

ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور در برآورد خسارات وارد بر مسکن شهری در اثر زلزله (مطالعه موردی شهر بم)

منوچهر فرج‌زاده*

محسن احدنژاد روشنی**

هادی تاری قلی‌زاده***

تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۷

تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۱۸

چکیده

با توجه به ابعاد وسیع خسارات و تلفات ناشی از زلزله در مناطق شهری و نیاز به سرعت عمل بیشتر در زمان بحران، برای شناسایی مسکن آسیب‌دیده در زلزله و مدیریت بحران، به‌کارگیری تکنیک‌های سنجش از دور، را الزامی می‌دارد این تحقیق با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور، همچون روش‌های برآورد کیفی خسارات (تفسیر بصری) و برآورد کمی خسارات (کشف تغییرات، تفریق باندها، تحلیل پروفیل بازتاب طیفی) با مطالعه زلزله شهر بم به مقایسه تکنیک‌ها پرداخته

* دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.

farjazam@modares.ac.ir

** استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان.

Ahadnejad@gmail.com

*** کارشناس ارشد سیستم اطلاعات جغرافیایی Gholizadeh.hadi20@gmail.com دانشگاه تربیت مدرس.

۱۲ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...

است. در روش تفسیر بصری از کل پلاک‌های مورد مطالعه، ۰/۴۷ تخریب کامل، ۰/۳۰ تخریب جزئی و ۰/۲۳ سالم برآورد گردید به عبارت کلی ۰/۷۷ از فضای ساخته شده خسارت دیده است. با مقایسه باند به باند از فضاهای ساخته شده ۰/۱۶ تخریب شده، ۰/۴۷ تخریب جزئی و ۰/۳۷ درصد تخریب نشده، برآورد شد که در این روش نیز ۰/۶۳ فضای ساخته شده خسارت دیده است. در روش طبقه‌بندی نظارت شده نیز با ۰/۹۴ ضریب اطمینان، ۰/۳۴ درصد فضای تخریب شده، ۰/۰۹ در صد تخریب نشده از کل ۰/۴۳ فضای ساخته شده برآورد شد که ۰/۵۷ نیز فضای دیگر برآورد شده است. به‌طورکلی ۰/۷۹ از فضای ساخته شده در اثر زلزله خسارت دیده است. نتایج روش‌های کمی به‌صورت نقشه ارائه شد. ولی روش تحلیل پروفیل بازتاب طیفی که از روش‌های برآورد نقطه‌ای می‌باشد و بیشتر برای مقایسه با روش‌های دیگر آورده شده است به نقشه منتج نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: تکنیک‌های سنجش از دور، برآورد خسارات مسکن

شهری، تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه، بم.

مقدمه؛ تعریف مسئله، اهداف و ضرورت تحقیق

وقوع زلزله یکی از سوانح طبیعی می‌باشد که عدم توجه به آن می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری به جوامع انسانی وارد کند. طبق گزارش سازمان ملل در سال ۲۰۰۳ میلادی کشور ایران در بین کشورهای جهان رتبه نخست را در تعداد زلزله‌های با شدت بالای ۵٫۵ ریشتری و دارای یکی از بالاترین رتبه‌ها در زمینه آسیب‌پذیری ناشی از وقوع زلزله و تعداد افراد کشته شده را در اثر این سانحه داشته، بر اساس همین گزارش در کشور ایران زلزله وجه غالب را در بین سوانح طبیعی دارا می‌باشد (UNDP, ۲۰۰۴). زلزله بم به بزرگی گشتاوری ۶٫۶ در ساعت ۵:۲۶ بامداد ۵ دی‌ماه ۱۳۸۲ شهر تاریخی بم را لرزاند و شهر بم و روستاهای اطراف آن را ویران کرد. در اثر این زلزله اسفبار ۲۶۰۰۰ نفر از هموطنان عزیزمان جان باختند و ۳۰۰۰۰ نفر آسیب دیدند و ۴۵۰۰۰ نفر بی‌خانمان شدند. زلزله بم

۳ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...

حادثه‌ای غم‌انگیز بود که حادث شد و البته آخرین مورد آن در ایران و جهان نبود. در این میان خسارات و تلفات ناشی از زلزله امری اجتناب‌ناپذیر و مسکن شهری یکی از موارد آسیب‌پذیر، ناگزیر در برابر هرگونه زمین‌لرزه می‌باشند. این ضرورت به‌طور جدی احساس می‌شود که با بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه قبل و بعد از زلزله و داده‌های سنجش‌ازدوری دیگر و همچنین داده مکانی، و با ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش‌ازدور در برآورد خسارات وارده بر مسکن شهری، به معرفی تکنیک‌ها و الگوریتم‌های کارا تر سنجش‌ازدور و همچنین به مدل‌سازی روشی علمی برای برآورد خسارات وارده بر مسکن شهری را با استفاده از این ابزارها، با دقت و سرعت عمل موردنیاز پرداخت.

سوابق تحقیق

تحقیقات و مطالعات متعددی در ارتباط با زلزله و خسارات وارده ناشی از آن که هر یک اهداف متفاوتی را دنبال و بر مبنای فرضیات گوناگون استوار بوده‌اند انجام شده است. Yamazaki و همکاران (۲۰۰۵) در مقاله‌ای تحت عنوان "تفسیر بصری خسارات مسکن شهر بم در اثر زلزله ۲۰۰۳ بم (ایران) با استفاده از تصاویر ماهواره Quick bird" به مطالعه زلزله بم و خسارات وارده بر مسکن شهر، بر اثر آن پرداختند. Derya در سال (۲۰۰۴) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تصاویر ویدیویی به مطالعه زلزله ۱۹۹۹ marmara در ترکیه پرداخت. و با استفاده از این داده‌ها به برآورد کمی و کیفی خسارت پرداخت. در روش کیفی با استفاده از تکنیک تفسیر بصری و در برآورد کمی از تکنیک‌های change detection و طبقه‌بندی نظارت‌شده و... استفاده کردند. Brunner و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله‌ای تحت عنوان "ارزیابی خسارات ساختمان‌ها در اثر زلزله با استفاده از تصاویر VHR نوری و SAR" به برآورد سریع خسارات بعد از بلایای طبیعی (چون زلزله و ...) و شرایط بحرانی (چون خرابی‌های ناشی از جنگ و...) پرداختند. و توانایی‌های تصاویر VHR نوری و SAR را در برآورد سریع خسارات بعد از بلایای طبیعی را با ارائه روشی جدید برای کشف خرابی‌های ساختمان‌ها با استفاده از تصاویر VHR نوری و SAR، قبل و بعد از

۴ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...

