



سنگش از دور

GIS ایران



سنگش از دور و GIS ایران سال پانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۲
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.15, No. 4, Winter 2023

۱-۱۶

مقاله پژوهشی

مقایسه کارایی الگوریتم زون اقلیم محلی در تفکیک مناطق ساخت‌وساز شده در قیاس با نمایه‌های ساخت‌وساز شده

نجمه ستاری^۱، ملیحه عرفانی^{۲*}، فاطمه جهانی شکیب^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل

۲. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل

۳. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه بیرجند

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۱۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۱۰

چکیده

بررسی روند رشد شهرها و پیش‌بینی تغییرات آنها در آینده، برای برنامه‌ریزی‌های فضایی، ضرورت دارد. به‌این‌منظور، به نقشه‌سازی پهنه‌های ساخت‌وساز شده نیاز است. در بسیاری مناطق، به‌ویژه در اقلیم خشک، تفکیک مناطق ساخت‌وساز شده از محیط اطراف به‌سادگی و با روش‌های معمول طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و یا نمایه‌های متداول، با دقت مورد قبول، امکان‌پذیر نیست؛ از این‌رو بسیاری از پژوهشگران نمایه‌های طیفی گوناگونی را به‌منظور استخراج مناطق ساخت‌وساز شده، توسعه داده‌اند. استفاده از تغییرات دمای سطح زمین برای نشان دادن مناطق ساخت‌وساز شده، به‌کمک الگوریتم زون‌های اقلیمی محلی (LCZ) کمتر مورد توجه بوده است و روش نسبتاً جدیدی محسوب می‌شود؛ بنابراین در این مقاله، تفکیک مناطق ساخت‌وساز شده از سایر انواع پوشش اراضی پیرامونی آن، با استفاده از الگوریتم LCZ انجام شد. با توجه به محدودیت‌نداشتن تعداد باند در این روش، از چهار سری تصاویر ماهواره‌ای لندست متعلق به سال ۲۰۲۰ استفاده شد و صحت آن با جدیدترین نمایه‌های ساخت‌وساز شده (BAEI، DBI، BLFEI، BAEM) که به‌صورت خودکار طبقه‌بندی شده‌اند، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که صحت طبقه‌بندی ناشی از الگوریتم LCZ ۹۶٪ است؛ در صورتی که نمایه‌های BAEM و BLFEI قادر به تفکیک کامل مناطق ساخت‌وساز شده از سایر انواع پوشش اراضی نیست و صحت کلی نمایه BAEI نیز ۳۷٪ به‌دست آمد. بنابراین کارایی روش LCZ بیشتر از نمایه‌های ساخت‌وساز شده است و در مورد مناطق خشک و نیمه‌خشک، توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: کاربری اراضی، لندست-۸، باند حرارتی مادون‌قرمز، طبقه‌بندی، نمایه طیفی.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: استان سیستان و بلوچستان، زابل، میدان جهاد، خیابان شهید مفتاح، دانشگاه زابل، دانشکده منابع طبیعی، گروه محیط‌زیست، کدپستی: ۷۳۸۳۱-۹۸۶۱۶، صندوق پستی: ۹۸۶۱۵-۵۳۸، تلفن: ۰۹۱۵۱۶۰۴۳۶۶

Email: maliheerfani@uoz.ac.ir
https://orcid.org/0000-0001-5179-9447
https://dx.doi.org/10.48308/gisj.2022.102576



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

۱- مقدمه

اراضی بایر در بسیاری این اکوسیستم‌ها، چه به صورت فصلی و چه دائمی، نقش مهمی ایفا می‌کند؛ برای نمونه، هنگام وزش طوفان‌های شن، منبع رسوبات بادی به‌شمار می‌روند. با این حال تمایز اراضی بایر از مناطق شهری، در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک، اغلب دشوار است (Rouibah & Belabbas, 2020). روش‌ها و تکنیک‌های گوناگونی برای شناسایی مناطق شهری از سایر انواع پوشش اراضی به‌کار می‌رود (Zha et al., 2018; Rasul et al., 2018). در این زمینه تلاش‌های شایان توجهی برای ساده‌سازی فرایند نقشه‌برداری خودکار پوشش سرزمین، مانند استفاده از نمایه‌های سنجش از دوری، انجام شده است (Zha, et al., 2003). نمایه‌های طیفی شهری، در دو دهه اخیر، در مطالعات پوشش اراضی کاربری اراضی شهری از طریق نقشه‌برداری، برآورد، تشخیص تغییرات، تحلیل سری‌های زمانی، دینامیک شهری، پایش، مدل‌سازی و دیگر موارد پیشرفت‌های امیدوارکننده‌ای داشته‌اند (Akib et al., 2021; Huang et al., 2014). ویژگی نمایه‌های طیفی سنجش از دور در استخراج اطلاعات بدون نظارت، بی‌طرفانه، سریع، مقیاس‌پذیر و کمی است (Akib et al., 2021). اما نمایه‌های توسعه‌یافته در مورد مناطق با آب‌وهوایی مرطوب ممکن است نتایج مورد قبولی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دربر نداشته باشند؛ برای نمونه، نمایه تفاضل نرمال‌شده مناطق ساخت‌وساز شده (NDBI)^۱ در سال ۲۰۰۳ به‌منزله روشی جدید پیشنهاد شد که مناطق ساخت‌وساز شده را به‌صورت خودکار از سایر مناطق تفکیک می‌کند. این روش اولین بار، در عمل، برای استخراج داده‌های منطقه‌ای ساخت‌وساز شده از شهر نانجینگ^۲، شرق چین، به‌کار رفت (Zha et al., 2003). اگرچه شاخص NDBI برای تمایز بین محیط‌های ساخت‌وساز شده و پوشش گیاهی شهر نانجینگ مناسب بود، در تمایز بین

رشد جمعیت در مناطق شهری به گسترش مناطق ساخت‌وساز شده منجر می‌شود که مشکلات درخور توجهی، مانند آلودگی محیط‌زیست، تخریب اکولوژی شهری و تغییر اقلیم را به‌همراه دارد (Shahfahad et al., 2021). به دلیل سرعت شهرنشینی، پوشش زمین در بسیاری از مناطق شهری جهان سریع‌تر از همیشه در حال تغییر است (Zha et al., 2003)؛ به‌گونه‌ای که حتی از میزان رشد جمعیت شهری نیز پیشی گرفته است (Shahfahad et al., 2021). از این‌رو بررسی تغییرات رشد شهرها و پیش‌بینی تغییرات آنها در آینده، برای برنامه‌ریزی‌های مکانی، ضروری است. به این منظور در گام نخست، نقشه‌سازی پهنه‌های ساخت‌وساز شده ضرورت می‌یابد.

