



۲۸۱۶
۹۱,۴۳

محقق ارجمند:

جناب آقای مهندس علیرضا صفدری نژاد

بدین وسیله از حضور ارزنده شما و ارائه مقاله تحت عنوان :

” شناسایی و شمارش دیوهای خاکریزی ناشی از فعالیت‌های عمرانی
با استفاده از فناوری سنجش از دور و تکنیک‌های Template Matching “

به صورت پوستری در دومین همایش ژئوماتیک اشراق (EIT91) تشکر و قدردانی می‌گردد.

از درگاه خداوند سبحان سلامتی ، سعادت و توفیق روز افزون برایتان آرزومندیم.

و من... التوفیق
دکتر محسن سهرتاری
معاون آموزشی و پژوهشی مؤسسه آموزش عالی اشراق - جنوره
اشراق

شناسایی و شمارش دپوهای خاکریزی ناشی از فعالیت‌های عمرانی با استفاده از فناوری سنجش از دور و تکنیک‌های Template Matching

سلسله مراتبی

حامد کاجار^۱، علیرضا صفدری نژاد^۲، احمد معدنچی^۳، محمد ایازی^۴

۱. کارشناسی ارشد مهندسی سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

hamedkachar@gmail.com

۲. کارشناسی ارشد مهندسی سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد رباط‌کریم

safdari_nezhad@sina.kntu.ac.ir

۳. کارشناسی ارشد مهندسی برق (الکترونیک)، مجتمع دانشگاهی آمایش و پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

ahmad.madanchi@gmail.com

۴. کارشناسی ارشد فتوگرامتری، سرپرست واحد پژوهشی سازمان نقشه‌برداری استان خراسان رضوی

info@ayazi.ir

چکیده

یکی از نشانه‌های انجام فعالیت‌های عمرانی، فرآیند خاکبرداری و وجود دپوهای خاکریزی در منطقه است. راهکار رایج جهت بررسی، شناسایی و شمارش دپوهای خاکریزی ناشی از فعالیت‌های عمرانی و دستیابی به تخمینی از میزان خاک دپوشده‌ی موجود در منطقه، استفاده از روش‌های میدانی و زمینی است که مستلزم حضور در منطقه و صرف نمودن زمان و هزینه‌ی بسیار زیادی است. لذا هدف از پژوهش حاضر به کارگیری تکنیک‌های سنجش از دور و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت شناسایی و شمارش دپوهای خاکریزی در یک محدوده‌ی وسیع جغرافیایی است. با توجه به ابعاد دپوهای خاکریزی، از تصاویر ماهواره‌ای Geoeye با قدرت تفکیک مکانی ۰/۵ متر، برای انجام پژوهش حاضر استفاده شد. برای تشخیص، شناسایی و شمارش دپوهای خاکریزی، تکنیک Template Matching مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. با توجه به آن که اجرای تکنیک Template Matching با استفاده از معیار ضریب همبستگی مستقل از زاویه‌ی دوران، مقیاس و رفتار متفاوت در چیدمان‌های گوناگون دپوهای خاک نمی‌باشد، لذا جهت رفع این نقصان از تکنیک Template Matching سلسله مراتبی برای شناسایی و شمارش دپوهای خاکریزی استفاده شد. روند اجرای الگوریتم Template Matching سلسله مراتبی پیشنهادی بدین صورت است که پس از تولید بانکی از Template‌های مختلف، به ترتیب هر یک از Template‌ها با تصویر ورودی، توسط به کارگیری شاخص بالاترین ضریب همبستگی مقایسه شده و محدوده‌هایی از تصویر که بیش‌ترین انطباق را دارند، شناسایی و در ادامه‌ی روند پیاده‌سازی، از تصویر حذف می‌گردند. در ادامه برای Template‌های بعدی موجود در بانک این روال با استفاده از تصویر خروجی حاصل از مرحله‌ی قبل، تکرار خواهد شد. در نهایت با پیاده‌سازی تکنیک به کارگیری بانک Template و روش Template Matching سلسله مراتبی، دپوهای خاکریزی با دقت کلی ۸۲٪ و ریسک‌پذیری ۳٪ شناسایی و شمارش شد.

