



استخراج تغییر اتوماتیک ساختمانها در محیط شهری با استفاده از پایگاه داده زمینی موجود و اطلاعات اولیه از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا

پویان یاعلی، دکتر مهدی مومنی و دکتر سعید نادى

دانشگاه اصفهان، p.yaali@eng.ui.ac.ir

دانشگاه اصفهان، momeni@surv.ui.ac.ir

دانشگاه اصفهان، snadi@eng.ui.ac.ir

چکیده - به روزآوری پایگاه های داده زمینی در محیط شهری کاری سخت و پر هزینه می باشد. این کار به کمک روشهای استخراج اتوماتیک تغییر آسان تر می شود. در این پژوهش یک روش جدید، جهت استخراج اتوماتیک تغییرات ساختمان ها در محیط های شهری از تصاویری با قدرت تفکیک بالا و استفاده از پایگاه داده زمینی موجود ارائه می شود. روش مورد نظر از چهار مرحله تشکیل شده است. در مرحله اول ساختمان ها و دیگر *object* های شهری با استفاده از پایگاه داده زمینی موجود شناسائی می شوند. در مرحله دوم تصویر قطعه بندی شده و در مرحله سوم هر قطعه با استفاده از پایگاه داده موجود مورد آنالیز قرار می گیرد تا موقعیت قطعاتی که احتمالاً تغییر ساختمان در آن رخ داده است شناسایی شود. در نهایت در مرحله چهارم قوانین استخراج تغییر بر روی قطعات شناسائی شده آزمایش می شوند و به این صورت قطعاتی که شامل ساختمان های تغییر کرده می باشند، مشخص می گردند. از معایب این روش این است که در استخراج حد فاصل دقیق بین ساختمان ها محدودیتهایی دارد. روش ارائه شده در این تحقیق با استفاده از تصویر ماهواره *QuickBird* مربوط به سال ۲۰۰۸ و نقشه ۱/۲۰۰۰ مربوط به سال ۲۰۰۵ منطقه ۵ شهر اصفهان پیاده سازی و تست شد.

کلید واژه - استخراج تغییرات شهری، سنجش از دور، کلاس بندی و قطعه بندی تصویر، پایگاه داده زمینی

از طرف دیگر استفاده از پایگاه داده موجود این اجازه را به کاربر می دهد تا با جستجو در اطلاعات مختلف *object* ها نتایج بهتری به دست بیاورد.

این مقاله پتانسیل تصاویر با قدرت تفکیک بالا را در بهبود فرآیند به روزآوری نقشه های شهری ارزیابی می کند. جهت محدود کردن پیچیدگی مسئله، تمرکز بر روی کلاس ساختمان قرار می گیرد. برای دیگر کلاس ها می توان به شکل مشابه عمل کرد. تاکنون روشهای متعددی جهت استخراج اتوماتیک تغییرات بر اساس تصاویر ماهواره ای پیشنهاد شده است [۴]، [۵]. این روشها شامل روشهای نیمه اتوماتیک و تمام اتوماتیک، روشهای پیکسل مبنا و *object* مبنا و همچنین روشهای مبتنی بر ویژگی های طیفی و مبتنی بر هوش مصنوعی می باشند. از طرف دیگر برای استخراج تغییر به شکل اتوماتیک دو استراتژی کلی وجود دارد: مقایسه تصویر با نقشه و مقایسه تصویر با تصویر.