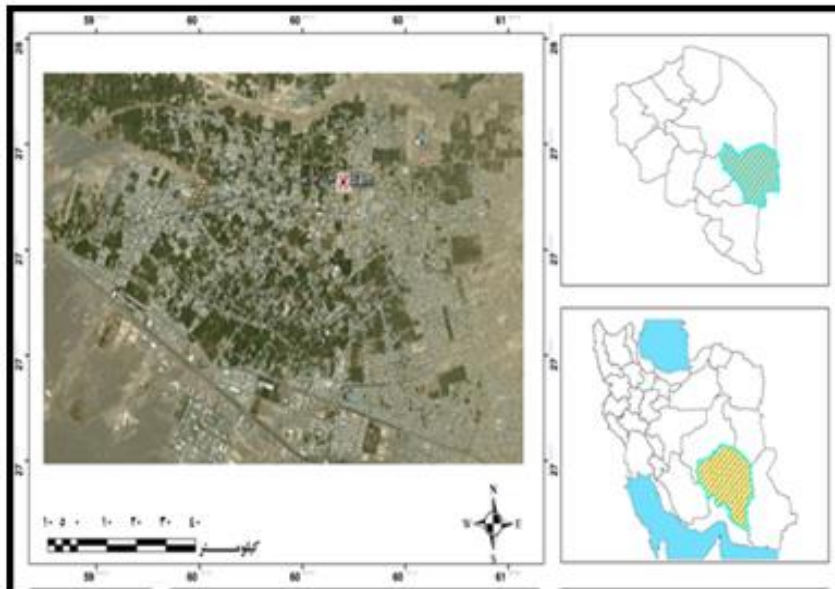
زلزله تأیید کردند. Woo و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعه زلزله بم و برآورد خسارات وارده بر مسکن شهر بم، در اثر زلزله با استفاده از دو روش *detection change* و *classification thematic*، همچنین به مقایسه کارایی این دو روش در برآورد خسارات مسکن پرداختند:

- در برآورد خسارات کل شهر روش *classification thematic* نسبت به *detection change* میزان خسارات بیشتری را برآورد می‌کند.
- *classification thematic* همیشه در تشخیص درجه‌های گوناگون آسیب‌دیدگی‌های شدید، موفق نبوده است. در صورتی که *detection change* تشخیص درجه‌های آسیب‌دیدگی‌های شدید را بهتر انجام می‌دهد.
- *detection change* بعضی تغییرات سطح نواحی، در اثر حوادثی غیر از زلزله را نیز مشخص می‌کند.

منطقه مورد مطالعه

شهر تاریخی بم مرکز شهرستان بم استان کرمان است. این شهر با مساحت ۳۸۴۰ هکتار در مختصات جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۱ دقیقه طول جغرافیایی و ۲۹ درجه و ۶ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۱۰۶۰ متری از سطح دریا قرار دارد. (مهندسین مشاور آرمان شهر، ۱۳۸۳). شکل (۱) نقشه منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...



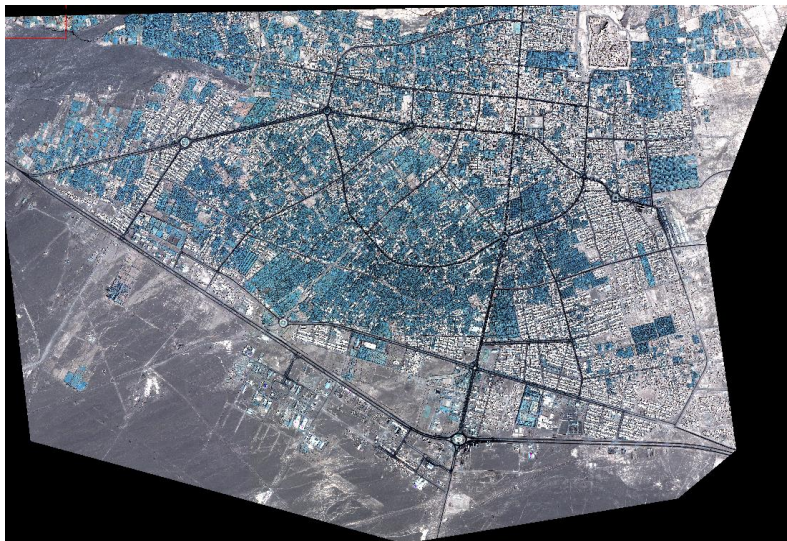
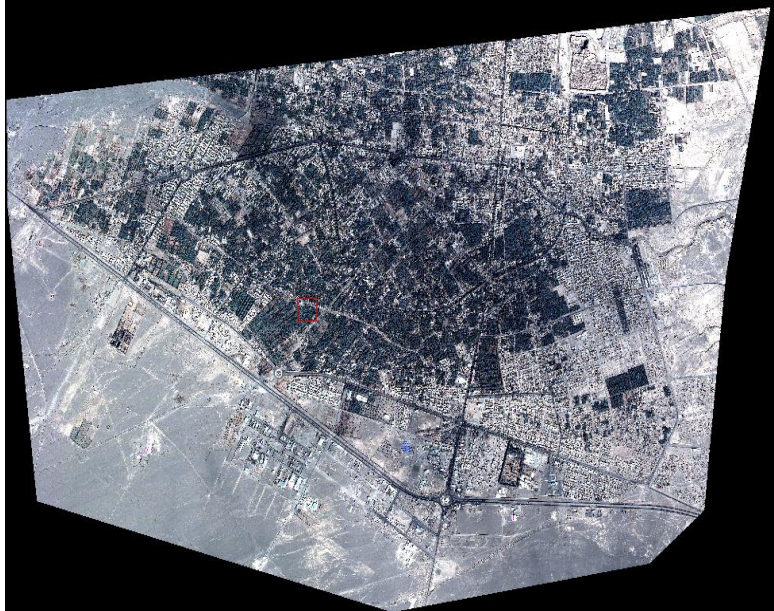
شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده

تصاویر ماهواره‌ای Quick bird

ماهواره Quick bird با قدرت تفکیک بالا، شهر بم را درست هشت روز بعد از وقوع زلزله در روز ۱۳ دی ماه ۱۳۸۲ (۳ ژانویه ۲۰۰۴) تصویربرداری کرد. این ماهواره همچنین حدوداً سه ماه قبل از وقوع زلزله در تاریخ ۸ مهر ۱۳۸۲ (۳۰ سپتامبر ۲۰۰۳) تصویر واضحی نیز از بم برداشت کرده بود. در اینجا نیز با توجه به اهداف تحقیق و قابلیت‌های تصاویر برداشت‌شده، این تصاویر ماهواره، شکل (۲)، برای مطالعه و تحقیق در این زمینه انتخاب شدند.

۶ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...



شکل ۲- تصاویر ماهواره‌ای قبل و بعد از زلزله شهر بم

۱۷ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...

نقشه‌های پایه قبل از زلزله

نقشه‌های پایه، نقشه‌هایی با مقیاس بزرگ هستند که برای نشان دادن عرصه و اعیان بلوک‌های ساختمانی و فضاها را دیگر بکار می‌روند نقشه‌های پایه قبل از زلزله با مقیاس ۱:۲۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان نقشه‌برداری کشور به‌عنوان داده‌های کمکی استفاده شده است.

روش تحقیق

در این مطالعه برای ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور در برآورد خسارات وارده بر مسکن شهری در اثر زلزله از روش‌های کمی و کیفی برآورد خسارت استفاده گردیده است.

برآورد کیفی خسارات

برآورد کیفی خسارت یکی از روش‌های با دقت بالا برای شناسایی مسکن آسیب‌دیده می‌باشد که می‌تواند با تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای انجام گیرد. برای تفسیر بصری می‌توان از تصاویر تک زمانه و چند زمانه منطقه آسیب‌دیده شهری استفاده کرد. اما انجام این روش، خسته‌کننده و زمان‌بر است. از معایب دیگر این روش می‌توان به، نیاز به تفکیک فضایی بالا در تفسیر اشاره کرد برای مثال تفسیر کیفی تصاویر ماهواره Spot و Landsat مشکل است، بنابراین با توجه به اهداف و شرایط به وجود آمده این روش را باید انتخاب کرد.

تفسیر شکل بصری

داده‌های مورد نیاز در این روش، تصویر ماهواره‌ای تک زمانه بعد از زلزله با قدرت تفکیک بالا و نقشه پایه قبل از زلزله می‌باشد. تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه برای کشف

۸ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...

تغییرات، در سه باند تلفیقی RGB تهیه گردید. سپس تصویر تهیه شده بر روی نقشه پایه اورلی گردید. همان‌طوری که تفسیر بصری یکی از روش‌های سخت و وقت‌گیر برآورد کیفی خسارت ولی با دقت مورد انتظار بالایی است که برای مقایسه با روش‌های دیگر انتخاب شد. در این روش پس از اورلی کردن تصویر بعد از زلزله بر روی نقشه پایه، بلوک‌های ساختمانی پلاک به پلاک بعد از زلزله بررسی و به سه گروه (۱) تخریب کامل (۲) تخریب جزئی (۳) تخریب نشده طبقه‌بندی شدند. در گروه اول تمامی مساکنی که به‌طور کامل تخریب شده و آوار خانه‌ها فرو ریخته، در گروه دوم نیز مساکنی که در اثر زلزله خسارت جزئی دیده ولی کاملاً تخریب نشده‌اند، و در گروه سوم مساکنی که در اثر زلزله آسیب‌نندیده‌اند و در تصویر بعد از زلزله بافت کلی آن‌ها بدون تغییر مشهود است طبقه‌بندی گردید.

برآورد کمی خسارات

برآورد کمی خسارت را می‌توان با استفاده از تصاویر رقومی و الگوریتم‌های کامپیوتر انجام داد. در این روش با توجه به روش بکار برده شده برای برآورد خسارت داده‌های مورد نیاز می‌تواند متفاوت باشد. تا به حال سه روش گوناگون در مطالعات قبلی به کار برده شده است: کشف تغییرات، طبقه‌بندی تصاویر و تحلیل بافت. این روش در مقایسه با روش بصری سریع‌تر انجام می‌گیرد و به مدت زمان کمتری نیازمند است. در این بخش به ارزیابی مزایا، معایب و محدودیت‌های هر یک از روش‌ها می‌پردازیم:

کشف تغییرات

برای کشف تغییرات می‌توان از دو یا چند تصویر ماهواره‌ای اخذ شده در زمان‌های گوناگون که به دلیل اختلافات طیفی و زمانی که در بین آن‌ها اتفاق افتاده است استفاده کرد. با توجه به اینکه تغییرات در محیط می‌تواند انعکاسی از چگونگی مدیریت کاربری‌ها

۹ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...

باشد، استفاده از روش‌های کشف تغییرات می‌تواند عملاً در خدمت ارزیابی مدیریت محیط‌زیست قرار گیرد. در این صورت آشکارسازی تغییرات به دو روش انجام می‌گیرد: الف) مقایسه بین دو نقشه یک منطقه که در دو زمان مجزا تهیه شده است که این روش با استفاده از توابع تحلیلی GIS نظیر همپوشانی صورت می‌گیرد.