یکی از متداول‌ترین ماهواره‌ها، با تفکیک فضایی متوسط در مطالعات منابع طبیعی و مدیریت محیط‌زیست، لندست است که در مطالعات شهری نیز کاربرد گسترده دارد. برخی باندهای مفید ماهواره لندست که به کمک آنها می‌توان پوشش‌های اراضی گوناگون را در محیط شهری تفکیک کرد، عبارت‌اند از: باند سبز (OLI3- G)، باند قرمز (OLI4- R)، مادون قرمز کوتاه ۱ (OLI6- SWIR1) و مادون قرمز کوتاه ۲ (OLI7- SWIR2) (Bouhennache et al., 2018). طیف الکترومغناطیسی، مناطق ساخت‌وساز شده دارای میزان بازتاب فراوان SWIR1 (۱/۶۰ میکرومتر)، SWIR2 (۲/۲۰ میکرومتر) و میزان اندک بازتاب سبز (۰/۵۶ میکرومتر) و قرمز (۰/۶۵ میکرومتر) هستند و پوشش گیاهی و بایر میزان فراوان در باند OLI5 (۰/۸۶ میکرومتر) دارند؛ بنابراین با ترکیب باندهای متفاوت ماهواره لندست، می‌توان پوشش اراضی گوناگون را تفکیک کرد (Bouhennache et al., 2018).

۲- مرور تحقیقات گذشته

ویژگی‌های طیفی مناطق خشک و نیمه‌خشک با سایر مناطق اقلیمی متفاوت است (Rasul et al., 2018).

1. Normalized Difference Built-Up Index
2. Nanjing

به‌نظر می‌رسد این شاخص، برای استفاده در شهرها در محیط‌های نیمه‌خشک، مناسب نباشد (Rasul et al., 2018). شاخص‌های خاک بایر، به‌ویژه NDBaI، اغلب در مناطق مرطوب با دقت بالا استفاده می‌شود؛ درحالی‌که خاک لخت در مناطق خشک به شاخص‌های بهبودیافته نیاز دارد (Rasul et al., 2018). اس-سیاکور^۷ و همکاران (۲۰۱۲) نمایهٔ بهبودیافتهٔ ساخت‌وساز و بایری (EBBI)^۸ را پیشنهاد و مطالعه‌ای موردی دربارهٔ شهر دنپاسار^۹ در بالی اندونزی مطرح کردند که براساس نمایهٔ آنها در این شهر، دارای دقت کلی ۹۰/۵٪ در تشخیص اراضی ساخت‌وساز شده و بایر بود. در این نمایه، از باندهای مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز کوتاه (SWIR)^{۱۰} و TIR استفاده شده است. باند SWIR قابلیت بسیاری در تمایز زمین‌های مرطوب از خشک دارد که در کنار باندهای TIR و NIR، برای محاسبهٔ EBBI به‌کار رفت. موکرچی^{۱۱} و همکاران (۲۰۲۱) روش جدیدی، مبتنی بر نمایه را برای استخراج مناطق ساخت‌وساز شده از تصاویر لندست-۷، توسعه دادند. آنها نام این شاخص را PBIBI^{۱۲} گذاشتند و میانگین دقت کلی و ضریب کاپا را برای سایت‌های مورد مطالعه، به ترتیب ۹۷/۴۵٪ و ۹۰/۷٪ به‌دست آوردند. در این نمایه، از باندهای آبی، قرمز و مادون قرمز کوتاه استفاده می‌شود. نمونهٔ مطالعات انجام‌شده با استناد بالا در سال‌های اخیر، در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک، با کمک تصاویر ماهواره‌ای لندست-۸ و سنجنده‌های OLI^{۱۳} و TIRS^{۱۴} در ادامه بیان شده است.

مناطق ساخت‌وساز شده و سایر پوشش‌های زمین مانند خاک برهنه و خشک که شهر را احاطه کرده‌اند، به‌دلیل هم‌پوشانی بازتاب طیفی، نتیجهٔ مطلوب نداشت (He et al., 2010). به‌علاوه با اینکه چندین تکنیک برای تفکیک کاربری و پوشش زمین ایجاد شده، ارزیابی عملکرد و دقت این تکنیک‌ها در مناطق آب‌وهوایی خشک به‌ندرت در دسترس است؛ بنابراین رویکردهای مناسب سنجش از دوری در زمینهٔ تفکیک کاربری اراضی و انواع پوشش زمین باید در مورد زمین‌های خشک و نیمه‌خشک تعریف شوند (Rasul et al., 2018).

به‌کارگیری نمایه‌های سنجش از دوری که از باندهای طیفی استفاده می‌کنند، رویکرد خوبی برای تشخیص انواع پوشش زمین است (Chen et al., 2006)؛ از این رو بسیاری از پژوهشگران نمایه‌هایی را با هدف استخراج مناطق ساخت‌وساز شده در مناطق خشک توسعه داده‌اند. چن^۱ و همکاران (۲۰۰۴) شاخص خاک بایر (BI)^۲ را برای استخراج زمین بایر از داده‌های ماهواره‌ای پیشنهاد کردند. آنها از باندهای سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک (NIR)^۳ در محاسبهٔ این نمایه بهره بردند تا بهتر بتوانند مناطق دارای پوشش گیاهی را از سایر مناطق شناسایی کنند (طول موج‌های قرمز و مادون قرمز به‌منظور شناسایی پوشش گیاهی و طول موج سبز برای رفع تأثیرات اتمسفری در پوشش گیاهی). این پژوهشگران نمایهٔ تفاضل نرمال‌شدهٔ بایر (NDBaI)^۴ را برای تمایز زمین بایر از سایر طبقات کاربری زمین با استفاده از داده‌های لندست مطرح کردند. باند مادون قرمز حرارتی (TIR)^۵ سنجندهٔ TM ماهوارهٔ لندست انتشار انرژی حرارتی از سطح زمین را اندازه‌گیری می‌کند و از آنجا که این انرژی تابعی از پوشش سطح زمین است، می‌تواند به‌منزلهٔ تعیین‌کنندهٔ نوع پوشش اراضی استفاده شود. از این رو این شاخص براساس تفاوت بازتاب باند TIR و میزان جذب کل طول موج‌های فروسرخ میانی (MIR)^۶ از طریق خاک بایر اندازه‌گیری می‌شود (Chen et al., 2006). در این روش، ارزش NDBaI مناطق ساخته‌شده بیشتر از زمین‌های بایر نشان داده می‌شود و بدین ترتیب

1. Chen
2. Bare Soil Index
3. Near Infrared
4. Normalized Difference Bareness Index
5. Thermal Infrared Band
6. Middle Infrared
7. As-syakur
8. Enhanced Built-Up and Bareness Index
9. Denpasar
10. Short Wave Infrared
11. Mukherjee
12. Powered B1 Builtup Index
13. Operational Land Imager
14. Thermal Infrared Sensor

