سازمان نقشه‌برداری کشور

باسمه تعالی

محققین ارجمند

علیرضا صفدری نژاد، محمود رضا صاحبی، حامد قلی زاده و مصطفی اوجاقلو

بدینوسیله از حضور ارزنده شما و ارائه مقاله تحت عنوان: استخراج ویژگی از تصاویر فراطیفی به کمک روش مبتنی بر ماتریس، همبستگی و توابع مورفولوژی" به صورت سخنرانی در همایش ملی ژئوماتیک ۸۹ تشکر و قدردانی می گردد.

از درگاه خداوند سبحان، سلامتی، سعادت و توفیق روزافزون برایتان آرزومندم.

هادی واعظی

معاون فنی و

دبیر همایش ملی ژئوماتیک ۸۹

استخراج ویژگی از تصاویر فرا طیفی به کمک روش مبتنی بر ماتریس همبستگی و توابع مورفولوژی

علیرضا صفدری نژاد[1]، محمود رضا صاحبی[2]، حامد قلی زاده[3]، مصطفی اوجاقلو[4]

1. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشکده ی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی
safdari_nezhad@sina.kntu.ac.ir
2. استادیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی
sahebi@kntu.ac.ir
3. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشکده ی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی
h_gholizade@sina.kntu.ac.ir
4. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشکده ی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی
mostafaojagloo@sina.kntu.ac.ir

چکیده:

امروزه با رشد سریع فناوری سنجش از دور در محدوده ی اندازه گیری های طیفی و ظهور سنجنده های فرا طیفی سرعت افزایش داده ها به منظور اهداف مدیریتی توسط این نوع از سنجنده ها رو به فزونی است. یکی از مهم ترین بخش های پردازش و تحلیل داده های ابر طیفی انتخاب کردن ویژگی های مناسب جهت استخراج عوارض مد نظر می باشد. با وجود روش های زیاد موجود جهت استخراج و انتخاب ویژگی، کماکان تحقیقات جهت افزایش قابلیت روش های موجود و همچنین توسعه ی روش های جدید در صدر موضوعات تحقیقاتی در این شاخه از سنجش از دور می باشد. در این مقاله روشی مبتنی بر استفاده از قدرمطلق ماتریس های همبستگی برای هر کلاس در تصاویر فرا طیفی و لحاظ کردن هر یک از این ماتریس ها بعنوان یک تصویر، پس از آستانه گذاری مناسب و نهایتا اعمال اپراتور های مورفولوژیک اقدام به انتخاب ویژگی مناسب جهت استخراج کلاس های مد نظر می نماید.

واژه‌های کلیدی: استخراج ویژگی، ماتریس قدر مطلق همبستگی، توابع مورفولوژی، تصاویر ابر طیفی.

1- مقدمه:

یکی از مهم ترین کاربردهای فناوری سنجش از دور تشخیص عوارض از تصاویر تهیه شده توسط سنجنده های مستقر بر روی سکوهای هوابرد و فضایی می باشد[7]. نتایج حاصله از این کار منجر به تولید اطلاعاتی با اعتماد پذیری بالا و اتخاذ تصمیماتی با ریسک کمتر توسط تصمیم گیرندگان می شود. یکی از جدید ترین فناوری های مطرح در سنجش از دور، سنجش از دور ابر طیفی است. سنجنده های ابر طیفی قابلیت ثبت انرژی الکترومغناطیسی بازتابی از سطح اشیا را در باند های طیفی با عرض های بسیار باریک دارا هستند[3].

امروزه با رشد استفاده از سنجنده های فرا طیفی در سنجش از دور به منظور استخراج تارگت های خاص، الگوریتم های فراوانی توسعه داده شده اند، که هر کدام از این الگوریتم ها قابلیت های خاصی را دارا می باشند. به طور کلی از تصاویر فرا طیفی به دلیل تعداد باند های زیاد به طور مستقیم نمی توان در طبقه بندی تصاویر بهره جست[5]. از طرفی شباهت های طیفی عوارض در طول موج های نزدیک به هم باعث همبستگی باند های مجاور طیفی در این دسته از تصاویر می شود. از سوی دیگر احتمال همبستگی طیفی باند های غیر مجاور نیز وجود دارد که این عامل وابسته به رفتار طیفی هر کلاس می باشد.