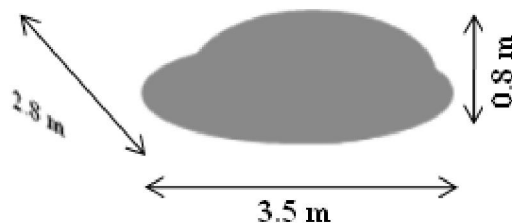
واژه‌های کلیدی: دپوهای خاکریزی، تصاویر ماهواره‌ای Geoeye، Template Matching سلسله مراتبی

۱- مقدمه

امروزه انجام فعالیت‌های عمرانی نظیر احداث و ساخت ابنیه، راه، تونل‌ها و سازه‌های زیرزمینی در سراسر جهان به ویژه کشورهای در حال توسعه همچون ایران جهت ایجاد زیرساخت‌های لازم برای توسعه و پیشرفت، رشد روزافزونی داشته است. اجرای فعالیت‌های عمرانی در یک منطقه آثار و نشانه‌هایی دارد. با توجه به آن که اجرای فعالیت‌های عمرانی تقریباً همیشه با فرآیند خاکبرداری و دپو کردن خاک‌های مازاد در منطقه‌ای نزدیک کارگاه عمرانی همراه است، لذا می‌توان یکی از نشانه‌های انجام فعالیت‌های عمرانی را، فرآیند خاکبرداری و وجود دپوهای خاک در منطقه دانست. برای بررسی و تشخیص مناطقی که خاک‌های مازاد حاصل از حفاری‌های عمرانی توسط ماشین‌آلات راهسازی حمل و در آن مکان دپو شده و همچنین دستیابی به تخمینی از میزان خاک دپو شده، استفاده از روش‌های میدانی و زمینی مستلزم به کارگیری زمان و هزینه‌ی بسیار زیادی است. از این رو استفاده از روش‌های کم‌هزینه، نوین و همچنین با پوشش وسیع جغرافیایی لازم به نظر می‌رسد، لذا به کارگیری تکنیک‌های سنجش از دوری^۱ و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت شناسایی و شمارش دپوهای خاک در یک محدوده‌ی وسیع جغرافیایی امری اجتناب‌ناپذیر است.

۲- متدولوژی

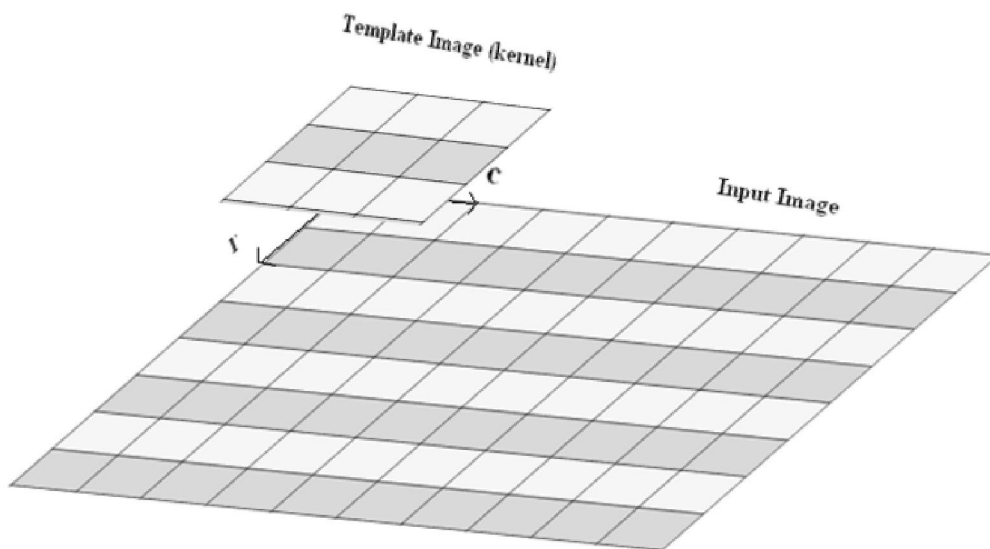
شناسایی عوارض طبیعی و مصنوعی گوناگون همچون راه، ساختمان و دیگر اهداف خاص با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و به کارگیری تکنیک‌ها و الگوریتم‌های متعدد و مختلف پردازش تصویر طی سال‌های متمادی صورت پذیرفته است [۱]. از آن جایی که هدف از پژوهش حاضر شناسایی و شمارش دپوهای خاکریزی شده توسط ماشین‌آلات راهسازی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای است، اولین مرحله‌ی تحقیق، نیازسنجی جهت انتخاب مناسب‌ترین تصویر ماهواره‌ای برای انجام پژوهش حاضر است. با توجه به آن که غالباً برای حمل و دپو کردن خاک‌های ناشی از حفاری‌های عمرانی، از کامیون‌های (کمپرسی‌های) راهسازی با ظرفیت محدود و معلوم استفاده می‌شود و با بررسی‌هایی که به صورت زمینی و در محل دپو انجام گرفت، نحوه، شکل ظاهری و ابعاد دپوهای گوناگون خاک، روی زمین اندازه‌گیری و در شکل ۱، میانگینی تقریبی از ابعاد خاک‌های دپو شده توسط کمپرسی‌های راهسازی نشان داده شده است.



