌ی انتهایی تبدیل شود. مواردی که در ساخت یک درخت تصمیم‌گیری برای طبقه‌بندی یک تصویر ماهواره‌ای دخیل است شامل موارد زیر است: مانند روش‌های ساخت، انتخاب عارضه (کدام عارضه باید در سطح هر انشعاب انتخاب شود)، هرس درخت و اصلاح آن. بسته به اینکه در این فرآیند کدام درخت انتخاب می‌شود بعداً ممکن است موارد به خصوصی به ساخت آن اضافه شود. مواردی که در همه‌ی درخت‌ها مشترک است این است که چگونه باید ورودی داده‌های سنجش از دور به زیرمجموعه‌های همگنی تقسیم شده و بنابراین به عنوان طبقه‌بندی

مطمئنی برای نقشه‌سازی طبقات پوشش زمین به کار رود.

از مزایای درخت تصمیم‌گیری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- راحتی استفاده و تفسیر آن و راحتی فهم مدل‌های آن پس از یک توضیح مختصر.

۲- کارایی بالا حتی در مورد داده‌هایی که کمی با مشکل همراه است.

۳- می‌توان عوامل مختلف دخیل را به آن اضافه کرد.

۴- کمترین و بیشترین ارزش‌ها و نیز ارزش‌های مورد انتظار را نیز می‌توان توسط آن در شرایط مختلف تعیین کرد.

۵- می‌توان آن را با سایر روش‌ها ترکیب کرد.

۶- توانایی ارزش دادن به یک مدل با استفاده از آزمون‌های آماری را دارد.

۷- توانایی کار با پایگاه‌های داده‌ی بزرگ؛ این الگوریتم می‌تواند پایگاه‌های داده‌ی بزرگ را در مدت زمان معقول مورد محاسبه و تجزیه و تحلیل قرار دهد. ۸- با این حال گاهی به دلیل سختی مفهوم کاربر درختی را شکل می‌دهد که فهم و تحلیل آن دشوار است.

۴. تجزیه و تحلیل

۴-۱. تعیین کلاسهای برای ساخت درخت تصمیم

با بررسی پدیده‌های موجود در تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۸ شهر چابهار ساختار درخت تصمیم برای جدا سازی عارضه‌ها کلاسهای به صورت زیر تعیین گردید.

گیاهان و فضاهای سبز

آسفالت سطح خیابانها و کوچه‌ها

ساختمانهای اصلی که از جداسازی سایر پدیده‌ها بدست آمده است.

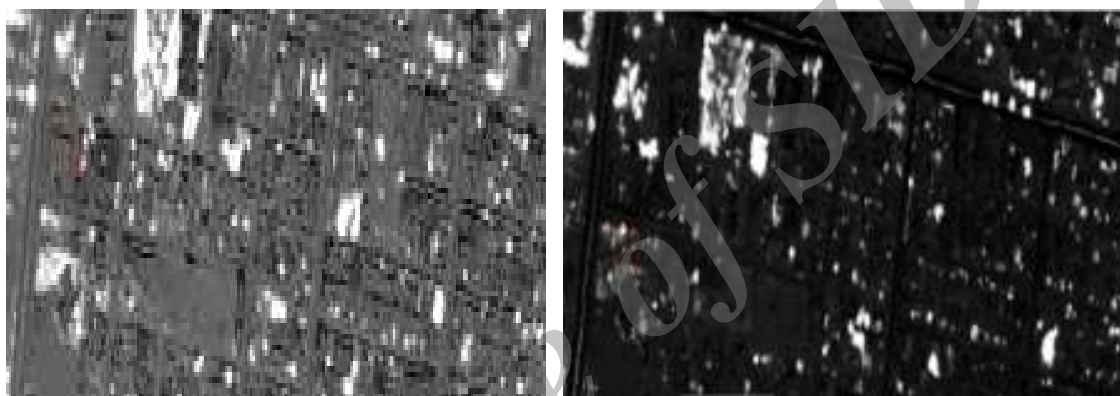
در ابتدا به منظور تفکیک پوششهای گیاهی از دیگر پدیده‌ها نسبت به تولید تصویر شاخص پوشش گیاهی نرمال شده برای تصاویر دو زمانه (شکل شماره ۴) بر اساس فرمول $NDVI = (IR-R)/(IR+R)$ اقدام گردید:

آسفالت بام ساختمان (در تصاویر تعدادی از بامها دارای سقف آسفالت است)