به طور کلی روش های مبتنی بر طبقه بندی عوارض در فضاهای چند طیفی، روش های متداولی به منظور بر چسب دهی پیکسل های تصویر به کلاس متناظرشان محسوب می شوند. اما به خاطر رفتارهای خاص فضاهای با ابعاد بالا استفاده از تعداد باندهای زیاد در فرایند طبقه بندی از یک سو موجب افزایش پراکندگی پیکسل های مربوط به کلاس ها و از سوی دیگر در صورت استفاده از طبقه بندی کننده های پارامتریک سبب کاهش استحکام پارامترهای لازم در طبقه بندی می شود[5]. به طور تئوریک به این پدیده، پدیده ی Houghes گفته می شود[1]. به همین منظور متدهای استخراج و انتخاب ویژگی جهت کاهش بعد[1] فضای تصمیم گیری توسعه داده شده اند. عموم متدهای استخراج و انتخاب ویژگی منجر به افزایش تفکیک پذیری کلاس ها در فضای چند طیفی می شوند.

در این مقاله روشی جهت انتخاب ویژگی مبتنی بر استفاده از ماتریس همبستگی2 و توابع مورفولوژی مطرح شده که بر پایه ی آن باندهای مناسب جهت طبقه بندی کلاس های مورد نظر انتخاب می شوند. به طور کلی با در نظر گرفتن ماتریس همبستگی بین باندی تولید شده برای هر کلاس به عنوان یک باند از تصویر چند باندی و اعمال حدود آستانه منطقی، تصویری باینری تولید می شود. و نهایتا با استفاده از توابع مورفولوژی باندهای بهینه شناسایی و در فرآیند طبقه بندی از آنها استفاده می شود.

2- روش های متدوال انتخاب ویژگی در فضاهای فراطیفی:

برای انتخاب یک زیر فضای مناسب از تصویر ابرطیفی روش های مختلفی وجود دارد که نحوه ی بررسی تاثیر ویژگی های انتخاب شده جهت تعیین زیر فضای مطلوب در آنها متفاوت است، بدین معنی که دسته ای از این روش ها با بررسی هر یک از ویژگی ها به طور مستقل و بدون در نظر گرفتن تاثیر همجواری هر یک از آنها با سایرین اقدام به انتخاب ویژگی مطلوب می نماید(Scalar Feature Selection). نقطه ضعف این دست از روش ها در نظر نگرفتن همبستگی بین باندی می باشد.[8]

استفاده از روش مذکور با وجود سادگی محاسباتی، برای بررسی ویژگی هایی با همبستگی بالا مناسب نیست. بنابراین از روش هایی که همبستگی بین باندی را در نظر می گیرند(Feature Vector Selection) استفاده می شود. اساس این روش ها بر پایه ی جست و جو در فضای ویژگی به منظور انتخاب باند های بهینه می باشد که بتوانند نتایج طبقه بندی را بهبود بخشند. یک راه ممکن برای انتخاب باندهای بهینه، بررسی تمام ترکیبات l ویژگی از m ویژگی موجود ($m>l$) می باشد که البته اشکال این روش هزینه ی محاسباتی بالای آن می باشد. به منظور کاهش هزینه ی محاسباتی، روش های دیگر مبتنی بر جست و جو مورد استفاده قرار می گیرند که با ارائه تمهیداتی تعداد حالات انتخاب

را کاهش می دهند. از جمله ی این روش ها می توان Sequential Forward Selection, Sequential Backward Selection و Floating Search Methods را نام برد[8].

