استخراج اتوماتیک ساختمان از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا با استفاده از آنالیز واریانس

رضا عطار زاده[۱]، مهدی مومنی[۲]، سید امیر حسن منجمی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور دانشگاه اصفهان r.attarzadeh@gmail.com

۲. استادیار گروه مهندسی نقشه برداری دانشگاه اصفهان momeni@eng.ui.ac.ir

۳. استادیار گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه اصفهان monadjemi@eng.ui.ac.ir

چکیده

استخراج اتوماتیک عارضه ساختمان از تصاویر ماهواره ای، به عنوان یک موضوع مهم تحقیقاتی در حوزه سنجش از دور و ماشین بینایی مطرح است. الگوریتم های بسیاری برای استخراج ساختمان‌ها از تصاویر ماهواره‌ای ارائه شده‌اند که غالبا معیارهای رادیو متریکی و هندسی، تشخیص لبه‌ها و سایه را به عنوان معیارهای استخراج ساختمان در نظر گرفته اند. در این مقاله سعی شده با استفاده از آنالیز واریانس و در نظر گرفتن توامان مقادیر واریانس ساختمان و پیکسل های مجاور به ارائه راهکاری جهت شناسایی و استخراج اتوماتیک ساختمان در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بسیار بالا بپردازد.

واژه‌های کلیدی: استخراج اتوماتیک ساختمان، آنالیز واریانس، قدرت تفکیک مکانی بالا

۱- مقدمه

امروزه با ظهور سنجنده های با قدرت تفکیک مکانی بالا امکان تهیه نقشه هـای بـزرگ مقیـاس و اسـتخراج اتوماتیک عوارض ساخته دست بشر فراهم گردیده است. همزمان با ظهـور ایـن نسـل از سـنجنده هـا، اسـتخراج اتوماتیک عوارض مصنوعی در مناطقی با واریانس محلی بالا، زمینه تحقیقاتی جدیدی را پیش روی محققان قـرار داده، که تحقیقات بیشتر در این زمینه منجر به نتایج ارزنده‌ای در مدیریت بهینـه منـاطق شـهری بـا اسـتفاده از فناوری سنجش از دور خواهد گردید.

به طور کلی می‌توان از دو رویکرد ناحیه‌ای (شیْ گرا) و پیکسل مبنا در استخراج اتوماتیک ساختمان‌ها استفاده نمود هر چند که مطالعات موردی با استفاده از شکل شناسی ریاضی و تبدیل فوریه نیز انجام شده است.

در این تحقیق با تکیه بر ویژگی واریانس و در نظر گرفتن توامان مقادیر واریانس ساختمان و پیکسل های مجاور، راهکاری جهت شناسایی و استخراج اتوماتیک ساختمان در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بسیار بالا ارائه شده است. روش ذکر شده بر روی چند تصویر مختلف از نظر آرایش ساختمان‌ها (اندازه و جهت)، پیاده سازی شده و نتایج امید بخشی حاصل گردیده است.

۲- استخراج اتوماتیک ساختمان با استفاده از آنالیز واریانس

۲-۱ تئوری و اصول

رویکرد ارائه شده مبتنی بر تعریف ساختمان به عنوان یک مجموعه از پیکسل‌های دارای اندازه و شکل مشخص که دارای تغییرات ناچیز سطح خاکستری در بدنه ساختمان و تغییرات شدید در گذار از حاشیه ساختمان به پیکسل‌های مجاور است، می باشد.

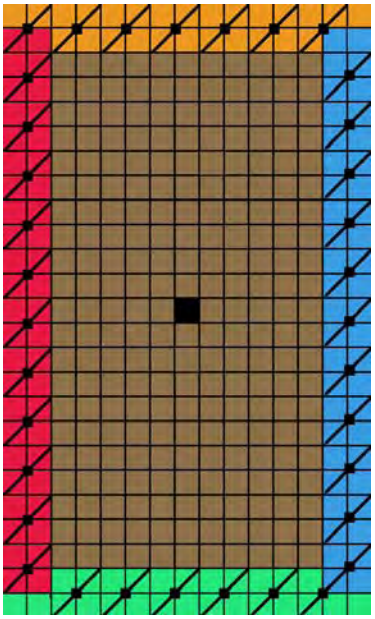
به منظور شناسایی و استخراج اتوماتیک ساختمان ، تخمین اندازه و شکل ساختمان های موجود در منطقه به تعریف یک ناحیه جستجو مبتنی بر واقعیات موجود خواهد انجامید. برای نمونه فرض می کنیم با بررسی منطقه به این نتیجه رسیده ایم که ساختمان‌های موجود در ناحیه‌ی مورد بررسی دارای اندازه‌ی تقریبی برابر با ۱۳×۲۳ پیکسل مطابق با شکل(۱) می باشد.

