

## قطعه‌بندی تصاویر بزرگ مقیاس سنجش از دوری به کمک روش واترشد بر مبنای استخراج اطلاعات لبه

نفیسه کاخانی<sup>۱\*</sup>، مهدی مختارزاده<sup>۲</sup>، محمد جواد ولدان زوج<sup>۳</sup>

- ۱- دانشجوی دکتری سنجش از دور، دانشکده نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- ۲- استادیار گروه فوتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- ۳- دانشیار گروه فوتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

### چکیده:

در این مقاله روشی نوین به منظور قطعه‌بندی تصاویر بزرگ مقیاس سنجش از دوری ارائه شده است. این روش بر پایه‌ی تبدیل واترشد و با تکیه بر استخراج اطلاعات لبه جهت افزایش دقت استخراج پیکسل‌های نشانه تولید شده است که مشکل افزونگی دقت و کمبود دقت در تشخیص نشانه را تا حد زیادی حذف نموده است. در این روش یکی از الگوریتم‌های موفق استخراج لبه مورد استفاده قرار گرفته که به کمک تولید یک مدل جامع و کامل اقدام به کشف لبه در تصویر می‌نماید. سپس تصویر نشانه‌ی حاصل از این روند وارد الگوریتم واترشد می‌شود. این روش بر روی یک مجموعه داده‌ی تست که از نوع تصاویر بزرگ مقیاس سنجش از دوری است، پیاده‌سازی و به کمک چندین معیار مختلف ناحیه مبنا نیز ارزیابی شده است. نتایج نهایی نشان می‌دهد که این روش ضعف‌های موجود در روش سنتی الگوریتم قطعه‌بندی واترشد به کمک نشانه را نداشته و قطعات تصویری آن با دقت بالایی شبیه قطعات ایده‌آل موجود در تصویر اصلی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تبدیل واترشد، قطعه‌بندی تصاویر سنجش از دور، تشخیص لبه.

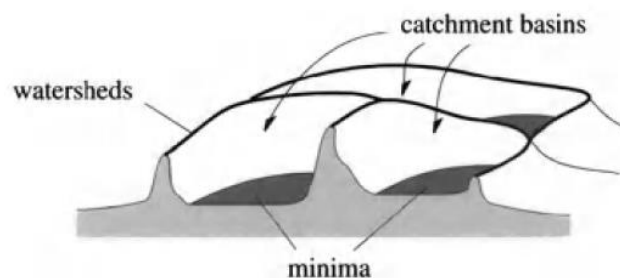


## ۱- مقدمه

استخراج دانش از داده‌های تصویری از جمله مهم‌ترین چالش‌های تحقیقاتی در سنجش از دور در دهه‌های اخیر می‌باشد. بسیاری از کاربردهای مهم مانند برنامه‌ریزی شهری، آشکارسازی تغییرات، مدیریت بحران و طبقه‌بندی پوشش زمین به طور مستقیم وابسته به نتایج این تحقیقات می‌باشد [۱، ۲، ۳ و ۴]. به همین منظور فعالیت‌های زیادی در راستای توسعه‌ی روش‌های پایه مانند قطعه‌بندی، تلفیق تصاویر و... صورت گرفته است.

در این میان قطعه‌بندی همواره نقش مهمی در کاربردهای مرتبط با سنجش از دور ایفا نموده و بسیاری از روش‌های قدرت مند استخراج اطلاعات، بر این اساس در سالیان اخیر معرفی شده‌اند [۵] که اغلب نتایج مطلوبی در مواجهه با مسائل پیچیده ارائه می‌دهند. از سوی دیگر پیشرفت سریع در زمینه‌ی ساخت سنجنده‌هایی با قدرت تفکیک مکانی بالا نیاز به روش‌های دقیق تر را روزافزون نموده است. روش‌های سنتی پیکسل مبنای زمین‌ی تصاویر سنجش از دوری با قدرت تفکیک مکانی بالا دارای محدودیت‌های غیرقابل اغماض هستند چرا که در این تصاویر پیچیدگی نواحی مورد نیاز زیاد است [۲]. به همین دلیل اغلب روش‌های پردازش تصویر در سنجش از دور راه‌حل جدیدی را پیشنهاد می‌نمایند که می‌تواند در ابتدا اطلاعات مختصر اما مکفی از نواحی مدنظر در اختیار کاربر قرار داده و سپس اطلاعات تکمیلی جانبی را به آن‌ها اضافه نموده و در نهایت تفسیری صحیح از تصاویر بزرگ مقیاس ارائه نماید. این روش‌های جدید می‌توانند تلفیقی از روش‌های سنتی باشند که مزایای آن‌ها حفظ و نقاط ضعفشان نیز تا حد امکان برطرف شده باشد. از جمله روش‌های تلفیقی استفاده‌ی توامان از اطلاعات طیف و مکان می‌باشد که در سالیان اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند. در میان روش‌های قطعه‌بندی مبتنی بر طیف و مکان، روش واترشد بر مبنای نشانه<sup>۱</sup> یکی از تکنیک‌های قدرتمند می‌باشد.

