

دوین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

The 2nd National Conference on
Geospatial Information Technology (NCGIT)

K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering

18 January 2017



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی نقشه‌برداری

۱۳۹۵ ماه دی ۲۹

استخراج سایه ساختمان از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا با تلفیق اطلاعات لبه و جهت عوارض نقطه‌ای

فرزانه یوسفیان^{۱*}، حمید عبادی^۲، امین صداقت^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- استاد دانشکده مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی

۳- استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه تبریز

چکیده:

در بسیاری از کاربردهای سنجش از دور، خصوصاً در پردازش تصاویر با قدرت تفکیک بالا، شناسایی سایه یک مرحله پیش‌پردازشی مهم است. سایه بیانگر اطلاعاتی در مورد شکل، موقعیت نسبی و جهت شیئ است که در محیط‌های شهری بخش قابل‌توجهی از تصویر را اشغال می‌کند و می‌تواند در تفسیر عوارض اثرات مثبت و منفی به دنبال داشته باشد. به عنوان نمونه برآورد ارتفاع عوارض مرتفع و شناسایی موقعیت ساختمان به کمک سایه صورت می‌گیرد. محققان روش‌های متعددی برای شناسایی سایه ارائه کرده‌اند که براساس ویژگی، مدل و شاخص‌ها هستند. در این تحقیق، به کمک عوارض موضوعی به موضوع شناسایی سایه ساختمان‌ها پرداخته می‌شود تا بتوان از این اطلاعات در شناسایی موقعیت و برآورد ارتفاع ساختمان و غیره بهره برد. پس از استخراج عوارض موضوعی نقطه‌ای، برآورد جهت آنها انجام شده و هیستوگرام جهت ترسیم می‌شود و با توجه به لبه‌های عمودی ساختمان، جهات آنها استخراج می‌گردد. لبه‌ها در جهات اصلی به دست آمده و به کمک عملگرهای مورفو‌لوزی در جهات حاصل از مرحله قبل، پخش می‌شوند تا با سایه‌های اولیه تلفیق گردد. لازم به ذکر است که از لبه‌ها برای شناسایی سایه ساختمان و حذف سایه‌هایی که متعلق به ساختمان نیستند، استفاده می‌شود. روش پیشنهادی بر روی چهار تصویر با قدرت تفکیک بالا اجرا شد. همچنین داده‌های مرجع زمینی به صورت دستی به دست آمده و معیار Recall، دقت و شاخص F در بهترین حالت به ترتیب برابر با ۸۰.۱، ۸۸.۸۶ و ۸۹.۴۸ نشان از کارایی و عملکرد مناسب روش پیشنهادی دارد.

واژه‌های کلیدی: جهات اصلی، لبه‌یابی، شناسایی سایه، تلفیق.

نویسنده مکاتبه کننده: فرزانه یوسفیان

آدرس پستی: تهران، خیابان ولی‌صر، تقاطع میرداماد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری

تلفن: ۸۸۸۸۸۴۴۵

آدرس پست الکترونیک: fyousefian@mail.kntu.ac.ir

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر تصاویر هوایی و ماهواره‌ای با کیفیت بالا در دسترس قرار گرفته‌اند که برای کاربردهای متفاوت نیاز به آنالیز این تصاویر است. با توجه به زمان اخذ اطلاعات و وجود عوارض شهری مرتفع مانند ساختمان، درخت و غیره با سایه مواجه هستیم که اثرات مثبت و منفی در تفسیر عوارض به دنبال خواهد داشت [۱]. به عنوان نمونه، برآورد ارتفاع عوارض مرتفع می‌تواند به کمک سایه‌ها صورت گیرد [۲ و ۳]. همچنین در بازسازی سه‌بعدی و شناسایی موقعیت ساختمان به عنوان اطلاعات مفید شناخته می‌شود. از سوی دیگر، سایه ممکن است موجب از دست رفتن اطلاعات رادیومتریک شود که منجر به نتایج اشتباه و تشخیص نادرست در برخی کاربردها می‌گردد، در نتیجه شناسایی و حذف سایه گام مهمی در شناسایی اهداف، تشخیص تغییرات، تلفیق تصویر و تاظریابی تصویر است [۴ و ۵].

زاویه دید سنجنده، فاصله کانونی آن، آزمیوت خورشید و ارتفاع ساختمان‌های موجود در منطقه در تشکیل سایه و طول آن بر روی تصویر حائز اهمیت است. هرچه آزمیوت خورشید و زاویه آزمیوت خورشید صورت می‌گیرد. طول سایه در تصویر کاهش می‌یابد [۶]. زمانیکه فاصله کانونی سنجنده‌ای کم و زاویه دید آن زیاد باشد، جایه‌جایی ناشی از اختلاف ارتفاع افزایش یافته و سایه ساختمان‌ها توسط خود ساختمان پوشانده شده و پنهان شدگی‌ها بیشتر است، در این صورت شناسایی سایه و طول آن بر روی تصویر و به خصوص تعیین ارتفاع ساختمان پیچیده‌تر خواهد بود.

رویکردهای متفاوتی برای شناسایی سایه وجود دارد از جمله روش‌های مدل مبنا که شناسایی موقعیت سایه‌ها با استفاده از مدل سه‌بعدی دقیق و اطلاعات کامل از جهت‌گیری خورشید صورت می‌گیرد. در واقعیت، کیفیت نتایج به کیفیت مدل رقومی سطح^۱ و دقت روش مورداستفاده وابسته است [۷]. روش‌های ویژگی مبنا که نیاز به داده‌های اولیه ندارند زیرا به طور مستقیم بر روی داده‌های رادیانس یا داده‌های خام براساس برخی فرضیات مکانی و طیفی به کار می‌روند [۷]. در این روش شناسایی نواحی سایه‌دار براساس اطلاعاتی مانند درجه خاکستری، اشباع، روشنایی و بافت صورت می‌گیرد [۵].