روشهای استخراج تغییر اکثراً بر اساس مقایسه تصویر با تصویر هستند. به این صورت که پیکسل به پیکسل دو تصویر که در دو تاریخ مختلف به دست آمده اند با هم مقایسه می شوند و به این

۱ - مقدمه

اهمیت سنجنده های ماهواره ایی جدید همچون *Geoeye* و *Ikonos*، *QuickBird*، در این است که این ماهواره ها قابلیت تهیه تصویر با قدرت تفکیک بالا دارند [۱]. ظهور این سنجنده ها موجب رشد روز افزون کاربردهای شهری از تصاویر ماهواره ای همچون بهنگام سازی نقشه ها شده است [۲]. فرآیند به روز آوری یک نقشه می تواند به سه گام اصلی تقسیم شود: ۱- استخراج تغییر ۲- شناسایی تغییر ۳- ذخیره تغییر [۲]. مشکلترین مرحله، گام استخراج تغییر است [۳]. روش هایی که برای این مرحله استفاده می شوند، دارای عملیاتیهای طولانی و سخت می باشند، به این دلیل اتوماتیک سازی مرحله استخراج تغییر اهمیت پیدا می کند.

برای مدل کردن پیچیدگی محیط شهری باید از ترکیبی از اطلاعات موجود در *object* ها مثل رنگ، بافت، شکل و همچنین پارامترهای مفهومی مثل ارتباط با همسایه ها استفاده کرد [۲].



اندازه (فشرده‌گی، کشیدگی، مساحت و محیط) می‌شود. اغلب این ویژگی‌ها در پژوهش‌های قبلی استفاده شده‌اند [۲]، [۸]. علاوه بر این در این تحقیق از ایندکس ساخت یا BAI (Built-up Areas Index)، ایندکس concavity و ایندکس سایه یا SI (Shadow Index) استفاده شده است.

۲-۴-۱ انتقال بین کلاسها

دانستن احتمالات انتقال بین کلاسها باعث می‌شود که بتوان تغییر در محیط شهری را پیش بینی کرد. به عنوان مثال انتقال از کلاس گیاه به کلاس جاده یا ساختمان می‌تواند صورت بگیرد. از طرف دیگر انتقال از کلاس ساختمان به کلاس گیاه تقریباً غیر ممکن است. برای انتقال کلاس ساختمان احتمالات زیر بررسی می‌شوند:

یک ساختمان جدید می‌تواند جایگزین object گیاه شود. یک جاده به ساختمان تبدیل نمی‌شود ولی یک ساختمان قدیمی احتمال دارد که منهدم شده و بخشی از یک جاده جدید شود.

۳-۴-۱ تبدیل اطلاعات به قوانین

ردپای طیفی، هندسه و بافت objectها، همین‌طور احتمال انتقال مابین کلاسهای object، اطلاعاتی هستند که بایستی به قوانین تبدیل شوند. قوانین طیفی، مقادیر طیفی object مورد آنالیز در هر باند طیفی از تصویر را با مقادیر طیفی کلاسها مقایسه می‌کند. سپس اگر نتیجه این مقایسه در هر باند از یک حد آستانه کمتر باشد، object به کلاسی که این شرط را برآورده کند متعلق می‌شود. جهت تعیین درجه شباهت ($Dr()$) از یک تابع $g()$ به صورت زیر استفاده شده است:

$$Dr(m_j) = \prod_{j=1}^{n_b} g(m_j, m_{i,j} - \sigma_{i,j}, m_{i,j}) \quad (1)$$

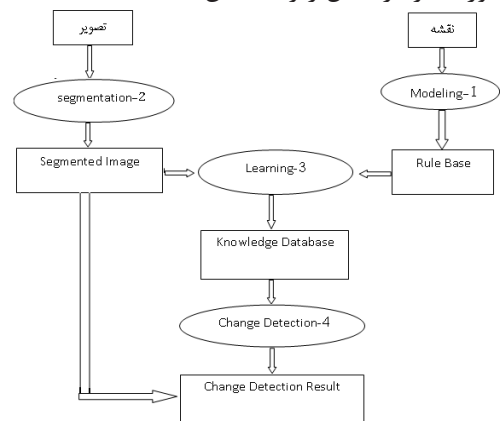
$$g(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & , \text{if } (x > a \text{ or } x < d) \\ \frac{x-a}{b-a} & , \text{if } (a \leq x < b) \\ 1 - \frac{x-c}{d-c} & , \text{if } (c \leq x < d) \\ 1 & , \text{if } (c < x \leq a) \end{cases} \quad (2)$$