ب) آشکارسازی تغییرات از تلفیق، تفریق، نسبت باندها و استفاده از شاخص‌های مهم نظیر NDVI و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و طبقه‌بندی (رسولی - علی‌اکبر، ۱۳۸۹).

طبقه‌بندی تصاویر رقومی

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در این روش مبتنی بر طبقه‌بندی ارزش‌های عددی پیکسل‌ها است طبقه‌بندی نظارت شده، در محیط‌های نرم‌افزاری کاملاً توسط تحلیل‌گرهای مشخصی صورت می‌گیرد. در این رابطه هر متخصصی پیکسل‌هایی را انتخاب می‌کند که از نقطه‌نظر الگویی و پوشش زمین شناخته شده باشد. برای این منظور می‌توان به کمک سایر منابع مانند عکس‌های هوایی، نمونه‌های برداشت شده از زمین و نقشه‌ها اطلاعات اولیه‌ای را کسب کرد.

روش مقایسه پروفیل بازتاب طیفی در باندهای گوناگون

پدیده‌های روی زمین واکنش‌های متفاوتی را در برخورد بانرژی الکترومغناطیسی از خود نشان می‌دهند. کل انرژی الکترومغناطیسی رسیده به پدیده‌های زمینی، بازتابش، جذب و یا از طریق جسم انتقال می‌یابد. انعکاس انرژی از یک پدیده یا جسم، در درجه اول به ویژگی‌های سطح جسم وابسته است. سطوح بسیار صاف و صیقلی همانند آینه از خاصیت بازتاب فراوانی برخوردارند و برعکس سطوح ناصاف، انرژی تابشی را در تمام جهات پخش می‌کنند و بازتاب کمی دارند. در این رابطه طول‌موج انرژی تابشی رسیده به سطح پدیده‌های زمینی نیز نقش بسزایی دارد. به عبارت دیگر، در صورتی که طول‌موج انرژی تابشی رسیده به سطح پدیده‌های زمینی، بزرگ‌تر از تغییرات ارتفاع سطح یا مواد تشکیل‌دهنده آن

۱۰ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...

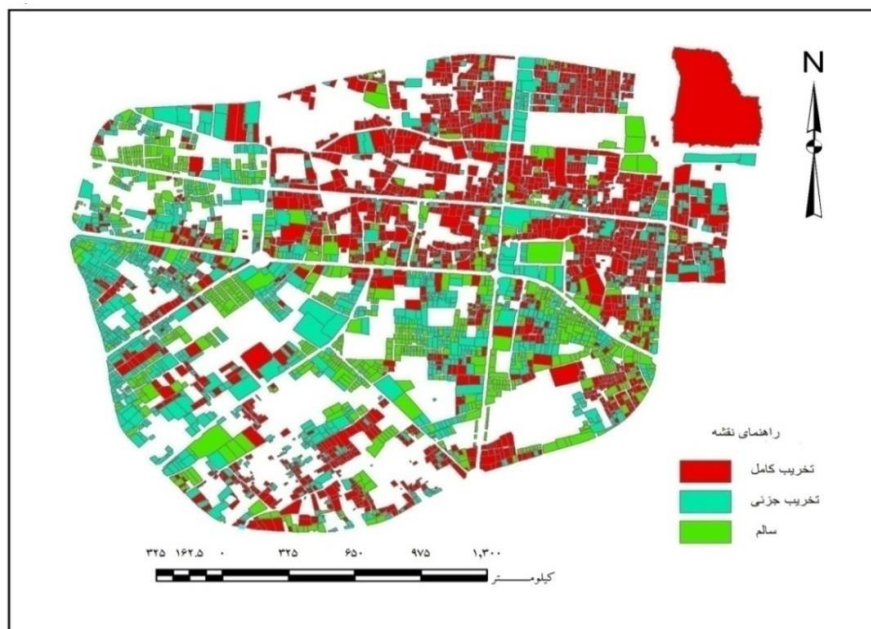
باشد، سطح پدیده به‌مانند یک سطح صاف عمل کرده و بازتاب زیادی خواهد داشت و برعکس، چنانچه طول‌موج انرژی تابشی رسیده به سطح پدیده‌های زمینی، کوچک‌تر از تغییرات ارتفاع سطح یا مواد تشکیل‌دهنده آن باشد، سطح پدیده به‌مانند یک سطح ناصاف عمل کرده و بازتاب کمتری خواهد داشت. از دیگر عوامل تأثیرگذار در کیفیت و کمیت انعکاس انرژی پدیده‌های سطح زمین به تأثیرات فصلی اشاره کرد که این عامل نیز با تأثیر بر روی خواص حرارتی پدیده‌های سطح زمین، در کیفیت و کمیت انعکاس انرژی پدیده‌های سطح زمین اثر می‌گذارد (علیزاده ربیعی، ۱۳۸۴).

یافته‌های تحقیق و بحث

یافته‌های روش تفسیر بصری کشف خسارت از تصاویر ماهواره‌ای

در روش تفسیر بصری پس از تحلیل و بررسی تصویر بعد از زلزله، کلیه پلاک‌های ساختمانی موجود را بر اساس تشخیص بصری از روی تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا، در سه گروه (۱) سالم (۲) تخریب شده (۳) تخریب جزئی طبقه‌بندی گردید. سپس نتیجه حاصل از طبقه‌بندی در نرم‌افزار مربوطه به‌صورت نقشه درآورده شد:

۱۱ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...



