

# استخراج ساختمان های تخریب شده ناشی از زلزله از روی

## تصاویر با رزولوشن بالا با استفاده از آنالیز بافت

فرهاد صمدزادگان-عضو هیئت علمی دانشکده نقشه برداری دانشگاه تهران - تلفن : ۸۰۰۸۸۴۱ ۲۱ ۹۸+

Email : samadz@ut.ac.ir

مجید کیاورز مقدم - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سنجش از دور دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

Email : Kiavarz.majid@gmail.com

محمد جواد ولدان زوج - عضو هیئت علمی دانشکده نقشه برداری دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی تلفن : ۸۸۰۰۸۸۳۷ ۲۱ ۹۸+

Email : valadanzouj@kntu.ac.ir

### چکیده

زلزله یکی از سوانح طبیعی مخرب می باشد که باعث زیان ها و اختلال در امور اقتصادی ، محیطی و کلیه امور زندگی بشر می شود. بنابراین استفاده از دانش و تکنولوژی برای نجات انسان ها و اموال آنها از طریق یک سیستم مدیریت بحران امری ضروری به نظر می رسد. با پیشرفت های اخیر در سنجش از دور و بهبود قدرت تفکیک مکانی در تصاویر ماهواره ای، امکان تخمین میزان تخریب ساختمان ها بعد از وقوع زلزله را فراهم آورده است، به طوری که نتیجه این کار برای برنامه ریزی جهت ارسال گروه های کمک و امداد رسانی و همچنین برآورد میزان خسارات اقتصادی و برنامه ریزی جهت بازسازی ها در آینده، به کار می رود. در عمل بسیاری از کارهای انجام شده در انجام تخمین میزان تخریب ساختمان ها به صورت دستی انجام می شود در حالی که این کار بسیار وقت گیر می باشد و نیاز به افرادی خبره در انجام این کار دارد. بنابراین هدف از این مقاله ارائه یک روش اتوماتیک برای استخراج ساختمان های تخریب شده با استفاده از تصویر ماهواره ای QuickBird بعد از زلزله شهر بم و داده های برداری قبل از زلزله می باشد و به منظور بالا بردن دقت طبقه بندی اطلاعات کمکی بافت، که با روش زمین آمار تولید می شوند استفاده می شود.

واژگان کلیدی : مدیریت بحران-زلزله-ساختمان-تخریب-سنجش از دور-QuickBird-قدرت تفکیک مکانی بالا-بافت-آشکارسازی تغییرات-GIS

### ۱-مقدمه

بشر همواره در معرض پیشامدهای مختلف اجتماعی ، اقتصادی ، نظامی ، صنعتی ، طبیعی و غیره قرار دارد به طوری که این پیشامد ها در صورت منجر شدن به آسیب های روحی و جسمی به افراد، باعث ایجاد بحران خواهند شد. در میان این پیشامدها ، سوانح طبیعی از جمله پیشامدهایی می باشد که بشر در طول تاریخ با آن سروکار داشته و خواهد داشت و صدمات جانی و مالی زیادی را به جامعه بشری وارد کرده است. سوانح طبیعی معمولاً اتفاقی ناگهانی و سریعی می باشند که در اکثر موارد غیر قابل پیش بینی هستند. [۱] از جمله این پیشامدها می توان بلایای مربوط به زمین مثل زمین لرزه ، سونامی ، آتشفشان ، ریزش کوه را نام برد و همچنین بلایای مربوط به آب و

هوا، مثل گردبادها، سیل و خشکسالی و بلایای محیطی، مثل آلودگی محیط زیست، جنگل زدایی، بیابان زایی را نام برد. [۷] از آنجائیکه جلوگیری از ایجاد آسیب توسط سوانح طبیعی امکان پذیر نمی باشد از طریق یک مدیریت بحران مناسب می توان میزان آسیب ها و تخریب ها و حتی مرگ و میر را تا حد زیادی کاهش داد.