شکل ۱. شکل شماتیک خاک دپو شده توسط کمپرسی‌های راهسازی با ابعاد تقریبی

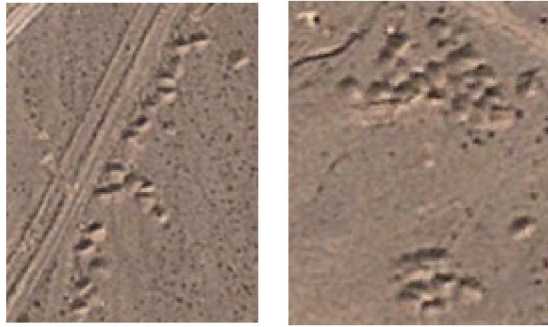
با توجه به حجم و میزان فضای اشغال شده‌ی زمین توسط دپوهای خاک که تقریباً برابر ۸ متر مکعب می‌باشد، بایستی از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا^۲ جهت شناسایی و شمارش دپوهای خاکریزی استفاده نمود. از این رو با به کارگیری تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا و با در نظر گرفتن قدرت تفکیک طیفی پایین

این تصاویر، لزوماً می‌بایست از ویژگی‌های متن تصویر استفاده نمود. جهت تشخیص، شناسایی و شمارش اشیا و پدیده‌های بصری گوناگون با تعداد تکرارهای زیاد در تصاویر رقومی، الگوریتم‌ها و تکنیک‌های ساده و حتی پیچیده‌ی مختلفی مطرح شده، از جمله‌ی این راه‌حل‌ها می‌توان به تکنیک Template Matching اشاره نمود [۲]. اساس الگوریتم Template Matching بر دو اصل ایجاد Template و یافتن آن در تصویر اصلی استوار است [۲]. با به کارگیری تکنیک مذکور می‌توان بخش‌هایی از تصویر اصلی را که با Template میزان تطابق و شباهت زیادی دارد، شناسایی نمود. روال اجرای الگوریتم بدین صورت است که با انتخاب بخشی از تصویر به عنوان Template و تولید کرنل^۳ الگو و حرکت کرنل مذکور بر روی تصویر و بررسی معیار شباهت و تطابق الگو در سراسر تصویر می‌توان محدوده‌هایی از تصویر که بیش‌ترین شباهت و انطباق با کرنل را دارند، شناسایی نمود [۲]. شکل ۲، شماتیکی از نحوه‌ی اجرای تکنیک Template Matching را نشان می‌دهد.