اکثر تحقیقات، توانایی تفکیک سایه از اشیاء تیره همچون پوشش گیاهی و مناطق با شدت کم (جاده) را ندارد، به همین دلیل به منظور تفکیک سایه از پوشش گیاهی از شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی^۲ استفاده شده که نیازمند وجود تصویر چندطیفی با باند مادون قرمز است. در این تحقیق، به منظور رفع ضعف فوق، از اطلاعات هندسی مانند لبه و مجاورت آن با سایه استفاده می‌شود و تلاش بر آن است که لبه‌ها در جهات ساختمان‌ها بدست آید زیرا هدف این تحقیق شناسایی سایه ساختمان‌ها است. به منظور استخراج لبه‌ها، از عوارض موضعی نقطه‌ای استفاده می‌شود. در واقع برای اولین بار از عوارض موضعی و جهت آنها، برای استخراج سایه استفاده شده است. موقعیت‌های متمایزی از تصویر که تغییرات درجه خاکستری در همسایگی آنها شدید است، عوارض موضعی نقطه‌ای هستند. این عوارض برای آشکارسازی نواحی شهری و ساختمان در تصاویر بزرگ مقیاس مناسب است. برای استخراج عوارض نقطه‌ای در روش پیشنهادی از ترکیب گوشه‌ها و لبه‌ها استفاده می‌شود. با وجود اینکه سایه ممکن است در شناسایی و استخراج دقیق عوارض نقطه‌ای ایجاد اشکال نماید اما با استفاده از اطلاعات جهت می‌توان این ضعف را پوشش داد. پس از استخراج عوارض نقطه‌ای و تخصیص جهت به آنها با بهره‌برداری از اطلاعات همسایگی نقاط، از اطلاعات لبه برای تلفیق با سایه‌های اولیه و بهبود آنها استفاده می‌شود تا تنها سایه ساختمان‌ها بدست آید. ضمن اینکه، به منظور بهره‌برداری از سایه‌ها در برخی کاربردها مانند شناسایی موقعیت و ارتفاع ساختمان، به شناسایی سایه ساختمان پرداخته شده است. در واقع در روش پیشنهادی، از عوارض موضعی نقطه‌ای

¹ Digital Surface Model (DSM)

² NDVI

برای به دست آوردن نقاط متمایز که در استخراج جهات و لبه مورد نیاز است، استفاده کرده و به حذف مناطق غیرسایه پرداخته می‌شود.

این مقاله در ۴ بخش تنظیم شده است. در بخش اول مقدمه و ساختار مقاله ارائه شده است. در بخش دوم، روش پیشنهادی بیان شده و جزئیات روش پیشنهادی و ارزیابی کمی آن در بخش چهارم بیان می‌شود. در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادها آمده است.

۲- روش پیشنهادی این تحقیق جهت استخراج سایه ساختمان

الگوریتم پیشنهادی مطابق با شکل (۱)، از چهار مرحله تشکیل شده است. در مرحله نخست، عوارض نقطه‌ای در لبه‌ها و گوشه‌های ساختمان به طور همزمان استخراج می‌شود و پس از آن در مرحله دوم برآورده جهت اصلی برای عوارض نقطه‌ای صورت می‌گیرد و به واسطه عمود بودن لبه‌های ساختمان و جهت‌گیری مشابه آنها در یک منطقه، جهات اصلی برای آنها به دست می‌آید تا در مرحله بعد لبه‌یابی بر مبنای آنها صورت گیرد. در مرحله نهایی لبه‌های بهبود داده شده با سایه‌های استخراج شده در فاز اول، تلفیق خواهد شد و در صورت نیاز پس پردازش صورت می‌گیرد. در ادامه جزئیات روش پیشنهادی تشریح می‌گردد. لازم به ذکر است که روش پیشنهادی ارزیابی و با دو روش دیگر مقایسه خواهد شد.

۲-۱- استخراج عوارض نقطه‌ای

الگوریتم‌های استخراج عوارض نقطه‌ای برای شناسایی عوارض ساخت بشر کارآمد هستند. به همین منظور برای استخراج سایه ساختمان‌ها، گوشه‌ها و لبه‌های ساختمان بررسی می‌شود. گوشه‌ها نقاطی از تصویر هستند که در آن نقاط مقدار شدت در جهات مختلف تغییرات بزرگی دارد. یکی از معروفترین الگوریتم‌ها جهت استخراج عوارض نقطه‌ای، الگوریتم هریس^۱ است که براساس ماتریس گشتاور مرتبه دوم می‌باشد. نقاط استخراج شده توسط این الگوریتم، نسبت به دوران، انتقال و تغییرات شرایط روشنایی پایدار بوده و در موقعیت‌ها با محتوای اطلاعاتی بالا یافت می‌شوند [۸].