شکل ۳- نقشه حاصل از تفسیر بصری

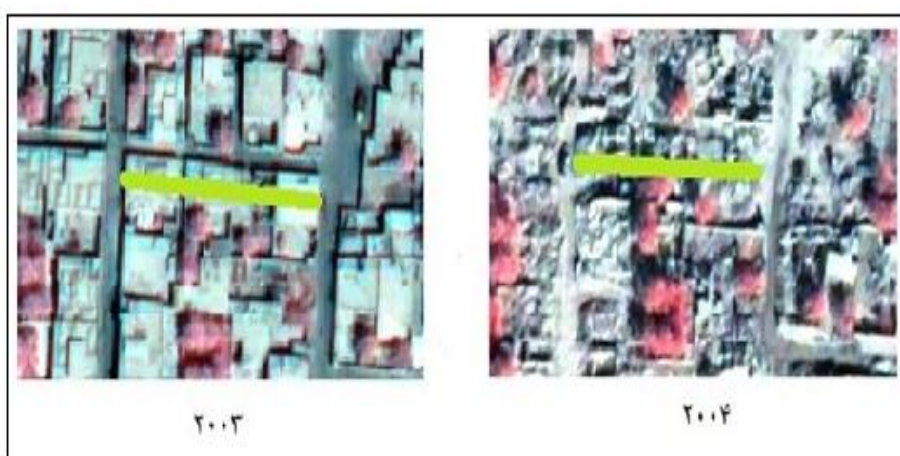
جدول ۱- حاصل از تفسیر بصری

درصد	تعداد پلاک‌ها		ردیف
۰/۴۷	۲۰۹۳	تخریب کامل	۱
۰/۳۰	۱۳۶۵	تخریب جزئی	۲
۰/۲۳	۱۰۱۱	سالم مانده	۳
۱۰۰	۴۴۶۹	کل	۴

مأخذ: محاسبات تحقیق

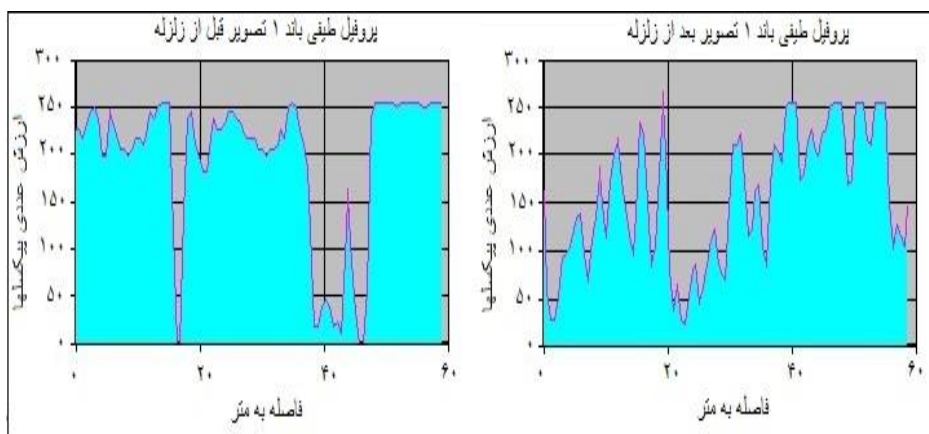
۱۲ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...

یافته‌های روش مقایسه پروفیل بازتاب طیفی بلوک‌های ساختمانی در باندهای گوناگون شکل (۴) نشان‌دهنده تصویر ماهواره‌ای سه بلوک ساختمانی قبل و بعد از زلزله است. با توجه با اینکه بلوک‌های ساختمانی، در اثر زلزله کاملاً تخریب شده، با بررسی رفتار طیفی این بلوک‌ها در چهار باند تصویر و مقایسه با رفتار طیفی نمونه‌های دیگر، به ارزیابی کارایی این تکنیک و تشخیص خسارات مسکن شهری پرداخته می‌شود:



شکل ۴- تصویر بلوک‌های ساختمانی نمونه موردی اول

• پروفیل بازتاب طیفی بلوک‌های ساختمانی در باند ۱ (-آبی: ۴۵۰ تا ۵۲۰ نانومتر):



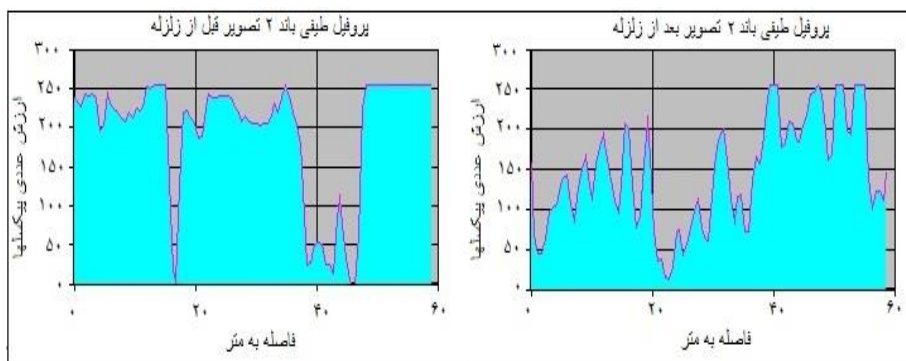
شکل ۵- پروفیل بازتاب طیفی باند ۱

۱۳ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...

بلوک‌های ساختمانی قبل از زلزله، با توجه به اینکه سطحی صاف دارند و از یک بافت منظمی برخوردارند بیشترین بازتاب (۲۵۵-۲۰۰) را دارند و پروفیل بازتاب طیفی آن‌ها نیز از شکل مشخصی به خود می‌گیرد یعنی در سطح یک پشت‌بام اختلاف بازتاب طیفی زیاد نیست. در فواصل بین این بلوک‌ها با توجه به سایه‌های موجود بازتاب طیفی شدیداً کاهش یافته، حتی با وجود این سایه و کاهش شدید بازتاب طیفی می‌توان تعداد بلوک ساختمانی را نیز تشخیص داد. اما پس از زلزله با توجه به اینکه بلوک ساختمانی کاملاً تخریب گشته، پشت‌بام با فروریختن آوار ناصاف شده، از حالت منظم درآمده و رفتار طیفی متفاوتی را نسبت به قبل از خود نشان می‌دهد شکل منظم پروفیل طیفی نیز به هم می‌ریزد و میزان بازتاب طیفی شدیداً کاهش می‌یابد. در اینجا دیگر نه سایه‌ای است که با کاهش بازتاب باعث تفکیک بلوک‌های ساختمانی گردد و نه سطحی صاف که دامنه اختلاف بازتاب طیفی کم باشد و پروفیل بازتاب طیفی شکل نامنظم و بهم‌ریخته دارد. شکل (۵).