پیاده رو نوع ۱ (پیاده روهای مشخص در تصویر که معمولاً دارای سنگ جدول است)

سایه‌های ساختمانها و درختان که به دلیل زاویه و زمان تصویر برداری ماهواره مشهود است

سایر پیاده روهای پوشیده از خاک که در تصویر بخشی از زمینهای بایر است و زمینهای خاکی



سال ۲۰۱۲

سال ۲۰۰۸

شکل ۴: تصویر شاخص پوشش گیاهی نرمال شده برای سالهای ۲۰۱۲ و ۲۰۰۸

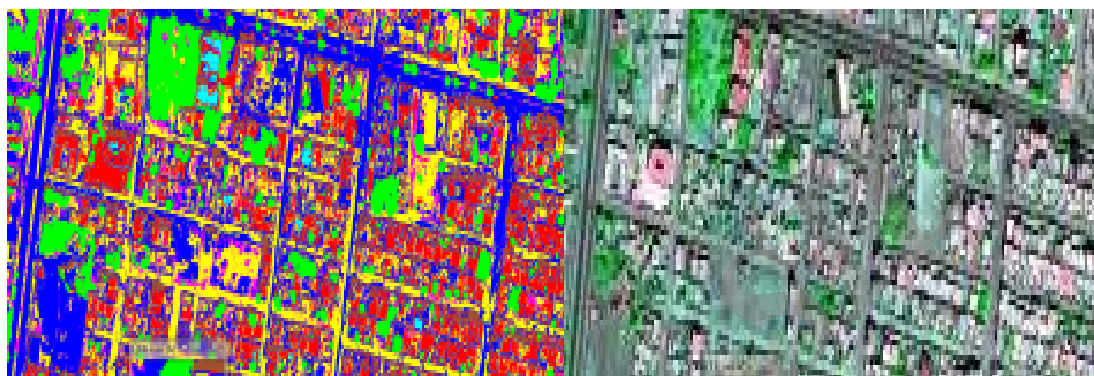
ساخت درخت تصمیم از تصویر سال ۲۰۰۸ با استفاده از مقادیر رقمی DN و مقادیر حد آستانه در جدول شماره ۲ شرح داده شده است.

جدول شماره ۲: نوع و مقادیر محد آستانه پدیده‌ها در روش درخت تصمیم گیری برای تصویر سال ۲۰۰۸

نوع پدیده	مقدار آستانه و محدوده تشخیص پدیده	توضیحات
گیاه و فضای سبز	NDVI GT 1	
آسفالت (معیار)	B4 GT 30 AND B4 LT 70	باند ۴
آسفالت (پشت بام)	B1 GT 75 AND B1 LT 112	با توجه به اینکه سقف برخی از ساختمانها نیز آسفالت است
پیاده رو	B2 GT 64 AND B2 LT 87	شامل پیاده روها، جاده‌های خاکی، زمینهای خاکی و بخشی از سقف ساختمانهای خاکی
سایه‌های ساختمانها	B1 GT 10 AND B1 LT 25	
پیاده روها و زمینهای خاکی	B1 GT 40 AND B1 LT 88	
ساختمانهای اصلی		این ساختمانها از کسر بقیه مقادیر بدست آمده است

بام باند ۱ حد آستانه ۷۵ تا ۱۱۲، پیاده رو باند ۲ حد آستانه ۶۴ تا ۸۷، سایه‌ها باند ۱ حد آستانه ۱۰ تا ۲۵ و پیاده‌روها و جاده‌های خاکی باند ۱ حد آستانه ۴۰ تا ۸۸ استفاده شده است.

همانگونه که از مقادیر جدول فوق مشاهده می‌شود برای پدیده‌های گیاهان و فضاهای سبز از شاخص NDVI با حد آستانه بالاتر از ۱/۰ و برای آسفالت از باند چهارم حد آستانه ۳۰ تا ۷۰، برای آسفالت پشت



تصویر ماهواره ای سال ۲۰۰۸ منطقه مورد مطالعه تصویر حاصل از طبقه بندی به روش درخت تصمیم گیری

یر منطقه مورد مطالعه و تصویر حاصل از طبقه بندی پدیده‌ها به روش درخت تصمیم گیری در شکل شماره ۵ نشان داده شده است.



تصویر ماهواره ای سال ۲۰۱۲ منطقه مورد مطالعه تصویر حاصل از طبقه بندی به روش درخت تصمیم گیری

شکل ۵: تصویر اولیه و تصویر طبقه بندی شده منطقه مورد مطالعه

اجرای الگوریتم درخت تصمیم گیری برای تصاویر سال ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ استخراج کهبصورت جدول شماره ۳ زیر است.