در این روابط $m_{i,j}$ مقدار طیفی میانگین کلاس i در باند z و $\sigma_{i,j}$ انحراف استاندارد مربوطه اش می‌باشد. m_j مقدار میانگین پیکسلهای object مربوط به باند z و n_b تعداد باندها می‌باشند. عدد ۱ و نزدیک به ۱ و عدد صفر و نزدیک به صفر به

ترتیب تغییرات به وجود آمده در فاصله زمانی معین شده شناسائی می‌شوند [۶]. در مقایسه تصویر با نقشه از نقشه موجود جهت پیدا کردن نواحی تغییر کرده در تصویری که اخیراً به دست آمده، استفاده می‌شود. به دلیل اینکه نقشه یک ارائه انتزاعی و کلاس بندی شده از حقیقت است مسئله مقایسه تصویر با نقشه با مساله مقایسه تصویر با تصویر متفاوت است [۲].

۲ - مراحل و روش بررسی

شیوه مورد استفاده یک روش object مبنا است که اجازه می‌دهد تا objectها به وسیله ویژگی‌های مختلف (جواب طیفی، شکل و مکان) آنالیز شوند. از اطلاعات موجود جهت بهبود پردازش تصویر و استخراج تغییر استفاده می‌شود. الگوریتم روش مورد نظر در شکل زیر مشخص شده است.



شکل ۱: الگوریتم روش پیشنهادی جهت استخراج تغییر ساختمانها

۲-۴-۱ Modeling

وجود مرحله Modeling جهت ارائه محیط شهری تحت یک شکل ساده ضروری است. در این مرحله باید کلاسهای objectها و ویژگی‌های آنها و همین‌طور احتمال انتقال بین این کلاسها معین شود و از طرف دیگر در این مرحله بایستی تمامی این اطلاعات به صورت قوانین و روابط ریاضی تعریف شوند.

۱-۴-۱- تعریف کلاسهای OBJECT و ویژگی‌های آنها

بعد از آنالیز objectهای شهری در نقشه موجود و تصویر، چهار کلاس ساختمان، گیاه، جاده و سایه شناسایی شدند. هر کلاس ویژگی‌هایی دارد که آن را از بقیه کلاسها متمایز می‌کند. این ویژگی‌ها شامل اطلاعات طیفی (میانگین و انحراف استاندارد برای هر باند)، ایندکس شاخص گیاهی یا (NDVI Normalized Difference Vegetation Index)، ایندکس درخشندگی خاک یا (Soil Brightness Index) SBI همین‌طور ایندکس‌های شکل و

تصویر می رسد. قطعات حاصل شده از این مرحله در قسمت learning (آموزش) به کار می روند.

برای انجام قطعه بندی از یک الگوریتم قطعه بندی به نام automatic growing region segmentation استفاده شد. این نوع قطعه بندی بر مبنای فاصله طیفی پیکسلهای مجاور عمل می کند. الگوریتم فوق به شکل زیر پیاده سازی می شود:

مراکز objectهای موجود بر روی نقشه به عنوان seedهای قطعه بندی معرفی می شوند. قطعه بندی از نقاط seed شروع می شود. هر پیکسل seed هشت پیکسل همسایه دارد. فاصله طیفی بین seed و هر همسایه محاسبه می شود. برای هر پیکسل اگر این فاصله کمتر از حد آستانه طیفی باشد seed و پیکسل یک قطعه را تشکیل می دهند. این فرآیند با مقایسه کردن مقدار طیفی قطعه تشکیل شده و تمامی پیکسلهای همسایه اش ادامه می یابد. بعد از قطعه بندی تصویر ویژگی های هندسی و طیفی برای هر قطعه محاسبه می شوند. این ویژگی ها عبارتند از میانگین و انحراف معیار هر باند طیفی، مقادیر ایندکس های طیفی، مساحت، محیط و ایندکس های هندسی.