تبدیل واترشد یک تصویر با درجات خاکستری را به صورت یک پهنه‌ی توپوگرافیک در نظر می‌گیرد [۶، ۷] به این ترتیب که درجه خاکستری صفر برابر ارتفاع صفر و بیشینه‌ی درجه‌ی خاکستری تصویر ارتفاع یک را خواهد داشت و هر نقطه از تصویر بر همین اساس به صورت یک نقطه‌ی مرتفع لحاظ خواهد شد. حال فرض کنید که یک قطره‌ی آب روی این سطح مرتفع بیافتد. بر اساس جاذبه‌ی زمین این قطره مسیر بیشترین شیب را طی می‌کند تا به یک نقطه‌ی مینیمم برسد. مجموعه‌ای از نقاط با شیب مینیمم که چند مسیر با شیب‌های زیاد به آن ختم می‌شود را یک حوزه‌ی آبرگیر<sup>۲</sup> گویند (شکل ۱). واترشد در واقع نواحی تشکیل شده از حوزه‌های آبرگیر مجاور یکدیگر است.



شکل ۱. مینیمم، حوزه‌ی آبرگیر و واترشد بر روی یک نمایش تصویر سیاه و سفید [۶]

تبدیل واترشد اصولاً بر روی گرادیان تصویر پیاده می‌شود چرا که گرادیان تصویر دارای مقادیر بزرگ در لبه‌ها و مقادیر کوچک در مناطق همگن می‌باشد. از آن‌جا که قطعه‌های نهایی تولید شده توسط قطعه‌بندی واترشد در بیشتر موارد معنادار نیستند، ایده‌ی اصلی استفاده از گرادیان، تبدیل تصویر به گونه‌ای است که در نهایت قطعه‌بندی واترشد آن

<sup>۱</sup> Marker – controlled watershed

<sup>۲</sup> Catchment basins



منجر به تولید مرزهای معنادار و تشخیص صحیح عوارض در تصویر شود اما در عمل، تعریف یاد شده در قسمت قبل از قطعه‌بندی واترشد منجر به تولید تصویری خواهد شد که هم‌چنان شامل قطعات فراوان و دارای افزونگی است<sup>۳</sup> که در اثر تشخیص ناصحیح برخی مینیمم‌ها به وجود آمده است. به همین دلیل نیاز است که تصویر پیش از محاسبه‌ی واترشد فیلتر شده و مینیمم‌های غیرمرتبط حذف گردند.

یکی از بهترین تکنیک‌ها استفاده از نشانه<sup>۴</sup> برای تشخیص عوارض مرتبط و جداسازی آنها از پس زمینه است. نشانه در واقع مجموعه‌ای از پیکسل‌هایی است که الزاماً به لحاظ مکانی به هم پیوسته نیستند اما می‌توان آنها را به یک عارضه‌ی معنی‌دار در تصویر نسبت داد [۸]. این نشانه‌ها را سپس می‌توان به عنوان مجموعه‌ای از مینیمم‌های نشانه‌گذاری شده دانست که روی تابع قطعه‌بندی قرار می‌گیرد و نمایانگر عوارض معنادار خواهد بود.

نشانه‌های هر ناحیه از تصویر می‌تواند به صورت دستی توسط کاربر انتخاب شود که البته بسیار زمان‌بر است. روش‌های اتوماتیک برای انتخاب نشانه می‌تواند با جستجوی سطوح صاف یا مناطقی با بافت همگن، انجام پذیرد که این موارد می‌تواند با استفاده از هیستوگرام تصویر یا فیلترهای مختلف مورفولوژی به دست آید [۶، ۹ و ۱۰]. تارابالکا [۸] پیشنهاد کرد که برای تشخیص نشانه از نتایج یک طبقه‌بندی بر مبنای احتمال برای انتخاب پیکسل‌هایی که بیشترین احتمال تعلق به یک کلاس را دارند، استفاده شود. در این روش یک طبقه‌بندی احتمالاتی<sup>۵</sup> می‌تواند احتمال تعلق هر پیکسل را به کلاس‌های موجود در تصویر محاسبه کند. سپس به کمک یک فیلتر اجزای مرتبط<sup>۶</sup> که اطلاعات همسایگی را جمع‌آوری می‌کند پیکسل‌هایی با احتمال بالا که درون این اجزای مرتبط قرار گرفته‌اند را شناسایی کرده و به عنوان نشانه انتخاب می‌نماید. می‌توان استنتاج کرد که با انتخاب یک حد آستانه‌ی مناسب پیکسل‌هایی که درجه‌ی اطمینان بیشتری در طبقه‌بندی احتمالاتی دارند می‌توانند به عنوان نشانه‌های مناسب تصویر در نظر گرفته شوند. مهم‌ترین روش استفاده شده در این بخش استفاده از طبقه‌بندی بیشترین شباهت<sup>۷</sup> است [۸]. اما تحقیقات نشان داده است که در این صورت نتایج قطعه‌بندی نهایی بستگی شدیدی به عملکرد این طبقه‌بندی کننده دارد که مطلوب نیست به همین دلیل تحقیقات در زمینه‌ی ارتقاء روش واترشد به کمک استخراج نشانه هم‌چنان ادامه دارد.

در این مقاله، یک روش جدید بر اساس استخراج صحیح نشانه به منظور قطعه‌بندی تصاویر بزرگ مقیاس سنجش از دوری معرفی شده است. در این روش به کمک استخراج اطلاعات لبه، پیکسل‌های نشانه شناسایی شده و علاوه بر فائق آمدن بر مشکل افزونگی قطعات، وابستگی به احتمالات به دست آمده از طبقه‌بندی کننده‌های مختلف نیز از بین رفته است.