جدول زیر مقایسه تغییرات حاص از دو بازه زمانی را نشان می‌دهد. پس از اعمال فیلتر اکثریت درصد و مساحت تغییرات پدیده‌ها در کلاسهای مد نظر پس از

درصد مساحت هر کدام از عوارض در تصویر سال ۲۰۰۸

جدول ۳: درصد مساحت عوارض سال ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲

پایه رو و زمین خاکی	ساختمان با سقف آسفالت	سایه	پیاده رو	معابر	ساختمان	گیاه
8.522	4.718	6.73	5.172	5.627	5.345	41.437
16.468	65.705	41.24	17.418	17.457	55.707	11.183
10.85	5.093	18.415	12.171	32.179	6.784	10.928
38.51	12.738	21.645	45.334	29.38	17.7	21.899
4.783	1.35	3.041	3.672	4.421	1.787	5.544
0	0	0	0	0.001	0	0
20.866	10.395	8.93	16.233	10.934	12.678	9.007
79.134	100	96.959	54.666	67.821	44.293	58.563

۵. نتیجه گیری و ارزیابی دقت

درصد مجموعاً ۱۷.۵۷ درصد برآورد گردید. این درصد در تصویر ۲۰۱۲، به ۲۴.۶۹ درصد افزایش یافته است یعنی ۷.۱۲ درصد افزایش مساحت نشان می‌دهد. که ناشی از ساخت و سازهای جدید در فاصله زمانی ۴ ساله است.

در ادامه پدیده‌های مربوطه در هر کلاس در تصاویر ۲۰۱۲ و ۲۰۰۸ جداسازی و درصد تغییرات مشخص گردید (جدول شماره ۴). درصد پوشش ساختمانها در تصویر ۲۰۰۸، ۱۶.۴۱ درصد و با سقف آسفالت ۱.۱۶

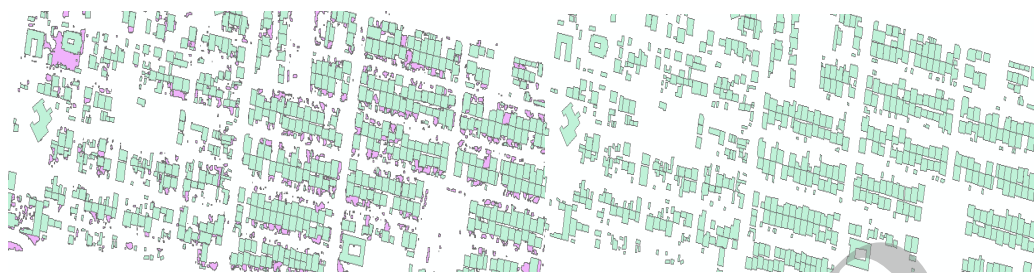
جدول ۴: خلاصه درصد تغییر مساحت هر کدام از عوارض در تصاویر سال ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲

مقدار تغییر	درصد در ۲۰۱۲	درصد در تصویر ۲۰۰۸	نام کلاس
-۱.۷۳	۹.۵۰	۱۱.۲۳	گیاه
-۱۴.۵۹	۱۷.۴۴	۳۲.۰۳	آسفالت (جاده)
+۱۰.۹۱	۱۵.۰۸+۲۸.۷۸	۶.۹۲+۲۶.۰۳	پیاده رو-زمین خاکی
-۱.۷	۴.۵۱	۶.۲۱	سایه
+۷.۱۲	۲۴.۶۹	۱.۱۶+۱۶.۴۱	ساختمان (با سقف معمول و سقف آسفالت)

میزان حدود ۱۱ درصد (تبدیل شدن آسفالت به شبکه خاکی) که می‌تواند ناشی از فرسوده شدن آسفالت و نیز خاک گرفتگی معابر و همچنین حفاری و کنده کاریها باشد.

در این جا ذکر دو نکته ضروری است و آن اینکه :
نکته ۱: سقف ساختمانها از حالت آسفالت به حالت‌های دیگر مانند ایزوگام تغییر یافته است.
نکته ۲: کاهش محدوده آسفالت شهر به میزان حدود ۱۵ درصد و افزایش کلاس پیاده رو - زمین خاکی به

به منظور ارزیابی دقت تصویر حاصل از طبقه بندی برداری ساختمان که از عملیات ممیزی سطح شهر در سال ۲۰۰۸ بدست آمده است مقایسه گردید. نقشه خروجی به فرمت برداری تبدیل و با نقشه



شکل ۶: تطبیق شیپ فایل تصویر ۲۰۰۸ و شیپ فایل ممیزی

با محاسبه مشخصات آماری روی مساحت لایه برداری تصویر و لایه برداری ممیزی نتایج زیر بدست می‌آید.