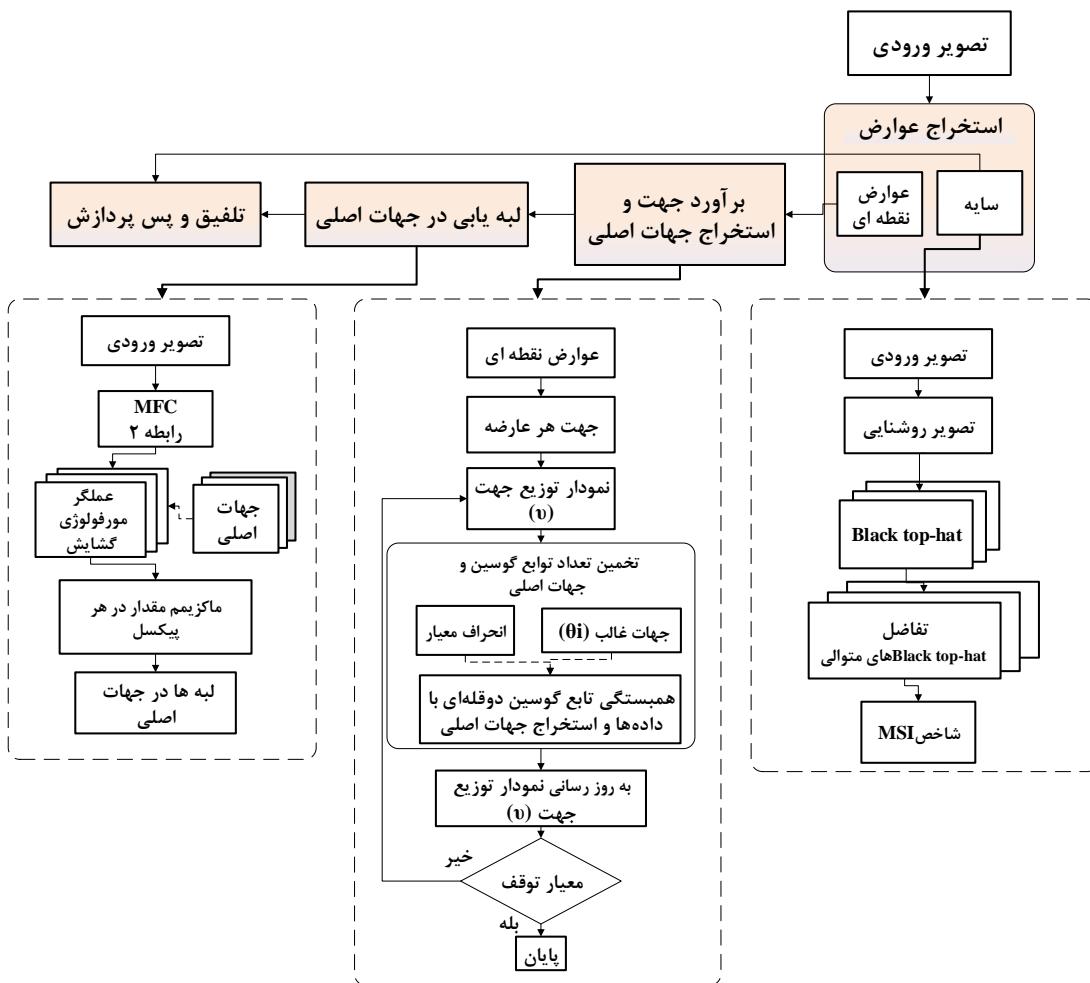
کوواک و همکاران [۹ و ۱۰] برای آشکارسازی نواحی شهری از روش MHEC^۲ استفاده کرده‌اند. این روش برای شناسایی همزمان گوشه‌ها و لبه استفاده شده و بر اساس آشکارساز هریس است اما می‌تواند علاوه بر گوشه‌ها، لبه‌ها را به صورت نقطه‌ای نیز شناسایی کند. در این تحقیق روند استخراج عوارض نقطه‌ای همانند MHEC است و عوارض نقطه‌ای گوشه و لبه به طور همزمان استخراج می‌شوند. عوارض شناسایی شده در شکل (۲) نمایش داده شده است.

۲-۲- برآورد جهت

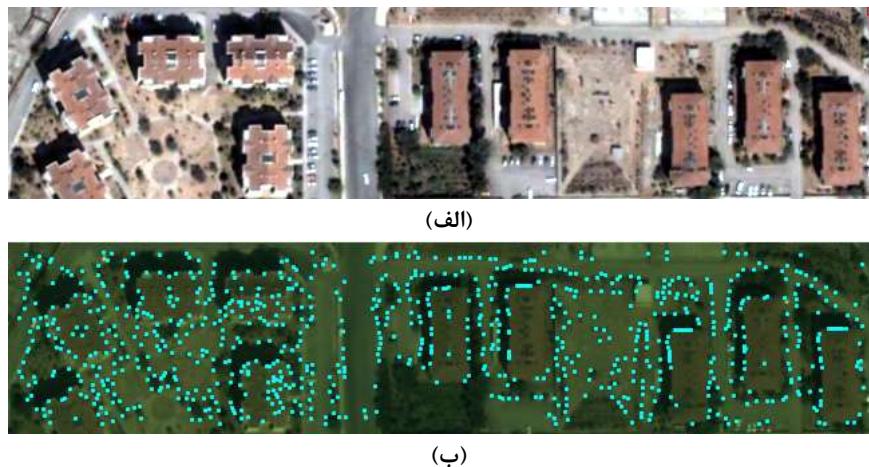
یک منطقه کوچک شهری، ساختمان‌هایی با جهت‌گیری مشابه دارد و در بسیاری از موارد، جهت‌گیری ساختمان‌ها با توجه به برخی از ساختارهای بزرگتر (به عنوان مثال شبکه جاده) تعریف می‌شود. در این تحقیق مشابه تحقیق کوواک و توماس [۱۱]، از جهت عوارض نقطه‌ای برای شناسایی موقعیت ساختمان‌ها استفاده می‌شود. عوارض نقطه‌ای MHEC به خوبی در نواحی شهری و ساختمان‌ها استخراج شده‌اند، به همین دلیل در همسایه‌های کوچکی از این عوارض به برآورده جهات اصلی ساختمان‌ها می‌پردازیم.

¹ Harris

² Modified Harris for Edges and Corners



شکل ۱: مراحل روش پیشنهادی جهت استخراج سایه ساختمان



شکل ۲: استخراج عوارض نقطه‌ای، (الف) تصویر اصلی و (ب) عوارض نقطه‌ای لبه و گوشه حاصل از الگوریتم MHEC

به این منظور، بردار گرادیان ∇g_i با اندازه $\|\nabla g_i\|$ و جهت φ_i^{∇} برای نقطه i به دست آمد و با تعریف همسایه $n \times n$ اطراف نقاط در تصویر با $(i)^W_n$ (ناحیه اطراف هر عرضه)، توزیع وزنی φ_i^{∇} به صورت رابطه (۱) است:

$$\lambda_i(\varphi) = \frac{1}{N_i} \sum_{r \in W_n^{(i)}} \frac{1}{h} \cdot \|\nabla g_r\| \cdot k \left(\frac{\varphi - \varphi_r^\nabla}{h} \right) \quad \text{رابطه (۱)}$$

با $N_i = \sum_{r \in W_n^{(i)}} \|\nabla g_r\|$ تابع کرنل مانند توزیع گوسین یا مثلثی با پارامتر پهنای باند h است.