در بخش‌های بعدی ابتدا به شرح روش تحقیق پرداخته می‌شود سپس بحث و بررسی نتایج خواهد آمد و بخش آخر نیز به نتیجه‌گیری و پیشنهادات کارهای آتی خواهد پرداخت.

## ۲- روش تحقیق

ایده‌ی استفاده از استخراج لبه به منظور کشف پیکسل‌های نشانه، به ماهیت طیفی پیکسل‌های لبه در تصویر بازمی‌گردد. در واقع پیکسل‌های لبه به این علت که در مرز عوارض قرار دارند نامناسب‌ترین پیکسل‌های تصویر برای انتخاب به عنوان نشانه می‌باشند. در درجه‌ی دوم، پیکسل‌های وابسته به لبه‌ها هستند که بهتر است از روند انتخاب پیکسل‌های نشانه حذف گردند چرا که وابستگی آن‌ها به پیکسل‌های لبه، اطلاعات طیفی آن‌ها را تحت تاثیر قرار داده

---

<sup>3</sup> Over segmentation

<sup>4</sup> Marker

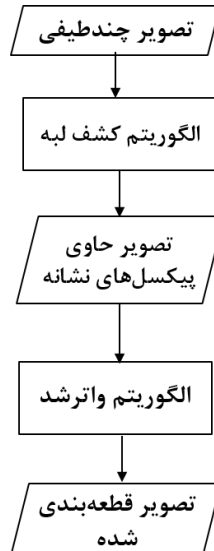
<sup>5</sup> Probabilistic

<sup>6</sup> Connected components

<sup>7</sup> Maximum Likelihood



و به همین دلیل نمایندگان خوبی برای شناسایی عوارض نیستند. اگر به کمک یک روش کشف لبه‌ی قدرتمند، پیکسل‌های لبه و پیکسل‌های وابسته شناسایی و حذف شوند، می‌توان ادعا کرد که پیکسل‌های باقی مانده از نوع همگن بوده و در واقع بهترین نمایندگان اشیاء درون تصویر می‌باشند. نمودار شکل ۲ روند انجام کار را نشان می‌دهد.



شکل ۲. روند استفاده از کشف لبه برای استخراج پیکسل‌های نشانه

## ۲-۱- روش استخراج اطلاعات لبه

روش استفاده شده در این مقاله، توسط دلار<sup>۸</sup> و زیتنیک<sup>۹</sup> در [۱۱] معرفی شده است که بر اساس جنگل‌های تصادفی ساختاریافته اقدام به استخراج اطلاعات لبه می‌کند. از آنجا که بخش‌های کوچک تصویری، ساختارهای محلی<sup>۱۰</sup> خطوط مستقیم و گوشه‌ها را به خوبی نمایش می‌دهند، این بخش‌های کوچک می‌توانند به عنوان داده‌ی آموزشی عمل کرده و یک آشکارساز لبه‌ی دقیق و موثر را تولید کنند.

روند تولید این آشکارساز به کمک جنگل‌های تصادفی تصمیم‌گیری<sup>۱۱</sup> صورت می‌پذیرد. یک درخت تصمیم‌گیری  $f_i(x)$ ، یک نمونه‌ی  $x \in \mathcal{X}$  (یک پیکسل از یک بخش تصویری) را به فرم سلسله‌مراتبی شاخه‌های درخت طبقه‌بندی می‌کند تا در نهایت یک گره‌ی برگ<sup>۱۲</sup> به وجود آید. هر گره در این درخت، یک تابع جداسازی<sup>۱۳</sup> دودویی<sup>۱۴</sup> دارد که به فرم زیر است (رابطه‌ی ۱):

$$h(x, \theta_j) \in \{0, 1\} \quad (1)$$

و  $\theta_j$  پارامترهای تابع جداسازی می‌باشند.

<sup>8</sup> Dollar

<sup>9</sup> Zitnick

<sup>10</sup> Local structure

<sup>11</sup> Random decision forest

<sup>12</sup> Leaf node

<sup>13</sup> Split function

<sup>14</sup> Binary



بر اساس ۰ و ۱ بودن این تابع نمونه به شاخه‌ی سمت راست یا چپ هدایت می‌شود. خروجی این درخت  $y \in Y$  برای هر نمونه در هر برگ، پیش‌بینی ذخیره شده‌ای است که در مورد مساله‌ی تشخیص لبه می‌تواند لبه بودن یا نبودن نمونه‌ی مدنظر (مقدار ۰ یا ۱) باشد. مجموعه‌ی این درخت‌ها که آموزش می‌یابند یک جنگل تصادفی ساختار یافته را تولید می‌کنند که پس از آموزش می‌تواند در مورد لبه بودن یا نبودن هر پیکسل تصمیم‌گیری کند.

ورودی این جنگل در بخش آموزش بخش‌های کوچکی از کل تصویر مدنظر به صورت RGB است که ۱۳ باند ویژگی از آن استخراج می‌شود: ۳ باند رنگی در سیستم CIE-LUV و باندهای دیگر مربوط به گرادیان نرمال شده که شامل بزرگی و ۴ جهت برای تصویر اصلی و تصویری با قدرت تفکیک نصف<sup>۱۵</sup> است.