مدیریت بحران در برگیرنده یکسری عملیات و اقدامات پیوسته و پویا بوده و به طور کلی براساس تابع کلاسیک مدیریت که شامل برنامه ریزی، سازماندهی، تشکیلات و رهبری و کنترل است استوار می باشد. لذا تعریف جامعی از مدیریت بحران به این شرح می توان ارائه کرد [۲]:

"مدیریت بحران علمی کاربردی است، که بوسیله مشاهده سیستماتیک بحرانها و تجزیه و تحلیل آنها در جستجوی یافتن ابزاری است که بوسیله آنها بتوان از بروز بحرانها، پیشگیری نموده و یا در صورت بروز آن در خصوص کاهش اثرات آن، آمادگی لازم، امدادرسانی سریع و بهبودی اوضاع اقدام نمود."

در انجام مدیریت بحران چرخه ای تعریف می شود که وظایف یک سیستم مدیریت بحران را در مراحل مختلف وقوع یک بحران مشخص می کند که بصورت زیر می باشد:

مدیریت بحران دارای سه فاز می باشد که به صورت چرخه ای با هم ارتباط داشته و هر یک از مراحل کاملاً وابسته به مراحل قبل از خود هستند، اولین فاز، فاز قبل از بحران می باشد، فاز دوم، فاز حین بحران و فاز سوم فاز بعد از بحران است که شامل بخش پاسخگویی و امداد رسانی و بخش بهبودی و بازسازی است. بخش پاسخگویی و امداد رسانی مجموعه کارهایی است، که برای نجات جان انسانها درست بعد از حادثه انجام می شود به طوری که سرعت در برنامه ریزی و انجام کارهای لازمه از فاکتورهای مهم این بخش می باشد.

در میان سوانح طبیعی، زلزله یکی مخرب ترین سوانح طبیعی می باشد، که در هر زمانی از سال، روز یا شب و با شدت های مختلفی ممکن است رخ دهد و هیچگونه هشدارری را قبل از وقوع نمی توان داد [۱]. زلزله های شدید باعث ایجاد تخریب های گسترده روی ساختمانها، تسهیلات، راه های اصلی و ... می شوند. آشکارسازی ساختمان های تخریب شده ناشی از چنین سانحه ای یک مسئله حیاتی برای عملیات نجات و کمک رسانی می باشند. بدین منظور اخذ سریع و صحیح اطلاعات مکانی از این مناطق و همچنین تعیین میزان تخریب انجام شده به خصوص در مناطق شهری برای طراحی عملیات مربوط به فازهای پاسخگویی و امدادرسانی و بهبود و بازسازی بسیار مهم می باشد.

این کار را می توان توسط کارهای زمینی و گروه های شناسایی با دقت و صحت خوبی انجام داد ولی این روش نیازمند به زمان و امکانات زیادی می باشد. بعد از وقوع یک زلزله و ایجاد تخریب های شدید همانطور که گفته شد بایستی عملیات تخمین میزان تخریب و شناسایی نواحی تخریب شده، با سرعت زیادی انجام شود. برای ارضای این هدف تصاویر هوایی و ماهواره ای به عنوان داده های بسیار مناسبی برای شناسایی و تخمین میزان تخریب می باشند. پیشرفت های اخیر در زمینه پردازش تصاویر و تکنیک های تحلیلی نیز این امکان را فراهم آورده است تا بتوان تغییرات و تخریب های حاصل شده را از طریق آنالیزهای اتوماتیک روی تصاویر انجام داد. [۸]

در این مقاله از تصویر ماهواره QuickBird مربوط به بعد از زلزله بم که در تاریخ ۲۶ دسامبر سال ۲۰۰۳ اتفاق افتاد و نقشه برداری قبل از زلزله، استفاده شده است. تصاویر با قدرت تفکیک بالا حاوی اطلاعات مکانی با ارزشی می

باشند. این اطلاعات کمک زیادی در تفسیر صحیح تصویر می نمایند و امکان تمایز بین کلاس هایی که از نظر طیفی به هم نزدیک هستند ولی بافت متفاوتی دارند را به مفسر می دهند. چنانچه بتوان به نحوی این داده ها را کمی سازی کرده و به همراه داده های طیفی در طبقه بندی مورد استفاده قرار داد، می توان دقت طبقه بندی را افزایش داد. در این مقاله از اطلاعات بافت به روش زمین آمار به همراه اطلاعات طیفی تصویر در کلاسه بندی ساختمان های تصویر به ساختمان های "تخریب" و "عدم تخریب" استفاده شده است.