۲-۴ - آموزش

در این مرحله ویژگی های طیفی، هندسی و بافتی کلاس ساختمان با استفاده از نقشه و تصویر قطعه بندی شده حاصل از مرحله قبل آموزش داده می شوند.

۱-۲-۳ - آموزش ویژگی های طیفی ساختمان ها

برای انجام این مرحله ابتدا لایه ساختمان ها روی تصویر قطعه بندی شده قرار می گیرد. سپس برای هر ساختمان روی نقشه موجود یک یا تعدادی قطعه روی تصویر به آن ملحق می شوند. قطعه مورد نظر در صورتی برای ادامه عملیات حفظ می شود که شکل و مساحت آن نزدیک به ساختمان موجود روی نقشه باشد. هر یک از این قطعات به وسیله میانگین و انحراف معیار آن در هر باند طیفی تعیین می شود. سپس در یک فرآیند تکراری، میانگین و انحراف معیار هر دو قطعه ای که به هم نزدیک هستند، بررسی شده و در صورتی که از حد آستانه کمتر باشند، دو قطعه تشکیل یک قطعه جدید را می دهند. فرآیند با قطعات جدید تکرار می شود تا زمانی که هیچ قطعه جدیدی ایجاد نشود. در نهایت میانگین و انحراف معیار طیفی قطعات تشکیل شده و همچنین میانگین و انحراف معیار ایندکس ساخت (BAI) این قطعات محاسبه شده و در پایگاه داده ذخیره می شود.

ترتیب نشان دهنده درجه شباهت بالا و پایین به کلاس مورد نظر می باشند.

در قوانین هندسی شکل objectها بررسی می شود (فشرده گی، کشیدگی و concavity). ساختمانها اغلب فشرده گی بین ۰.۵-۰.۸، کشیدگی ۰.۳، (برای ساختمانهای مستطیلی) و ۱ (برای ساختمانهای مربعی) و همین طور concavity یک دارند. تابع شباهتی که برای این قوانین به کار می رود به شکل زیر است:

$$h(I_g) = \begin{cases} 1 - \frac{|I_g - m_{lg}|}{\sigma_{lg}} & \text{for } 0 \leq |I_g - m_{lg}| < \sigma_{lg} \\ 0 & \text{for other } I_g \text{ values} \end{cases} \quad (3)$$

در این رابطه m_{lg} و σ_{lg} میانگین و انحراف استاندارد هر کدام از ایندکس های هندسی برای کلاس ساختمان می باشند. I_g نیز مقدار ایندکس های هندسی برای objectهای مورد نظر می باشد. مقادیر یک و نزدیک به یک نشان می دهد که object متعلق به کلاس ساختمان است و مقادیر صفر و نزدیک به صفر نشان دهنده این است که object مورد نظر کلاسی غیر از کلاس ساختمان دارد.

قوانین بافتی جهت تایید حضور سایه ها به کار می روند. هم چنین هنگامی که object مورد نظر در مجاورت یک جاده و یا ساختمان باشد از قوانین بافتی استفاده می شود. در این پژوهش قوانین بافتی به شکل زیر بیان می شوند:

- ۱- If $\exists O_j \subseteq A(O_k)$ with $C(O_j) = \text{"Shadows"}$ and $\text{Azimuth}(O_j, O_k) \approx \text{Azimuth}_{\text{sun}}$, then, $C(O_k) = \text{"Buildings"}$.
- ۲- If $\exists O_j \subseteq P(O_k, d)$ with $C(O_j) = \text{"Buildings"}$, then, $C(O_k) = \text{"Buildings"}$.
- ۳- If $\exists O_j \subseteq D(O_k, d)$ with $C(O_j) = \text{"Roads"}$, then, $C(O_k) = \text{"Buildings"}$.