در نتیجه جهت اصلی برای عارضه نقطه‌ای آن (شکل (۳)-الف) برابر با ماکریم مقدار رابطه (۱) می‌باشد (شکل (۳)-ب). پس از محاسبه جهت برای تمام عارض نقطه‌ای، نمودار توزیع جهت $\theta^{(i)}(\varphi)$ ترسیم می‌گردد.

همانطور که در شکل (۳)-ج) مشاهده می‌شود، نمودار ترسیم شده چندین قله دارد. از این ویژگی استفاده شده و به برآورد جهات اصلی در منطقه شهری و تخمین تعداد توابع گوسین پرداخته می‌شود. در یک فرآیند تکراری یک تابع گوسین دوقله‌ای با میانگین θ_{i1} و θ_{i2} و انحراف معیار $\frac{d_1 + d_2}{3}$ با داده‌ها مرتبط می‌شود (d_1 و d_2 انحراف از میانگین θ_{i1} در $0..0..2$ دامنه در جهت مثبت و منفی است (شکل (۳)-ج)) و جهات اصلی به صورت $[\theta_{i1} - d_1, \theta_{i1} + d_2]$ و $[\theta_{i2} - d_1, \theta_{i2} + d_2]$ استخراج و مقادیر هیستوگرام $\theta^{(i)}$ تغییر کرده (شکل (۴)) و عارض نقطه‌ای براساس جهات دسته‌بندی می‌شوند (شکل (۵)). تخمین تعداد توابع گوسین تا جایی ادامه می‌یابد که نتوان یک تابع گوسین دوقله‌ای به داده‌های هیستوگرام مرتبط نمود.

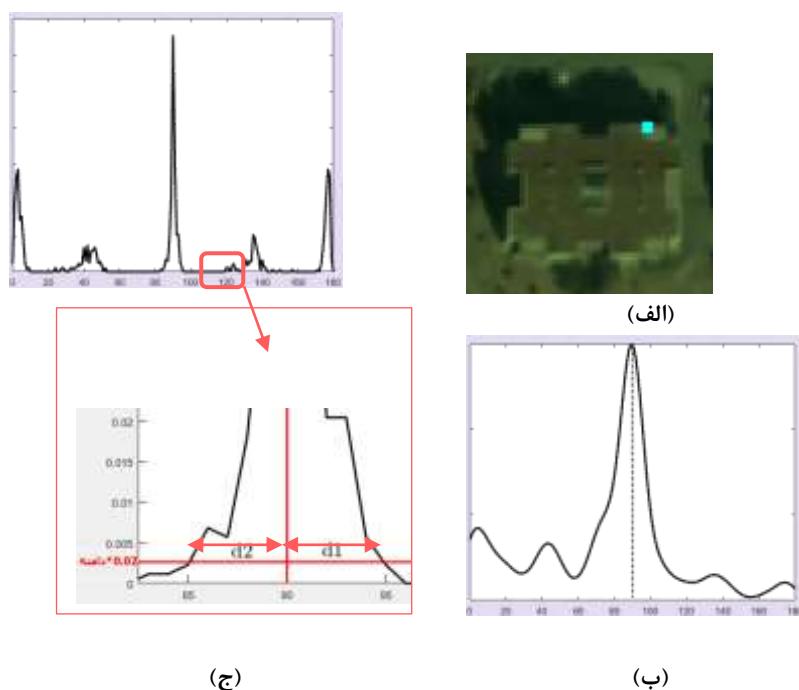
۲-۳-شناسایی لبه‌ها در جهات اصلی

پس از به دست آوردن جهات اصلی از مرحله برآورد جهت، این اطلاعات برای ایجاد نقشه لبه بهبود یافته که تنها شامل لبه‌ها در جهات اصلی است بکار می‌رود و در مراحل بعد با اطلاعات سایه ادغام می‌شود. الگوریتم MFC^۱ [۱۲] معمولاً به منظور استخراج عوارض مجزا به کار برده می‌شود در حالیکه جزئیات بافت را از پس زمینه حذف می‌کند. این الگوریتم در مناطقی که تراکم کم‌تری از عوارض در آنها وجود دارد کارایی بیشتری دارد. بدین منظور، مطابق با روابط تعریف شده توسط زینگمن و همکاران [۱۲]، رابطه (۲) برای عوارض تیره و روشن بکار می‌رود:

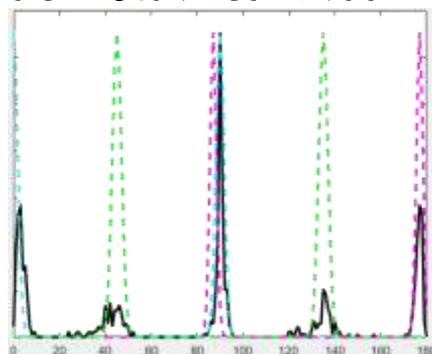
$$\begin{aligned} \psi_{MFC}^+(f) &= |f - \gamma_{r_2} \delta_{\eta}(f)|^+ \\ \psi_{MFC}^-(f) &= |\delta_{r_2} \gamma_{\eta}(f) - f|^+ \end{aligned} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه (۲)، γ و δ به ترتیب عملگر مورفولوژی گشایش و انسداد، r_1 و r_2 ابعاد المان ساختاری مربعی، f تصویر درجه خاکستری دوبعدی است.

¹ Morphological Feature Contrast



شکل ۳: برآورده جهت، (الف) یک عارضه نقطه‌ای روی ساختمان، (ب) هیستوگرام جهت برای عارضه نقطه‌ای نمونه و جهت غالب آن (90°)، (ج) هیستوگرام جهت برای تمام عوارض نقطه‌ای موجود در تصویر.