روش های دیگری نیز جهت انتخاب ویژگی مورد استفاده قرار می گیرند که هزینه ی محاسباتی کمتری را منجر می شوند. از جمله ی این روش ها، روش مبتنی بر تصمیم گیری در فضای پدیده[3] می باشدکه قابلیت شناسایی ویژگی هایی با بیشترین تفکیک پذیری برای کلاس های مطلوب را دارا هستد. متد اجرایی این روش مبتنی بر امضای طیفی نمایندگان کلاس های مطلوب می باشد. مزیت استفاده از این متد پیاده سازی آسان و قابلیت توسعه ی آن در فرآیند استخراج ویژگی است، زیرا توزیع باند های مشابه و همبسته در فضای پدیده به صورت خوشه هایی تفکیک پذیر ظاهر می شود [6].

با توجه به معرفی اجمالی روش های مطرح شده در این بخش به نظر میرسد امکان توسعه و تحقیق در مورد تکنیک های بهینه ی انتخاب و استخراج ویژگی امری لازم محسوب می شود. با توجه به این موضوع روشی مبتنی بر استفاده از ماتریس همبستگی و توابع مورفولوژی که بر پایه ی مفهوم ماتریس های پخش داخل کلاسی توسعه داده شده است، ارائه می گردد.

3- متدولوژی روش پیاده سازی شده:

3-1- تولید ماتریس های قدر مطلق همبستگی برای هر کلاس:

در این روش پس از انتخاب داده های آموزشی[4] و برآورد ماتریس کواریانس برای هر کدام از کلاس ها ماتریس های مربعی هم بعد (که دارای بعدی معادل تعداد باندهای تصویر فراطیفی هستند) متناظر هر کدام از کلاس ها از طریق رابطه ی (1) محاسبه می شود:

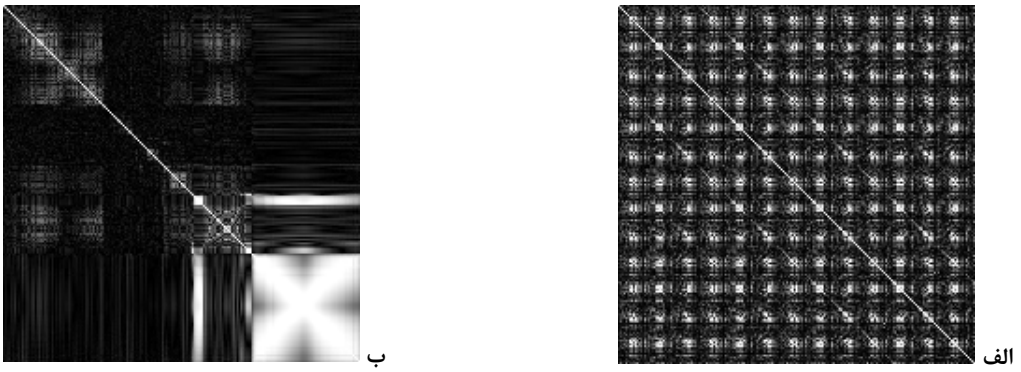
$$S^j = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(DN_i^j - \overline{DN}^j)(DN_i^j - \overline{DN}^j)^T \qquad (1)$$
$$j = 1,2,...,M$$

که M تعداد کلاس ها و N تعداد نمونه های هر کلاس می باشد.