در این روابط داریم:

- O_k : object k in the image
- $C(O_k)$: the image's object class O_k
- $E(C)$: a given class' set of objects
- $A(O_k)$: list of objects adjacent to O_k
- $P(O_k, d)$: list of objects close to O_k from a distance d
- $D(O_k, d)$: list of objects close to O_k that have the same orientation as O_k

۲-۴ - قطعه بندی تصویر

بعد از مرحله modeling نوبت به segmentation (قطعه بندی)



۲-۲-۳- آموزش ویژگی های هندسی ساختمان ها

ویژگی های هندسی ساختمان ها بر اساس ساختمان های موجود در نقشه به دست می آیند. این ویژگی ها عبارتند از: کشیدگی، فشردگی و concavity. در ابتدا مقدار ویژگی های هندسی ساختمان های موجود روی نقشه محاسبه می شود. سپس این ویژگی ها برای تقسیم بندی ساختمان ها به سه دسته کوچک، متوسط و بزرگ مورد استفاده قرار می گیرند. و در نهایت برای هر دسته از ساختمان ها، میانگین و انحراف معیار ایندکس های هندسی محاسبه می شود.

۳-۲-۳- آموزش ویژگی های بافتی ساختمان ها

ویژگی های بافتی استفاده شده در روش پیشنهادی عبارتند از: مسافت ساختمان و خیابان، مسافت ساختمان و ساختمان، و جهت یک ردیف از ساختمان ها. برای هر ساختمان روی نقشه موجود مسافتی که آن را از نزدیکترین جاده روی نقشه جدا می کند، محاسبه می شود. سپس میانگین و انحراف معیار، همین طور کمترین مقدار این فاصله محاسبه می شود. در ادامه برای هر ساختمان روی نقشه مسافتی که آنرا از نزدیکترین ساختمان جدا می کند محاسبه می شود. برای این فاصله نیز میانگین و انحراف معیار و کمترین مقدار آن محاسبه می شود. در نهایت آزمون بین هر ساختمان و نزدیکترین ساختمان به آن محاسبه می شود.

۲-۴- استخراج تغییر ساختمان ها

استخراج تغییرات ساختمان ها مطابق مراحل زیر انجام می گیرد:
الف- با استفاده از قوانین این مرحله می توان پی برد که آیا ساختمان هایی که قبلا در نقشه وجود داشته اند هنوز هم وجود دارند و یا اینکه تخریب شده اند. به این ترتیب که اگر قطعه مورد نظر دارای ویژگی هایی است که به ویژگی های ساختمان های موجود روی نقشه شباهت دارد، این قطعه به عنوان یک ساختمان بدون تغییر تایید می شود. این تایید به ردپای طیفی، شکل، ارتفاع و حضور سایه ها مرتبط است. قوانین استفاده شده در این مرحله به صورت زیر است: ($DR = \text{"destruction rule"}$)
DR۱: اگر ردپای طیفی قطعه شبیه به ردپای هیچ کدام از ساختمان های موجود در پایگاه داده نباشد، احتمال تخریب ساختمان وجود دارد.
DR۲: اگر قطعه مقدار NDVI بالا داشته باشد، احتمال تخریب ساختمان وجود دارد.
DR۳: اگر مساحت قطعه از مساحت پلیگون ساختمان موجود در

نقشه تفاوت زیادی داشته باشد، احتمال تخریب ساختمان وجود دارد.

DR۴: اگر فشردگی قطعه از فشردگی پلیگون ساختمان موجود در نقشه تفاوت زیادی داشته باشد، احتمال تخریب ساختمان وجود دارد.

ب- در ادامه با استفاده از قوانین طبقه بندی زیر یک طبقه بندی فازی بر روی تصویر قطعه بندی شده اعمال می شود: ($FR = \text{"fuzzy rule"}$)

FR۱: اگر قطعه مقدار NDVI بالا داشته باشد، احتمالا آن قطعه گیاه است.