پس از انجام فرآیند آموزش که نسبتاً طولانی و وقت‌گیر است، مدل تولید شده می‌تواند بر روی تصویر مد نظر اعمال شود. نکته‌ی مهم در این روش آن است که فرآیند آموزش جنگل تصادفی به پیشنهاد نویسنده به کمک یک مجموعه داده‌ی کامل و وسیع به نام BSDS500 صورت گرفته است [۱۱] و از آن‌جا که تعمیم‌پذیری مدل تولید شده اثبات شده است از همین مدل برای استخراج لبه‌ی سایر تصویر نیز استفاده می‌شود. بدین ترتیب فرآیند پیچیده و زمان‌بر آموزش مدل کلا حذف می‌گردد.

### ۲-۲- الگوریتم قطعه‌بندی

پس از استخراج لبه‌ها، به کمک الگوریتم استخراج لبه‌ی توضیح داده شده در بالا، تصویر حاوی لبه‌ها به دست می‌آید. اگر این پیکسل‌ها و پیکسل‌های وابسته از تصویر اصلی خارج شوند، می‌توان مدعی شد پیکسل‌های باقی‌مانده همگن بوده و می‌توان از آن‌ها به عنوان نشانه استفاده نمود. پس این تصویر به عنوان ورودی الگوریتم واترشد استفاده می‌شود. باید توجه داشت که پیاده‌سازی روش واترشد نیز دارای استراتژی‌های گوناگونی است که در مطالعات مختلف مرتبط با کامپیوتر به تفصیل ذکر شده است. اما یکی از سریع‌ترین و موثرترین استراتژی‌ها توسط نرم افزار متلب پیاده‌سازی شده است که در این مقاله نیز از آن بهره گرفته شده است.

### ۳- پیاده‌سازی و تحلیل نتایج

در این بخش ابتدا به شرح داده‌های مورد استفاده پرداخته می‌شود و سپس نتایج پیاده‌سازی الگوریتم فوق بر روی داده‌ها به تفصیل بررسی می‌شود.

#### ۳-۱- داده‌های مورد استفاده

به منظور تست الگوریتم پیشنهادی فوق از یک مجموعه داده‌ی تست مرجع معرفی شده در [۱۲] که مختص سنجش الگوریتم‌های قطعه‌بندی است، استفاده شده است. این داده‌ی تست شامل ۱۰ بخش تصویری با ابعاد  $512 \times 512$  پیکسل از ماهواره‌ی ژئوآی<sup>۱۶</sup> می‌باشد که هر کدام از این بخش‌ها شامل قطعاتی مختلف از یک تصویر واقعی مانند کوهستان، جنگل، زمین کشاورزی و نواحی شهری می‌باشد. این مجموعه داده به علت گستردگی و جامعیت به خوبی می‌تواند قدرت و ضعف هر نوع الگوریتمی را نشان دهد.

#### ۳-۲- پیاده‌سازی روش پیشنهادی

با توجه به توضیحات بخش دوم، ابتدا لبه‌های تصاویر و سپس به کمک روش واترشد قطعات مختلف استخراج می‌شوند. در جدول زیر تصاویر مورد استفاده و واقعیت زمینی و نیز تصویر حاصل از قطعه‌بندی به کمک روش پیشنهادی آورده

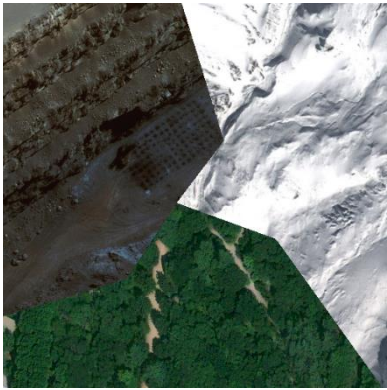
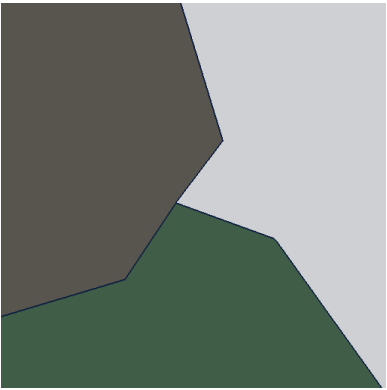
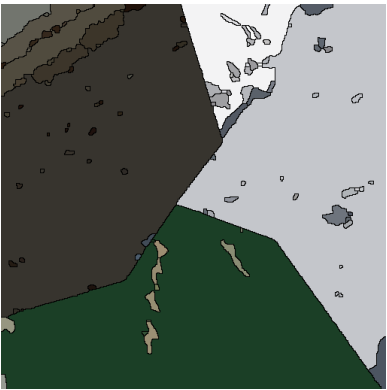