۲-۲ تعریف ناحیه جستجو

در شکل ۱، یک ناحیه جستجو و پیکسل‌های متعلق به بدنه ساختمان و ناحیه گذار از ساختمان به محیط مجاور نمایش داده شده است. لازم به ذکر است اندازه حاشیه در نظر گرفته شده به پارامترهای متفاوتی چون قدرت تفکیک مکانی تصویر، فاصله بین ساختمان مجاور موجود در منطقه و میزان همگونی ساختمان ها بستگی دارد.

همانگونه که از شکل پیداست، ناحیه جستجو به دو زیربخش بدنه و مجاورت ساختمان تقسیم می گردد که بدنه ساختمان شامل پیکسل‌هایی است که به طور قطع به بام ساختمان متعلق است و ناحیه مجاورت شامل پیکسل هایی است که به منطقه گذار از ساختمان به همسایگی نزدیک به آن تعلق دارد.

همان طور که ذکر شد، شکل۱ معرف یک ناحیه ۱۵×۲۵ پیکسلی است که جهت آشکار سازی ساختمان هایی با ابعاد ۱۳×۲۳ پیکسل استفاده می‌شود. لازم به ذکر است برای استخراج ساختمان‌هایی با ابعاد متفاوت، نواحی جستجو با ابعاد متفاوت و منطبق بر واقعیات منطقه استفاده خواهد شد.



شکل ۱- ناحیه جستجو

۲-۳ کمی سازی تغییرات سطح خاکستری

جهت کمی سازی تغییرات سطح خاکستری برای یک پنجره جستجو از پارامترهای متفاوتی می‌توان استفاده نمود. در اینجا از واریانس (معادله ۱) به علت در نظر گرفتن تمامی پیکسل های موجود در پنجره جستجو استفاده گردیده است.

معادله ۱

$$\mathrm{Var} = \sum_{i=0}^{M} \sum_{j=0}^{N} \frac{(X_{i,j} - \bar{X})^2}{M * N}$$

I,J : سطر و ستون ماتریس تصویر
M , N : تعداد سطر و ستون پنجره جستجو
Xi,j : مقدار پیکسل در موقعیت **i , j**
$\bar{X}$ **:میانگین تمامی مقادیر موجود در پنجره جستجو**

جهت تخمین پارامتر واریانس (فرمول ۱) می‌توان از پنجره های جستجو با ابعاد متفاوتی استفاده نمود که در اینجا به منظور تعیین تغییرات محلی سطوح خاکستری از پنجره‌ای با ابعاد ۳×۳ استفاده شده است.

۲-۴ کمی سازی توزیع مکانی تغییرات سطح خاکستری

به منظور تمایز ویژگی توزیع مکانی ساختمان از دیگر عوارض موجود در منطقه جهت استخراج اتوماتیک ساختمان از معادله۲ (DRV[1]) استفاده می‌گردد.

معادله ۲

$$DRV = \frac{\sqrt[4]{MeanVarS1 * MeanVarS2 * MeanVarS3 * MeanVarS4}}{MeanVarBody}$$

MeanVarS1,2,3,4 = میانگین واریانس حاشیه های ۱ تا ۴
MeanVarBdy = میانگین واریانس بدنه ساختمان

از آنجا که ناحیه گذار از بدنه ساختمان به پیکسل‌های مجاور دارای تغییرات سطوح خاکستری شدید و ناحیه مرتبط با بدنه ساختمان دارای تغییرات ناچیز سطح خاکستری می‌باشد مقدار DRV در معادله ۲ برای پیکسل های متعلق به مرکز ساختمان مقادیر بالایی را اختیار خواهد کرد. این به این معنی است که حاشیه ساختمان‌ها دارای مقادیر بالای واریانس و بدنه ساختمان مقدار واریانس ناچیزی دارد.