شکل ۲. شکل شماتیکی از نحوه‌ی اجرای تکنیک Template Matching

پارامترهای مختلف آماری همچون مجموع مطلق تفاضلات^۴ (SAD)، مجموع مربع تفاضلات^۵ (SSD) و ضریب همبستگی^۶ را می‌توان به عنوان معیار شباهت و تطابق الگو با تصویر برای کاربردها و اهداف گوناگون، در نظر گرفت [۳]. معیار ارزیابی تطابق در تکنیک Template Matching، عامل بسیار موثری برای تشخیص و شناسایی عارضه‌ی مورد نظر در تصویر است. در تصاویر سنجش از دوری با توجه به موقعیت سنجنده و زمان تصویربرداری، نمی‌توان از معیارهای تطبیق الگویی همچون مجموع مطلق تفاضلات درجات خاکستری استفاده نمود، به علت آن که این نوع از روش‌ها، تفاضل پیکسل‌های تصویر و کرنل را نظیر به نظیر محاسبه کرده و کم‌ترین اختلاف را به عنوان شاخص تطبیق الگو در نظر می‌گیرند. لذا این نوع از معیارها به کنتراست^۷ و درخشندگی^۸ تصویر وابسته می‌باشند. با توجه به محوریت اصلی پژوهش حاضر یعنی شناسایی و شمارش دپوهای خاکریزی شده و همچنین نحوه‌ی چیدمان‌های گوناگون دپوها که به عنوان نمونه در شکل ۳، نشان داده شده، می‌بایست در اجرای فرآیند Template Matching از معیار ضریب همبستگی استفاده نمود، زیرا شاخص ضریب همبستگی مستقل از کنتراست، درخشندگی و انرژی بازتابی است.



شکل ۳. نحوه‌ی چیدمان‌های گوناگون دپوهای خاکریزی

ضریب همبستگی ابزاری آماری برای تعیین نوع و درجه‌ی رابطه‌ی یک متغیر کمی با متغیر کمی دیگر است. این ضریب نشانگر شدت و همچنین نوع رابطه‌ی (مستقیم یا معکوس) بین دو متغیر است. مقدار ضریب همبستگی بین -1 تا 1 می‌باشد و در صورت عدم رابطه بین دو متغیر برابر صفر خواهد بود. نتیجه‌ی منفی ضریب همبستگی مبین وجود همبستگی منفی میان دو متغیر است، یعنی هنگامی که یک مجموعه از داده‌ها بالا می‌رود، مجموعه‌ی دیگر پایین می‌آید و مقدار مطلق منفی نشان‌دهنده‌ی درجه‌ی همبستگی معکوس است. مقدار -1 ضریب همبستگی به معنای حرکت کاملاً مخالف دو مجموعه از داده‌ها است و مقدار $+1$ ضریب همبستگی به این معناست که دو مجموعه داده کاملاً در یک جهت حرکت می‌کنند [۴]. همبستگی بین دو متغیر تصادفی (X, Y) به صورت رابطه‌ی زیر بیان می‌شود [۴].

$$\text{corr}(X, Y) = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه‌ی (۱)، COIT نماد معمول برای همبستگی، COV به معنای کواریانس و σ نماد انحراف معیار است. در نظریه‌ی احتمالات، کواریانس بیانگر اندازه‌ی تغییرات هماهنگ دو متغیر تصادفی است. چنانچه دو متغیر تصادفی ناوابسته و از یکدیگر مستقل باشند، کواریانس آن‌ها صفر خواهد بود. برای متغیرهای تصادفی X و Y که امید ریاضی آن‌ها $E(X) = \mu$ و $E(Y) = \nu$ هستند، کواریانس به صورت زیر تعریف می‌شود [۴].

$$\text{cov}(X, Y) = E[(X - E[X])(Y - E[Y])] = E((X - \mu)(Y - \nu)) \quad \text{رابطه (۲)}$$

در احتمال و آمار، انحراف معیار نوعی سنجش پراکندگی برای یک توزیع احتمال یا متغیر تصادفی بوده، و نماینده‌ی پخش‌شدگی مقادیر آن حول مقدار میانگین است. انحراف معیار را معمولاً با σ نشان داده که از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید [۴].

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه‌ی (۳)، \bar{x} میانگین (امید ریاضی) داده‌هاست.