## ۱- بافت تصویر

در میان خاصیت های مختلفی که اشیاء یک تصویر دارند، مثل رنگ، شکل، یا حرکت، بافت یکی از خاصیت های بارز اشیاء تصویر، هم از دیدگاه چشم انسان و هم از دیدگاه آنالیزهای اتوماتیک تصویر می باشد. تعریف مشخصی از بافت وجود ندارد، ولی به لحاظ ادراکی خصوصیتی مثل نرمی، زبری، منظم بودن و... را کمی سازی می کند. [۵]

انواع مختلف بافت ها را می توان به چهار دسته زیر تقسیم کرد: [۶]

۱-۱ روش های آماری: در این روش ها اطلاعات مربوط به بافت از خصوصیات آماری پیکسل ها استخراج می شود، مثل روش های آماری مرتبه اول، روش های آماری مرتبه دوم، توابع اتوکرولیشن، روش های زمین آمار و در مقابل استفاده از خصوصیات آماری پیکسل ها، روش های دیگری مثل عملگرهای مورفولوژی می باشند که از روش های آماری برای کمی سازی اطلاعات بافت استفاده می کند.

۲-۲ روش های ساختاری: در این روش ها، بافت براساس ترکیبی از ساختارهای اولیه بافت (Texel) که براساس قوانینی تعریف شده اند، شناخته می شوند. مانند استفاده از فیلترهای آشکارساز لبه، خط، نقطه و... که انواع ساختارهای موجود در تصویر بدین وسیله استخراج می شوند. این روش در مواردی که بافت ساختار منظم و ویژه ای دارد مانند خطوط موازی افقی یا عمودی بسیار مناسب عمل می کند. ولی در مورد پدیده های طبیعی و عوارض نامنظم روشی بهینه به حساب نمی آید. برای این نوع زمینه ها روش های آماری جواب بهتری خواهد داد.

۲-۳ روش های براساس مدل: در این روش ها یک مدل تصادفی یا عمومی از بافت ساخته می شود و پارامتر های مدل در تصویر تخمین زده می شوند و به عنوان بافت عمل می کنند. مدل هایی مثل مدل های فرکتال از این نوع هستند.

۲-۴ روش های تبدیل: در این روش ها تصویر به یک فرم جدید تبدیل می شود، به طوری که بافت در این فضای جدید راحت تر قابل تشخیص می باشد. به عنوان مثال روشهای طیفی از این نوع می باشند، به طوری که اطلاعات فرکانسی درحوزه فرکانس حاصل شده توسط تبدیل فوریه، به خوبی قابل استخراج می باشد. یکی از مهمترین روش های موجود در این دسته، روش های چند رزولوشن می باشند که امکان استخراج ویژگی های مختلف از تصویر در مقیاس های مختلف را فراهم می کند. روش های گابور<sup>۱</sup> و تبدیل موجک از این نوع می باشند.

---

<sup>۱</sup> Gabor

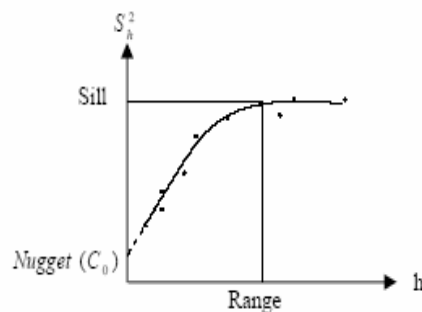
در این مقاله از روش سمی واریوگرام جهت تولید بافت و به عنوان اطلاعات کمکی جهت افزایش دقت طبقه بندی استفاده می شود و در نهایت چهار ویژگی از تصویر برای باندهای مختلف به طوری که در ادامه توضیح داده خواهد شد تولید می شوند. از این ویژگی ها به همراه اطلاعات طیفی تصویر، برای کلاسه بندی کردن ساختمان ها به کلاس های "تخریب" و "عدم تخریب" به روش ماکزیمم احتمال<sup>۲</sup> استفاده می شود.

