

JOURNAL OF SUSTAINABLE REGIONAL & URBAN DEVELOPMENT STUDIES JSRUDS

Volume 1, Issue 2 - Serial Number 2, Winter 2021

ISSN: 2783-0764

Efficiency of Fuzzy Algorithms in Segmentation of Urban Areas with Applying HR-PR Panchromatic Images (Case Study of Qeshm City)

Heeva Elmizadeh ^{1*}, Hadi Mahdipour Hossein-Abad ²

¹ Assistant Professor Department of Marine Geology, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr Marine Science and Technology University, Khorramshahr, Iran

² Electrical Engineering Department, Esfaryen University of Technology, Esfaryen, Esfaryen, Iran

Received Date: 15 November 2020 **Accepted Date:** 21 February 2021

Abstract

The process of urban development is like a fuzzy process; Therefore, fuzzy segmentation and urban space monitoring using HR-PRS panchromatic images is one of the best tools in urban management and planning. In this study, panchromatic images of GeoEye-1 sensor related in the urban area of Qeshm has been used for analyzing the application of operation of the methods of fuzzy segmentation and clustering. Thus, for analyzing the operation of algorithms of FWS, MSA, IDF and CFM and using MATLAB software, 6 qualitative criteria has been described in three spatial categories, radiometric and spatial-radiometric. Using these methods and based on fuzzy characteristics, the input images have been fused and then, with application of fuzzy clustering method, and fusion output, which has a fuzzy nature, Thus, this article appears to study the segmentation of urban area. The result of the research confirms the efficiency of the suggested segmentation methods in terms of recognition of phenomena and man-made and spatial effects and exact exploitation of the information of satellite images. The method of FWS discloses the best performance in terms of segmentation of urban areas. Therefore, according to the research results, the use of clustering algorithms and fuzzy features is a suitable and optimal method for integrating HR-PRS satellite image information from urban area with the aim of segmentation.

Keywords: Fuzzy Segmentation, Remote Sensing, Fuzzy Clustering Algorithm, HR-PRS Panchromatic Images, GeoEye-1 Sensor, Qeshm.

* Corresponding Author: Elmizadeh@kmsu.ac.ir

Cite this article: Elmizadeh, H., Mahdipour Hossein-Abad, H. (2021). Efficiency of Fuzzy Algorithms in Segmentation of Urban Areas with Applying HR-PR Panchromatic Images (Case Study of Qeshm City). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 1(2), 35-47.

کارایی روش‌های فازی در ناحیه‌بندی مناطق شهری با استفاده از تصاویر پنکروماتیک HR-PR (مطالعه موردی: شهر قشم)^۱

هیوا علمیزاده^{۱*}، هادی مهدی پور حسین آباد^۲

۱. استادیار ژئومورفولوژی، گروه زمین شناسی دریایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

۲. استادیار، گروه مهندسی برق، مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی اسفراین، اسفراین، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۵

چکیده

روند توسعه‌ی شهری مانند یک روند فازی است؛ بنابراین ناحیه‌بندی فازی و پایش فضای شهری با استفاده از تصاویر پنکروماتیک HR-PRS، یکی از بهترین ابزارها در مدیریت و برنامه‌ریزی شهری محسوب می‌شود. از این رو در این نوشتار با هدف بررسی کارایی عملکرد روش‌های خوشه‌بندی فازی جهت ناحیه‌بندی در محدوده شهری قشم از تصاویر پنکروماتیک HR-PR سنجنده GeoEye-1 استفاده شده‌است. در این باره جهت بررسی عملکرد الگوریتم‌های FWS، MSA، IDF و CFM با استفاده از نرم‌افزار MATLAB، ۶ معیار کیفی مختلفی در سه دسته مکانی، رادیومتریکی و مکانی-رادیومتریکی تعریف شده‌است. در ادامه با استفاده از این روش‌ها و بر اساس ویژگی‌های فازی به ادغام تصاویر ورودی پرداخته و با استفاده از روش خوشه‌بندی فازی و خروجی ادغام که ماهیتی فازی دارد، به ناحیه‌بندی محدوده‌ی شهری مورد مطالعه اقدام گردید. نتایج پژوهش کارایی روش‌های ناحیه‌بندی پیشنهادی را از منظر تشخیص پدیده‌ها و عوارض مکانی و انسانی و استخراج دقیق اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای تأیید می‌نمایند. در این میان روش FWS بهترین عملکرد را در ناحیه‌بندی مناطق شهری از خود نشان داده‌است. بنابراین، طبق نتایج تحقیق استفاده از الگوریتم‌های خوشه‌بندی و ویژگی‌های فازی یک روش مناسب و بهینه برای تلفیق اطلاعات تصویر ماهواره‌ای HR-PRS از یک منطقه‌ی شهری با هدف ناحیه‌بندی است.

کلید واژه‌ها: ناحیه‌بندی فازی، سنجش از دور، الگوریتم خوشه‌بندی فازی، تصاویر پنکروماتیک HR-PRS، سنجنده GeoEye-1، قشم.

^۱ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی تحت عنوان "کاربرد منطق فازی و پردازش تصویر در بررسی مورفولوژی و فرم‌های هندسی" با حمایت مالی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر انجام شده است.

* نویسنده مسئول: Elmizadeh@kmsu.ac.ir

ارجاع به این مقاله: علمیزاده، هیوا؛ حسین پور مهدی آباد، حسین (۱۳۹۹). کارایی روش‌های فازی در ناحیه‌بندی مناطق شهری با استفاده از تصاویر پنکروماتیک HR-PR (مطالعه موردی: شهر قشم)، نشریه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای، (۲)، ۳۵-۴۷.

مقدمه و بیان مسأله

شهرها به عنوان کانون مدنیت و مرکز فعالیت‌های اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و سیاسی، بیش از نیمی از جمعیت جهان را در خود جای داده‌اند و همواره تحت تأثیر شرایط و عوامل طبیعی و انسانی از درون و برون قرار دارند (کرم و یعقوب‌نژاداصل، ۱۳۹۲: ۲۳۲؛ فیروزی، روستایی، کاملی‌فر، ملکی، ۱۳۹۸: ۴۷۲).