طبقه‌بندی نظارت‌شده محسوب می‌شود که در سال ۲۰۱۲ توسعه یافته است و استاندارد جدید برای توصیف مناظر شهری به‌شمار می‌رود. این روش رویکرد طبقه‌بندی جامعی عرضه کرده است که پوشش زمین و ویژگی‌های فیزیکی مرتبط را در مقیاس خرد در نظر می‌گیرد (Demuzere et al., 2021) اما تا کنون، برای تفکیک مناطق ساخت‌وسازشده از سایر پوشش‌های اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، استفاده نشده است؛ از این رو به‌منظور دستیابی به چنین تفکیکی، کارآیی این روش در مقایسه با برخی نمایه‌های مناطق ساخت‌وسازشده معرفی شده برای مناطق خشک و نیمه‌خشک، باید حتماً مطالعه شود. به همین دلیل، مطالعه حاضر جدیدترین روش طبقه‌بندی نظارت‌شده را نمایه‌های سنجش از دوری مناطق ساخت‌وسازشده را به‌کار برد تا به این پرسش‌ها پاسخ دهد:

- ۱) ارزیابی صحت طبقه‌بندی روش LCZ با تأکید بر تفکیک مناطق ساخت‌وسازشده از سایر پوشش‌های اراضی، در منطقه خشک و نیمه‌خشک؛
- ۲) امکان‌سنجی طبقه‌بندی خودکار نقشه‌های حاصل از نمایه‌های ساخت‌وساز در منطقه خشک و نیمه‌خشک، با صحت مورد قبول؛
- ۳) مقایسه صحت روش LCZ با نمایه‌های ساخت‌وسازشده.

باتی و کومار تریپاتی^۱ (۲۰۱۴) صحت کلی تفکیک طبقه‌بندی مناطق ساخت‌وسازشده و ساخت‌وسازنشده را براساس نمایه BAEM در منطقه لاهور پاکستان، بیشتر از سایر نمایه‌های متداول مانند NDBI گزارش کردند. بوذکری^۲ و همکاران (۲۰۱۵) در شهر تیفلا^۳، شمال الجزایر در افریقا، نمایه جدیدی به‌نام BAEI^۴ را برای تفکیک مناطق ساخت‌وسازشده از سایر کاربری‌ها، به‌کار بردند و به کارآیی بالای صحت کلی آن، در قیاس با دیگر نمایه‌ها مانند BRBA^۵، NDBI، NBAI^۶ و NBI^۷ اشاره کردند. در مطالعه رسول^۸ و همکاران (۲۰۱۸) از نمایه DBI^۹، برای تفکیک مناطق ساخت‌وسازشده از سایر پوشش‌های اراضی در اربیل عراق، استفاده شد و صحت کلی ۰/۹۳ و ضریب کاپا ۰/۸۶ گزارش شد. محققان یادشده این نمایه را مناسب اقلیم‌های خشک معرفی کردند. بوحنای^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۸) نمایه BLFEI^{۱۱} را معرفی کردند و آن را برای تفکیک مؤلفه‌های اصلی سیستم شهری مانند مناطق ساخت‌وسازشده، بایر، پوشش گیاهی و آب در الجزایر افریقا به‌کار بردند. صحت نمایه در طبقه‌بندی، با این روش، بیشتر از نمایه‌های مناطق ساخت‌وسازشده پیشین گزارش شد.

محیط حرارتی شهری ارتباط نزدیکی با الگوهای سیمای سرزمین و ویژگی‌های سطح زمین دارد. مطالعات متعددی رابطه بین ویژگی‌های سطح زمین و دمای سطح زمین (LST) را بررسی کرده‌اند. برای نمونه، خان^{۱۲} و همکاران (۲۰۲۱) اثر نمایه‌های کاربری اراضی/پوشش اراضی مبتنی بر سنجش از دور را در LST^{۱۳}، در بلوک‌های ساخته‌شده شهری، بررسی کردند. نمایه‌های مورد استفاده آنها نمایه تفاضل نفوذناپذیر نرمال‌شده (NDISI)^{۱۴}، نمایه مناطق ساخت‌وسازشده خشک (DBI) و شاخص خاک لخت (بایر) بود. نتایج این مطالعه نشان داد از نمایه‌های کاربری اراضی/پوشش اراضی می‌توان در توضیح LST انواع کاربری اراضی/پوشش استفاده کرد. طبقه‌بندی زون‌های اقلیمی محلی (LCZ)^{۱۵} از روش‌های جدید

1. Bhatti & Kumar Tripathi
2. Bouzekri
3. Djelfa
4. Built-up Area Extraction Index
5. Band Ratio for Built-up Area
6. Normalized Built-Up Index
7. New Built-Up Index
8. Rasul
9. Dry Built-Up Index
10. Bouhennache
11. Built-Up Land Features Extraction Index
12. Khan
13. Land Surface Temperature
14. Normalized Difference Impervious Index
15. Local Climatic Zone Classification

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- منطقه مورد مطالعه

۲۰۲۰/۸/۲۲ و ۲۰۲۰/۸/۷، ۲۰۲۰/۷/۸، ۲۰۲۰/۶/۲۶ استفاده شد. مدار این ماهواره در ارتفاع ۷۰۵ کیلومتری از سطح زمین قرار گرفته و تصاویر آن شانزده‌بیتی است. تمامی تصاویر متعلق به path و row به ترتیب ۱۵۷ و ۴۰ است و پس از تصحیح اتمسفری به روش FIAASH^۱ برای به‌دست‌آوردن نمایه‌های ساخت‌وساز شده و طبقه‌بندی LCZ به‌کار رفتند.

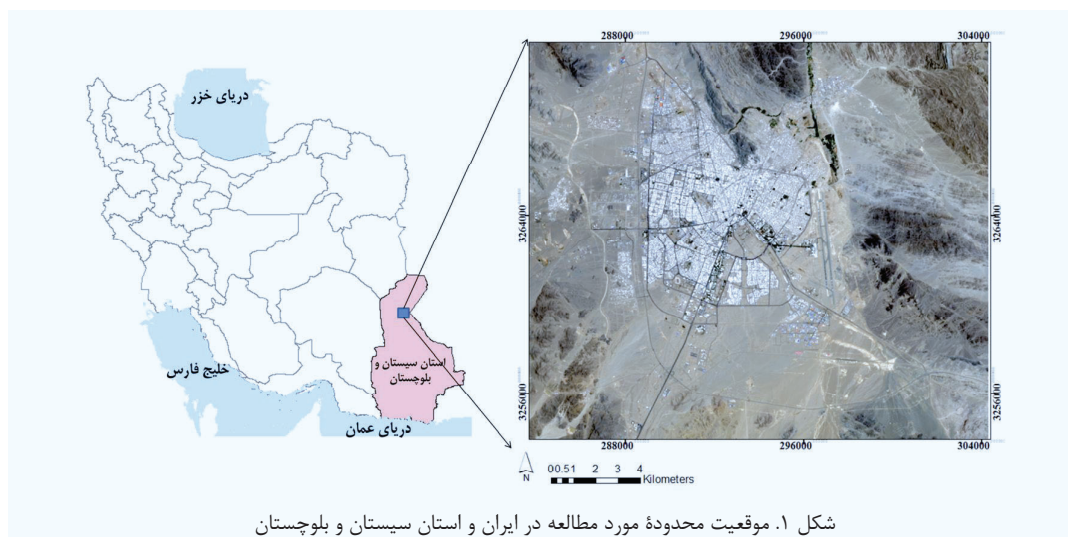
طبقه‌بندی به روش LCZ

با استفاده از نرم‌افزار SAGA GIS و باندهای یک تا هفت و باند ۱۱ و ۱۲ سنجنده OLI ماهواره لندست-۸، طبقه‌بندی انجام شد. از آنجاکه این روش از روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده به‌شمار می‌رود، به نمونه‌های تعلیمی نیاز دارد. نمونه‌های تعلیمی مورد نیاز با دقت بالا در محیط گوگل ارث و با کمک بازدید میدانی تهیه شد. تعداد طبقات مورد نظر در این روش یازده‌تاست (جدول ۱) (Demuzere et al., 2021) که همه آنها در منطقه مورد مطالعه وجود دارد و برای آنها نمونه تعلیمی تهیه شد. نقشه حاصل دوباره به چهار دسته مناطق ساخت‌وساز شده، پوشش گیاهی، اراضی بایر و اراضی صخره‌ای تقسیم شد.