شکل ۴: همبستگی توابع گوسین دوقله‌ای با داده‌ها و استخراج جهات اصلی



شکل ۵: نمایش جهات مختلف عوارض با رنگ‌های متفاوت مرتبط با شکل (۴)

۲-۴- شناسایی اولیه سایه‌ها

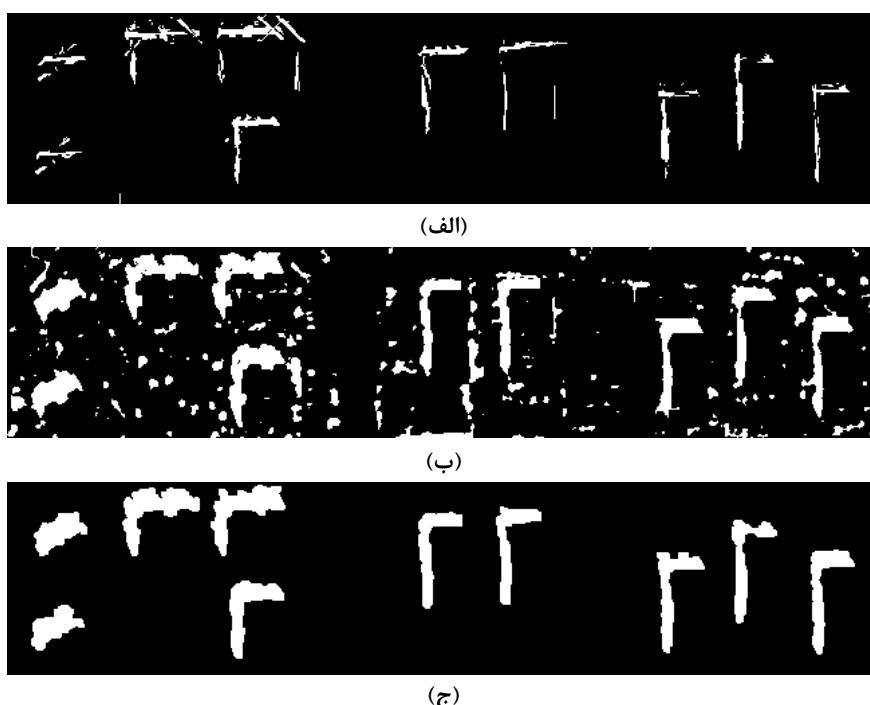
در این تحقیق، شاخص مورفولوژیکی MSI^۱، برای استخراج سایه‌های اولیه استفاده می‌شود. سایه از نظر مکانی در نزدیکی ساختمان قرار دارد و از لحاظ طیفی در تضاد با ساختمان است. در نتیجه، MSI براساس ارتباط میان ویژگی‌های ساختاری-طیفی سایه و مرتبط با عملگرهای مورفولوژی تعریف شده است [۱۳]:

¹ Morphological Shadow Index

- تصویر روشنایی: ماکریمم مقدار پیکسل در میان باندهای تصویر، روشنایی هر پیکسل را مشخص می‌کند.
- کنتراست محلی: سایه متفاوت از ساختمان، کنتراست محلی بالای دارد و عمداً تیره‌تر از ساختارهای همسایه خود است. برای نمایش کنتراست محلی از پروفیل مورفو‌لوژیکی تفاضلی^۱ (B-TH) استفاده می‌شود.
- ابعاد و جهت: ابعاد سایه‌ها متأثر از مواردی مانند ابعاد ساختمان، ارتفاع خورشید و فاصله میان ساختمان‌ها است در حالیکه جهت سایه با موقعیت خورشید مرتبط است. شاخص MSI (رابطه (۳)) با مجموعه‌ای از المان‌های ساختاری خطی در جهات مختلف پیاده‌سازی می‌شود. پیکسل‌ها با MSI بزرگ، بیشترین شباهت را به سایه‌ها دارند بنابراین با حدآستانه‌گذاری روی تصویر MSI سایه‌ها استخراج می‌شود (شکل (۶)-ب).

$$MSI = \frac{\sum_{d,s} DMP_{B-TH}(d,s)}{D \times S} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن D تعداد کل جهات و S تعداد کل مقیاس‌ها، d_{\min} و d_{\max} بزرگترین و کوچکترین مقیاس برای ابعاد المان ساختاری خطی و Δs فاصله میان مقیاس‌ها است. به همین ترتیب d_{\min} و d_{\max} بزرگترین و کوچکترین زاویه برای جهت المان ساختاری و Δd فاصله میان جهت‌ها است. DMP برابر با تفاضل دو Black top-hat متواالی با اختلاف Δs است.



شکل ۶: (الف) لبه‌های شناسایی شده به روش MFC، (ب): سایه‌های شناسایی شده با شاخص MSI و (ج): سایه‌های شناسایی شده ساختمان (نتیجه تلفیق)

۵-۲- تلفیق اطلاعات سایه و لبه

پس از مراحل ذکر شده در بخش‌های قبل، اطلاعات لبه در جهات اصلی و سایه‌های اولیه موجود است. در بخش برآورد جهت (بخش (۲-۲)، به علت وجود لبه‌های عمودی ساختمان توابع گوسین دو قله‌ای با داده‌ها مرتبط شده و جهات اصلی که نشان‌دهنده ساختمان‌ها می‌باشد، استخراج می‌گردد. بنابراین در مرحله شناسایی لبه

¹ Differential Morphological Profiles (DMP)

اکثر لبه‌هایی که متعلق به ساختمان‌ها هستند بدست آمده و در این مرحله سایر لبه‌ها به علت نبود سایه حذف می‌شوند. در این مرحله برای شناسایی سایه‌های ساختمان و حذف سایر سایه‌های موجود در تصویر از تلفیق سایه و لبه استفاده می‌شود. لبه‌های شناسایی شده با توجه به ابعاد المان‌های ساختاری انتخاب شده در بخش ۲-۳ ساختارهای باریکی هستند لذا نیاز است تا ابتدا این لبه‌ها با المان ساختاری خطی در جهات اصلی پخش و بزرگ شوند. پس از بگارگیری عملگر مورفولوژی گسترش^۱ برای لبه‌ها، اشتراک میان آنها و سایه بدست آمده و سایه ساختمان‌ها حاصل می‌شود. همانطور که در شکل (۶-ج) مشاهده می‌شود، سایه‌هایی که متعلق به درختان هستند و مرتبط با ساختمان‌ها نیستند به خوبی حذف شده‌است.