در این میان امروزه رشد سریع جمعیت و توسعه‌ی فیزیکی شهرها و محدودیت منابع طبیعی، چالش‌های بی‌شماری در زمینه‌ی مدیریت شهری مانند تخلیه‌ی روستاها، ایجاد سکونتگاه‌های غیررسمی در پیرامون و تغییرات شکل چشم‌انداز شهری را به وجود آورده که این امر به دلیل به پیچیدگی‌هایی که به دنبال دارد، بی‌توجهی به آن بر مشکلات اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی خواهد افزود (طالشی، ۱۳۹۸: ۱۵۸؛ امان‌اله‌پور، نظم‌فر، غفاری‌گیلانده، ۱۳۹۸: ۷۰؛ حاجی‌زاده وادقانی، کریمی و بالیست، ۱۳۹۷: ۲۲۰). از این رو برای دستیابی به یک روند توسعه‌ی پایدار و برنامه‌ریزی و مدیریت کارآمد شهری ضرورت استفاده از فناوری‌های نوین مانند فناوری سنجش از دور به منظور بهبود برنامه‌ریزی، طراحی، مدیریت، اداره، نگهداری و کاهش هزینه‌های شهری به عنوان یک ضرورت مطرح می‌شود (بونافونی، بالدینلی و وردوچی^۱، ۲۰۱۷: ۲۱۳؛ هو و ژانگ^۲، ۲۰۲۰).

فناوری سنجش از دور طی دهه‌های اخیر رشد قابل ملاحظه‌ای یافته و با تمرکز بر روی الگوهای مناظر و فضای شهری، نقشه برداری و پایش محیطی، به شکل گسترده‌ای به عنوان یک منبع داده‌ای مهم جهت نظارت و ارزیابی منابع، پایش تغییرات کاربری اراضی، تهیه‌ی نقشه‌های کوچک مقیاس در مناطق شهری و تجزیه و تحلیل آنها و بسیاری از کاربردهای دیگر در مدیریت و برنامه‌ریزی شهری مورد استفاده قرار گرفته است (مهاتا، داس و سرکار^۳، ۲۰۲۰؛ گرینیا، پاناگیوتاکیس و زیریاتس^۴، ۲۰۱۶؛ ژی، ژانگ، لیو و وانگ^۵، ۲۰۱۶). از این رو داده‌های ماهواره‌ای به عنوان یک ابزار مهم جهت تصمیم‌گیری توسط مدیران شهری در زمینه‌ی کاربردهای توسعه‌ی پایدار و برنامه‌ریزی شهری دارای جایگاه ویژه‌ای است. این جایگاه را به دلیل داده کاوی و فناوری پردازش تصویر پیشرفته، عملیات خودکار استخراج عوارض^۶ و طبقه‌بندی تصاویر بارزسازی شده‌ی پانکروماتیک، تصویر برداری چند زمانه و در طیف‌های متعدد، قابلیت دریافت اطلاعات در شرایط متفاوت اقلیمی، افزایش قدرت تفکیک مکانی و زمانی، بهره برداری و دسترسی راحت به داده‌ها، صرفه جویی در وقت، افزایش دقت و سرعت، کاهش هزینه‌ها در مقایسه با روش‌های سنتی بدست آورده است (میانو، شی، سمت، لیسینی و گامبا^۷، ۲۰۱۶؛ ژانگ، جیانگ، ژانگ و چنگ^۸، ۲۰۱۸؛ دو، لیو، ژانگ و ژانگ^۹، ۲۰۲۰).

در برنامه‌ریزی جامع و یکپارچه مناطق شهری، پردازش‌های زمانی و مکانی بر پایه تصاویر سنجش از دور با قدرت تفکیک مکانی بالا (HR-PRS)، یکی از کارهای اساسی و پایه در بررسی‌ها و تحلیل شرایط طبیعی شهرها، تعیین مسیرهای توسعه‌ی شهری در آینده، توزیع منابع و طرح ریزی جغرافیایی شهرها، ساماندهی توسعه‌ی سیستم فضای سبز، شبکه راه‌ها، پایش محیطی و دیگر جنبه‌های مطالعات شهری و فرآیند برنامه‌ریزی شهری می‌باشد که نقش مهمی را در شناسایی و مطالعه نحوه تغییرات ساختارها و الگوها در سال‌ها و زمان‌های مختلف و همچنین فرآیندهای برنامه

¹ Bonafoni, Baldinelli & Verducci

² Hu & Zhang

³ Mahata, Das & Sarkar

⁴ Grinias, Panagiotakis & Tziritas

⁵ Xie, Zhang, Liu, & Wang

^۶ تمامی عارضه‌ها و پدیده‌های شهری مانند بخش‌های مسکونی، خدماتی، صنعتی، تجاری، شبکه‌های ارتباطی و فضای سبز بر روی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از معیارهای مخصوص خود قابل شناسایی هستند و اطلاعات بسیار زیاد و بارزشی درباره موقعیت، بافت و اندازه‌ی هر کدام از پدیده‌های شهری استخراج می‌گردد.

⁷ Miao, Shi, Samat, Lisini & Gamba

⁸ Zhang, Jiang, Zhang & Cheng

⁹ Du, Liu, Zhang & Zheng

ریزی شهری برای حال و آینده ایفاء می‌نمایند. در این رابطه محاسبات تئوری مجموعه‌های فازی بر منطق فازی (چندارزشی) استوار بوده و یکی از ابزارهای بسیار مفید و کارآمدی است که به‌عنوان نظریه‌ای ریاضی برای ارزیابی، پیش‌بینی و مدل‌سازی ریاضی، ابهام و عدم دقت موجود در فرآیندهای شناختی انسانی و مسائل پیچیده روز به‌شمار می‌رود (کرم و یعقوب‌نژاداصل، ۱۳۹۲: ۲۳۳). این تئوری که اساساً به‌منظور اقدام در شرایط ابهام ارائه گردیده است، با راه‌حل‌های دقیق، ابزارهای علمی فراهم می‌آورد که امکان شبیه‌سازی پویایی یک سیستم را بدون نیاز به توصیفات ریاضیاتی مفصل و با استفاده از داده‌های کیفی و کمی پدید می‌آورد (حاجی‌زاده وادقانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۲۱) و می‌توان به‌وسیله آن‌ها نحوه‌ی استدلال و تصمیم‌گیری انسانی را صورت‌بندی ریاضی بخشید و از الگوهای ریاضی به-دست آمده در زمینه‌های گوناگون علوم و تکنولوژی استفاده نمود (کرم و همکاران، ۱۳۹۵: ۷۱). در این میان روند توسعه‌ی شهری مانند یک روند فازی می‌باشد که دو بعد فضایی و زمانی را در بر دارد.