از آنجا یی که بزرگی مقادیر موجود در ماتریس کواریانس وابسته به پارامترهایی مثل، تعداد نمونه ها، اختلاف نسبت به میانگین و بزرگی داده های ورودی می باشد. به همین خاطر جهت مقایسه ی چند ماتریس کواریانس نمی توان مستقیما از این ماتریس ها استفاده نمود، به همین جهت از ماتریس کواریانس محاسبه شده، ماتریس همبستگی بوسیله ی رابطه ی (2) محاسبه می شود.

$$C_{(i,j)}^l = \frac{S^l(i,j)}{\sqrt{S^l(i,i)S^l(j,j)}} \qquad (2)$$
$$j = 1,2,...,M$$

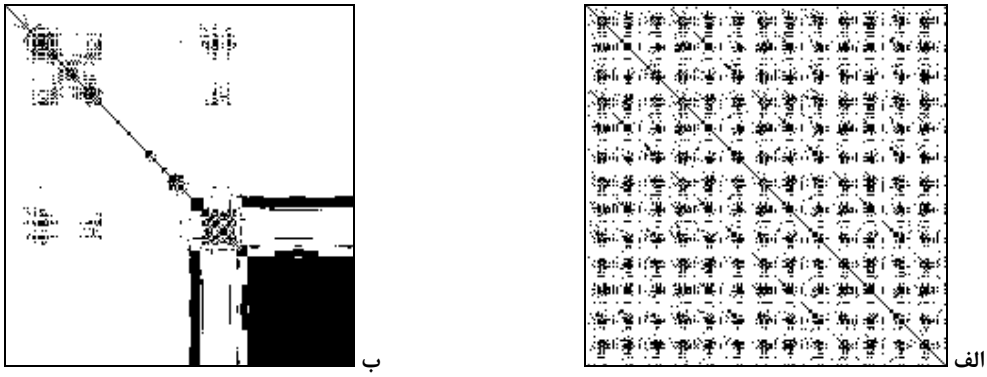
درایه های ماتریس همبستگی همواره دربازه ی [-1,1] می باشد[4]. همانطور که از خاصیت ماتریس های همبستگی مشهود است، مقادیر غیر واقع بر قطر اصلی نشانگر وابستگی بین باندی برای کلاس l می باشد. واضح است که مقادیر نزدیک به 1 و 1- نمایانگر افزایش ارتباط خطی بین باندی می باشد. به همین خاطر می توان قدر مطلق ماتریس همبستگی را به عنوان معیاری بهینه جهت بیان میزان همبستگی خطی (مثبت و یا منفی) بکار برد. در این روش هر یک از ماتریس های قدر مطلق همبستگی به عنوان یک تصویر مربعی با بعدی معادل تعداد باند های تصویر فراطیفی مورد استفاده در نظر گرفته می شود. نمونه ای از این تصاویر برای چند کلاس در شکل (1) را می توان دید.



شکل 1. الف : ماتریس قدر مطلق همبستگی کلاس Water - ب: ماتریس قدر مطلق همبستگی کلاس Vegetation

3-2- آستانه گذاری:

با تولید تصاویر ماتریس های قدر مطلق همبستگی که در قسمت قبل تشریح شد، حد آستانه ای منطقی بر روی هر یک از تصاویر همبستگی اعمال نموده و تصویری باینری برای هر یک از کلاس ها تولید می شود. انتخاب حد آستانه، بیشینه ی همبستگی مجاز بین باندی برای هر کلاس را تعیین می کند. نمونه ای از اعمال حد آستانه ای کمتر از 30 درصد بر روی تصاویر همبستگی را می توان بر روی تصاویر شکل (2) مشاهده نمود.



شکل2. الف : تصویر حاصل از آستانه گذاری کلاس Water - ب: تصویر حاصل از آستانه گذاری کلاس Vegetation

حال پس از این مرحله، به تعداد کلاس های مطلوب تصویر باینری وجود دارد که نهایتا با اعمال اپراتورAND، اشتراک میان تصاویر باینری هر کلاس، منجر به تولید تصویر باینری جدیدی می شود که در آن، جایگاه های مرتبط با مقدار 1 بیانگر جفت باند هایی است که تمامی شروط اشتراکی را شامل می شوند.