همان طور که در بخش پیشین اشاره شد، به علت وابستگی ملاک تطبیق یکسان به کنتراست، درخشندگی و میزان انرژی بازتابی تصویر، برای اجرای تکنیک Template Matching در پژوهش حاضر، از پارامتر بالاترین ضریب همبستگی به عنوان معیار شباهت استفاده شده است. با توجه به آن که اجرای تکنیک Template Matching با استفاده از معیار ضریب همبستگی مستقل از زاویه‌ی دوران، مقیاس^۹ و رفتار متفاوت در چیدمان‌های گوناگون دیوهای خاک نمی‌باشد، لذا جهت رفع این نقصان از تکنیک Template Matching سلسله مراتبی برای شناسایی و شمارش دیوهای خاکریزی استفاده گردید. روند اجرای الگوریتم Template Matching سلسله مراتبی پیشنهادی بدین صورت است که پس از تولید بانکی از Template، به ترتیب هر یک از Template‌ها با تصویر ورودی، توسط به کارگیری شاخص بالاترین ضریب همبستگی مقایسه شده و محدوده‌هایی از تصویر که بیش‌ترین انطباق را دارند، شناسایی و در ادامه‌ی روند پیاده‌سازی از تصویر حذف می‌گردند و در ادامه برای Template‌های بعدی موجود در بانک، این روال با استفاده از تصویر خروجی حاصل از مرحله‌ی قبل، تکرار خواهد شد.

۳- پیاده‌سازی

۳-۱- منطقه‌ی مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده

با توجه به لزوم استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا و به کارگیری ویژگی‌های متن تصویر جهت شناسایی و شمارش دیوهای خاکریزی که در بخش‌های پیشین اشاره گشت، با بررسی‌ها و مطالعات انجام گرفته، منطقه‌ی نطنز در استان اصفهان با وجود کارگاه‌های عمرانی فراوان، منطقه‌ای مناسب برای انجام پژوهش حاضر تلقی شد. از این رو با استفاده از جست‌وجوگر Google Earth منطقه‌ی مذکور مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به گزارش نرم افزار Google Earth، تصاویر اخذ شده از مناطق مذکور، تصاویر سنجنده‌ی Geoeye می‌باشد، لذا از تصاویر مزبور در پژوهش حاضر استفاده گردید. تصویر اخذ شده توسط سنجنده‌ی Geoeye از منطقه‌ی مورد مطالعه در شکل ۴، نشان داده شده است.



شکل ۴. تصویر اخذ شده توسط سنجنده‌ی Geoeye از منطقه‌ی مورد مطالعه (نطنز)

ماهواره‌ی Geoeye 1 توسط شرکت Geoeye ساخته شده و در سال ۲۰۰۸ با برترین تکنولوژی پیشرفته که هرگز در هیچ سیستم سنجش از دوری تجاری استفاده نشده بود، پرتاب شد. ماهواره از سکویی به نام دلتا ۲، از پایگاه نظامی هوایی وندربیرگ (VAFB)، توسط شرکت خدمات بویینگ و اتحادیه پرتاب آمریکا، پرتاب شد [۵]. Geoeye 1 در بین سیستم‌های تصویربرداری تجاری بالاترین قدرت تفکیک مکانی را داراست و قادر به جمع‌آوری تصاویر با قدرت تفکیک مکانی ۰/۴۱ متری در حالت پانکروماتیک (سیاه و سفید) و ۱/۶۵ متری در حالت رنگی می‌باشد. باند پانکروماتیک این سنجنده به دلیل مسائل نظامی برای همه‌ی مشتریان تا ۰/۵ متر نمونه‌برداری مجدد می‌شود. لازم به ذکر است که قدرت تفکیک رادیومتریک Geoeye نیز ۱۲ بیت می‌باشد [۵].

۳-۲- پیاده‌سازی روش Template Matching سلسله مراتبی

با توجه به مطالب مندرج در بخش متدولوژی از روش Template Matching سلسله مراتبی جهت شناسایی و شمارش دپوهای خاک استفاده گردید. روال کار بدین صورت است که تصویر نشان داده در شکل ۴، به عنوان تصویر اصلی (تصویر Q) و ورودی الگوریتم در نظر گرفته شد. با بررسی‌های انجام گرفته بر روی تصویر فوق‌الذکر، بانکی از سه Template که بیانگر شکل‌های متنوع دپوهای خاک موجود در تصویر می‌باشند، از تصویر Q استخراج شد. شکل ۵، بانک Template‌های به کار گرفته شده را نشان می‌دهد.