FR۲: اگر مقدار ایندکس SI یک قطعه پایین و یکنواختی آن بالا باشد، احتمالا آن قطعه سایه است.

FR۳: اگر ردپای طیفی قطعه شبیه به ردپای طیفی ساختمان ها در پایگاه داده باشد، احتمالا آن قطعه ساختمان است.

به این ترتیب برای هر قطعه یک درجه عضویت به هر کلاس object نسبت داده شده است (ساختمان، سایه، جاده و گیاه). قطعاتی که درجه عضویت آنها به کلاس سایه رقم بالایی است متعلق به این کلاس می شوند. همین طور قطعاتی که درجه عضویت آنها به کلاس گیاه بالا است، متعلق به این کلاس می شوند. قطعاتی که درجه عضویت آنها به کلاس جاده بالا است و از طرف دیگر درجه عضویت آنها به کلاس ساختمان صفر و یا نزدیک به صفر است، متعلق به کلاس جاده هستند. تمامی قطعاتی که در این مرحله در هیچ کلاسی قرار نمی گیرند در مرحله بعدی مورد آنالیز قرار می گیرند.

ج- سرانجام قطعات باقی مانده با استفاده از قانون ساختمان های جدید آنالیز قرار می شوند. این قوانین عبارتند از: ($NR = \text{"new buildings rule"}$)

NR۱: یک قطعه که متعلق به کلاس گیاه است می تواند یک ساختمان جدید باشد.

NR۲: یک قطعه که جاده موجود را قطع می کند نمی تواند یک ساختمان جدید باشد.

NR۳: اگر ایندکس کشیدگی یک قطعه پایین باشد، آن قطعه می تواند یک ساختمان جدید باشد.

NR۴: اگر ایندکس concavity یک قطعه بالا باشد، آن قطعه می تواند یک ساختمان جدید باشد.

NR۵: اگر ایندکس فشردگی یک قطعه بالا باشد، آن قطعه می تواند یک ساختمان جدید باشد.



شکل ۴: تصویر حاصل از ژئورفرنس نقشه و تصویر

۳ - منطقه مورد مطالعه و داده ها

داده های استفاده شده در این تحقیق متعلق به منطقه ۵ شهر اصفهان هستند. برای این امر از یک تصویر Quickbird که در سال ۲۰۰۸ از این منطقه گرفته شده، استفاده می شود. این تصویر با نقشه ۱/۲۰۰۰ مربوط به سال ۲۰۰۵ از همین منطقه مقایسه خواهد شد. در این منطقه ساختمان هایی با شکل ها، توجیه ها و رنگ های مختلف وجود دارد. از این منطقه سه ناحیه انتخاب شده و از تصویر بریده شدند. شکل زیر تصویر یکی از این نواحی را نشان می دهد. لایه ساختمان ها از نقشه موجود این ناحیه نیز در ادامه نمایش داده شده است.



شکل ۲: قسمتی از تصویر سنجنده Quickbird از حاشیه جنوبی شهر اصفهان

۵ - نتایج

۳ سطح تایید برای درجه اطمینان طراحی شد به این ترتیب که اگر چهار قانون منجر به تایید یا عدم تایید تغییر شد، درجه اطمینان بالا خواهد بود. اگر سه قانون وجود یا عدم وجود تغییر در ساختمان را مشخص کردند، درجه اطمینان متوسط خواهد بود و اگر فقط دو قانون تغییر یا عدم تغییر در ساختمان را تایید کنند، درجه اطمینان پایین خواهد بود. برای ناحیه اول از ۱۵ object موجود در نقشه (با کلاس ساختمان) ۱۰ object به عنوان ساختمان های قدیمی و ۵ object به عنوان ساختمان های جدید شناسایی شدند که از این تعداد، ۳ object ساختمان های قدیمی بودند که به اشتباه به عنوان ساختمان جدید معرفی شدند. از ۱۰ object که به عنوان ساختمان های بدون تغییر معرفی شدند، ۷۷٪ با درجه اطمینان بالا و ۲۳٪ با درجه اطمینان متوسط تایید شدند. هر ۵ object که به عنوان ساختمان های جدید شناسایی شده بودند با درجه اطمینان بالا تایید شدند.