شهرستان زاهدان، با وسعت ۳۱۲۵۰ کیلومترمربع، ۱۷٪ مساحت استان سیستان و بلوچستان را به خود اختصاص داده است. این شهرستان مرکز استان سیستان و بلوچستان است و از لحاظ موقعیت جغرافیایی، در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۱ دقیقه و ۲۵ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع شهر از سطح دریا ۱۳۷۸ متر است. شهرستان زاهدان از شمال به شهرستان هامون و کویر لوت، از شرق به کشور پاکستان، از غرب به استان کرمان و از جنوب به شهرستان خاش محدود می‌شود. میانگین بارندگی و درجه حرارت سالیانه آن به ترتیب ۹۰/۶ میلی‌متر و ۱۸/۴ درجه سانتی‌گراد است و طبق آخرین سرشماری، جمعیت شهرستان زاهدان، تا سال ۱۳۹۵، ۵۶۰۷۲۵ نفر بوده است (Mohammadi et al., 2020).

۳-۲- روش پژوهش

به‌منظور طبقه‌بندی پوشش اراضی، در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست-۸، متعلق به تاریخ‌های



شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه در ایران و استان سیستان و بلوچستان

1. Fast Line-of-Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes

نجمه ستاری و همکاران

جدول ۱. طبقات روش LCZ (طبقات موجود در منطقه با علامت ستاره مشخص شده‌اند)

طبقه‌بندی مجدد	توضیحات	تعداد طبقات ساختمان	نام انگلیسی	طبقه	
مناطق ساخت‌وساز شده	ساختمان‌های متراکم با پس‌زمینه سطوح نفوذناپذیر	نه طبقه به بالا	COMPACT HIGH-RISE	اول	
		سه تا نه طبقه	COMPACT MID-RISE	دوم*	
		یک تا سه طبقه	COMPACT LOW-RISE	سوم*	
	تراکم چندانی ندارند و حدفاصلشان پوشش گیاهی قرار دارد	نه طبقه به بالا	OPEN HIGH-RISE	چهارم	
		سه تا نه طبقه	OPEN MID-RISE	پنجم*	
		یک تا سه طبقه	OPEN LOW-RISE	ششم*	
	مناطق ساخت‌وساز شده	ساختمان‌هایی که به‌صورت متراکم روی سطوح خاکی قرار گرفته‌اند		LIGHT WEIGHT LOW-RISE	هفتم*
			انبارها و سوله‌ها	LARGE LOW RISE	هشتم*
		ساختمان‌های پراکنده در بین پوشش گیاهی		SPARSELY BUILT	نهم*
			مناطق صنعتی	HEAVY INDUSTRY	دهم*
پوشش گیاهی		درختان متراکم	DENC TREES	یازدهم*	
		درختان پراکنده	SCATTERED TRES	دوازدهم (۱۰۲)	
		مراعت، درختان و درختچه‌های دارای پوشش خاکی	BUSH SCRUB	سیزدهم (۱۰۳)	
	زمین‌های زراعی و سبزه	LOW PLANTS	چهاردهم* (۱۰۴)		
زمین‌های بایر	مناطق بایر یا سنگ‌فرش شده	BARE ROCK OR PAVED	پانزدهم (۱۰۵)		
اراضی صخره‌ای	کوه‌ها و صخره‌های اطراف که پوشش گیاهی ندارند	BARE SOLID OR SAND	شانزدهم* (۱۰۶)		
-	پهنه‌های آبی	WATER	هفدهم (۱۰۷)		

نمایه‌های ساخت‌وساز شده و طبقه‌بندی آنها

متعلق به تاریخ‌های متفاوت سال ۲۰۲۰ استخراج شده است. معادلات به‌کاررفته برای هر نمایه و منبع آن در جدول ۲ بیان شده است.

نمایه‌های مناطق ساخت‌وساز شده مورد بررسی در این پژوهش شامل DBI، BLFEI، BAEI و BAEM می‌شود. شایان ذکر است که باندهای مورد استفاده برای محاسبه این نمایه‌ها از میانگین باندهای متناظر

جدول ۲. نمایه‌های ساخت‌وساز شده (شماره باند براساس باندهای ماهواره لندست- ۸ سنجنده‌های OLI و TIRS است)

نمایه	معادله	رفرنس	تعداد ارجاع
DBI	$DBI = \frac{b2-b10}{b2+b10} - NDVI$ $NDVI = \frac{b5-b4}{b5+b4}$	Rasul et al. (2018)	۷۷
BLFEI	$BLFEI = \frac{\frac{b3+b4+b7}{3} - b6}{\frac{b3+b4+b7}{3} + b6}$	Bouhennache et al. (2018)	۲۱
BAEI	$BAEI = (b4 + L)/(b3 + b6)$ <p>L: ثابت حسابی برابر با ۰/۳</p>	Bouzekri et al. (2015)	۶۰
BAEM	$BAEM_{OLI} = NDBI_{OLI} - NDVI_{OLI} - MNDWI_{OLI}$ $MNDWI_{OLI} = \frac{b3 - b7}{b3 + b7}$ $NDBI_{OLI} = \frac{(PCA\ b\ 6\ and\ 7 + PCA\ b10\ and11) - b5}{(PCA\ b\ 6\ and\ 7 + PCA\ b\ 10\ and11) + b5}$ <p>PCA: تحلیل مؤلفه‌های اصلی</p>	Bhatti & Kumar Tripathi (2014)	۱۸۵

این روش به فرایندی تکراری نیاز دارد؛ یعنی محاسبات باید، با استفاده از شکست‌های گوناگون در مجموعه داده، تکرار شوند تا مشخص شود کدام مجموعه شکست‌ها کمترین واریانس در کلاس را داراست. این مشخصات موجب شده است این شیوه بهترین روش شکست داده‌ها نامیده شود. استفاده از روش یکسان، در طبقه‌بندی، امکان مقایسه نمایه‌ها با یکدیگر را فراهم می‌آورد و مقایسه نمایه‌ها را با روش LCZ نیز امکان‌پذیر می‌سازد.