۳-پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

جهت پیاده‌سازی روش پیشنهادی از نرم‌افزار MATLAB R2015b استفاده شد و کد هریس موجود در این نرم‌افزار تغییر و کد MFC [۱۲] توسعه داده شده است. دیگر قسمت‌های پیشنهادی مطابق با جزئیات بیان شده در بخش قبل کدنویسی شده است. در ادامه داده‌های مورد استفاده، جزئیات پیاده‌سازی و نتایج بیان شده و ارزیابی می‌گردد.

۴-۱- منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق از ۲ تصویر با بافت گوناگون استفاده شده است. تصویر اول (شکل (۹)-الف) به صورت پن‌شارپن^۲ (تلفیق تصویر پانکروماتیک و طیفی) و ارتقتو^۳ می‌باشد و از منطقه‌ای با ساختمان‌های منظم است که در تحقیق کواک و اوزگان [۱۰]، به‌منظور شناسایی ساختمان مورد استفاده قرار گرفته است. تصویر دوم در شکل (۱۲-الف) یک منطقه شهری با بافت متراکم است که ساختمان‌ها نیز جهات متفاوت دارند (جدول (۱)).

جدول ۱: مشخصات تصاویر مورد استفاده

منطقه	تاریخ اخذ	حد تشخیص رادیومتریکی (تعداد بیت در هر پیکسل)	اندازه پیکسل زمینی (متر)	فاصله کانونی سنجنده (متر)	زاویه دید سنجنده	سنجدنده و باند طیفی	تصویر
		۱۱	.۶	۸.۸	۲۰.۱۲°	QuickBird (R,G,B,Nir) ^۴ باند	۱
۲۱ تهران	۲۰۰۶	۸	.۶	۸.۸	۲۰.۱۲°	QuickBird (R,G,B) ^۳ باند	۲

۴-۲- معیارهای ارزیابی کمی

جهت ارزیابی کمی استخراج از Recall رابطه (۴)، دقّت^۴ رابطه (۵) و شاخص F^۵ رابطه (۶) استفاده می‌شود [۷ و ۱۱]:

$$Recall = \frac{TD}{TD + MD} \quad (4)$$

$$Precision = \frac{TD}{TD + FD} \quad (5)$$

¹ Dilation

² Pansharpen

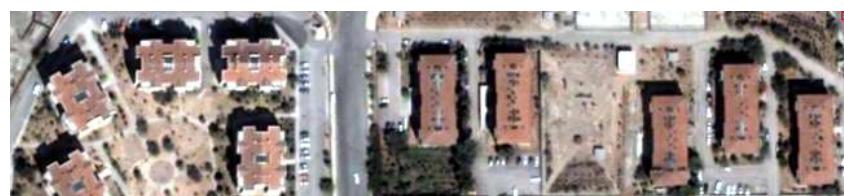
³ Orthorectify

⁴ Precision

⁵ F-score

$$F-score = 2 \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall} \quad (6)$$

در رابطه (۴)، TD^1 نشان‌دهنده عوارضی است که به عنوان سایه طبقه‌بندی شده‌است و در داده‌های مرجع نیز سایه هستند، MD^2 عوارضی که در داده‌های مرجع به عنوان سایه مشخص شده اما به وسیله روش پیشنهادی به عنوان سایه شناسایی نشده‌است. در رابطه (۵)، FD^3 بیانگر عوارضی است که با هیچکدام از عوارض سایه در داده‌های مرجع مرتبط نیست. هرچه میزان Recall یک الگوریتم بالاتر باشد بیانگر این است که قابلیت آن در شناسایی سایه ساختمان بیشتر است. در مقابل هرچه میزان دقت یک الگوریتم بیشتر باشد، بیانگر این است که الگوریتم اشتباه‌های کمتری در شناسایی سایه ساختمان دارد. جهت محاسبه معیارهای فوق، تصاویر ورودی به دقت بررسی و این نواحی به صورت دستی به عنوان داده مرجع تعیین می‌شوند (شکل (۷)-ب) و شکل (۸)-ب).



(الف)



(ب)

شکل ۷: منطقه مورد مطالعه، (الف): تصویر نمونه اول و (ب): داده مرجع که به صورت دستی انتخاب شده‌است.



(ب)



(الف)

شکل ۸: منطقه مورد مطالعه، (الف) تصویر نمونه چهارم و (ب) داده مرجع که به صورت دستی انتخاب شده‌است.

۳-۳- ارزیابی روش پیشنهادی این تحقیق

در روش پیشنهادی از الگوریتم‌های مختلفی استفاده می‌شود که در هر کدام از آنها به معرفی پارامترهای ورودی نیاز است. مقادیر مناسب این پارامترها جهت پیاده‌سازی در جدول (۲) آمده‌است.

¹ True Detections (True Positives)

² Missed Detections (False Negatives)

³ False Detections (False Positives)

پس از استخراج لبه‌ها در جهات اصلی و استخراج سایه‌ها، به علت باریک بودن لبه‌ها و به منظور تلفیق آنها، لبه‌ها با عملگر مورفولوژی گسترش بزرگ می‌شوند. در این مرحله، المان ساختاری خطی با ابعاد ۳ انتخاب شده‌است و جهت این المان‌ها بر مبنای θ_{ii} ^۱ متعلق به هر تابع گوسین دوچله‌ای است (عملگر مورفولوژی گسترش در جهات 90° ، 177° و 135°). به منظور از بین حفره‌های کوچک، از عملگر مورفولوژی انسداد با المان ساختاری مربعی به ابعاد ۵ استفاده شد. همچنین می‌توان به حذف نواحی کوچک (در صورت وجود) که مرتبط با ساختمان نیستند، پرداخت. در تصویر دیگر پس از گسترش لبه‌ها و تلفیق، نیاز به انجام مرحله پس‌پردازش نبود.