3-3- اعمال توابع مورفولوژی بر تصویر حاصل از اشتراک:

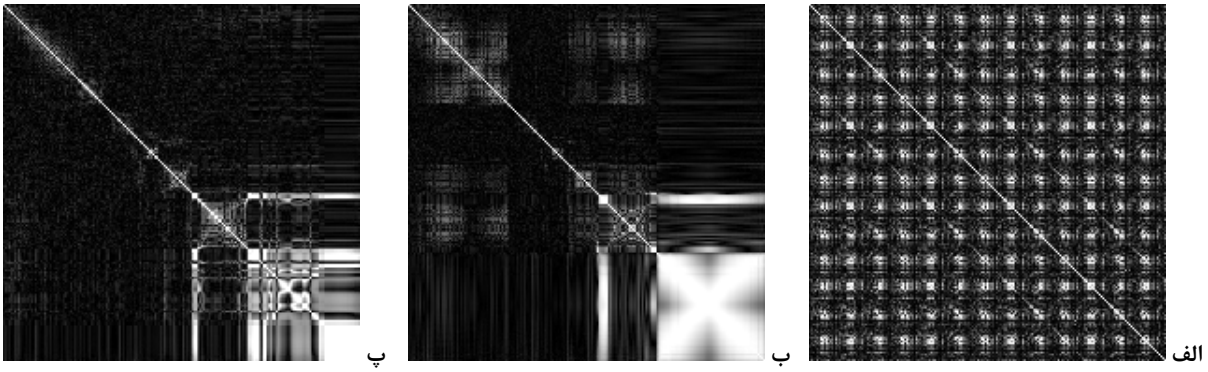
توابع مورفولوژی بر پایه ی استفاده از نظریه ی مجموعه ها در زمینه ی پردازش تصویر می باشند، به این دلیل توابع مورفولوژی روش هایی نسبتا قدرتمند و یکتا درشماری از مسائل پردازش تصویر محسوب می شوند. به طور کلی از توابع مورفولوژی به عنوان ابزاری برای شناسایی مرزها، حذف جزئیات در تصاویر، فیلترینگ و... استفاده می شود[2].

دلیل استفاده کردن **از** توابع مورفولوژی در تصویر باینری حاصل از اشتراک، کاهش هر چه بیشتر تعداد ویژگی ها می باشد و برای این هدف تصمیم به یافتن مرکز ثقل توده های مقادیر 1 در تصویر حاصل از اشتراک، گرفته شد. به همین منظور ابتدا در تصویر باینری حاصله به منظور حذف زبری های موجود، از اپراتور Opening استفاده می گردد. ابعاد المان ساختاری[5] که در این بخش استفاده می شود وابسته به عمق و شکل زبری حاصله در تصویر حاصل از اشتراک است. همانطور که در تعریف ریاضی عملگر Opening قابل اثبات است، تصویر بدست آمده از این عملگر زیر مجموعه ای از تصویر اولیه می باشد و این امر تضمین کننده ی اضافه نشدن مناطق دارای مقدار غیر 1 در تصویر باینری منتج شده می باشد.

در مرحله ی بعدی با استفاده از عملگر مورفولوژیکی فرسایش[6] که سایز المان ساختاری آن به طور تجربی توسط کاربر به منظور حذف توده های کوچک تر تعیین می شود، مناطق بهینه استخراج می گردد. در نهایت شماره ی سطرها و ستون ها متناظر با مقادیر 1 در تصویر نهایی که مؤید شماره ی باندها در تصویر فراطیفی است به عنوان باندهای بهینه انتخاب می گردند.