۳-۳- ارزیابی صحت طبقه‌بندی‌ها

۲۱۸ نقطه تصادفی، برای صحت‌سنجی نتایج طبقه‌بندی، به کار رفت و با محاسبه صحت کلی^۴ و صحت تولیدکننده^۵ و مصرف‌کننده^۶، صحت طبقه‌بندی مقایسه شد. از این تعداد، ۵۳ نقطه متعلق به مناطق

ممکن است آستانه استخراج مناطق ساخت‌وساز شده، بین مناطق گوناگون، با اراضی بایر و سایر انواع پوشش اراضی متفاوت باشد (Rasul et al., 2018)؛ از این‌رو طبقه‌بندی لایه‌های به‌دست‌آمده با اعمال نمایه‌های ساخت‌وساز جدول ۲ به روش شکست طبیعی انجام شد و با توجه به پدیده‌های غالب منطقه، شامل اراضی ساخت‌وساز شده، پوشش گیاهی، اراضی بایر و مناطق صخره‌ای، تعداد طبقات چهارتا در نظر گرفته شد. دلیل دیگر انتخاب چهار طبقه افزایش دقت طبقه‌بندی (صحت تعداد طبقات، با آزمون و خطا، به‌صورت چشمی نیز بررسی شد) و نیز امکان مقایسه با چهار طبقه حاصل از لایه دوباره طبقه‌بندی شده LCZ بوده است. روش شکست طبیعی^۱ با توجه به کاربرد ساده و با منطق تفکیک طبقات براساس پراکنش ارزش‌های آنها انتخاب شد. این شیوه بهینه‌سازی شکست‌های طبیعی جنک^۲ و شکست‌های طبیعی فیشر^۳ نیز نامیده می‌شود. در این روش، مرز کلاس‌های طبیعی براساس گروه‌بندی‌های طبیعی که ذاتاً در داده‌ها وجود دارد، به‌صورت خودکار تعیین می‌شود؛ به‌عبارتی این شیوه تفاوت ارزش‌های پیکسل‌های متعلق به هر طبقه را به حداقل و تفاوت آن را با سایر طبقات به حداکثر می‌رساند.

1. Natural Breaks (Jenks Classification Method)
2. Jenks Natural Breaks Optimization
3. Fisher's Natural Breaks
4. Overall Accuracy
5. User Accuracy
6. Producer Accuracy

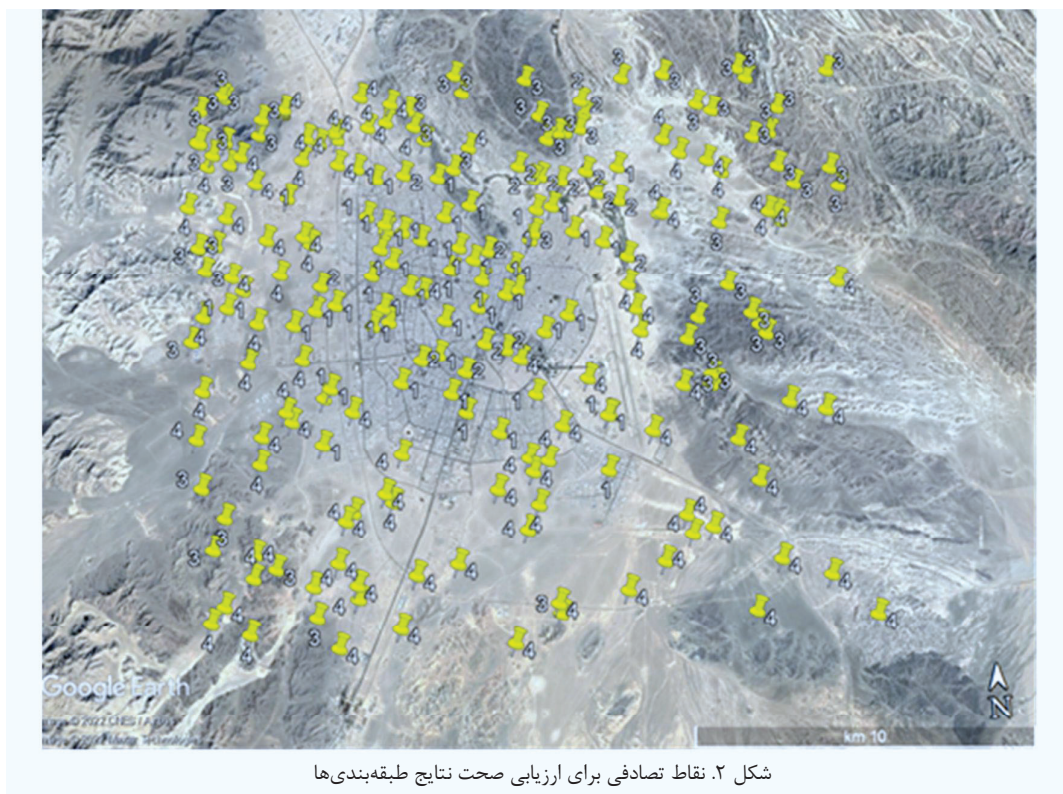
نمایه را در منطقه مورد مطالعه و محور عمودی نیز فراوانی هر ارزش را نشان می‌دهد. مطابق این شکل، محل‌های شکست (خط‌های آبی در نمودارهای فراوانی) در ارزش‌هایی قرار گرفته‌اند که تفاوت فاحشی بین ارزش طبقات وجود داشته باشد؛ به عبارتی، نوعی خوشه‌بندی بین ارزش‌های پیکسل‌ها انجام شده تا، در هر خوشه (طبقه)، بیشترین شباهت ارزش‌ها و بین خوشه‌ها بیشترین تفاوت ارزش‌ها دیده شود.

نقشه حاصل از اعمال نمایه‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است. طبق این شکل، دست کم به صورت چشمی، به کمک نمایه‌های BLFEL و BAEI به راحتی نمی‌توان مناطق ساخت‌وساز شده را از سایر پوشش‌های اراضی تفکیک کرد؛ همچنین اراضی ساخت‌وساز شده در نمایه DBI دارای ارزش بیشتر و در نمایه BAEM با ارزش‌های کمتر است و براین اساس می‌توان آنها را از دیگر طبقات مورد نظر تفکیک کرد. در ادامه، نمایه‌ها براساس روش شکست طبیعی، طبقه‌بندی شد.