در بعد فضایی، بین مناطق شهری مرز مشخصی وجود ندارد و در بعد زمانی، توسعه‌ی شهری یک فرآیند مداومی است که از یک منحنی لجستیک با روند کلی پیروی می‌کند (حاجی‌زاده وادقانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۲۰). بنابراین ناحیه‌بندی و پایش تغییرات فضای شهری با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و تصاویر پنکروماتیک با توان تفکیک مکانی بالا (HR-PRS)، یکی از مهم‌ترین موارد و بهترین ابزارها جهت پایش تغییرات محیطی و استخراج کاربری اراضی در مدیریت و برنامه‌ریزی شهری محسوب می‌شود. از این رو در این نوشتار با هدف بررسی کارایی عملکرد روش‌های خوشه‌بندی فازی جهت ناحیه‌بندی در محدوده شهری قشم از تصاویر پنکروماتیک HR-PR سنجنده GeoEye-1 استفاده شده‌است.

پیشینه پژوهش

در خصوص اعمال روش‌های ناحیه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و خوشه‌بندی فازی پژوهش‌هایی صورت گرفته از جمله؛ آواد، چدی و نصری^۱ (۲۰۰۹) از ترکیب FCM و الگوریتم ژنتیک بهبود یافته HDGA^۲ جهت ناحیه‌بندی تصاویر Landsat ETM+ و IKONOS-2 استفاده کردند. آنها جهت اختصاص هر پیکسل به خوشه‌های مختلف از FCM و برای یافتن تعداد خوشه‌های بهینه و مراکز خوشه‌ها از HDGA استفاده نمودند. نتایج مقایسه با داده‌ی معتبر زمینی حاکی از دقت ناحیه‌بندی استفاده شده داشت.

حسن‌زاده و کسایی (۲۰۱۰) با استفاده از روش SW-FCM^۳ ایده اتصال عضویت^۴ را به منظور استفاده از روابط مکانی محلی^۵ و کلی^۶ پیکسل‌ها جهت خوشه‌بندی فازی تصاویر Landsat-7 مطرح نمودند. نتایج نشان داد که این روش قابلیت تشخیص نواحی کوچک تصویر و دقت ناحیه‌بندی بالایی دارد.

داس و سیل^۷ (۲۰۱۰) جهت ناحیه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای IRS از رابطه درجه‌ی عضویت FCM و الگوریتم IDE^۸ استفاده نمودند. نتایج ناحیه‌بندی نشان داد که استفاده از حالت کرنل باعث افزایش دقت ناحیه‌بندی می‌شود.

¹ Awad, Chehdi, and Nasri

² Hybrid Dynamic GA

³ Size Weigthed FCM

⁴ Membership-Connectedness

⁵ Local

⁶ Global

⁷ Das and Sil

⁸ Improved Differential Evolution

میترا و کاندو^۱ (۲۰۱۱) از الگوریتم تعمیم یافته FCM با نام SCM^۲ برای خوشه‌بندی سریع حجم وسیع داده ورودی و همچنین مدل نمودن همپوشانی ناحیه‌های مختلف بر روی تصاویر ماهواره‌های IRS-1A و SPOT اعمال نمودند و نشان دادند که در شناسایی خوشه‌ها با انواع شکل، اندازه و چگالی و نیز دقت در ناحیه‌بندی به خوبی عمل می‌نماید.

یو، هی، هو و ژو^۳ (۲۰۱۴) با اعمال FCM بر روی اعداد دوره‌ای برای هر پیکسل به ناحیه‌بندی تصاویر چند طیفی SPOT-5 پرداختند. آنها با استفاده از همسایگی‌های هر پیکسل مقادیر حداقل و حداکثر برای اعداد دوره‌ای مربوط به آن را به دست آوردند و نتایج قابل قبولی حاصل نمودند.

محمودی، صمدزادگان و رینارتز (۲۰۱۵) با استفاده از ویژگی‌های طیفی، بافتی و ساختاری جهت ناحیه‌بندی و شناسایی هدف^۴ تصاویر پنکروماتیک نشان دادند که بردار ویژگی باید دارای بیش از یک بعد و اطلاعات ورودی دارای عمق باشد تا نتایج خوبی حاصل نماید.

از پژوهش‌های دیگر در این زمینه می‌توان به خوشه‌بندی فازی تصاویر رادار (جائو و وانگ^۵، ۲۰۱۵)؛ جزیره حرارتی شهری (پان^۶، ۲۰۱۵)؛ خوشه‌بندی فازی برای تصاویر فراطیفی (قمیسی و همکاران، ۲۰۱۵)؛ خوشه‌بندی فازی طوفان‌های گرد و غبار ایران (زینلی و اصغری، ۲۰۱۶)؛ الگوریتم خوشه‌بندی فازی جهت مطالعه زمین‌شناسی سنگ‌ها (فنگ، لیانگ‌شو، جون‌ژی، گویلینگ، ژی‌پنگ^۷، ۲۰۱۷)؛ تخمین زیست توده بالای زمین شهری (ویلکس، دیزنی، ویکاری، کالدرس و بورت^۸، ۲۰۱۸)؛ خوشه‌بندی فازی خودکار طیفی- فضایی برای تصاویر چندطیفی (وان ژنگ و ما^۹، ۲۰۱۹) و الگوریتم خوشه‌بندی فازی همراه با آنتروپی تصاویر چند طیفی (ژو، چن، لی، ژانگ، یانگ، ژائو و وو^{۱۰}، ۲۰۱۹) اشاره نمود.

روش پژوهش

در این پژوهش جهت ناحیه‌بندی و خوشه‌بندی فازی مناطق شهری بخش جنوبی قشم از تصاویر پنکروماتیک سنجنده GeoEye با قدرت تفکیک مکانی ۰/۵ متر استفاده گردید^{۱۱} (شکل ۱). در این رابطه پس از پیش‌پردازش‌های رادیومتریک و هندسی، تصاویر پنکروماتیک HR-PRS منطقه مطالعاتی با روش‌های FWS، MSA، IDF و CFM (شکل ۲) در نرم‌افزار MATLAB، ناحیه‌بندی فازی صورت گرفت.