• پروفیل بازتاب طیفی بلوک‌های ساختمانی در باند ۲ (- سبز ۵۲۰ تا

۶۰۰ نانومتر):



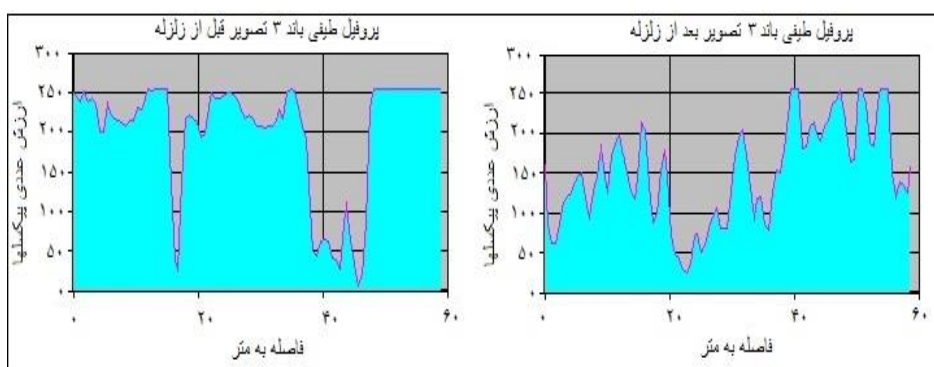
شکل ۶- پروفیل بازتاب طیفی باند ۲

۱۴ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...

در باند سبز رفتار طیفی بلوک‌های ساختمانی با اندک تفاوتی شبیه به باند آبی است. و تفاوت در این است که قبل از وقوع زلزله، با افزایش طول موج بازتابش طیفی نیز به صورت ناچیزی افزایش یافته است. شکل (۶).

• پروفیل بازتاب طیفی بلوک‌های ساختمانی در باند ۳ (- قرمز: ۶۳۰ تا ۶۹۰

نانومتر):

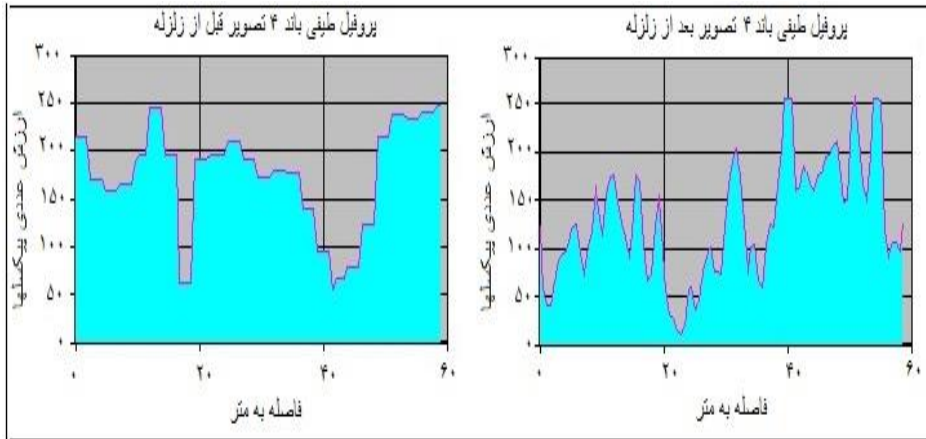


شکل ۷- پروفیل بازتاب طیفی باند ۳

در باند قرمز رفتار طیفی بلوک‌های ساختمانی قبل از زلزله با اندک تفاوتی شبیه به باند آبی و سبز است. و تفاوت در این است که با افزایش طول موج بازتابش طیفی نیز به صورت ناچیزی افزایش یافته است. شکل (۷).

• پروفیل بازتاب طیفی بلوک‌های ساختمانی در باند ۴ (- مادون قرمز: ۷۶۰ تا ۹۰۰

نانومتر):



شکل ۸- پروفیل بازتاب طیفی باند ۴

در باند مادون قرمز بلوک‌های ساختمانی قبل از زلزله رفتار طیفی متفاوتی نسبت به باندهای دیگر از خود نشان می‌دهند با توجه به پروفیل طیفی قبل از زلزله کاهش یا افزایش بازتاب به صورت تدریجی نبوده و از نظم خاص شکل داری برخوردار است. ولی با وقوع زلزله و تخریب ساختمان رفتار طیفی همانند باندهای دیگری می‌شود و بازتابش کاهش یافته و نظم پروفیل طیفی نیز به هم می‌خورد. شکل (۸).

یافته‌های روش تفریق باند به باند تصاویر ماهواره‌ای

در این روش نیز با توجه به تصاویر Quick bird موجود در چهار باند (آبی، سبز، قرمز، مادون قرمز) و اهداف تحقیق باند مادون قرمز نزدیک انتخاب گردید. و سپس تصویر باند ۴ قبل از زلزله از تصویر باند ۴ بعد از زلزله کسر، و سپس نتیجه حاصله پس از بررسی تصاویر و نمونه‌های موردی انتخاب شده و میانگین‌گیری از ارزش‌های عددی پیکسل‌های موجود، در سه گروه طبقه‌بندی گردید:

(۱) فضاهای تخریب نشده: در این طبقه پیکسل‌هایی که ارزش عددی آنها قبل و بعد از زلزله تغییرات چندانی نداشته‌اند قرار می‌گیرد. همچون خیابان‌ها، اراضی بایر،

۱۶ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...

بلوک‌های ساختمانی تخریب نشده و... که سی‌وهفت درصد از منطقه مورد مطالعه در برگیرنده ۲۵۷۴۹۰۱ مترمربع در این طبقه قرار گرفته است.

(۲) فضا‌های با تخریب جزئی: در این طبقه پیکسل‌هایی که ارزش عددی آن‌ها قبل و بعد از زلزله تغییرات جزئی داشته، که این تغییرات می‌تواند متأثر از تغییرات، همچنین تخریب جزئی بافت و ... باشد، مانند فضا‌های سبز و... که چهل‌وهفت درصد از منطقه مورد مطالعه در برگیرنده ۳۲۷۰۶۴۴ مترمربع در این طبقه قرار گرفته است.