در معادله ۲ از حاصلضرب میانگین مقادیر واریانس پیکسل‌های متعلق به چهار حاشیه ساختمان جهت در نظر گرفتن این واقعیت که تغییرات درجه سطوح خاکستری در چهار حاشیه همگن نیستند استفاده گردیده است. ریشه چهارم مقدار حاصلضرب در جهت یکسان سازی بازه‌ی مقادیر واریانس پیرامون ساختمان با بدنه ساختمان می باشد.

به عبارت دیگر با استفاده از معادله ۲ مقادیر واریانس بدنه ساختمان و پیرامون آن به طور همزمان در نظر گرفته می‌شود.

---

[1] .Discrimination by Ratio of Variance

۳- پیاده سازی

۳-۱ منطقه مورد مطالعه

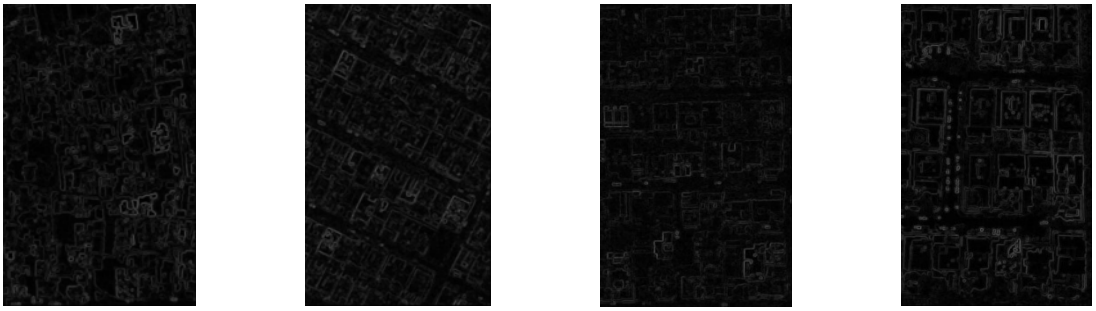
به منظور ارزیابی راهکار ارائه شده در مناطق مختلف از چهار تصویر در منطقه شهری و با آرایش مختلف ساختمان‌ها استفاده گردیده است. لازم به ذکر است تصاویر استفاده شده در این مطالعه به چهار منطقه متفاوت شهر تهران تعلق دارد. این چهار منطقه به ترتیب معرف مناطقی است که در آنها الف) هر دو مورد اندازه و جهت چینش ساختمان‌منظم است ب) ساختمان ها دارای اندازه های متفاوت ولی جهت چینش آن ها یکسان است پ) ساختمان‌ها دارای اندازه های یکسان ولی در جهت متفاوتی قرار دارند ت) ساختمان‌ها اندازه و جهت‌های متفاوتی دارند(شکل ۲).

الف ب پ ت

شکل ۲ تصاویر اصلی (الف): ناحیه منظم (ب):ناحیه نامنظم از نظر اندازه (پ):ناحیه نامنظم از نظر جهت (ت):ناحیه کاملا نامنظم

۳-۲ محاسبه مقادیر واریانس

مقادیر واریانس با لغزش یک پنجره ۳×۳ بر روی تصاویر اصلی محاسبه می‌گردد. شکل ۳ نتیجه حاصل را نشان می دهد.



الف ب پ ت

شکل ۳ تصاویر واریانس (الف): ناحیه منظم (ب):ناحیه نامنظم از نظر اندازه(پ):ناحیه نامنظم از نظر جهت (ت):ناحیه کاملا نامنظم

از آنجا که مقدار واریانس محلی در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا در مناطق شهری به علت وجود نویز یا عناصر خارجی (دودکش فلزی یا وجود وسایل نقلیه روی جاده) حائز اهمیت هستند و به منظور جلوگیری از بروز مسائل احتمالی، مقادیر واریانس به دو مقدار ۰ و ۱ ارزش گذاری می شود(شکل ۴). این فرایند به وسیله آستانه گذاری بر روی تصویر واریانس اعمال شده که مقدار میانه تصویر واریانس به عنوان حد آستانه در نظر گرفته می‌شود.