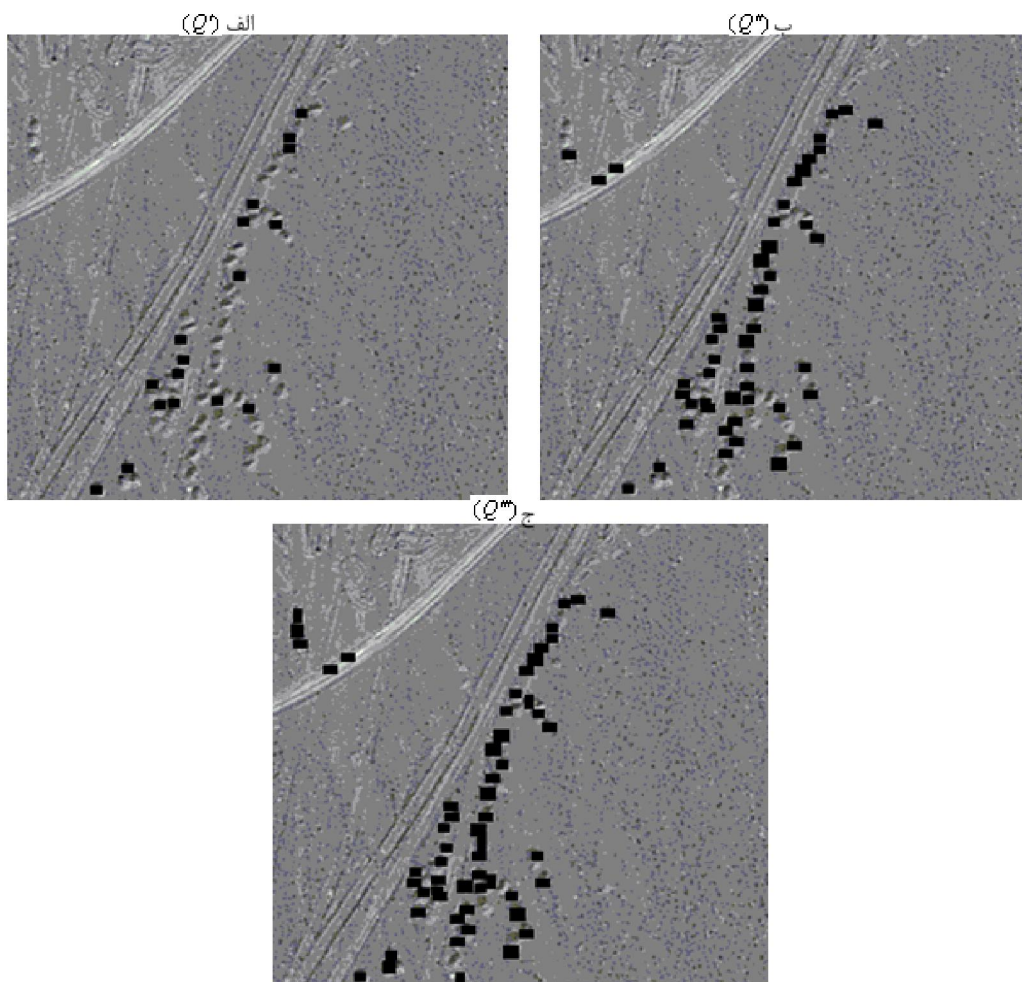
شکل ۵. دپوهای خاک انتخاب شده به عنوان Template

با بسط دادن رابطه‌ی (۱)، رابطه‌ی زیر جهت محاسبه‌ی ضرایب همبستگی بین دو تصویر حاصل می‌شود [۶].

$$corr = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=0}^{N-1} (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه‌ی (۴)، x مقدار درجه خاکستری هر یک از پیکسل‌های Template، \bar{x} میانگین درجات خاکستری پیکسل‌های Template، y مقدار درجه خاکستری هر یک از پیکسل‌های تصویر اصلی، \bar{y} میانگین درجات خاکستری پیکسل‌های تصویر اصلی و N تعداد پیکسل‌های تصویر Template می‌باشد.