در ناحیه دوم ۱۱ object وجود داشت که همگی جزو نواحی بدون تغییر بودند که از این تعداد ۹ object یعنی ۸۲٪ با درجه اطمینان بالا به عنوان ساختمان قدیمی و ۲ object یعنی ۲۸٪ به اشتباه و با درجه اطمینان متوسط به عنوان ساختمان جدید معرفی شدند.

در ناحیه سوم نیز تعداد ۳۶ object وجود داشت که از این تعداد ۲۸ object ساختمان بدون تغییر بودند، ولی روش مورد نظر ۲۱ object را به عنوان ساختمان های بدون تغییر و ۱۵ object را به عنوان ساختمان های جدید معرفی کرد. از ۲۱ object ۵۷٪ با درجه اطمینان بالا، ۳۸٪ با درجه اطمینان متوسط و ۵٪ با درجه اطمینان کم مورد تایید قرار گرفتند. از ۱۵ object که به عنوان ساختمان های جدید شناسایی شدند ۶۰٪ با درجه اطمینان بالا و ۲۵٪ با درجه اطمینان متوسط و ۱۵٪ با درجه اطمینان ضعیف شناسایی شدند. ماتریس خطای این ۳ ناحیه به



شکل ۳: قسمتی از نقشه ساختمان های حاشیه جنوبی شهر اصفهان

۴ - پیش پردازش

قبل از شروع کار باید پیش پردازشهایی روی نقشه و تصویر صورت گیرد که ژئورفرنس کردن نقشه و تصویر یکی از این پیش پردازشها است. به دلیل اینکه از object های موجود روی نقشه برای استخراج تغییرات استفاده می شود، انجام عملیات ژئورفرنس با دقت بالا از ضروریات به حساب می آید. این کار با استفاده از نرم افزار ArcGIS و ۸ نقطه کنترل و پلی نومیال درجه دوم انجام گرفت. خطای کمترین مربعات حاصل از این ۸ نقطه رقمی حدود ۰,۰۰۸ پیکسل بدست آمد. نتیجه عملیات ژئورفرنس به شکل زیر شد.

شکل زیر می باشد.

جدول ۱: ماتریس خطای ناحیه اول

تعداد کل	ساختمان جدید	ساختمان قدیمی	کلاس استخراج شده object
13	3	10	کلاس حقیقی object
2	2	0	ساختمان قدیمی
15	5	10	تعداد کل

جدول ۲: ماتریس خطای ناحیه دوم

تعداد کل	ساختمان جدید	ساختمان قدیمی	کلاس استخراج شده object
11	2	9	کلاس حقیقی object
0	0	0	ساختمان قدیمی
11	2	9	تعداد کل

جدول ۳: ماتریس خطای ناحیه سوم

تعداد کل	ساختمان جدید	ساختمان قدیمی	کلاس استخراج شده object
27	8	19	کلاس حقیقی object
9	7	2	ساختمان جدید
36	15	21	تعداد کل

از روی ماتریس خطا المانهای زیر استخراج می شود:

$Global\ Map\ Accuracy(P_0)$ عبارت است از نسبت مجموع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا به تعداد کل objectها. از این المان جهت استخراج درصد objectهایی که به درستی دسته بندی شده اند، استفاده می شود.

$Accuracy\ of\ Producer(P_1)$ عبارت است از نسبت عنصر قطر اصلی ماتریس خطا برای هر کلاس به مجموع عناصر سطر آن کلاس. از این المان جهت استخراج درصد objectهای مربوط به هر کلاس که به درستی دسته بندی شده اند، استفاده می شود.