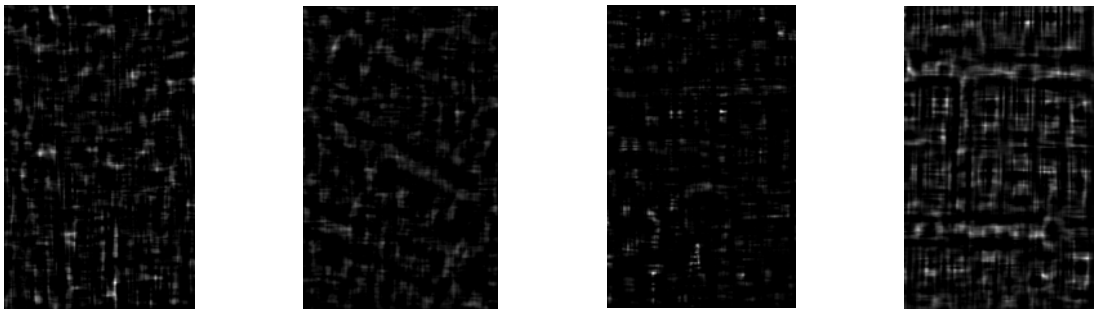
الف ب پ ت

شکل ۴ تصاویر باینری تولید شده از روی تصویر واریانس (الف): ناحیه منظم(ب):ناحیه نامنظم از نظر اندازه (پ):ناحیه نامنظم از نظر جهت (ت):ناحیه کاملا نامنظم

۳-۳ محاسبه مقادیر DRV

با توجه به معادله ۲ و با استفاده از ۵ ماسک در برگیرنده حاشیه ۱ تا ۴ و بدنه ساختمان (شکل ۱) ، مقادیر MeanVarS1,2,3,4 و MeanVarBody با لغزش همزمان ۵ ماسک بر روی تصویر باینری حاصل از مرحله قبل به دست می آید. یادآوری می‌شود، ابعاد ناحیه جستجو با ارزیابی منطقه مورد مطالعه و با در نظر گرفتن ابعاد ساختمان‌ها تعیین می‌شود. لازم به ذکر است جهت آشکارسازی ساختمان‌های با ابعاد متفاوت، ایجاد نواحی جستجو متناسب با ابعاد واقعی ضروری است.

شکل ۵ نتیجه حاصل از اعمال فرآیند فوق را نمایش می دهد.

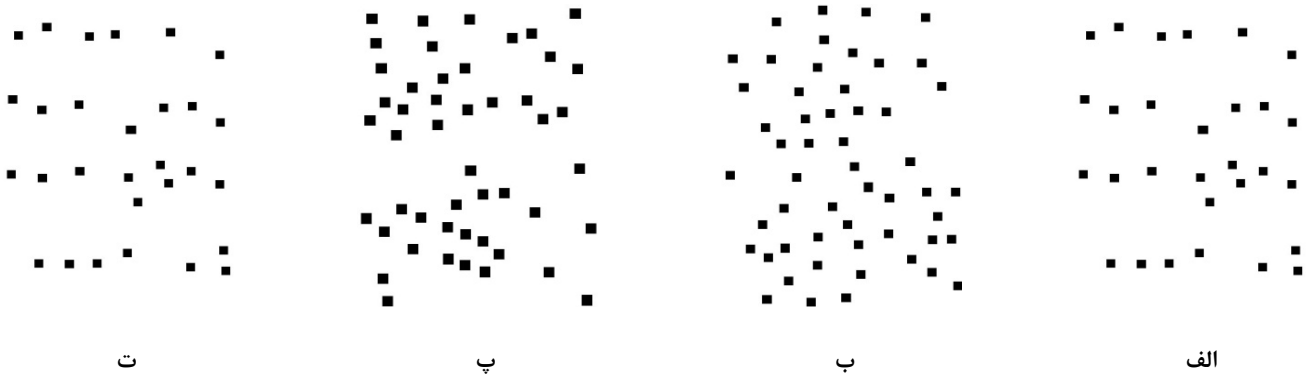


الف ب پ ت

شکل ۵ تصاویر DRV (الف): ناحیه منظم(ب):ناحیه نامنظم از نظر اندازه(پ):ناحیه نامنظم از نظر جهت (ت):ناحیه کاملا نامنظم