¹ Mitra and Kundu

² Shadowed C-Means

³ Yu, He, Hu and Zhou

⁴ Object Recognition

⁵ Gao & Wang

⁶ Pan

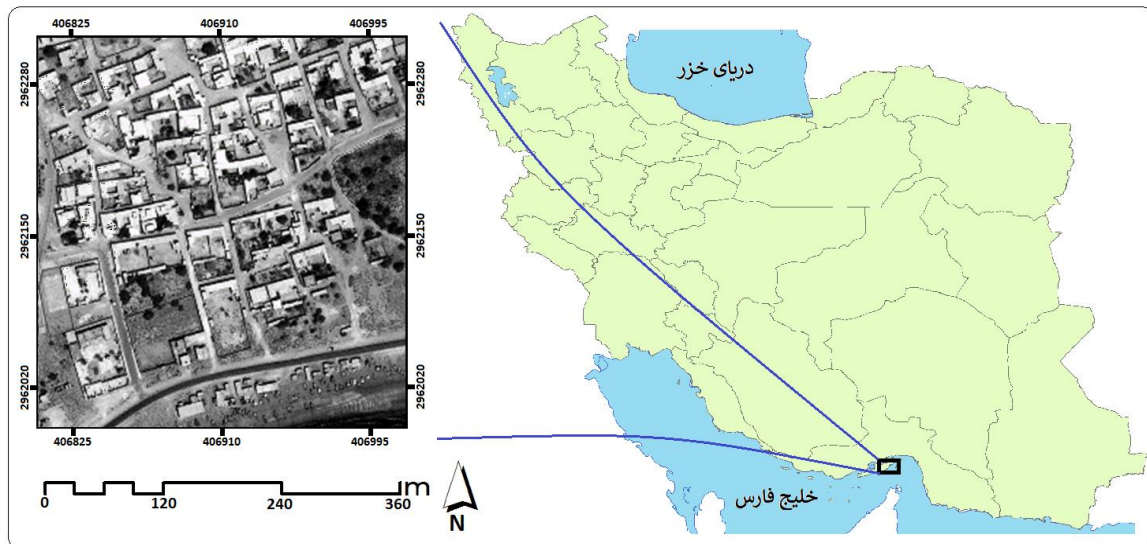
⁷ Fang, Liang-shu, Jun-jie, Gui-ling & Xi-ping

⁸ Wilkes, Disney, Vicari, Calders, & Burt

⁹ Wan, Zhong & Ma

¹⁰ Xu, Chen, Li, Zhang, Yang, Zhao, Wu

¹¹ سنجنده GeoEye با ارتفاع ۶۸۱ کیلومتر تصاویر ماهواره‌ای را با توان تفکیک مکانی ۰/۴۱ متر در باند پنکروماتیک و ۱/۶۵ متر در باندهای چندطیفی در نواری به عرض ۱۵/۲ کیلومتر بر روی زمین دریافت می‌کند (رجبی و مومنی، ۱۳۹۴).



شکل ۱: محدوده مورد مطالعه

جدول ۱: روش‌های ناحیه‌بندی فازی مورد بررسی

ردیف	روش ناحیه‌بندی	مراجع	توضیحات
۱	Classical Fusion Method and FCM (CFM)	(نعیمی، نیازمردی، نمین، صمدزادگان و همایونی، ۲۰۱۳؛ ژنگ، کائو، لی و بندیکتسن ^۱ ، ۲۰۱۹)	یک روش ناحیه‌بندی چندتصویری مبتنی بر روش‌های ادغام معمول (در سطح پیکسل) و FCM می‌باشد.
۲	Mean-Shift Algorithm (MSA)	(مینگ، سی، کای، لی، کیائو و دو ^۲ ، ۲۰۱۲؛ بایرام، دمیر، آکپینار، اوی، اردموگتل و سکر ^۳ ، ۲۰۱۸)	از روش‌های بسیار مرسوم در ناحیه‌بندی انواع تصاویر، بخصوص تصاویر پنکروماتیک می‌باشد.
۳	Interval-valued Data Fuzzy c-means (IDF)	(یو، هی، هو و ژو ^۴ ، ۲۰۱۴؛ فوریا ^۵ ، ۲۰۱۵)	از جدیدترین روش‌های ارائه شده که به استخراج ویژگی فازی از تصویر ورودی پرداخته و با استفاده از مدل نمودن ویژگی فازی با اعداد دوره‌ای به ناحیه‌بندی آن با استفاده از FCM می‌پردازد.
۴	Fuzzy Watershed Segmentation (FWS)	(کارلیر، دبیر و ولف ^۶ ، ۲۰۰۵؛ یو، ژو، فنگ و هی ^۶ ، ۲۰۱۵)	از روش‌های بسیار مرسوم در ناحیه‌بندی انواع تصاویر، بخصوص تصاویر پنکروماتیک می‌باشد.

¹ Cao, Lv, Benediktsson

² Ming, Ci, Cai, Li, Qiao and Du

³ Bayram, Demir, Akpınar, Oy, Erdem, Vögtle, Seker

⁴ Fourie

⁵ Carleer, Debeir, & Wolff

⁶ Yu, Xu, Feng & He

در این راستا با استفاده از این روش‌ها و بر اساس ویژگی‌های فازی به ادغام تصاویر ورودی پرداخته و با استفاده از خوشه‌بندی فازی و خروجی ادغام که ماهیتی فازی دارد، به ناحیه‌بندی محدوده‌ی شهری مورد مطالعه اقدام گردید. در این رابطه از فرآیند ادغام^۱ تصاویر پنکروماتیک و خروجی آن به عنوان یک خروجی میانی جهت ناحیه‌بندی شهری و استفاده‌ی بهینه از حجم وسیع داده و همچنین رسیدن به اطلاعات پیچیده، مفید و با دقت بالا استفاده شده‌است. ادغام تصاویر ماهواره‌ای HR-PRS شهر قشم به منظور ناحیه‌بندی فازی که با استفاده از روش‌های پیشنهادی در این پژوهش صورت می‌پذیرد از نوع ادغام اطلاعات یک یا چند سنسور مشابه می‌باشد که در آن ماهیت اطلاعات در طول زمان ثابت است (مهدی‌پور، ۱۳۹۴: ۳۷).

در روش‌های ناحیه‌بندی پیشنهادی، جهت بهبود عملکرد از ویژگی‌های رادیومتریکی و بافتی و همچنین از روش‌های خوشه‌بندی فازی و انواع اعداد فازی با توابع عضویت مختلف نیز برای ورودی و تخصیص درجه تعلق فازی به پیکسل‌ها جهت مدل نمودن عدم قطعیت مکانی استفاده شده است.

در روش‌های مورد مطالعه، مدل عدم قطعیت جهت اعداد ورودی و خوشه‌بندی فازی در نظر گرفته شده که هر یک ویژگی خاصی را به روش خوشه‌بندی خواهند بخشید.