(۳) فضا‌های تخریب شده: در این طبقه پیکسل‌هایی که ارزش عددی آن‌ها قبل و بعد از زلزله به صورت کلی تغییر یافته، مثل بلوک‌های ساختمانی کاملاً تخریب شده، که شانزده درصد از منطقه مورد مطالعه در برگیرنده ۱۰۷۱۱۶۳ مترمربع در این طبقه قرار گرفته است. نتیجه حاصل به صورت نقشه در شکل (۹) ارائه شده است.



شکل ۹- نقشه طبقات حاصل از تفریق باندها مادون قرمز

جدول ۲- حاصل از تفریق باندها به باندها

۱۷ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...

درصد	مساحت به هکتار	مساحت به مترمربع		ردیف
۰/۱۶	۱۰۷,۱۱۶۳	۱۰۷۱۱۶۳	تخریب شده	۱
۰/۴۷	۳۲۷,۰۶۴۴	۳۲۷۰۶۴۴	تخریب جزئی	۲
۰/۳۷	۲۵۷,۴۹۰۱	۲۵۷۴۹۰۱	تخریب نشده	۳
۱۰۰	۶۹۱,۶۷۱	۶۹۱۶۷۱۰	کل	

مأخذ: محاسبات تحقیق

۱۸ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...

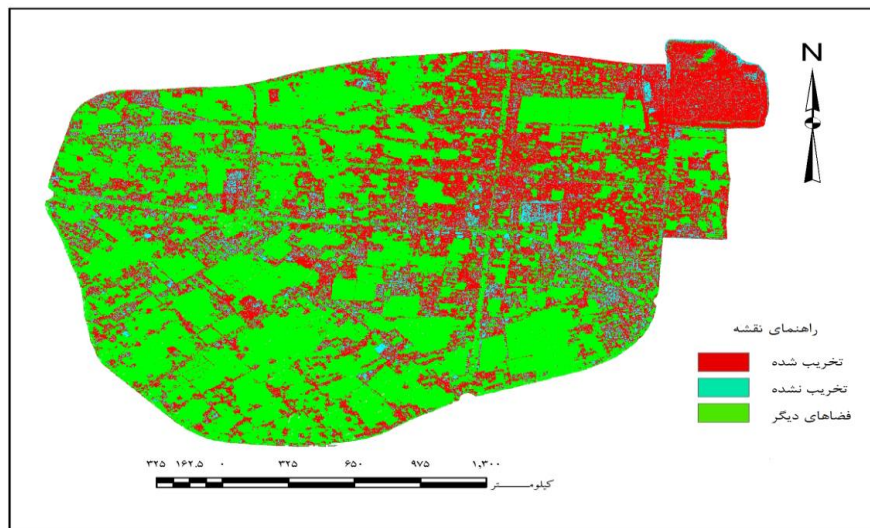
یافته‌های روش طبقه‌بندی نظارت شده

در روش طبقه‌بندی نظارت شده با توجه به نقش مفسر در انتخاب نمونه‌های آموزشی و تعداد کلاس‌های طبقه‌بندی، با توجه به اهداف تحقیق تصویر محدوده مورد مطالعه قبل از زلزله، به دو گروه (۱) فضاهای ساخته شده (۲) فضاهای دیگر طبقه‌بندی شد که فضاهای ساخته شده عبارت بود از کل بلوک‌های ساختمانی و هر بنای ساخته شده دیگر، و فضاهای دیگر شامل فضاهای سبز، خیابان‌ها، اراضی کشاورزی و هر فضای دیگری که اثر زلزله در آن‌ها چشم‌گیر نبوده قرار گرفت. ولی تصویر محدوده مورد مطالعه بعد از زلزله به سه گروه (۱) فضاهای تخریب شده (۲) فضاهای تخریب نشده (۳) فضاهای دیگر طبقه‌بندی شد که در گروه فضاهای تخریب شده کل فضای ساخته شده‌ای که در اثر زلزله تخریب شده‌اند و در گروه فضاهای تخریب نشده نیز کل فضای ساخته شده‌ای که در اثر زلزله تخریب نشده‌اند و سالم مانده‌اند و گروه فضاهای دیگر نیز همانند تصویر قبل از زلزله، قرار گرفت. به طور کلی پس از طبقه‌بندی نظارت شده، برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی‌های انجام شده از معادله کاپا استفاده شد که با توجه به نمونه پیکسل‌های انتخاب شده، ضریب کاپا با ۹۴ درصد اطمینان برآورد شد.

جدول ۳- طبقه‌بندی نظارت شده بعد از زلزله

ردیف	تخریب شده	تخریب نشده	فضاهای دیگر	طبقه‌بندی نشده	کل
۱	۲۳۷۹۶۱۶	۲۳۷۹۶۱۶	۳۸۹۵۰۷۹	۳۷۹۳۱،۴۵	۶۹۱۶۷۱۰
۲	۶۰،۴۰۸۳	۶۰۴۰۸۳،۱	۳۸۹۵۰۷۹	۳۷۹۳۱،۴۵	۶۹۱۶۷۱۰
۳	۲۳۷،۹۶۱۶	۶۰،۴۰۸۳	۳۸۹،۵۰۷۹	۳،۷۹۳۱	۶۹۱،۶۷۱۰
۴	۰،۳۴	۰،۹	۰،۵۶	۰،۱	۱۰۰
درصد	مساحت به هکتار	مساحت به مترمربع			

مأخذ: محاسبات تحقیق



شکل ۱۰- نقشه طبقات حاصل از تفریق باندها مادون قرمز

نتیجه‌گیری و مقایسه روش‌ها

تحلیل نتایج به دست آمده از این تکنیک‌ها در برآورد خسارت مسکن شهری (جدول ۴) نشان‌دهنده این واقعیت است که تکنیک تفسیر بصری با همه نقاط قوت و ضعف خود، کارایی و قابلیت‌های لازم در برآورد خسارت را دارد و در رتبه اول کارایی در بین تکنیک‌های مذکور می‌باشد. روش طبقه‌بندی نظارت شده نیز با توجه به طبقه‌بندی دقیق و صحیح خود و معایب آن چون وجود پیکسل‌های طبقه‌بندی نشده، در رتبه دوم قرار دارد. نتایج حاصل از تفریق باندها به باندها تصاویر ماهواره‌ای و ضعف آن در برآورد خسارت این محدوده، در رتبه سوم قرار داد.