۳-۴ استخراج ساختمان

در این مرحله می‌توان به طور مسقیم با استفاده از مقادیر DRV و بدون نیاز به داشتن اطلاعات مکانی و طیفی به آشکارسازی ساختمان‌ها مبادرت نمود. با توجه به آنچه قبلا ذکر شد، مقادیر DRV بالا، نشانگر مراکز ساختمان هستند. همچنین می توان با آستانه گذاری بر روی مقادیر DRV پیکسل‌های دارای مقادیر DRV پایین که متعلق به مناطق ساختمانی نمی‌باشند را حذف نمود. شکل ۶ نمایش دهنده مراکز ساختمان استخراج شده از تصاویر DRV می‌باشد.



الف ب پ ت

شکل۶ مراکز ساختمان استخراج شده(الف): ناحیه منظم(ب):ناحیه نامنظم از نظر اندازه (پ):ناحیه نامنظم از نظر جهت (ت):ناحیه کاملا نامنظم

۴- نتایج و پیشنهادات

با اعمال راهکار ارائه شده بر روی تصاویر و با توجه به مستندات جدول ۱، این روش بر روی تصاویر همگون (از نظر اندازه و جهت چینش ساختمان ها) موفق به استخراج درصد بسیار بالایی از مراکز ساختمان ها می‌گردد. حتی در مورد مناطق ساختمانی نامنظم از نظر اندازه و با توجه به اینکه در این تحقیق تنها از ناحیه جستجوی ۴۵×۶۵ پیکسلی استفاده شده، الگوریتم ارائه شده موفق به دستیابی به نتایج قابل قبولی گردیده است. این موضوع در مورد تصاویر نامنظم از نظر اندازه نیز صادق می باشد و می توان با اعمال نواحی جستجوی منطبق با واقعیت بیرونی به نتایج رضایت بخشی دست یافت.

جدول ۱ نتایج عددی حاصل از پیاده سازی

نوع ناحیه	تعداد ساختمان موجود	تعداد ساختمان آشکار سازی شده	درصد دقت
منظم	۳۲	۲۹	٪۹۱
نا منظم از نظر اندازه	۷۱	۵۳	٪۷۵
نامنظم از نظر جهت	۸۹	۴۸	٪۵۴
کاملا نامنظم	۷۶	۲۹	٪۳۸

۵- نتیجه گیری

در این مقاله به استخراج اتوماتیک ساختمان از تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک مکانی بالا تنها با تکیه بر مقادیر DRV پرداخته شد. نتایج حاصل نمایشگر موفق بودن این پارامتر جهت استخراج مراکز ساختمان ها می باشد. انتظار می رود با استفاده همزمان پارامتر DRV به همراه اطلاعات مکانی و طیفی، فرآیند استخراج اتوماتیک ساختمان از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا به میزان قابل توجهی بهبود یابد. میزان کارآیی این روش برای تصاویر متفاوت از نظر قدرت تفکیک مکانی و همگونی ساختمان ها در مطالعات بعدی قابل بررسی می‌باشد.

مراجع

Bianchin A., Bravin L., "*land use in urban context from IKONOS image : a case study* ". The International Archive Of The Photogrammetry. Remote Sensing Spatial Information Sciences (CD ROM). Vol XXXIV-7/W9. Regensburg, Germany, 27-29 June 2003.

Guindon, B "*A Framework for the Development and Assessment of Object Recognition Modules High Resolution Satellite Images*". Canadian Journal of Remote Sensing , Vol 26 , No 4, 2000 , p334-348

Hofmann, P. "detecting *urban features from IKONOS data using an object-oriented approach*" , joint Workshop urban 2001, May 22,2001.

Pesaresi M., Benediktsson J. A., "*A new approach for the Morphological Segmentation of High-Resolution Imagery*" IEEE Transaction on Geoscience and Remote sensing, vol. 39, 2001, pp.309-330.