جدول ۵: تعداد پارسل و مساحت ساختمانها از لایه تصویر سال ۲۰۰۸ و لایه ممیزی

لایه	تعداد پارسل	جمع مساحت پارسلها به متر مربع
لایه برداری تصویر	۱۲۵۶	۶۹۳۲۸.۰۷
لایه برداری ممیزی	۷۹۹	۱۰۱۴۹۴.۰۴۲
اختلاف	۴۵۷	۳۲۱۶۵.۹۷

همانگونه که از جدول شماره ۵ ملاحظه می‌شود تعداد پارسل ساختمانها در تصویر ۴۷۵ پارسل بیشتر از پارسل ممیزی است که به دلایلی مانند خطای ترسیم و برداشت ممیزی و تشخیص نادرست عوارض در تصویر و... است. همچنین عدم برداشت و عدم کسر فضاهای ساخته نشده مانند نورگیرها در نقشه ممیزی و... نیز می‌تواند از عوامل این اختلاف باشد که با توجه به دلایل ذکر شده موجه است. برای سال ۲۰۱۲ نیز اطلاعات استخراج شده از تصویر لایه برداری حاصل از عملیات ممیزی به صورت جدول ۶ است.

جدول ۶: تعداد پارسل و مساحت ساختمانها از لایه تصویر سال ۲۰۱۲ و لایه ممیزی

لایه	تعداد پارسل	مساحت پارسلها به متر مربع
لایه برداری تصویر	۶۴۴	۱۰۴۱۰۲.۲۹
لایه برداری ممیزی	۷۹۷	۹۵۸۱۲.۵
اختلاف	۱۵۳	-۸۲۸۹.۷۱

این روش برای شناسایی ساخت و سازهای انجام شده جدید بدون مراجعه محلی استفاده نمود.

در این جا نیز اختلاف تعداد پارسل ها ۱۵۳ است که اختلاف حدود ۱۰ درصد را نشان می‌دهد که بنابر این می‌توان نتیجه گیری نمود که با درصد قابل قبولی از

- T. Guo, Y. Yasuoka, Snake-based approach for building extraction from high-resolution satellite images and height data in urban areas, Proceedings of the 23rd Asian Conference on Remote Sensing, 2002, November 25 29, Kathmandu. 7
- T. Schenk, B. Csatho, Fusion of LiDAR data and aerial imagery for a more complete surface description. International Archives of Photogrammetry & Remote Sensing and Spatial Information Sciences 34 (Part 3), 2002, 310 317
- U. Weidner, W. Forstner, Towards automatic building reconstruction from high resolution digital elevation models, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 50 (4), 1995, 38 49
- C. Baillard, H. Maitre, 3D reconstruction of urban scenes from aerial stereo imagery: A focusing strategy, Computer Vision and Image Understanding 76 (3), 1999, 244 258
- C. Vestri, Using range data in automatic modeling of buildings, Image and Vision Computing 24, 2006, pp.709 719
- Halla, N.C. Brenner, Extraction of building and trees in urban environment, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 54, 1999, 130-137
- منابع
 ارگانی، میثم، ۱۳۸۵، نظارت بر توسعه مناطق شهری با استفاده از تصاویر ماهواره ای به روش آنالیز ترکیب طیفی و مقایسه پس از طبقه بندی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی دانشگاه تهران.
- الله، سید محمد، ۱۳۸۲، استخراج تغییرات کاربری اراضی منطقه شهری تهران با استفاده از تصاویر ماهواره ای، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی دانشگاه تهران
- محمدی تاکامی، م.، بینی الکترونیکی با تشخیص آماری الگو، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، اردیبهشت ۱۳۸۳
- F. Rottensteiner, J. Trinder, S. Clode, K. Kubik, Using the Dempster Shafer method for the fusion of LIDAR data and multispectral images for building detection, Information Fusion 6 (4), 2005, 283-300
- G. Sohn, I. Dowman, Data fusion of high-resolution satellite imagery and LiDAR data for automatic building extraction, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 62, 2007, 43 63