جدول ۲: پارامترهای ورودی جهت پیاده‌سازی روش پیشنهادی

نام پارامتر	مقدار ورودی	نام پارامتر	مقدار ورودی
T_s	۰.۰۲	r_1	۲۰
s_{min}	۲	r_2	۲۰
s_{max}	۳۲	L	۲۵
Δs	۵		

با توجه به نتایج شناسایی سایه ساختمان در تصویر اول، سایه ساختمان‌های خیلی کوچک از دست می‌رود و احتمال طبقه‌بندی اشتباه وجود دارد (شکل (۹)-الف) مگر آنکه تمام ساختمان‌های موجود در تصویر ابعاد مشابهی داشته باشند.

به منظور ارزیابی‌های بیشتر، روش پیشنهادی با دو روش دیگر مقایسه شده‌است. هوانگ و ژانگ [۱۳] شاخص MSI در بخش ۴-۲ را بدست آورده و با آستانه‌گذاری بر روی آن و تصویر روشنایی و شاخص NDVI، سایه‌ها را شناسایی کرده‌است. در روش دیگر سه باند طیفی NIR، R و G به فضای HSI^۱ منتقل و تصویر نسبت به وسیله باندهای اشباع و شدت بدست آمده و با حد آستانه‌گذاری آن و تفاصل میان تصویر سایه و NDVI، سایه‌های نهایی بدست آمده‌است [۱۰ و ۱۴]. نتایج معیارهای ارزیابی برای روش پیشنهادی و دو روش فوق در جدول (۳) بیان شده‌است.

جدول ۳: ارزیابی نتایج روش پیشنهادی، روش هوانگ و ژانگ [۱۳] و روش تبدیل فضای رنگی [۱۰، ۱۴] بر حسب درصد

روش تبدیل فضای رنگی [۱۰، ۱۴]			شاخص تعریف شده توسط هوانگ و ژانگ [۱۳]			روش پیشنهادی			تصویر
F-score	Precision	Recall	F-score	Precision	Recall	F-score	Precision	Recall	
۵۴.۰۵	۳۸.۴۳	۹۱.۰۶	۸۰.۲۵	۷۹.۸۸	۸۰.۶۲	۸۹.۴۸	۸۸.۸۶	۹۰.۱	۱
۵۹.۶۸	۴۳.۴۴	۹۵.۳۰	۵۷.۶۰	۴۰.۶۶	۹۸.۷۸	۷۶.۰۱	۶۴.۶۷	۹۲.۱۹	۲

منطقه شهری با بافت متراکمی از ساختمان‌ها به همراه پوشش گیاهی در تصویر دوم وجود دارد. عدم شناسایی برخی سایه‌های کوچک منجر به Recall برابر با ۹۲.۱۹ درصد در مقابل ۹۸.۷۸ و ۹۵.۳۰ دو روش دیگر است اما روش پیشنهادی اشتباه‌های کمتری در شناسایی سایه ساختمان داشته و F-score بیشتری حاصل شده‌است. برخی از پوشش‌های گیاهی کوچک به علت هم جهتی با لبه ساختمان‌ها و همچنین وجود سایه‌های کوچک، قابل حذف نبوده است (شکل (۱۰)-الف). دو روش MSI و تبدیل فضای رنگی قابلیت بالایی در شناسایی سایه‌های کوچک دارد اما منجر به اشتباه‌های بیشتری در شناسایی سایه ساختمان شده‌است (شکل (۱۰)-ب و ج).

^۱ Hue-Saturation-Intensity

در مجموع برای تصاویر با تراکم کمتری از ساختمان‌ها حتی با وجود جهات متنوع، به نتایج به مراتب بهتری دست خواهیم یافت در غیر این صورت نیاز به پس‌پردازش وجود دارد. برای تصاویر مورداستفاده به خصوص تصاویر RGB نیاز چندانی به محاسبه شاخص NDVI نخواهیم داشت زیرا روش پیشنهادی به میزان زیاد پوشش گیاهی را حذف نموده و سایه ساختمان‌ها را شناسایی می‌کند. لازم به ذکر است که، در این تحقیق، باید پارامترهای بسیاری به صورت دستی و بر مبنای تصویر مورد استفاده تنظیم شود که زمانبر خواهد بود. برای هر ۲ تصویر، معیار F-score که ترکیبی از دو معیار Recall و Precision است مقادیر مناسبتری نسبت به دو روش دیگر دارد که نشان‌دهنده کارایی و عملکرد مناسب روش پیشنهادی در تعیین سایه ساختمان است.

۴-نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق شناسایی سایه ساختمان با استفاده از عوارض موضعی، لبه‌یابی و شاخص MSI بر مبنای تعیین جهت صورت گرفته است. سایه می‌تواند اطلاعات مفیدی در جهت شناسایی ساختمان باشد. روش پیشنهادی نیاز به تصویر چند طیفی حداقل با سه باند R, G و B دارد زیرا شناسایی سایه‌های اولیه با شاخص MSI، بر مبنای باندهای طیفی تصویر بدست آمده است. در ادامه، از این خصوصیت که ساختمان‌ها لبه‌های عمودی دارند استفاده کرده و جهات عوارض موضعی استخراج شده است. جهات اصلی وارد الگوریتم MFC شده و تنها لبه‌هایی که در جهات اصلی هستند بدست آمده و با سایه‌های استخراج شده تلفیق شده‌است و پس از برخی پس‌پردازش‌ها، سایه‌های نهایی که متعلق به ساختمان‌ها هستند استخراج شدند.