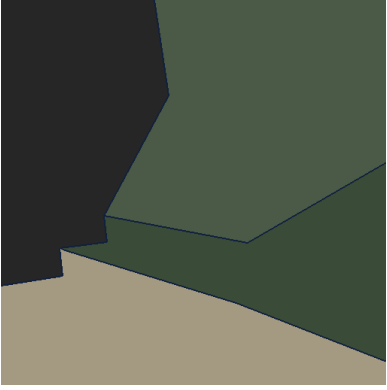


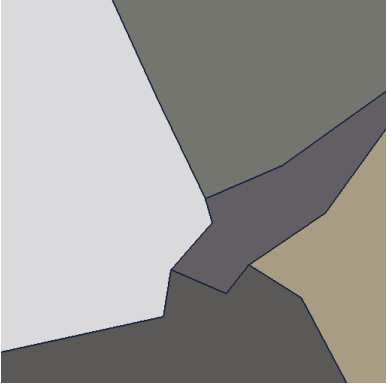

<sup>15</sup> Half resolution

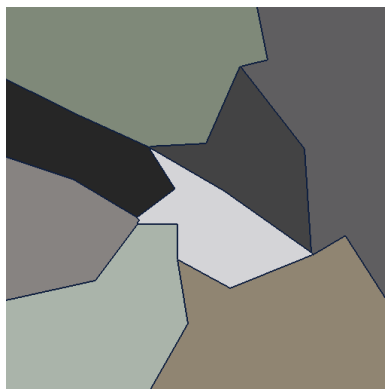
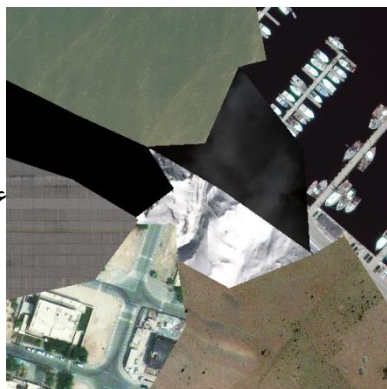
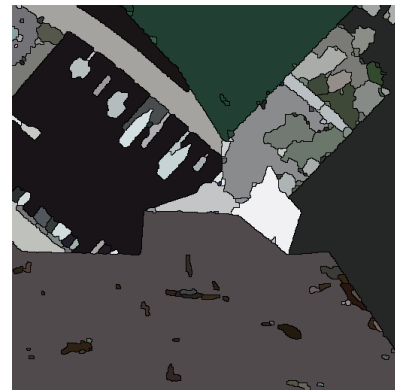
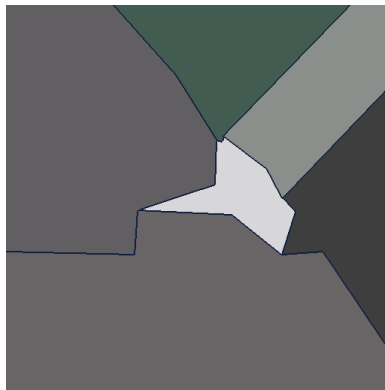
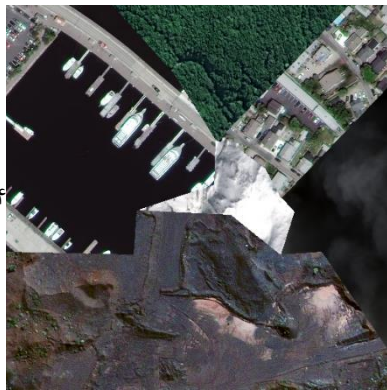
<sup>16</sup> GeoEye