در الگوریتم‌های خوشه‌بندی فازی ارائه شده این پژوهش، برای حالت‌هایی که درجه عضویت نیز ماهیتی فازی داشته باشد، متریک به کار گرفته شده مقدار فازی را دارا می‌باشد. در این رابطه مقادیر DN یا ویژگی‌های رادیومتریکی تصاویر پنکروماتیک GeoEye به همراه ویژگی‌های کنتراست، آنتروپی، انرژی و همگنی به دست آمده از ماتریس^۲ GLCM و ویژگی‌های به دست آمده بر پایه انرژی بافت لاوز^۳ از تصاویر پنکروماتیک مورد مطالعه استخراج شده و جهت استفاده از اطلاعات مکانی و رسیدن به نتایج بهتر ناحیه‌بندی پردازش گردید (لاوز، ۱۹۸۰). این ویژگی‌ها لبه‌ها، میانگین وزن‌دار، تک‌نقطه‌ها و موج‌ها را در دو بعد نمایش می‌دهند. بلوک دیاگرام روش‌های پیشنهادی در (شکل نمایش داده شده است).

در این پژوهش الگوریتم‌های خوشه‌بندی برای خوشه‌های مختلف چندین بار (از C_{min} تا C_{max}) صورت گرفته و در مرحله پردازش با ارزیابی خروجی خوشه‌بندی، تعداد نواحی تصویر (\hat{C}) با استفاده از شاخص XB مشخص و خوشه‌بندی می‌گردد و هر پیکسل به خوشه‌ای اختصاص می‌یابد که بیش‌ترین تعلق را به آن دارد. در ادامه با اعمال Defuzzification و برچسب‌زنی به هر پیکسل بر اساس اندازه‌ی مرکز خوشه‌ای که به آن تعلق دارد^۴، تصویر ناحیه‌بندی شده به دست می‌آید که در آن مرز بین نواحی کاملاً مشخص می‌باشد.

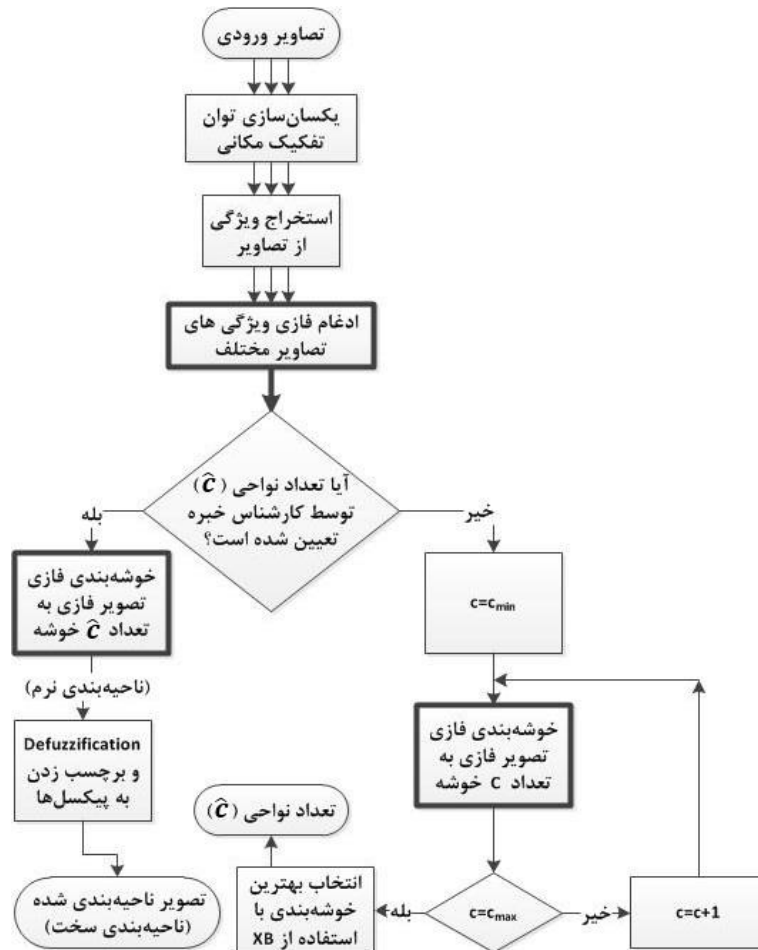
در نهایت روش‌های خوشه‌بندی مورد مطالعه که دارای پارامترهای فازی هستند، بر روی تصاویر ورودی اعمال شده و نتایج آن مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

^۱ Fusion

^۲ Gray-Level Co-Occurrence Matrix

^۳ لاوز یک روش استخراج انرژی بافت را پیشنهاد نمود که میزان تغییرات در یک پنجره ثابت را اندازه‌گیری می‌کند. او با استفاده از کانولوشن با ۹ ماسک ۵*۵ به محاسبه انرژی بافت پرداخت که در نتیجه به ازای هر پیکسل ۹ ویژگی بافت حاصل نمود.

^۴ یعنی پیکسل‌های متعلق به خوشه با کوچکترین اندازه مرکز، برچسب ۱ دارند؛ به همین ترتیب تا اینکه پیکسل‌های متعلق به خوشه با بزرگترین اندازه مرکز برچسب \hat{C} خواهند داشت.