$Accuracy\ of\ User(P_2)$ عبارت است از نسبت عنصر قطر اصلی ماتریس خطا برای هر کلاس به مجموع عناصر ستون آن کلاس. این المان نشان می دهد که چند درصد objectهای استخراج شده در کلاس مورد نظر قرار داشته اند.

جدول زیر مقادیر المانهای مورد نظر را برای هر ناحیه نشان می دهد.

جدول ۴: المانهای ماتریس خطا برای ۳ ناحیه

ناحیه	P0	P1 ساختمان جدید	P1 ساختمان قدیمی	P2 ساختمان جدید	P2 ساختمان قدیمی
1	٪80	٪100	٪77	٪40	٪100
2	٪82	-	٪82	-	٪100
3	٪72	٪78	٪70	٪47	٪90

۶ - نتیجه گیری

روش پیشنهادی در نواحی مختلف تست شد و نتایج نسبتاً خوبی

به دست آمد. با توجه به اینکه در این روش از یک تصویر جهت مقایسه استفاده می شود، هزینه های کار نسبت به روش مقایسه دو تصویر کمتر می شود. از طرف دیگر به دلیل اینکه مقایسه کاملاً به صورت اتوماتیک انجام می گیرد، نیاز به اپراتور مرتفع شده و به این ترتیب علاوه بر صرفه جویی بیشتر در هزینه، مدت زمان کمتری جهت انجام کار نیاز می باشد. همانطور که قبلاً هم ذکر شد این روش در استخراج حفاصل دقیق بین ساختمان ها محدودیتهایی دارد که این امر با توجه به بافت ساختمانی نواحی مورد نظر، باعث شد که کمی از دقت کار کاسته شود. در نهایت می توان به این نتیجه رسید که جهت بهبود روشهای استخراج تغییر می توان اطلاعات مختلف را با یکدیگر ترکیب کرد. برای مثال ترکیب داده های ارتفاعی که از LIDAR به دست می آیند با تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک بالا، می توانند به تشخیص هر چه بهتر objectهای ارتفاعی (مثل درخت و ساختمان) و دیگر objectهای شهری کمک کند [۲].

۷ - منابع

- [۱] D.A.Holland and Boyd, "Updating topographic mapping using imagery from high resolution satellite sensors" *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. ۶۰, No. ۳, pp. ۲۱۲-۲۲۳, ۲۰۰۶.
- [۲] M.Bouziani and K.Goïta and D.C.He, "Automatic change detection of buildings in urban environment from very high spatial resolution images using existing geodatabase and prior knowledge" *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. ۵۸, No. ۳-۴, pp. ۱-۱۱, ۲۰۰۹.
- [۳] V.Walter, "Object-based classification of remote sensing data for change detection" *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. ۵۸, No. ۳-۴, pp. ۲۲۵-۲۳۸, ۲۰۰۴.
- [۴] J.F.Mas, "A comparison of change detection techniques" *International Journal of Remote Sensing*, Vol. ۲۰, No. ۱, pp. ۱۳۹-۱۵۲, ۱۹۹۹.
- [۵] D.Lu and P.Mausel and E.Brondizio and E.Moran, "Change detection techniques" *International Journal of Remote Sensing*, Vol. ۲۵, No. ۱۲, pp. ۲۳۶۵-۲۴۰۷, ۲۰۰۳.
- [۶] R.Thapa and Y.Murayama, "Urban mapping, accuracy, & image classification: A comparison of multiple approaches in Tsukuba City, Japan" *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. ۵۸, No. ۳-۴, pp. ۱۶۲-۱۸۲, ۲۰۰۹.
- [۷] M.Song and D.Civco, "Road extraction using SVM and image segmentation" *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. ۷۰, No. ۱۲, pp. ۱۳۶۵-۱۳۷۱, ۲۰۰۴.