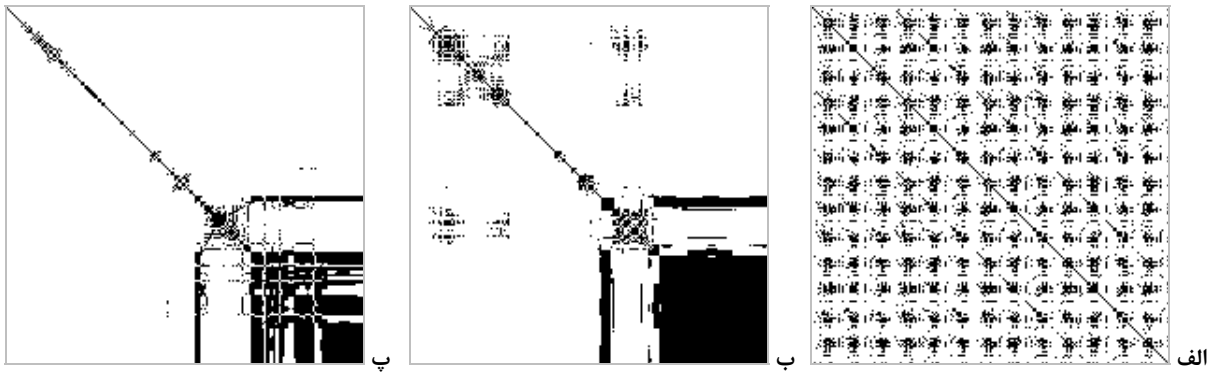
4- اجرای متد پیشنهادی:

به منظور آزمایش متد پیشنهادی یک تصویر فرا طیفی با تعداد 191 باند از منطقه ی .Washington D.C به منظور استخراج سه عارضه ی آب، پوشش گیاهی و سایر عوارض ، مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام این کار سه دسته داده ی آموزشی با تعداد تقریبی 400 پیکسل برای هر کلاس انتخاب گردید. در مرحله ی بعد قدر مطلق تصویر همبستگی با استفاده از روابط (1) و (2) بدست آمد. تصاویر مذبور برای تحلیل بصری در شکل (3) ارائه می گردد.



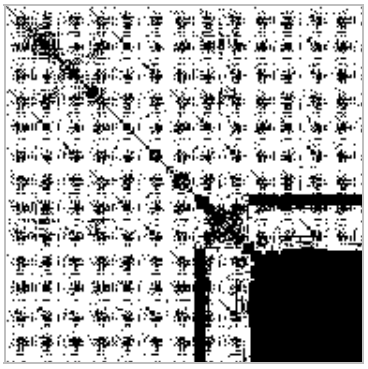
شکل 3. الف : ماتریس قدر مطلق همبستگی کلاس Water - ب: ماتریس قدر مطلق همبستگی کلاس Vegetation – پ : ماتریس قدر مطلق همبستگی کلاس Other

با اعمال حد آستانه ی 0.3 که معادل همبستگی 30 درصد می باشد، هر کدام از تصاویر باینری به شکل زیر تولید شد.



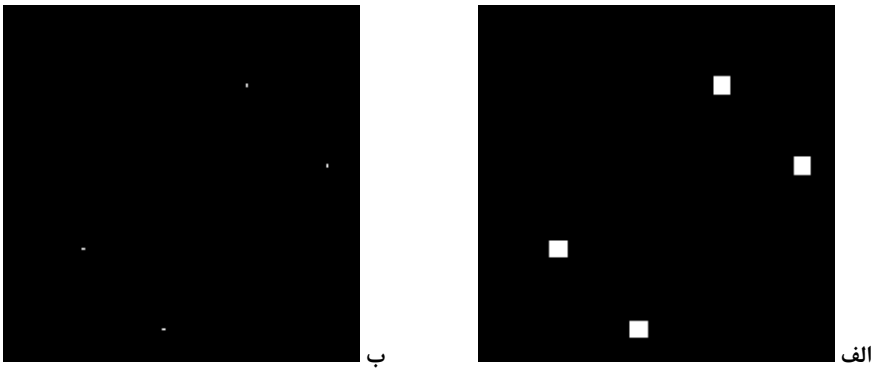
شکل 4. الف : تصویر آستانه سازی شده با مقدار 0.3 کلاس Water - ب: تصویر آستانه سازی شده با مقدار 0.3 کلاس Vegetation – پ : تصویر آستانه سازی شده با مقدار 0.3 کلاس Other

سپس با اشتراک گیری از این تصاویر، تصویر باینری زیر بدست آمد.