## ۲- سمی واریوگرام

از نظر آماری، بافت تصویر با دو مولفه می تواند تعریف شود: یکی تغییرات محلی و دیگری وابستگی مکانی. تغییرات محلی اغلب توسط پارامتر واریانس که میزان جدایی از مقدار میانگین در یک پنجره را نشان می دهد و وابستگی مکانی فرض می کند درجه خاکستری<sup>۳</sup> در یک تصویر به طور کاملاً تصادفی توزیع نشده اند و پیکسل های نزدیکتر به هم از نظر مکانی، وابستگی درجه خاکستری بیشتری دارند. زمین آمار سعی در پیاده سازی (کمی سازی) با در نظر گرفتن این دو فاکتور (واریانس و وابستگی مکانی) را دارد. یکی از پارامترهایی که بدین منظور مورد استفاده قرار می گیرد شبه واریانس<sup>۴</sup> می باشد که به صورت زیر تعریف می شود [۵]:

$$S_h^2 = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [G(x_i) - G(x_i + h)]^2$$

در این رابطه  $h$  برداری می باشد که اندازه آن فاصله مکانی بین دو پیکسل و جهت آن جهت قرار گیری دو پیکسل را نشان می دهد و  $N$  تعداد جفت پیکسل هایی است که با فاصله  $h$  از یکدیگر قرار دارند. بعد از محاسبه متوسط شبه واریانس برای  $h$  های مختلف می توان واریوگرام را مانند شکل ۱ ترسیم کرد. واریوگرام در مدل کردن وابستگی های مکانی مورد استفاده قرار می گیرد. اطلاعات مختلفی از واریوگرام قابل استخراج است. Range نشان دهنده فاصله ای است که در آن واریانس به حداکثر خود می رسد. Sill حداکثر واریانس محاسبه شده در فواصل مختلف و Nugget جایی است که نمودار محور  $S_h^2$  را قطع می کند که نشان دهنده نویز است. در شکل ۱ هرچه نسبت Sill به Range کمتر باشد، نشان دهنده بافت نرم تر و نسبت بزرگتر نشان دهنده بافت خشن تری می باشد.



شکل ۱: نمودار سمی واریوگرام

<sup>۲</sup> Maximum Likelihood

<sup>۳</sup> Digital Number

<sup>۴</sup> SemiVarioqram

معمولا سمی واریوگرام در چهار جهت محاسبه می شود که به صورت زیر است :

$$\text{E-W} : S_h^2 = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [G(x_i, y_i) - G(x_i + h, y_i)]^2$$

$$\text{N-S} : S_h^2 = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [G(x_i, y_i) - G(x_i, y_i + h)]^2$$

$$\text{NE-SW} : S_h^2 = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [G(x_i + h, y_i) - G(x_i, y_i + h)]^2$$

$$\text{NW-SE} : S_h^2 = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [G(x_i, y_i) - G(x_i + h, y_i + h)]^2$$

واریوگرام جهتی، برای کمی سازی بافت های که در جهت خاصی هستند مفید می باشد ولی برای بافت های که جهت خاصی ندارند با میانگین گیری از چهار مقدار حاصل شده در جهت های شرقی-غربی ، شمالی-جنوبی، شمال شرقی-جنوب غربی و شمال غربی-جنوب شرقی که با استفاده از عبارت های بالا محاسبه می شوند ، می توان به مقدار سمی واریوگرامی که مستقل از جهت می باشد (Omni-Direction)، رسید.

چهار ویژگی به صورت زیر می توان از روش زمین آمار تولید کرد بدین ترتیب که می توان مقدار  $S_h^2$  را برای  $h$  های مختلف محاسبه کرد و هریک از مقادیر زیر را به عنوان یک ویژگی در نظر گرفت. [۴]

## ۱-۲ Direct Variogram

$$\gamma_k(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [G(x_i, y_i) - G(x_i + h, y_i)]^2$$

K : شماره باند

## ۲-۲ Madogram

$$\gamma_k(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N |G(x_i, y_i) - G(x_i + h, y_i)|$$

|| : علامت قدرمطلق می باشد.

دو ویژگی اول کتراست بافت ها را نشان می دهد.

## ۳-۲ Cross Variogram

$$\gamma_{jk}(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N \{ [G_j(x_i, y_i) - G_j(x_i + h, y_i)] [G_k(x_i, y_i) - G_k(x_i + h, y_i)] \}$$

K, j : شماره باندها می باشند

این مقدار واریانس تفاضل های بافت بین باندهای رادیومتریک را نشان می دهد.