شکل ۲: بلوک دیاگرام روش‌های پیشنهادی برای ناحیه‌بندی مقاوم تصاویر HR-PRS

تجزیه و تحلیل داده‌ها

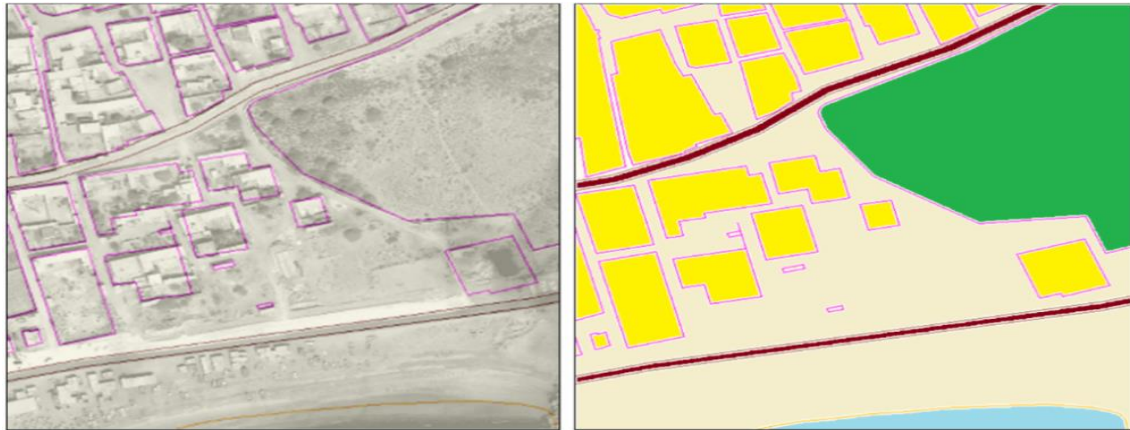
جهت بررسی عملکرد الگوریتم‌های FWS، MSA، IDF و CFM در محدوده شهری مورد مطالعه، ۶ معیار کیفی مختلفی در سه دسته مکانی^۱، رادیومتریک^۲ و مکانی-رادیومتریک تعریف شده است (شکل ۳). معیار ۱: در این معیار، فرم و ساختار جاده‌های اصلی محدوده مطالعاتی ملاک سنجش و ارزیابی می‌باشد. در این معیار که از دسته ارزیابی مکانی می‌باشد، تشخیص و تمایز صحیح لبه‌های جاده از محیط پیرامونش مد نظر است. معیار ۲: در این معیار، همگنی و یکنواختی بافت درون مرز جاده‌های اصلی ملاک سنجش و ارزیابی می‌باشد و از نوع ارزیابی رادیومتریک است. معیار ۳: در این معیار ملاک سنجش و ارزیابی ناحیه‌بندی دقیق سقف منازل می‌باشد که باید به صورت چندضلعی سفید ناحیه‌بندی گردند. در این معیار ارزیابی از نوع مکانی-رادیومتریک است.

¹ Spatial

² Radiometric

معیار ۴: در این معیار ملاک سنجش و ارزیابی، تشخیص و تمایز صحیح پوشش گیاهی و درختان درون باغ می‌باشد که از نوع ارزیابی رادیومتریکی است.

معیار ۵: در این معیار ناحیه‌بندی دقیق دریا و تمایز آن از قسمت‌های خشکی منطقه ملاک سنجش است به طوری که دریا به ساحل گسترش نیابد و از نوع ارزیابی رادیومتریکی می‌باشد.



شکل ۳: جاده اصلی و جاده فرعی (با رنگ قهوه‌ای)، ناحیه مربوط به دریا (رنگ آبی)، سقف خانه‌ها با ساختار هندسی (رنگ زرد)، فضای سبز با تک درختان (رنگ سبز) در محدوده مطالعاتی که در معیارهای کیفی تعریف شده مد نظر می‌باشند.

معیار ۶: در این معیار ملاک سنجش و ارزیابی، مشخص نمودن خط ساحلی نرم (بدون تغییرات تند و اعوجاج) می‌باشد که از نوع ارزیابی مکانی می‌باشد.

نتایج ناحیه‌بندی فازی محدوده‌ی شهری مطالعه با روش‌های پیشنهادی مورد بررسی در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌گونه که در تصویر (شکل ۴) مشاهده می‌شود روش FWS بهترین عملکرد را در ناحیه‌بندی از خود نشان داده است و در تقسیم‌بندی پیکسل‌های تصاویر پنکروماتیک مورد بررسی با استفاده از ناحیه‌بندی FWS مرزهای تصویر به خوبی آشکار می‌شوند. در نتیجه در تشخیص پدیده‌های انسانی و مکانی و شناسایی خوشه‌ها با شکل، اندازه و چگالی مختلف دقت خوبی دارد (کارانزالوس و آرجیالیاس^۱، ۲۰۰۶؛ سنسون، زنی و اسپوزیتو^۲، ۲۰۱۲؛ وان، ژنگ و ما^۳، ۲۰۱۹). این الگوریتم مرزهای اصلی را به خوبی تشخیص و مرزهای اضافی را حذف می‌کند. اوج تفاوت عملکرد این روش با سایر روش‌ها در معیار ۶ می‌باشد که آشکارسازی ساحل را بهتر از سایر روش‌ها به درستی انجام داده است. با وجود این‌که میانگین عملکرد روش FWS در معیارهای مورد ارزیابی بسیار بهتر از میانگین عملکرد روش‌ها است، اما عمده ایراد این روش در مقایسه با سایر روش‌ها مربوط به معیار ۳ و عدم ناحیه‌بندی دقیق چندضلعی‌های سقف منازل (در معیار ۳) می‌باشد؛ که می‌تواند به دلیل حساسیت بالای این روش نسبت به نویز باشد. در مقابل روش CFM تا حدودی در ایراد یاد شده برای روش FWS عملکرد خوبی را از خود نشان داده است؛ هرچند در معیارهای دیگر به خوبی این روش کار نکرده است. در این میان روش IDF نیز در زمینه‌ی تشخیص بافت سکونت‌گاه‌های و سقف منازل دارای بهترین عملکرد نسبت به سایر روش‌های ناحیه‌بندی می‌باشند. به طور کلی این روش برای ناحیه‌بندی

¹ Karantzalos & Argialas

² Sansone, Zeni, & Esposito

³ Wan, Zhong & Ma

فازی و استخراج دقیق داده‌ها از تصاویر ماهواره‌ای HR-PRS کارایی و دقت خوبی نشان می‌دهد (بن‌صالح، میتیچ و بن‌آود^۱، ۲۰۱۰؛ مینگ، سی، کای، لی، کیائو و دو^۲، ۲۰۱۲).



شکل ۴: نتایج ناحیه‌بندی فازی روش‌های مورد مطالعه در منطقه مطالعاتی:
الف (IDF)، ب (FWS)، ج (MSA)، د (CFM)

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بررسی نتایج الگوریتم‌های خوشه‌بندی و ویژگی‌های فازی مورد بررسی، کارایی روش‌های ناحیه‌بندی پیشنهادی را از منظر تشخیص پدیده‌ها و عوارض مکانی و انسانی و استخراج دقیق اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای محدوده‌ی شهری مورد مطالعه تأیید می‌نمایند. این نتایج مبین این واقعیت است که با استفاده از روش‌های ناحیه‌بندی و معیارهای پیشنهادی در این پژوهش، می‌توان الگوهای مناظر و فضاهای مناطق سکونتگاهی شهر قشم را با دقت بالا جهت برنامه

¹ Ben Salah, Mitiche & Ben Ayed

² Ming, Ci, Cai, Li, Qiao & Du

ریزی و مدیریت شهری شناسایی و پایش نمود؛ چرا که با اجرای مدل فازی و بر پایه شواهد میدانی و مقایسه نتایج حاصله با واقعیت‌های موجود مطابقت می‌کند.