شکل 5. تصویر اشتراک گیری شده نهایی

پس از بدست آوردن تصویر اشتراک گیری شده از توابع مورفولوژی استفاده می شود، بدین منظور ابتدا از عملگر Opening برای حذف زبری ها و سپس عملگر Erosion به منظور یافتن مرکز ثقل توده ی باندها بکار می رود که نتایج آن در شکل (6) نشان داده شده است.



الف **ب**

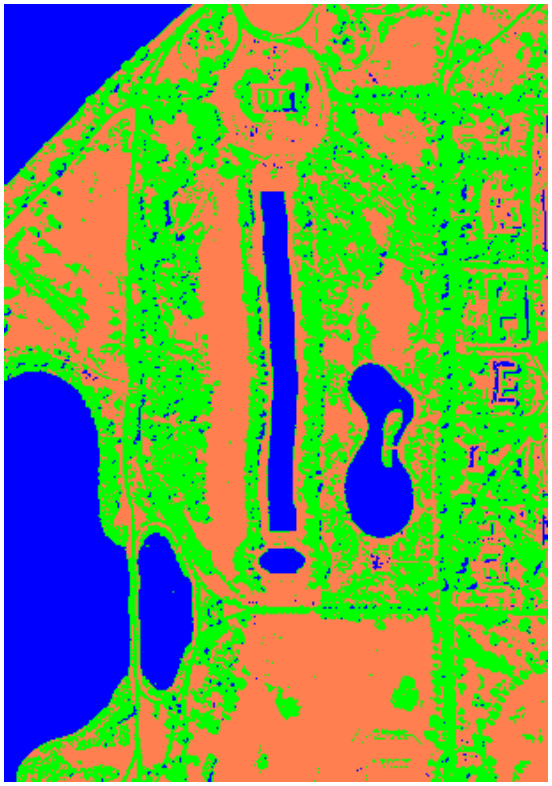
شکل 6. الف : تصویر حاصل از Opening - ب: تصویر حاصل از Erosion

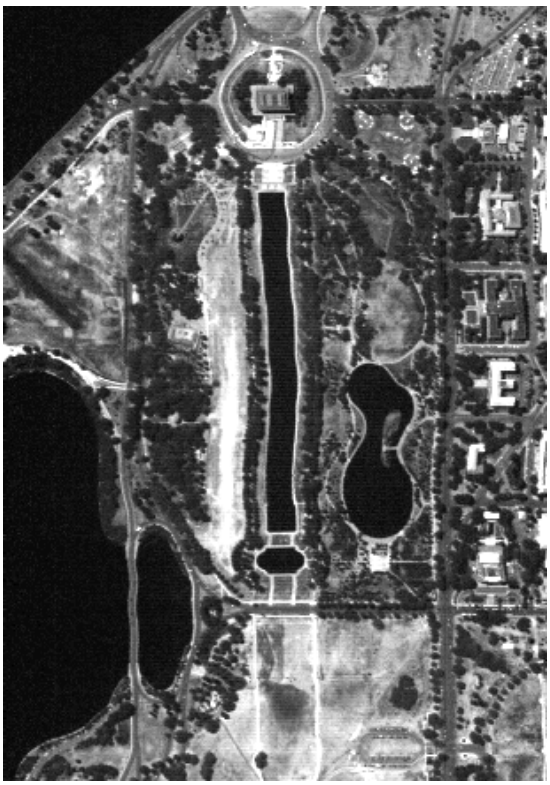
بعد از بدست آوردن تصویر Erosion، باند های بهینه از شماره ی سطر و ستون این تصویر بدست می آید و بوسیله ی آنها طبقه بندی انجام داده می شود.