در ادامه‌ی روند پیاده‌سازی، ضرایب همبستگی بین کرنل A که در شکل ۵ نشان داده شده و تصویر Q برای هر یک از پیکسل‌ها با استفاده از رابطه‌ی (۴)، محاسبه شد. با قرار دادن حدآستانه‌ی $0/85$ ، پیکسل‌هایی از تصویر Q که ضریب همبستگی محاسبه شده برای آن‌ها بالاتر از حدآستانه‌ی مذکور است، انتخاب و از روند Template Matching بعدی حذف خواهند شد. لازم به ذکر است که مقدار حقیقی ضریب همبستگی به عنوان معیار تطبیق در نظر گرفته شده و از مقدار قدر مطلق آن استفاده نشده است. زیرا فضای مقایسه، فضای تصویر است و مقدار منفی در ضریب همبستگی نشان‌دهنده‌ی نگاتیو بودن پیکسل‌های تصویر نسبت به Template خواهد بود. در ادامه با به کارگیری کرنل A در فرآیند Template Matching، محدوده‌هایی از تصویر Q که دارای همبستگی بالاتر از $0/85$ هستند، حذف شده و در شکل ۶ (الف)، نشان داده شده است.



شکل ۶. (الف)، تصویر خروجی (Q') حاصل از تطبیق Template A بر تصویر اصلی (Q)، شکل (ب)، تصویر خروجی (Q'') حاصل از تطبیق Template B بر تصویر (Q') و شکل (ج)، تصویر خروجی (Q''') حاصل از تطبیق Template C بر تصویر (Q'')

با توجه به شکل ۶ (الف)، پیکسل‌هایی از تصویر Q که بالای ۰/۸۵ همبستگی با TemplateA دارند، از تصویر حذف شده‌اند. در ادامه‌ی روند پیاده‌سازی الگوریتم Template Matching سلسله مراتبی، تصویر خروجی (Q') نشان داده شده در شکل ۶ (الف) به عنوان تصویر اصلی ورودی برای تطبیق TemplateB به کار می‌رود. در ادامه با به کارگیری کرنل B در فرآیند Template Matching، محدوده‌های از تصویر Q' که دارای همبستگی بالاتر از ۰/۸۵ هستند، حذف شده و در شکل ۶ (ب)، نشان داده شده است. طبق روال بیان شده تصویر خروجی " Q'' " نشان داده شده در شکل ۶ (ب) به عنوان تصویر اصلی ورودی برای تطبیق TemplateC به کار می‌رود. با استفاده از کرنل C در فرآیند Template Matching، محدوده‌های از تصویر " Q'' " که دارای همبستگی بالاتر از ۰/۸۵ هستند، حذف شده و در نهایت تصویر " Q''' " که در شکل ۶ (ج) نشان داده شده، بدست می‌آید.

۳-۳- نتایج

نتایج پیاده‌سازی الگوریتم Template Matching سلسله مراتبی بر روی تصویر ماهواره‌ای Q جهت شناسایی و شمارش دپوهای خاک در جدول ۱، نشان داده شده است.

جدول ۱. نتایج پیاده‌سازی الگوریتم Template Matching سلسله مراتبی بر روی تصویر ماهواره‌ای Q جهت شناسایی و شمارش دپوهای خاکریزی

تعداد کل دپوهای خاک موجود در تصویر Q	تعداد دپوهای خاک شناسایی شده صحیح	تعداد دپوهای خاک شناسایی نشده	تعداد بخش‌هایی از تصویر که غیر صحیح به عنوان دپوی خاک شناسایی شده	دقت کلی
۶۸	۵۶	۱۲	۲	٪۸۲

با توجه به جدول ۱، دپوهای خاکریزی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک Template Matching سلسله مراتبی با دقت کلی ٪۸۲ شناسایی و شمارش شد. از پارامتر دیگری با عنوان پارامتر ریسک‌پذیری نیز می‌توان برای ارزیابی نتایج بدست آمده استفاده نمود. پارامتر ریسک‌پذیری به نسبت تعداد بخش‌هایی از تصویر که ناصحیح به عنوان دپوی خاک شناسایی شده به تعداد کل دپوهای خاک موجود در تصویر اطلاق می‌شود. پارامتر مذکور بیان‌کننده‌ی احتمال شناسایی ناصحیح بخش‌هایی از تصویر به عنوان دپوهای خاکریزی می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده پارامتر ریسک‌پذیری در پژوهش حاضر برابر ٪۳ می‌باشد.