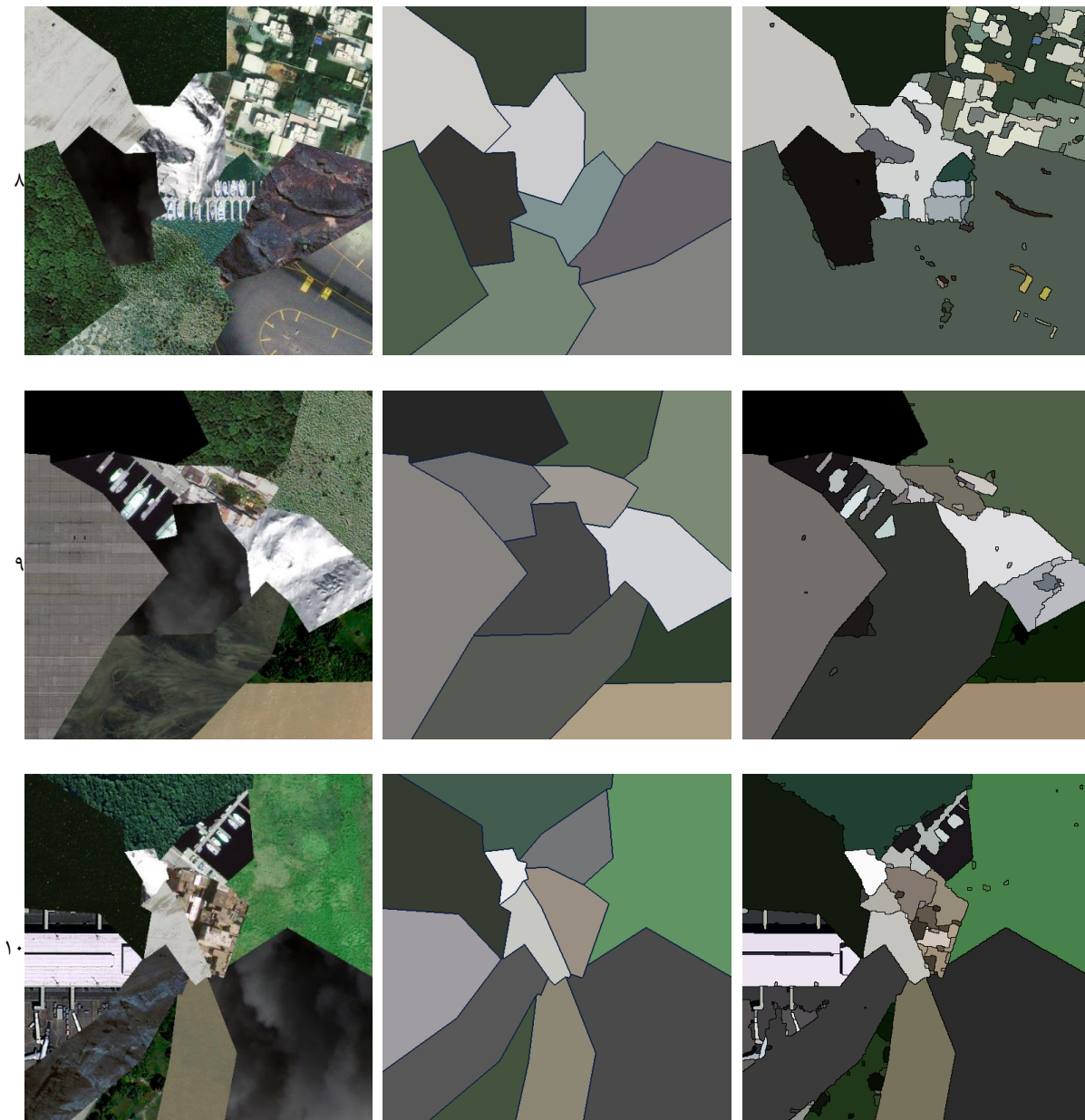


شده است. لازم به ذکر است به منظور حفظ وحدت بصری تصاویر، میانگین درجات خاکستری هر قطعه، در نتایج قطعه‌بندی نهایی، به عنوان رنگ به آن اطلاق شده است.

جدول ۱. تصاویر اصلی و واقعیت‌های زمینی مرتبط و نتایج قطعه‌بندی به روش پیشنهادی

تصویر اصلی	واقعیت زمینی	تصویر قطعه‌بندی شده
		
		
		





### ۳-۳- ارزیابی و بررسی نتایج

جهت ارزیابی کمی نتایج قطعه‌بندی از دو مجموعه از معیارهای خطا استفاده شده است. مجموعه‌ی اول معیارهای ناحیه - مبنا<sup>۱۷</sup> می‌باشد که به معیارهای هوور<sup>۱۸</sup> نیز مشهورند [۱۳]. در این معیارها میزان تطابق قطعات تصویری با یک تصویر مبنا مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

در حالت ایده‌آل می‌توان گفت یک نگاشت یک به یک از نقشه‌ی قطعه‌بندی به تصویر مبنا ایجاد می‌شود اما در واقعیت این نگاشت به وجود نمی‌آید پس باید به کمک طراحی معیارهایی میزان تطابق قطعات موجود در تصویر قطعه‌بندی

<sup>17</sup> Region – based criteria

<sup>18</sup> Hoover





شده را با تصویر مبنا سنجید. این معیارها عبارتند از: قطعه‌بندی صحیح<sup>۱۹</sup> (CS)، قطعه‌بندی زیاد<sup>۲۰</sup> (OS)، قطعه‌بندی کم<sup>۲۱</sup> (US)، قطعات از دست رفته<sup>۲۲</sup> (ME) و نویز<sup>۲۳</sup> (NE) [۱۳].

مجموعه‌ی دوم جهت ارزیابی قطعه‌بندی، معیارهای سازگاری خطا<sup>۲۴</sup> می‌باشد [۱۴]. دو معیار در این مجموعه وجود دارد. اگر برای هر پیکسل بر اساس نحوه‌ی قرار گرفتنش به صورت صحیح درون یک قطعه، یک مقدار خطا بین صفر و یک تنظیم شود، می‌توان برای تمامی پیکسل‌های درون تصویر به صورت سراسری و محلی مجموع خطای تمامی پیکسل‌ها را به دست آورد. معیار محلی را (LCE)<sup>۲۵</sup> و معیار سراسری را (GCE)<sup>۲۶</sup> می‌نامند.

جدول ۲ مقدار خطاهای یاد شده برای هر کدام از تصاویر بالا را نشان می‌دهد که در ستون آخر مقدار میانگین برای هر خطا به عنوان معیار نهایی سنجش قدرت الگوریتم آورده شده است.

جدول ۲. مقادیر معیارهای خطا در قطعه‌بندی برای تصاویر یاد شده

شماره تصویر	CS	OS	US	ME	NE	LCE	GCE
۱	۸۵.۴۸۵۵	۰	۰	۰.۶۵۶۱	۱۴.۳۲۷۲	۰.۰۲۰۴	۰.۰۲۲۶
۲	۴۶.۸۶۷۸	۰	۴۸.۶۱۹۵	۰.۹۹۶۰	۲.۶۳۷۵	۰.۰۳۸۵	۰.۰۶۳۵
۳	۵۵.۴۰۷۷	۰	۰	۳۵.۵۰۶۱	۴۴.۳۴۲۴	۰.۰۸۲۴	۰.۱۵۲۸
۴	۵۴.۷۹۳۹	۲۵.۸۱۶۰	۰	۱۵.۶۱۲۰	۱۷.۱۴۲۱	۰.۰۸۱۵	۰.۱۰۰۵
۵	۹۰.۸۹۰۱	۰	۰	۵.۵۹۰۴	۷.۰۵۴۱	۰.۰۵۲۶	۰.۰۵۷۱
۶	۲۶.۷۸۹۱	۰	۰	۷۳.۱۹۷۶	۷۳.۱۱۷۸	۰.۱۳۰۹	۰.۲۶۲۳
۷	۵۳.۹۸۲۹	۱۹.۶۶۲۵	۲۱.۹۸۷۲	۱.۴۵۵۳	۳.۲۹۴۴	۰.۰۳۷۷	۰.۱۲۲۳
۸	۲۵.۵۶۸۴	۲۰.۹۹۸۸	۴۲.۸۴۰۶	۵.۹۴۱۸	۶.۷۰۴۷	۰.۰۷۹۷	۰.۲۷۲۳
۹	۴۱.۰۰۴۹	۱۰.۳۹۲۸	۳۹.۳۲۷۶	۶.۸۶۳۰	۵.۱۷۱۶	۰.۰۴۹۹	۰.۱۴۵۹
۱۰	۷۶.۴۰۱۵	۹.۶۲۷۵	۰	۱۱.۸۳۸۲	۱۱.۸۵۰۰	۰.۰۵۳۴	۰.۰۷۰۰
میانگین	۵۵.۷۱۹۲	۸.۶۴۹۸	۱۵.۲۷۷۵	۱۵.۷۶۶۰	۱۸.۵۶۴۲	۰.۰۶۲۷	۰.۱۲۷۰