از این رو این نتایج می‌تواند به‌عنوان روش کاربردی و بهینه جهت ادغام فازی داده‌های تصاویر ماهواره‌ای HR-PRS از منطقه شهری با هدف ناحیه‌بندی و الگویی جهت برنامه‌ریزی و مدیریت اصولی و منطبق با معیارهای توسعه‌ی همراستا با محیط زیست مورد استفاده قرار گیرد. هر چند در این رابطه نمی‌توان یک الگوریتم را از تمامی جهات و در همه شاخص‌ها به عنوان بهترین روش معرفی نمود، بلکه بسته به آشکارسازی هدف و کاربرد مورد نظر باید دید کدام الگوریتم می‌تواند بهترین عملکرد را داشته باشد. در این رابطه می‌توان با تلفیق الگوریتم‌های مورد بررسی در پژوهش‌های آتی و استفاده از اعداد فازی نرمال و روش خوشه‌بندی GG-FCM با پارامترهای فازی به یک روش کارا و مناسب در انواع مناطق جغرافیایی رسید.

می‌توان گفت در ادغام اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای، اعداد فازی نوع نرمال بهترین نوع اعداد جهت استفاده در ناحیه‌بندی منطقه با استفاده از تصاویر HR-PRS می‌باشند و استفاده از اعداد فازی در حالت کلی می‌تواند ما را به نتایج بهتری در ناحیه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای برساند. همچنین با توجه به ویژگی‌های مطلوب الگوریتم‌های خوشه‌بندی فازی از جمله مقاومت در برابر نویز و داده‌های دور افتاده، استفاده از ویژگی‌های فازی نوع نرمال (گوسی) و الگوریتم‌های خوشه‌بندی فازی مبتنی بر روش خوشه‌بندی Fuzzy C-Means (FCM) از بهترین ویژگی‌ها جهت ناحیه‌بندی مناطق شهری می‌باشند.

با به کارگیری انواع اعداد فازی و متریک‌های موجود برای هر عدد فازی که هر کدام ویژگی متفاوتی را به خروجی ناحیه‌بندی فضای شهری خواهند داد و نیز با فازی سازی درجه عضویت و پارامترهای فاصله و هر دو با یکدیگر، می‌توان عملکرد بهینه و مطلوبی جهت خوشه‌بندی مقاوم‌تر فازی داشته باشیم؛ چرا که با توجه به وجود ابهام در اعداد ورودی، بهتر است سایر پارامترهای مؤثر در خوشه‌بندی نیز فازی بوده و ابهام داشته باشند.

پیشنهادها و کارهای آینده

با توجه به این که در این پژوهش از تصاویر پنکروماتیک جهت ناحیه‌بندی استفاده گردید، الگوریتم‌های پیشنهادی را می‌توان بر روی تصاویر چند طیفی و ابر طیفی نیز اعمال نمود. همچنین جهت آشکارسازی مرز بین نواحی و نحوه گذر از یک ناحیه به ناحیه دیگر از آنتروپی مقادیر درجه عضویت پیکسل‌ها نیز می‌توان استفاده نمود.

سپاسگزاری

«از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر بخاطر حمایت مالی با شماره قرارداد ۱۶۰ از محل اعتبارات ویژه پژوهشی دانشگاه این طرح تشکر و سپاسگزاری می‌کنم.»

منابع و مأخذ

امان‌اله‌پور، انور، نظم‌فر، حسین، غفاری‌گیلانده، عطا، (۱۳۹۸)، ارزیابی توان اکولوژیکی توسعه‌ی شهری با استفاده از روش ANP و منطق فازی در GIS (مطالعه‌ی موردی: شهر جدید بهارستان، اصفهان)، فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، دوره‌ی ۱۴، شماره‌ی ۱ (پیاپی ۴۶)، صص ۷۴-۵۵.

حاجی‌زاده وادقانی، بهاره، کریمی، سعید، بالیست، جهانبخش، (۱۳۹۷)، مکان‌یابی توسعه‌ی شهری با منطق فازی و ترکیب خطی‌وزنی و تکنیک تصمیم‌گیری فرایند تحلیل شبکه‌ای مطالعه‌ی موردی: شهرستان کاشان، فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره‌ی ۲۷، شماره‌ی ۱۰۵، صص ۲۳۲-۲۱۹.

طالشی، مصطفی. (۱۳۹۸). سیاست تمرکزگرایی و ناپایداری نظام سکونت‌گاهی در پیرامون کلان‌شهر تهران، فصلنامه‌ی اقتصاد فضا و توسعه‌ی روستایی، سال ۸، شماره‌ی ۲، پیاپی ۲۸، صص ۱۵۷-۱۸۲.

فیروزی، محمدعلی؛ روستایی، شهرپور؛ کاملی‌فر، محمدجواد و ملکی، سعید. (۱۳۹۸). تحلیل مؤلفه‌های تبیین‌کننده‌ی حکمروایی شهری دانش‌بنیان (مطالعه‌ی ای در کلان‌شهر تبریز)، فصلنامه‌ی پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، دوره‌ی ۳، شماره‌ی ۷، صص ۴۷۱-۴۸۹.

کرم، امیر و یعقوب‌نژاداصل، نازیلا. (۱۳۹۲). کاربرد منطق فازی در ارزیابی تناسب زمین برای توسعه‌ی کالبدی شهر، جغرافیا (فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران)، سال یازدهم، شماره‌ی ۳۶، بهار ۱۳۹۲، صص ۲۴۹-۲۳۱.

کرم، امیر، صفاکیش، فیده، کیانی، طیبه، (۱۳۹۵). کاربرد مدل فازی در برنامه‌ریزی کاربری زمین جهت توسعه‌ی شهری با هدف حفاظت از اکوسیستم طبیعی (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی حفاظت‌شده‌ی بختگان)، فصلنامه‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۷، پیاپی ۶۱، شماره‌ی ۱، صص ۸۸-۶۹.

مهدی‌پور، هادی (۱۳۹۴). ناحیه‌بندی مقاوم به نویز چند تصویری در تصاویر ماهواره‌ای پنکروماتیک. رساله‌ی دکتری برق-مخابرات، دانشگاه فردوسی مشهد.

Awad, M., Chehdi, K. and Nasri, A. (2009). Multi-component image segmentation using a hybrid dynamic genetic algorithm and fuzzy C-means, *IET Image Processing*, vol. 3, pp. 52-62.