## ۲-۴ Pseudo-Cross Variogram

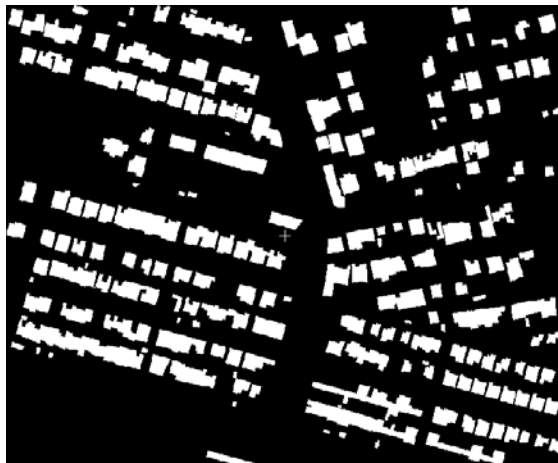
$$\gamma_{jk}(\mathbf{h}) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [G_j(x_i, y_i) - G_k(x_i + h, y_i)]^2$$

این مقدار، تفاضل توام بین دو بانند رادیومتریکی را مشخص می کند.

## ۳- پیاده سازی

### ۳-۱ آماده سازی داده های بُرداری مربوط به قبل از زلزله

در این مرحله از نقشه بُرداری شهر بم که حدود ده سال قبل از زلزله بم توسط سازمان نقشه برداری کشور تهیه شده بود استفاده گردید و لایه ساختمان ها از این نقشه مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از تصویر ماهواره QuickBird مربوط به قبل از زلزله بم، که سه ماه قبل از زلزله بم اخذ شده، لایه ساختمان ها به روز رسانی شد، بدین ترتیب که ساختمان های جدید و یا تغییر کرده به نقشه بُرداری اضافه و اصلاح شدند. سپس مختصات راس پلیگون های هر ساختمان استخراج شدند و با استفاده از یک معادله رشنال و ضرایب RPC همراه تصویر، رابطه بین فضای سه بعدی داده های بُرداری و فضای دوبعدی تصویر برقرار گردید. مختصات راس پلیگون ها توسط این معادله رشنال به فضای تصویر برده شد و در نتیجه مختصات این نقاط در سیستم مختصات تصویر با خطای کمتر از دو پیکسل تصویری بدست آمد. با استفاده از پلیگون های حاصل شده در فضای تصویر، یک ماسک رستری از محل ساختمان ها مانند شکل ۲ ایجاد شد.



شکل ۲: ماسک ایجاد شده برای ساختمان ها

### ۲-۳ ویژگی های تولید شده از تصویر

برای تولید ویژگی ها از تصویر ماهواره QuickBird مربوط به بعد از زلزله بم استفاده شد (شکل ۳) که دارای یک بانده پانکروماتیک با دقت مکانی ۶۴ سانتی متر و چهار بانده رنگی در طول موج های قرمز و سبز و آبی و مادون قرمز نزدیک می باشند. بانده های رنگی با روش Pansharpen تلفیق شدند<sup>۵</sup>. ویژگی های DirectVariogram و Madogram برای هر چهار بانده تصویر QuickBird به طور جداگانه با  $h=1$  توسط برنامه ای که توسط نرم افزار Matlab پیاده سازی شده است، تولید شد و ویژگی های CrossVariogram و Pseudo-CrossVariogram نیز برای هر دو بانده با  $h=1$  تولید شدند و در نتیجه شش ویژگی برای هر یک از این دو ویژگی تولید شد. برای تولید این ویژگی ها از اندازه فیلترهای  $3 \times 3$  و  $9 \times 9$  برای هر یک از ویژگی ها استفاده شد.



شکل ۳: تصویر تلفیق شده ماهواره QuickBird بعد از زلزله شهر بم

### ۳-۳ کلاسه بندی تصویر

برای کلاسه بندی کردن تصویر از روش ماکزیمم احتمال استفاده شد. این روش کلاسه بندی، از نوع نظارت شده<sup>۶</sup> می باشد و در نتیجه نیاز به داده های آموزشی قبل از انجام کلاسه بندی دارد. بدین منظور برای هر یک از کلاس های ساختمان "تخریب" و "عدم تخریب" ۲۰۰۰ پیکسل به عنوان داده آموزشی انتخاب شد و یک دهم این داده ها به عنوان داده های چک جهت برآورد دقت کلاسه بندی در نظر گرفته شدند. بدین ترتیب که برای انجام کلاسه بندی، چهار بانده طیفی به همراه ویژگی هایی که از بانده های تصویر استخراج شده بودند وارد کلاسه بندی شدند. در استفاده از ویژگی های DirectVariogram و Madogram چهار بانده طیفی و چهار بانده از ویژگی های تولید شده از چهار بانده طیفی و در مجموع ۸ بانده در کلاسه بندی استفاده شدند و در استفاده از ویژگی های CrossVariogram و PseudoCrossVariogram از چهار بانده طیفی و شش ویژگی تولید شده و در مجموع از ۱۰ بانده جهت کلاسه بندی