(الف)

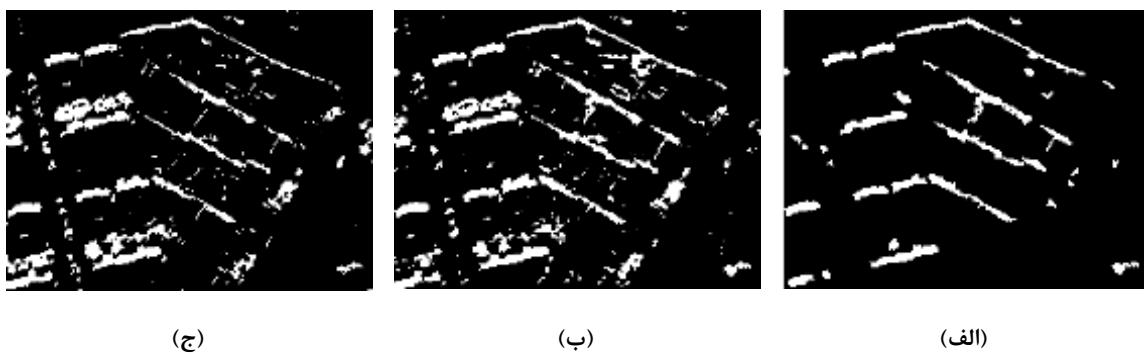


(ب)



(ج)

شکل ۹: نتیجه شناسایی سایه ساختمان برای تصویر اول با (الف) روش پیشنهادی، (ب) شاخص تعریف شده توسط هوانگ و ژانگ [۱۳] و (ج) روش تبدیل فضای رنگی [۱۰ و ۱۴]



شکل ۱۰: نتیجه شناسایی سایه ساختمان برای تصویر چهارم با (الف) روش پیشنهادی، ب) شاخص تعریف شده توسط هوانگ و ژانگ [۱۲] و ج) روش تبدیل فضای رنگی [۱۰، ۱۴]

روش پیشنهادی بر روی ۲ تصویر با قدرت تفکیک بالا ارزیابی شده و نتایج با مناطق حاصل از تشخیص یک عامل انسانی مقایسه گردید. همچنین به منظور ارزیابی بیشتر، سایه‌ها با دو روش MSI و تبدیل فضای رنگی به دست آمده است. برای هر ۲ تصویر معیار F-score روش پیشنهادی بیشترین مقدار را نسبت به دو روش دیگر دارد. معیار F-score برابر با 89.48% در مقابل 80.25% برای روش هوانگ و ژانگ [۱۳] و 54.05% برای روش تبدیل فضای رنگی [۱۰ و ۱۴] نشان از عملکرد مناسب روش پیشنهادی است. ضمن اینکه الگوریتم پیشنهادی برای هر ۲ تصویر، مقدار Precision بالاتری نسبت به دو روش دیگر دارد. همچنین قابلیت بالایی در حذف پوشش گیاهی بدون استفاده از باند مادون قرمز و شاخص NDVI دارد. این امر به علت تلفیق سایه با لبه‌ها در جهات اصلی است.

در مرز دو کلاس سایه و غیرسایه، ابهام، بی ثباتی رنگ و تنوع روش‌نایی (ناشی از حضور نیم‌سایه) وجود دارد، پیشنهاد می‌شود که مرز میان این دو کلاس به دقت مشخص شود. همچنین بررسی ارزیابی کیفیت الگوریتم پیشنهادی بر روی مناطق با ساختمان‌های بسیار مرتفع و طول سایه بیشتر به تحقیقات آتی موكول می‌شود.

مراجع

- [1] K. K. Singh, K. Pal, and M. Nigam, "Shadow detection and removal from remote sensing images using NDI and morphological operators," International Journal of Computer Applications, vol. 42, pp. 37-40, 2012.
- [2] T. Kim, T. Javzandulam, and T.-Y. Lee, "Semiautomatic reconstruction of building height and footprints from single satellite images," in 2007 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2007, pp. 4737-4740.
- [3] S. Ji and X. Yuan, "A method for shadow detection and change detection of man-made objects," JOURNAL OF REMOTE SENSING-BEIJING-, vol. 11, p. 323, 2007.
- [4] C. Lin and R. Nevatia, "Building detection and description from a single intensity image," Computer vision and image understanding, vol. 72, pp. 101-121, 1998.
- [5] H. Zhang, K. Sun, and W. Li, "Object-oriented shadow detection and removal from urban high-resolution remote sensing images," Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, vol. 52, pp. 6972-6982, 2014.
- [6] P. Raju, H. Chaudhary, and A. Jha, "Shadow analysis technique for extraction of building height using high resolution satellite single image and accuracy assessment," The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 40, p. 1185, 2014.

- [7] K. Adeline ,M. Chen, X. Briottet, S. Pang, and N. Paparoditis, "Shadow detection in very high spatial resolution aerial images: A comparative study," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 80, pp. 21-38, 2013.
- [8] C. Harris and M. Stephens, "A combined corner and edge detector," in Alvey vision conference, 1988, p. 50.
- [9] A. Kovacs and T. Szirányi, "Improved harris feature point set for orientation-sensitive urban-area detection in aerial images," Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE, vol .\+ ., pp. 796-800, 2013.
- [10] A. Manno-Kovacs and A. O. Ok, "Building detection from monocular VHR images by integrated urban area knowledge," Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE, vol. 12, pp. 2140-2144, 2015.
- [11] A. Manno-Kovacs and T. Sziranyi" ,Orientation-selective building detection in aerial images," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 108, pp. 94-112, 2015.
- [12] I. Zingman, D. Saupe, and K. Lambers, "A morphological approach for distinguishing texture and individual features in images," Pattern Recognition Letters, vol. 47, pp. 129-138, 2014.
- [13] X. Huang and L. Zhang, "Morphological building/shadow index for building extraction from high-resolution imagery over urban areas," Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE Journal of, vol. 5, pp. 161-172, 2012.
- [14] A. O. Ok, C. Senaras, and B. Yuksel, "Automated detection of arbitrarily shaped buildings in complex environments from monocular VHR optical satellite imagery," Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, vol. 51, pp. 1701-1717, 2013.