Bayram. B., Demir. N., Akpınar. B., Oy. S., Erdem. F., Vögtle. T., Seker. D. Z. (2018). Effect of Different Segmentation Methods Using Optical Satellite Imagery to Estimate Fuzzy Clustering Parameters for SENTINEL-1A SAR Images, *International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, Vol. XLII-1, pp.39-43

Ben Salah. M, Mitiche. A, and Ben Ayed. I. (2010) Effective level set image segmentation with a kernel induced data term, *Image Processing, IEEE Transactions on*, vol. 19, pp. 220-232.

Bonafoni, S., Baldinelli, G., & Verducci, P. (2017). Sustainable strategies for smart cities: Analysis of the town development effect on surface urban heat island through remote sensing methodologies. *Sustainable Cities and Society*, 29, 211–218. doi:10.1016/j.scs.2016.11.005

Carleer, A., Debeir, O, & Wolff, E. (2005). Assessment of very high spatial resolution satellite image segmentations, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 71, pp. 1285-1294, 2005.

Das, S. and Sil, S. (2010). Kernel-induced fuzzy clustering of image pixels with an improved differential evolution algorithm, *Information Sciences*, vol. 180, pp. 1237–1256.

Du, S., Du, S., Liu, B., Zhang, X., & Zheng, Z. (2020). Large-scale urban functional zone mapping by integrating remote sensing images and open social data. *GIScience & Remote Sensing*, 57(3), 411–430. doi:10.1080/15481603.2020.1724707

Fang, W., Liang-shu, W., Jun-jie, H., Gui-ling, L., & Xi-ping, J. (2017). Optimized fuzzy C-means clustering algorithm for the interpretation of the near-infrared spectra of rocks. *Spectroscopy Letters*, 50(5), 270–274.

- Gao, B., & Wang, J. (2015). Multi-Objective Fuzzy Clustering for Synthetic Aperture Radar Imagery. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 12(11), 2341–2345.
- Ghamisi, P., Ali, A.-R., Couceiro, M. S., & Benediktsson, J. A. (2015). A Novel Evolutionary Swarm Fuzzy Clustering Approach for Hyperspectral Imagery. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 8(6), 2447–2456.
- Grinias, I., Panagiotakis, C., & Tziritas, G. (2016). MRF-based segmentation and unsupervised classification for building and road detection in peri-urban areas of high-resolution satellite images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 122, 145–166.
- Hasanzadeh, M., and Kasaei, S. (2010). A Multispectral Image Segmentation Method Using Size-Weighted Fuzzy Clustering and Membership Connectedness. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 7(3), 520–524.
- Hu, Y., & Zhang, Y. (2020). Spatial–temporal dynamics and driving factor analysis of urban ecological land in Zhuhai city, China. *Scientific Reports*, 10(1). doi:10.1038/s41598-020-73167-0
- Karantzalos, K., and Argialas, D. (2006). Improving edge detection and watershed segmentation with anisotropic diffusion and morphological levellings, *International Journal of Remote Sensing*, vol. 27, pp. 5427-5434.
- Mahata, K., Das, R., Das, S., & Sarkar, A. (2020). Land Use Land Cover map segmentation using Remote Sensing: A Case study of Ajoy river watershed, India. *Journal of Intelligent Systems*, 30(1), 273–286. doi:10.1515/jisys-2019-0155
- Mahmoudi, F. T; Samadzadegan, F. and Reinartz, P. (2015). Object recognition based on the context aware decision-level fusion in multi views imagery," *Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE Journal of*, vol. 8, pp. 12-22.
- Ming, D., Ci, T., Cai, H., Li, L., Qiao, C., and Du, J. (2012). Semivariogram-based spatial bandwidth selection for remote sensing image segmentation with mean-shift algorithm," *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*, vol. 9, pp. 813-817.
- Mitra, S. and Kundu, P. P. 2011 .Satellite image segmentation with Shadowed C-Means, *Information Sciences*, vol. 181, pp. 3601–3613.
- Naeini A.A., Niazmardi S., Namin S.R., Samadzadegan F., Homayouni S. (2013) A Comparison Study Between Two Hyperspectral Clustering Methods: KFCM and PSO-FCM, *Computational Intelligence and Decision Making*, vol 61, pp. 23-33.
- Pan, J. (2015). Area Delineation and Spatial-Temporal Dynamics of Urban Heat Island in Lanzhou City, China Using Remote Sensing Imagery. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 44(1), 111–127. doi:10.1007/s12524-015-0477-x
- Sansone, M., Zeni, O., & Esposito, G. (2012). Automated segmentation of comet assay images using Gaussian filtering and fuzzy clustering. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 50(5), 523–532.
- Wan, Y., Zhong, Y., & Ma, A. (2019). Fully Automatic Spectral–Spatial Fuzzy Clustering Using an Adaptive Multiobjective Memetic Algorithm for Multispectral Imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57(4), 2324–2340.
- Wilkes, P., Disney, M., Vicari, M. B., Calders, K., & Burt, A. (2018). Estimating urban above ground biomass with multi-scale LiDAR. *Carbon Balance and Management*, 13(1). doi:10.1186/s13021-018-0098-0.

Xu, Y., Chen, R., Li, Y., Zhang, P., Yang, J., Zhao, X., Wu, D. (2019). Multispectral Image Segmentation Based on a Fuzzy Clustering Algorithm Combined with Tsallis Entropy and a Gaussian Mixture Model. *Remote Sensing*, 11(23), 2772.

Yu, H., Xu, L., Feng, D., & He, X. (2015). Independent feature subspace iterative optimization based fuzzy clustering for synthetic aperture radar image segmentation. *Journal of Applied Remote Sensing*, 9(1), 095060.

Yu. X, He. H, Hu. D, and Zhou. W. (2014). Land cover classification of remote sensing imagery based on interval-valued data fuzzy c-means algorithm, *Science China Earth Sciences*, vol. 57, pp. 1306-1313.

Zeinali, B., & Asghari, S. (2016). Mapping and monitoring of dust storms in Iran by fuzzy clustering and remote sensing techniques. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(9).

Zhang, Y., Jiang, P., Zhang, H., & Cheng, P. (2018). Study on Urban Heat Island Intensity Level Identification Based on an Improved Restricted Boltzmann Machine. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2), 186. doi:10.3390/ijerph15020186

Zheng, Z.; Cao, J.; Lv, Z.; Benediktsson, J.A. (2019). Spatial–Spectral Feature Fusion Coupled with Multi-Scale Segmentation Voting Decision for Detecting Land Cover Change with VHR Remote Sensing Images. *Remote Sensing*, Vol.11(16), 2-22.