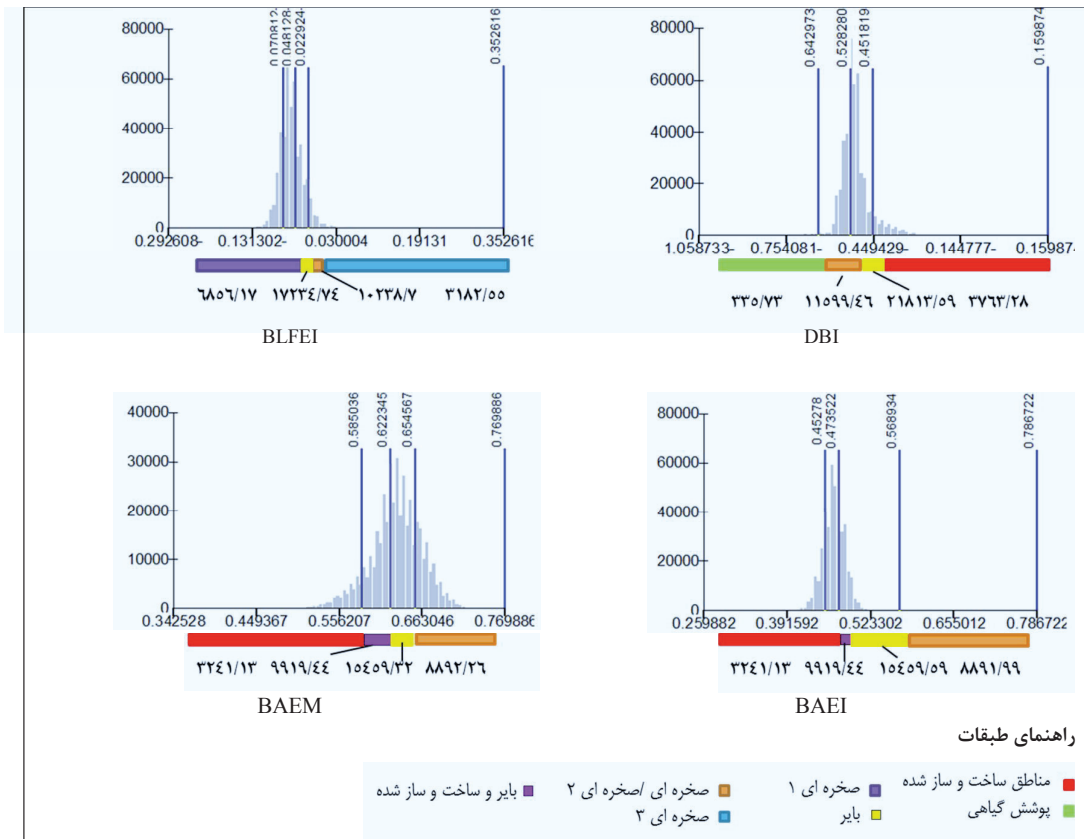
ساخت‌وساز شده، ۱۷ نقطه متعلق به پوشش گیاهی (پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه بسیار کم است)، ۵۵ نقطه مختص اراضی صخره‌ای و ۹۳ نقطه متعلق به اراضی بایر بود. نقاط مورد نظر، با دستور Random در نرم‌افزار ادریسی ترست، تهیه و در گوگل ارث طبقه‌هریک از آنها تعیین شد؛ سپس برای صحت‌سنجی، از دستور ERRMAT در نرم‌افزار ادریسی ترست استفاده شد. شکل ۲ پراکنش این نقاط را به تفکیک کاربری اراضی در گوگل ارث، نشان می‌دهد.

۴- نتایج

براساس نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی، برای به دست آوردن نمایه BAEM، باندهای ۶ و ۷ مقدار $0.98/6$ واریانس بین داده‌ها را توجیه می‌کنند و این مقدار در مورد باندهای ۱۰ و ۱۱، $0.99/99$ است. شکل ۳ نمودار شکست‌های طبیعی را برای چهار نمایه DBI، BLFEI، BAEI و BAEM نشان می‌دهد. در این شکل، محور افقی دامنه ارزش‌های هر



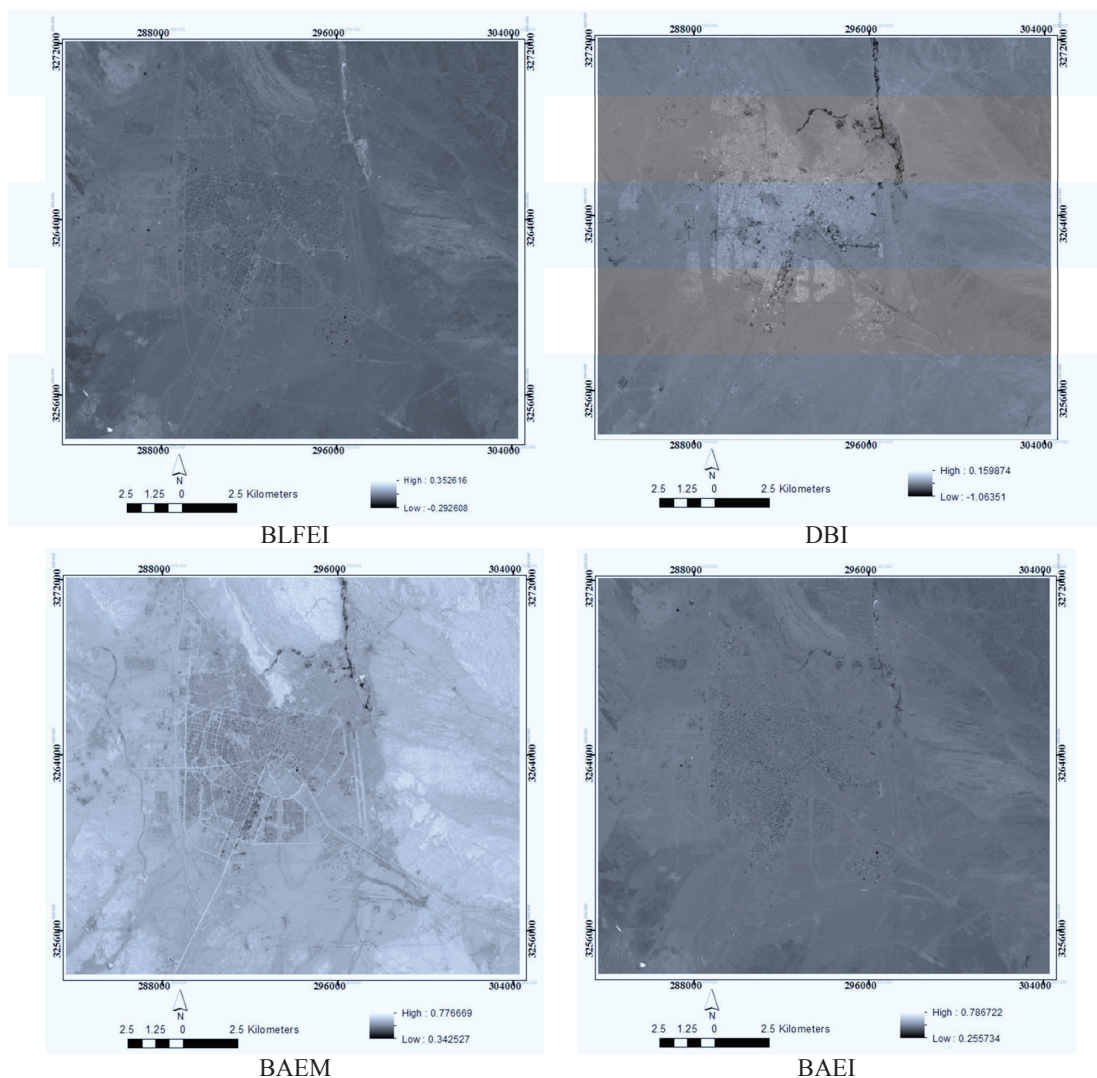
مقایسه کارآیی الگوریتم زون اقلیم محلی در تفکیک مناطق ساخت‌وساز شده ...