بعد از یافتن ویژگی های بهینه طی فرایند های مطرح شده باند های44، 86، 131 و 174 استخراج گردیدند، که با استفاده از آنها عملیات طبقه بندی بوسیله ی روش بیشترین شباهت[7] صورت پذیرفت و دقت طبقه بندی با استفاده از ماتریس Confusion و ضریب کاپا در جدول (1) نشان داده شده است:

جدول1. پارامترهای دقت طبقه بندی

دقت کلی	96.88%
ضریب کاپا	95.23%


ب


الف

شکل 7. الف : یک باند از تصویر فراطیفی - ب: تصویر حاصل از طبقه بندی

5- نتیجه‌گیری:

با توجه به نتایج حاصل از دقت طبقه بندی صورت گرفته در مرحله ی گذشته، نشان از کیفیت نسبی این روش در انتخاب ویژگی ها می باشد. ولی بدلیل اینکه فرضیات صورت گرفته بر پایه ی تحلیل های ساده جهت انتخاب ویژگی در این متد موجب کاهش قابلیت های استخراج عوارض خاص و پیچیده می شود، می توان از این روش جهت استخراج ویژگی هایی که تمایز و تفکیک پذیری بیشتری را شامل می شوند، با کاهش حجم وسیعی از محاسبات، اقدام به شناسایی باندهای بهینه نمود. می توان با توسعه ی مبانی تئوریک این متد و استفاده از تکنیک های دیگر نظیر تحلیل های فازی بر دقت این روش انتخاب ویژگی افزود.

6- پیشنهادات:

لرزوم مقایسه ی صحت نتایج طبقه بندی بدست آمده ی این روش با سایر روش های انتخاب ویژگی امری ضروری محسوب می شود.

با توجه به قابلیت ساده ی محاسباتی کشف باند های بهینه طی روش ذکر شده به نظر می رسد که می توان از نگاتیو ماتریس های قدر مطلق همبستگی بعنوان توابع عضویت در تحلیل های فازی جهت استخراج ویژگی بهره جست،

که می تواند مبنایی جهت استخراج ویژگی از تصاویر ابر طیفی با استفاده از تکنیک های فازی باشد، که لزوم ادامه ی مطالعات را در این زمینه نشان می دهد.

از سوی دیگر می توان قابلیت استفاده از تبدیلات آماری همانند PCA بر روی ماتریس قدر مطلق همبستگی را به منظور یافتن باندهای بهینه مورد بررسی قرار داد.

7- پانوشت:

Dimension
Correlation
Prototype Space
Training Data
Structural Element
Erosion
Maximum Likelihood

مراجع:

1. رحیم زادگان، مجید، 1387، استخراج ویژگی بر مبنای کلاس به همراه ترکیب طبقه بندی کننده به منظور طبقه بندی تصاویر فراطیفی، همایش ژئوماتیک 87.
2. Gonzalez, R.C., 2001, *Digital Image Processing*, Prentice Hall,vol. 1, 2nd Edition, 2001, Upper Saddle River N.J. , 793 p.
3. Jensen, J., 2005, Introductory *Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, 2nd Edition, PrenticeHall, Englewood Cliffs.
4. Koch, K., 1997, *Parameter Estimation and Hypothesis Testing in Linear Models*, Springer, vol. 1, 2nd Edition, 1999, Berlin, 333 p.
5. Landgrebe, D., 1993, *FEATURE EXTRACTION AND CLASSIFICATION ALGORITHMS FOR HIGH DIMENSIONAL DATA*, vol. 1, 1st Edition, 1993, West Lafayette, 224 p.
6. Landgrebe, D., 1997, *On Progress Toward Information Extraction Methods for Hyperspectral Data,* Presented at the SPIE 42nd Annual Meeting, San Diego.
7. Richards, J. A., 2006, *Remote Sensing Digital Image Analysis*, Springer, vol. 1, 4st Edition, 2006, Berlin, 439 p.
8. Theodoridis S. and Koutroumbas K., 2006, *Pattern Recognition*, Academic Press, vol. 1, 3rd Edition, 2006, San Diego, 825 p.