به منظور مقایسه‌ی روش پیشنهادی، برخی از الگوریتم‌هایی که در تحقیقات مختلف ارائه شده و بر روی همین مجموعه داده پیاده‌سازی شده‌اند مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این الگوریتم‌ها عبارتند از (۱) روش R-TFR/M که قطعه‌بندی بر مبنای بافت در تصاویر چند مقیاسه را مطرح نموده و بر روی تصاویر سنجش از دوری نیز پیاده‌سازی شده است [۱۵]. نتیجه‌ی نهایی حاصل از این الگوریتم در واقع بهترین نتیجه‌ای است که از میان مقیاس‌های مختلف به صورت دستی انتخاب شده است. (۲) الگوریتم DHC/M که در [۱۶] معرفی شده است. این الگوریتم بر اساس ساختار درختی بازگشتی طراحی شده که پارامترهای آن متناسب با همان ناحیه‌ی تحت قطعه‌بندی تنظیم می‌شود. در این نسخه‌ی الگوریتم نیز بهترین تصویر قطعه‌بندی به صورت دستی از میان روند سلسله مراتبی تولید نتایج انتخاب شده است. (۳) الگوریتم DHC/K نیز در [۱۶] معرفی شده با این تفاوت که این بار روند الگوریتم شماره ۲ به صورت اتوماتیک طی شده است. (۴) الگوریتم R-TFR/K نیز در [۱۵] معرفی شده و روندی مشابه الگوریتم شماره ۱ دارد با این تفاوت که در این نسخه تعداد کلاس‌ها باید به عنوان ورودی معلوم به الگوریتم داده شود. (۵) روش TS-MRF/M

<sup>19</sup> Correct Segmentation

<sup>20</sup> Over Segmentation

<sup>21</sup> Under Segmentation

<sup>22</sup> Missed Error

<sup>23</sup> Noise Error

<sup>24</sup> Consistency error

<sup>25</sup> Local consistency error

<sup>26</sup> Global consistency error



نیز در [۱۷] معرفی شد. این روش از میدان تصادفی مارکو<sup>۲۷</sup> به صورت ساختار درختی استفاده می‌کند. در این روش تنها از اطلاعات طیفی استفاده می‌شود. هم‌چنین انتخاب بهترین نتیجه‌ی قطعه‌بندی نیز بر عهده‌ی کاربر است. (۶) روش TS-MRF/K نیز مانند الگوریتم شماره ۵ است اما تعداد کلاس‌ها به عنوان ورودی اولیه به الگوریتم داده می‌شود. روش پیشنهادی معرفی شده در این مقاله با روش‌های نام‌برده مقایسه شده و میانگین قطعه‌بندی صحیح در تمامی این روش‌ها به عنوان معیار اصلی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳. مقایسه‌ی روش پیشنهادی با سایر روش‌ها

نام الگوریتم	CS
روش پیشنهادی	۵۵.۷۲
R-TFR/M	۵۱.۶۹
DHC/M	۵۰.۳۰
DHC/K	۴۸.۰۲
R-TFR/K	۴۴.۰۲
TS-MRF/M	۳۵.۵۴
TS-MRF/K	۳۱.۹۹

همان طور که مشاهده می‌شود برتری روش پیشنهادی نسبت به سایر روش‌های ذکر شده مشهود است.

#### ۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مقاله، روشی جدید برای قطعه‌بندی تصاویر بزرگ مقیاس سنجش از دوری بر مبنای واترشد معرفی شده است. در این روش تلاش شده که مشکل یافتن پیکسل‌های نشانه در روش واترشد به کمک یک الگوریتم کشف لبه برطرف شود. به این صورت که با حذف پیکسل‌های لبه (نامناسب‌ترین پیکسل‌های درون تصویر جهت انتخاب نشانه) و نیز پیکسل‌های وابسته به آن، پیکسل‌هایی به عنوان نشانه انتخاب می‌شوند که بیشترین همگنی را داشته و به خوبی می‌توانند نماینده‌ی عوارض درون تصویر باشند. به کمک این راه حل علاوه بر حل مشکل افزونگی قطعات در واترشد، بهترین پیکسل‌ها نیز به عنوان نشانه انتخاب شده و قدرت الگوریتم واترشد در تشخیص قطعات صحیح تا حد زیادی افزایش می‌یابد. نتایج کمی بررسی الگوریتم به خوبی این مطلب را تایید می‌کند. هم‌چنین نتایج بصری نیز موید این است که قطعات تصویری تا حد زیادی معنا دار بوده و به قطعات ایده‌آل نزدیکند.