<sup>۵</sup> Fusion

<sup>۶</sup> Supervise

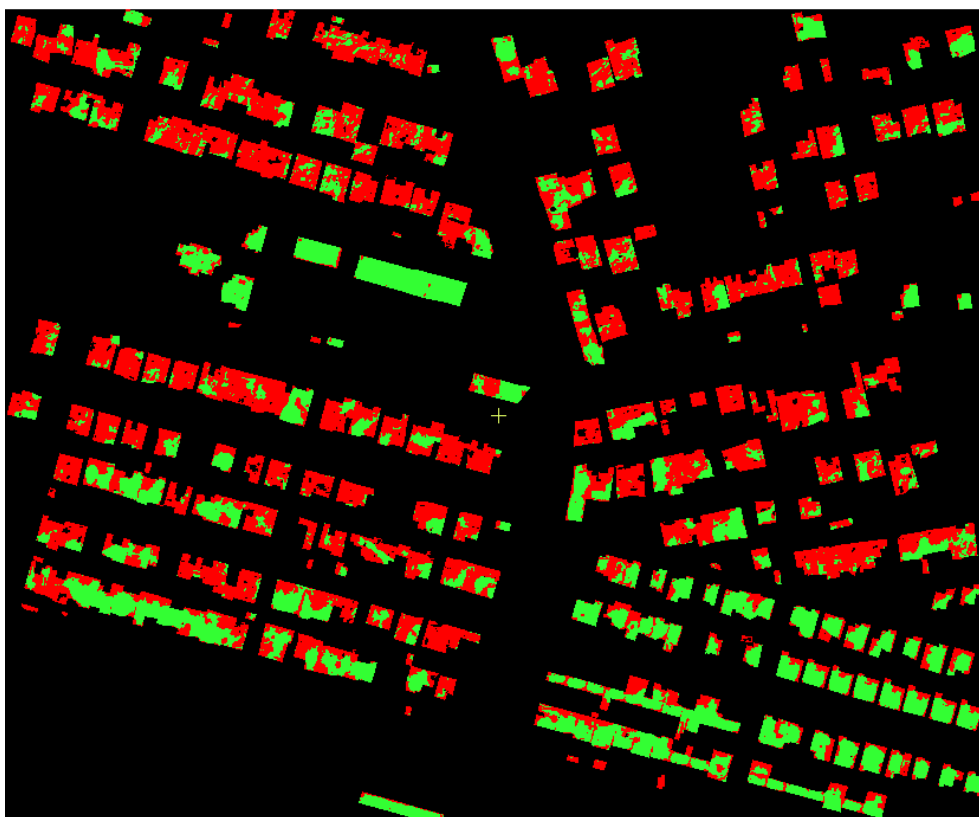
استفاده شد. لازم به ذکر است که کلاسه بندی انجام شده فقط روی پیکسل های مربوط به ساختمان ها که محل آنها توسط ماسک ساخته شده از داده های بُرداری مشخص شده بود انجام شد. ویژگی های تولید شده با استفاده از اندازه پیکسل های ۳×۳ و ۹×۹ در کلاسه بندی تست شدند و معلوم شد که دقت کلاسه بندی با افزایش اندازه فیلتر از ۳×۳ به ۹×۹ تاثیر چندانی بر دقت کلاسه بندی ندارد و در همه موارد باعث کاهش دقت به اندازه ۲ یا ۳ درصد شد. به همین دلیل در جدول ۱ دقت کلی کلاسه بندی انجام شده و دقت های User's Accuracy و Producer's Accuracy برای هر یک از ویژگی ها با اندازه پیکسل فیلتر ۹×۹ آمده است.