شکل ۳. نمودار شکست‌های طبیعی نمایه‌های مناطق ساخت‌وساز شده (اعداد زیر نوار رنگ طبقات نشان‌دهنده مساحت/هکتار هر طبقه است)

پوشش گیاهی ۳۷۳/۰۹، صخره‌ای ۱۱۰۳۱/۹۵ و بایر ۱۷۶۲۱/۵۱ هکتار است. مقایسه چشمی نتایج اجرای این الگوریتم، با نتایج طبقه‌بندی نقشه‌های نمایه‌های مناطق ساخت‌وساز شده، انسجام و پیوستگی بیشتر چهار طبقه را نشان می‌دهد و اینکه مناطق شهری پراکنده، که احتمالاً به اشتباه طبقه‌بندی شده‌اند، بیشتر در زمین‌های صخره‌ای و سنگی قرار دارند (نقاط پراکنده ساخت‌وساز شده در شمال شهر زاهدان، شکل ۶). این مسئله به دلیل در نظر گرفتن اقلیم‌های محلی خرد در روش LCZ است. به این ترتیب اراضی ساخت‌وساز شده، با ایجاد سایه، خنک‌تر از اراضی اطراف‌اند و از این رو با اراضی صخره‌ای پرشیب و سایه‌دار در مناطق محدود، تفاوت خرد اقلیمی چندانی نداشته‌اند.

نقشه نمایه‌های طبقه‌بندی شده در شکل ۵ نشان داده شده است. در این شکل، نام هر طبقه براساس واقعیت زمینی و نیز این نکته انتخاب شده است که پیکسل‌ها بیشتر در کدام طبقه قرار دارند. برای مینا، نمایه DBI چهار طبقه پوشش گیاهی، بایر، سنگ و صخره و مناطق ساخت‌وساز شده را تفکیک کرده، نمایه BLFEI قادر به تفکیک مناطق ساخت‌وساز شده نبود و نمایه‌های BAEI و BAEM نیز مناطق بایر را به خوبی از اراضی ساخت‌وساز شده تفکیک نکرده‌اند و قادر به تفکیک طبقه پوشش گیاهی نیز نیستند. طبقه‌بندی یازده گانه تصاویر ماهواره‌ای لندست به روش الگوریتم LCZ و همچنین طبقه‌بندی دوباره آن به چهار دسته در شکل ۶ نشان داده شده است. براساس این نقشه، مساحت مناطق ساخت‌وساز شده ۸۳۶۵/۰۸



شکل ۴. نقشه نمایه‌های مناطق ساخت‌وساز شده

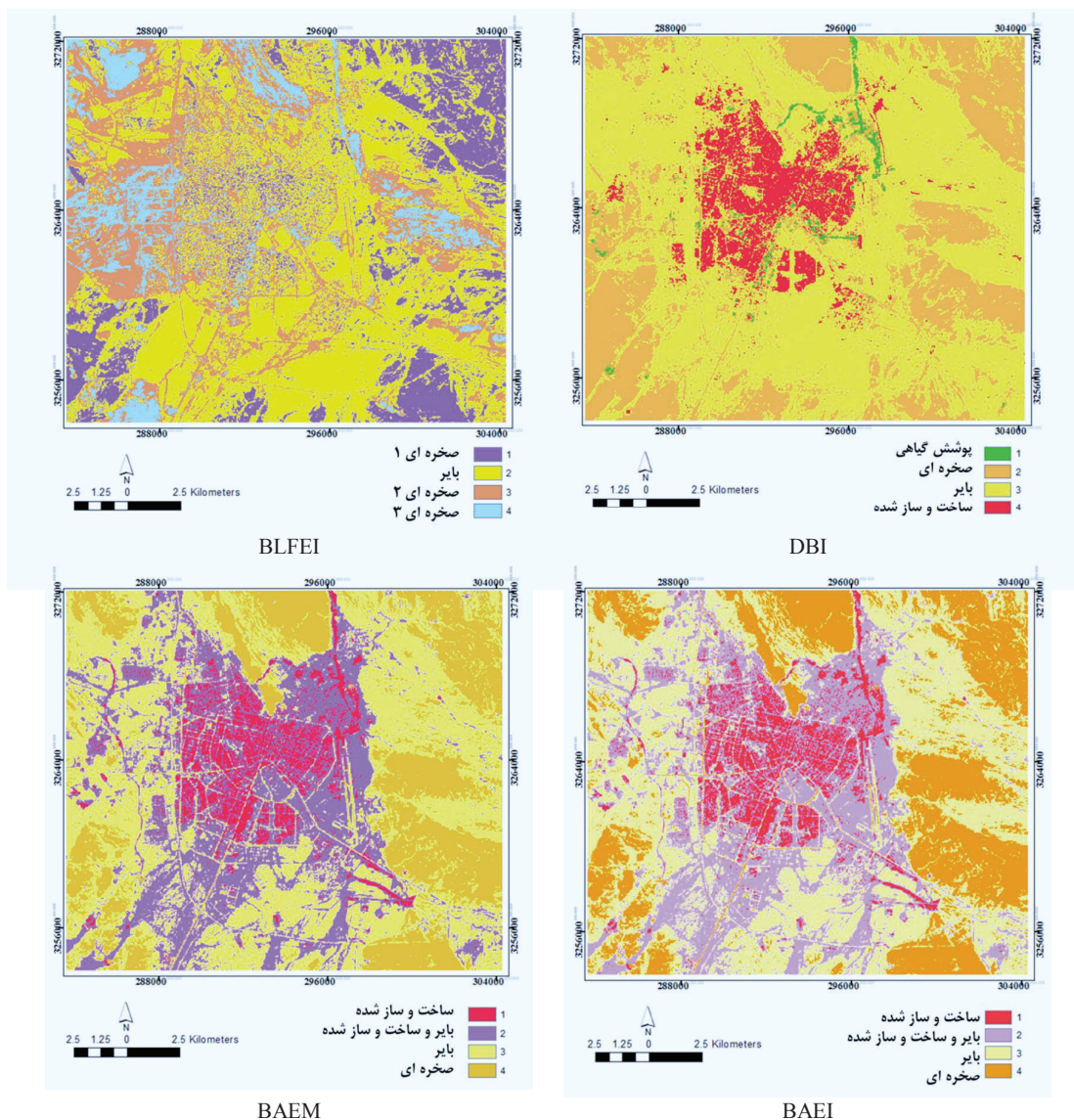
۵- بحث و نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست‌آمده، از بین نمایه‌های DBI، BLFEI، BAEI و BAEM فقط نمایه DBI قادر به تشخیص چهار طبقه مورد نظر (پوشش گیاهی، بایر، سنگ و صخره، و مناطق ساخت‌وساز شده) است. تفاوت آن با نقشه به‌دست‌آمده از طبقه‌بندی دوباره لایه حاصل از اجرای الگوریتم LCZ در مهم‌ترین پوشش اراضی مورد نظر، یعنی کاربری شهری، این است که