این روش می‌تواند جهت قطعه‌بندی تصاویر سنجش از دوری مورد استفاده قرار گیرد. نتایج حاصل از قطعه‌بندی که در واقع حاوی اطلاعات سودمند مکانی است می‌تواند در روش‌های تلفیقی طبقه‌بندی علی‌الخصوص روش‌های طیفی - مکانی مورد استفاده قرار گیرد.

#### مراجع

- [1] Santos, J. A. d., Gosselin, P.-H., Philipp-Foliguet, S., Torres, R. d. S., & Falao, A. X. "Multiscale classification of remote sensing images", *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 50(10), 3764-3775, 2012.
- [2] Gaetano, R., Scarpa, G., & Poggi, G. "Hierarchical texture-based segmentation of multiresolution remote-sensing images", *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 47(7), 2129-2141, 2009.
- [3] Sirmacek, B., & Ünsalan, C. "A probabilistic framework to detect buildings in aerial and satellite images", *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 49(1), 211-221, 2011.

<sup>27</sup> Markov random field



- [4] Bruzzone, L., & Bovolo, F. "A novel framework for the design of change-detection systems for very-high-resolution remote sensing images", *Proceedings of the IEEE*, 101(3), 609-630, 2013.
- [5] Dey, V., Zhang, Y., & Zhong, M. "A review on image segmentation techniques with remote sensing perspective", presented at the ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS, Vienna, Austria. 2010.
- [6] Soille, P. *Morphological image analysis: principles and applications*: Springer-Verlag New York, Inc., 2003.
- [7] Beucher, S., & Lantuéjoul, C. "Use of watersheds in contour detection", workshop published. 1979.
- [8] Tarabalka, Y. "Classification of Hyperspectral Data Using Spectral-Spatial Approaches", (PhD in Electrical Engineering), University of Iceland, Iceland. 2010.
- [9] Jalba, A. C., Wilkinson, M. H., & Roerdink, J. B. "Automatic segmentation of diatom images for classification", *Microscopy research and technique*, 65(1-2), 72-85, 2004.
- [10] Gómez, O., González, J. A., & Morales, E. F. "Image segmentation using automatic seeded region growing and instance-based learning", *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis and Applications* (pp. 192-201): Springer, 2007.
- [11] Dollár, P., & Zitnick, C. L. "Fast edge detection using structured forests", *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 37(8), 1558 - 1570, 2014.
- [12] Mikeš, S., Haindl, M., & Scarpa, G. (2012). "Remote sensing segmentation benchmark", presented at the Pattern Recognition in Remote Sensing (PRRS), 2012 IAPR Workshop on, 2012.
- [13] Hoover, A., Jean-Baptiste, G., Jiang, X., Flynn, P. J., Bunke, H., Goldgof, D. B., . . . Fisher, R. B. "An experimental comparison of range image segmentation algorithms", *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 18(7), 673-689, 1996.
- [14] Martin, D., Fowlkes, C., Tal, D., & Malik, J. (2001). "A database of human segmented natural images and its application to evaluating segmentation algorithms and measuring ecological statistics", presented at the Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE International Conference on, 2001.
- [15] Gaetano, R., Scarpa, G., & Poggi, G. (2009). "Recursive Texture Fragmentation and Reconstruction segmentation algorithm applied to VHR images", presented at the Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2009 IEEE International, IGARSS 2009, 2009.
- [16] Scarpa, G., Masi, G., Gaetano, R., Verdoliva, L., & Poggi, G. "Dynamic Hierarchical Segmentation of Remote Sensing Images", in *Image Analysis and Processing-ICIAP 2013*, Petrosino, A., Springer, 2013, (pp. 371-380).
- [17] Elia, C. D., Poggi, G., & Scarpa, G. "A tree-structured Markov random field model for Bayesian image segmentation", *Image Processing, IEEE Transactions on*, 12(10), 1259-1273, 2003.



## Watershed – based segmentation of high resolution remote sensing images, using edge information

Kakhani, N. <sup>\*1</sup>, Mokhtarzade, M. <sup>2</sup>, Valadan Zoej, M.J. <sup>3</sup>

- 1- Ph.D. student of remote sensing, faculty of Geomatics, K.N. Toosi university of Technology
- 2- Assistant professor in faculty of Geomatics, K.N. Toosi university of Technology
- 3- Associate professor in faculty of Geomatics, K.N. Toosi university of Technology

### Abstract

A novel method for high resolution remote sensing image segmentation is proposed. This method is based on watershed transformation and it uses an edge detection algorithm in order to extract markers precisely. This strategy helps to prevent over segmentation and lack of accuracy in the marker selection step. The successful edge detection algorithm, used in this paper, produces a general complete model for edge detection. The marker image, taken from the algorithm, will be then the input of watershed. A data set of high resolution remote sensing images is used to test the proposed algorithm. A variety of region – based error measure is selected to validate final results too. The results show that the proposed method can overcome the weakness of traditional marker – controlled watershed and the final image segments is close to the ideal segments of original image.

**Keywords:** Watershed transformation, Remote sensing image segmentation, Edge detection.

Correspondence Address: No 1346, Vali Asr street, Mirdamad cross, Geomatics engineering faculty, Tehran, Iran. Tel: +98 21 88887701.

Email: [nkakhani@mail.kntu.ac.ir](mailto:nkakhani@mail.kntu.ac.ir)