دقت های کلاسه بندی	Total Accuracy	User's Accuracy		Producer's Accuracy	
		کلاس تخریب	کلاس عدم تخریب	کلاس تخریب	کلاس عدم تخریب
Madogram	۷۱/۸۷۵ %	۹۵/۵۳۱%	۹۹/۴۹۵%	۷۳/۷۰۷%	۷۰/۶۰۹%
DirectVariogram	۷۰/۵۰۸%	۶۳/۹۶۸%	۸۶/۷۵۲%	۷۹%	۶۵/۰۶۴%
CrossVariogram	۶۹/۵۳۱%	۶۱/۷۸۳%	۸۹/۸۱۵%	۸۱/۸۱۸%	۶۱/۷۸۳%
PseudoCrossVariogram	۶۶/۰۱۶%	۵۹/۷۲۷%	۸۹/۵۶۰%	۸۲/۹۳۸%	۵۴/۳۳۳%

جدول ۱: جدول دقت کلاسه بندی

همانطور که از جدول ۱ می توان فهمید، دقت های کلی کلاسه بندی در استفاده از چهار ویژگی تقریباً دقت یکسانی را در کلاسه بندی نتیجه می دهند. میزان User's Accuracy در حالت استفاده از ویژگی Madogram بسیار بالاتر از ویژگی های دیگر است و این مسئله نشان می دهد که ۹۵/۵۳۱ درصد از پیکسل ها برای کلاس "تخریب" و ۹۹/۴۹۵ درصد پیکسل ها برای کلاس "عدم تخریب" در واقعیت زمینی در نقشه کلاسه بندی درست کلاسه بندی شده اند و همچنین این ویژگی دقت مناسب ۷۳/۷۰۷ درصد برای کلاس "تخریب" و ۷۰/۶۰۹ درصد برای کلاس "عدم تخریب" را نتیجه داد که به معنای این است که حدود ۷۰ درصد کلاسه بندی در نقشه با واقعیت زمینی منطبق است. در نتیجه ویژگی Madogram دارای دقت کلاسه بندی بیشتری به نسبت استفاده از ۳ ویژگی دیگر می باشد. در شکل ۴ نتیجه کلاسه بندی با استفاده از ویژگی Madogram نشان داده شده است. در این تصویر رنگ سبز نشان دهنده کلاس ساختمان های "عدم تخریب" و رنگ قرمز نشان دهنده کلاس ساختمان های "تخریب" می باشد.





شکل ۴: نقشه کلاسه بندی با استفاده از ویژگی Madogram

#### ۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

- همانطور بیان شد استفاده از ویژگی Madogram در کلاسه بندی به همراه باندهای طیفی دقت کلاسه بندی بهتری را به نسبت بکارگیری ویژگی های DirectVariogram و CrossVariogram و PseudoCrossVariogram نتیجه می دهد. بهتر است ویژگی های بافت دیگری مثل روش های آماری مرتبه اول و دوم و توابع گابور و ... نیز مورد ارزیابی قرار گیرند.

- تغییر اندازه پنجره فیلتر در تولید ویژگی ها تاثیر چندانی بر دقت کلاسه بندی نداشت.  
 - خطاهای ایجاد شده در کلاسه بندی بیشتر مربوط به لبه های ساختمان ها می باشد که با روش هایی مثل توابع مورفولوژی می توان این خطاها را کاهش داد.

## منابع :

- [۱] ناطقی الهی - فریبرز، ۱۳۷۶، مدیریت بحران زمین لرزه در ایران، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله
- [۲] ناطقی الهی - فریبرز، ۱۳۷۹، مدیریت بحران زمین لرزه ابر شهرها : با رویکرد به برنامه مدیریت بحران زمین لرزه شهر تهران
- [3] Atkinson Peter M. and Tate Nicholas J., "Advances in RemoteSensing and GIS Analysis ",2000
- [4]Chica-Omlo M. and Abarca-Hernandez F., "Computing geostatistical image texture for remotely sensed data classification"
- [5] Gonzales C.Rafael and Woods Richard E., "Digital Image Processing",2002
- [6] Livens Stefan,Image , "Analysis for Material Characterisation",1998
- [7] Reed Shelia B. , "Introduction of Hazard",3d Edition Module prepared , InterWorks
- [8] Turker M. and San B.T., "Detection of collapsed buildings caused by the 1999 Izmit, Turkey earthquake through digital analysis of post-event aerial photographs" , INT. J. REMOTE SENSING,10 NOVEMBER , 2004,VOL 25, NO.21, 4701-4714