شایان ذکر است که این تکنیک در محدوده‌های دیگر با توجه به تحقیقات انجام شده، می‌تواند دارای کارایی بهتری باشد. همچنین در تکنیک تحلیل پروفیل بازتاب طیفی با توجه به اینکه برآورد خسارت به صورت نقطه‌ای بوده و نتیجه آن به شکل نقشه کلی نمی‌باشد، استفاده از این روش در کنار روش‌های دیگر برای ارزیابی دقت، توصیه می‌شود.

جدول ۴- مقایسه نقاط قوت و ضعف روش‌ها

ردیف	عنوان روش‌ها	نقاط قوت	نقاط ضعف
۱	روش تفسیر بصری	<ul style="list-style-type: none"> • ارائه نتیجه به صورت نقشه طبقه‌بندی شده • نقش مفسر در انتخاب نمونه‌های آموزشی • عدم وجود پلاک‌های طبقه‌بندی نشده • دقت مطلوب 	<ul style="list-style-type: none"> • زمان‌بر بودن • مشکل بودن انتخاب محدوده بلوک‌های ساختمانی • خسته‌کننده
۲	روش طبقه‌بندی نظارت شده	<ul style="list-style-type: none"> • ارائه نتیجه به صورت نقشه طبقه‌بندی شده • نقش مفسر در انتخاب نمونه‌های آموزشی • داشتن الگوریتم‌های دقیق برای طبقه‌بندی • دقت مطلوب 	<ul style="list-style-type: none"> • مشکل بودن انتخاب نمونه‌های آموزشی • وجود پیکسل‌های طبقه‌بندی نشده
۳	روش تفریق باندها به باندها تصاویر	<ul style="list-style-type: none"> • ارائه نتیجه به صورت نقشه طبقه‌بندی شده • نقش مفسر در انتخاب نمونه‌های آموزشی • دقت مطلوب • عدم وجود پیکسل‌های طبقه‌بندی نشده 	<ul style="list-style-type: none"> • مشکل بودن میانگین‌گیری ارزش‌های طیفی و انتخاب طبقه‌ها
۴	روش تحلیل پروفیل بازتاب طیفی	<ul style="list-style-type: none"> • نقش مفسر در انتخاب نمونه‌های آموزشی • دقت مطلوب • برآورد نقطه‌ای خسارت 	<ul style="list-style-type: none"> • عدم ارائه نتیجه به صورت نقشه

مأخذ: نگارندگان

منابع

- حافظ نیا، محمدرضا. (۱۳۸۷)، *مقدمه‌ای بر روش تحقیق در علوم انسانی*، انتشارات سمت.
- رسولی، علی‌اکبر؛ محمود زاده، حسن. (۱۳۸۹)، *مبانی سنجش از دور پایه*، انتشارات علمیران.
- *سازمان نقشه برداری کل کشور*. (۱۳۸۲)، نقشه پایه سال ۸۲ شهرستان بم به مقیاس ۱:۲۰۰۰.
- علیزاده، ربیعی. (۱۳۸۴)، *اصول سنجش از دور و کاربرد*، انتشارات سمت..
- مهندسین مشاور آرمان شهر. (۱۳۸۳)، *طرح ویژه ساختاری و تفصیلی بم*، جلد هفتم، مطالعات کالبدی.
- جعفری، رضا. (۱۳۸۹)، *سنجش از دور فرا طیفی (اصول و کاربردها)*، انتشارات جهاد دانشگاهی.
- علوی پناه، سید کاظم. (۱۳۸۲)، *کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علم خاک)*، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران.
- علوی پناه، سید کاظم. (۱۳۸۵)، *سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین*، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران.
- مباشری، محمدرضا. (۱۳۸۵)، *مبانی فیزیک در سنجش از دور و فناوری ماهواره‌ای*، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- Derya. O. (۲۰۰۴). *Post_earthquake Damage assessment using satellite and aerial video imagery*, thesis submitted for international institute of geo information science.
- UNDP. (۲۰۰۴). *Reducing disaster Risk, A Challenge for Development Zadeh*. LA, (۱۹۶۵), Fuzzy sets, Information and Control ۸, ۳۳۸- ۳۵۳.

۲۲ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...

- Woo. K. S, Rathje. E. M, Crawford. M. (۲۰۰۵). *comparison of earthquake damage evaluation using change detection and thematic classification*, ۳rd international workshop on remote sensing.
- Yamazaki. F, Yano. Y, Matsuoka. M. (۲۰۰۵). *Visual damage interpretation of buildings in Bam city using Quick bird images following the ۲۰۰۳ Bam (Iran) earthquake*, earthquake spectra, Vol ۲۱, ۳۲۹-۳۳۶.
- Tavakoli. B, Tavakoli. S. (۱۹۹۳). Estimating the Vulnerability and Loss functions of Residential Buildings, *Journal of the International Society for the Presentational Mitigation of Natural Hazard* ۷ (۲).
- Kohiyama. M, Yamazaki. F. (۲۰۰۵). *Damge detection for ۲۰۰۳ Bam (Iran) earthquake using Terra-Aster satellite Imagery*, earthquake spectra, Vol ۲۱, ۲۶۷-۲۷۴.
- Anderson. J, Hady. J, Roach. T. (۱۹۷۶). *A land cover classification system for use with Remote sensor data*, United States Government Printing Office, Washington.

۱۲۳ ارزیابی کارایی تکنیک‌های سنجش از دور ...