عوامل متفاوتی سبب تولید خطا در روش Template Matching سلسله مراتبی، جهت شناسایی و شمارش دپوهای خاکریزی می‌شوند. عوامل ایجاد خطا را می‌توان به عوامل محیطی و انسانی تقسیم نمود. از جمله‌ی عوامل محیطی می‌توان به عواملی همچون نحوه و چگونگی چیدمان‌های گوناگون دپوهای خاک، تراکم و پیوستگی دپوها، موقعیت و زاویه‌ی سنجنده، موقعیت خورشید در لحظه‌ی تصویربرداری و تشکیل سایه‌های گوناگون برای دپوهای خاکریزی اشاره نمود. از جمله‌ی عوامل انسانی می‌توان به انتخاب Template مناسب توسط کاربر، نحوه و چگونگی انتخاب Template و انتخاب حد‌آستانه‌ی مناسب برای ضریب همبستگی اشاره نمود.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در مطالعه‌ی حاضر امکان شناسایی و شمارش دپوهای خاکریزی توسط تصاویر ماهواره‌ای مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. با بررسی‌های انجام گرفته، از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا جهت شناسایی و شمارش دپوهای خاکریزی استفاده شد. با توجه به قدرت تفکیک طیفی پایین این نوع از تصاویر، از ویژگی‌های متن تصویر استفاده گردید. با ارائه‌ی پیشنهاد تکنیک به کارگیری بانک Template و روش Template Matching سلسله مراتبی، دپوهای خاکریزی با دقت کلی ۸۲٪ و ریسک‌پذیری ۳٪ شناسایی و شمارش شد. با توجه به آن که الگوریتم Template Matching مستقل از مقیاس و دوران عوارض نمی‌باشد، لذا در پژوهش‌های آتی می‌توان برای افزایش دقت و صحت شناسایی و شمارش دپوهای خاکریزی توسط تصاویر ماهواره‌ای از الگوریتم‌های پیشرفته‌تر Template Matching که مستقل از مقیاس و دوران عوارض است، استفاده نمود و دقت شناسایی و انعطاف‌پذیری الگوریتم را افزایش داد. در نهایت با شمارش تعداد دپوهای خاک و با معلوم بودن ابعاد تقریبی دپوهای خاکریزی شده توسط کامیون‌ها، می‌توان میزان کلی حجم دپوی خاک موجود در منطقه را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برآورد نمود و این امکان، دانش مدیریتی را در سطح کلان جامعه افزایش خواهد داد.

۵- پانوش

1. Remote Sensing
2. High spatial resolution
3. Kernel
4. Sum of absolute differences
5. Sum of squared differences
6. Correlation Coefficient
7. Contrast
8. Brightness
9. Scale

مراجع

- ۱- فاطمی، سید باقر و رضایی، یوسف، ۱۳۸۴، مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده تهران
- 2- Cox, G. S., 1995, *Review Template Matching and Measures of Match in Image Processing*, University of Cape Town, 1-24.
- 3- Kawanishi, T., Kurozumi, K., Kashino, K., Takagi, S., 2004, *A fast template matching algorithm with adaptive skipping using inner-subtemplates distances*, in ICPR.
- ۴- پارسیان، احمد، ۱۳۹۰، مبانی آمار ریاضی، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
- 5- <http://www.geoeeye.com>
- 6- Nobre, H.P.A. and Kim, H.Y., 2009, *Automatic VHDL Generation for Solving Rotation and Scale-Invariant Template Matching in FPGA*, in IEEE Int, 5th Southern Conference, 21-26.