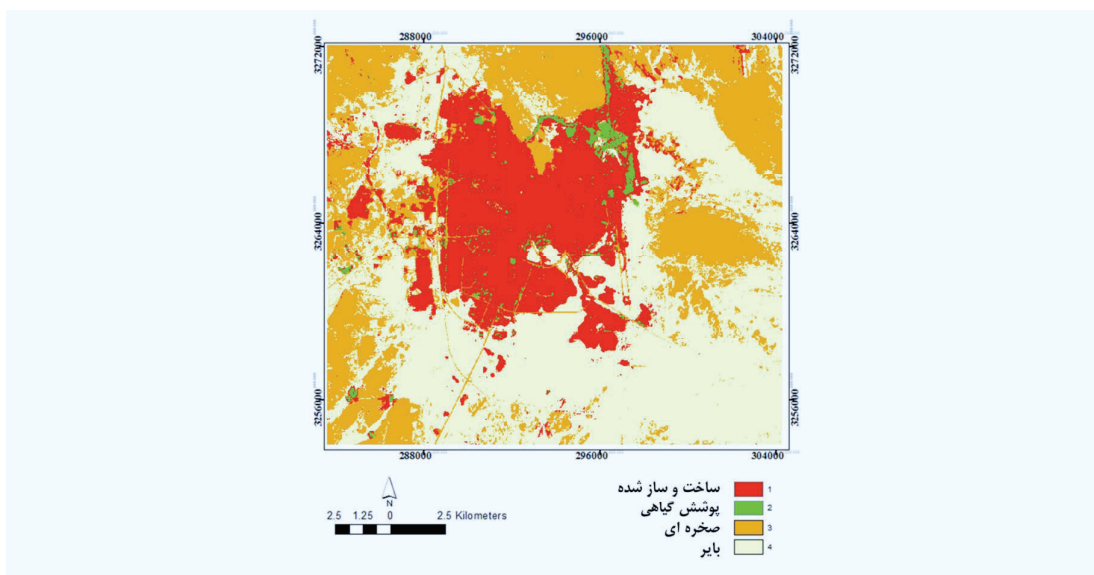
از آنجاکه از بین نمایه‌های ساخت‌وساز شده، فقط نمایه DBI امکان تفکیک چهار طبقه پوشش گیاهی، بایر، سنگ و صخره و مناطق ساخت‌وساز شده را داشت، برای این نمایه و لایه حاصل از LCZ صحت‌سنجی انجام شد. جدول ۳ نتایج صحت‌سنجی را نشان می‌دهد. براین اساس روش طبقه‌بندی نظارت‌شده LCZ، در تفکیک چهار طبقه مورد نظر، صحت بیشتری دربردارد.

مصرف‌کننده، تفاوت این دو شیوه درخور ملاحظه است. لکه‌های پراکنده مسکونی اشتباه آن نیز بیشتر از LCZ است. در این نمایه، جاده‌ها به‌منزله مناطق صخره‌ای طبقه‌بندی شده که شبیه اجرای الگوریتم LCZ است و نشان می‌دهد بازتاب طیفی جاده، در باندهای استفاده‌شده در الگوریتم LCZ، به مناطق صخره‌ای شباهت دارد. هرچند جاده، به‌منزله پوشش اراضی مستقل، مورد نظر این تحقیق نبوده و نمونه‌ای تعلیمی برای آن در نظر گرفته نشده است.

مناطق ساخت‌وساز شده را کمتر از مقدار واقعی نشان می‌دهد؛ بدین ترتیب اگر نقشه حاصل از LCZ مرجع در نظر گرفته شود، شاخص BAEI با تشخیص ۳۷۶۳/۲۸ هکتار از مساحت مناطق ساخت‌وساز شده، توانسته است ۴۵٪ مناطق ساخت‌وساز شده را تفکیک کند و همچنین صحت طبقه‌بندی آن بسیار کمتر از LCZ است، یعنی صحت کلی آن ۳۷/۱۵٪ است؛ در صورتی که صحت کلی لایه حاصل از LCZ ۹۶/۳۳٪ است. از نظر سایر نمایه‌ها نیز، مانند صحت تولیدکننده و



شکل ۵. نقشه لایه‌های حاصل از طبقه‌بندی نمایه‌های مناطق ساخت‌وساز شده



شکل ۶. نقشه دوباره طبقه‌بندی شده حاصل از اجرای الگوریتم LCZ

جدول ۳. صحت‌سنجی نتایج طبقه‌بندی

طبقه‌بندی نمایه DBI	طبقه‌بندی به روش LCZ	روش	طبقه‌ها
۶۴/۷۱	۷۶/۴۷	صحت تولیدکننده (درصد)	پوشش گیاهی
۹۱/۶۷	۱۰۰	صحت مصرف‌کننده (درصد)	
۲۰/۴۳	۹۷/۰۲۸۴	صحت تولیدکننده (درصد)	بایر
۲۹/۶۹	۱۰۰	صحت مصرف‌کننده (درصد)	
۳۴/۵۵	۹۶/۳۶	صحت تولیدکننده (درصد)	سنگ و صخره
۱۷/۲۷	۹۸/۱۵	صحت مصرف‌کننده (درصد)	
۶۰/۳۸	۱۰۰	صحت تولیدکننده (درصد)	ساخت‌وساز شده
۱۰۰	۸۸/۳۳	صحت مصرف‌کننده (درصد)	
۳۷/۱۵	۹۶/۳۳	صحت کلی (درصد)	

نشان می‌دهد؛ به‌گونه‌ای که BAEI با تشخیص ۳۲۴۱/۱۳ هکتار از مساحت مناطق ساخت‌وساز شده توانسته ۳۹٪ مناطق ساخت‌وساز شده را تفکیک کند. از دیگرسو، جاده‌ها در دسته بایر قرار گرفتند. نمایه BAEM طبقه‌ای ترکیبی دارد که کاملاً ساخت‌وساز شده یا کاملاً بایر نیست و ترکیب هر دو است. نتیجه طبقه‌بندی این نمایه شبیه نمایه BAEI است و مناطق ساخت‌وساز شده را بسیار کمتر از مقدار واقعی نشان می‌دهد (۳۹٪ مناطق ساخت‌وساز شده را

بررسی نمایه‌های دیگری که نمایه‌های مناسب برای مناطق خشک و نیمه‌خشک معرفی شده‌اند نشان می‌دهد، در نقشه به‌دست‌آمده از طبقه‌بندی نمایه BAEI، پوشش گیاهی و مناطق ساخت‌وساز شده را نمی‌توان از هم تفکیک کرد. طبقه‌ای ترکیبی نیز وجود دارد که مناطق بایر و ساخت‌وساز شده را دربرمی‌گیرد و بنابراین مشکل اساسی، یعنی تفکیک مناطق ساخت‌وساز شده از اراضی بایر را نشان نمی‌دهد. به‌علاوه مناطق ساخت‌وساز شده را بسیار کمتر از مقدار واقعی

درمورد اربیل عراق استفاده شده است، صحت کلی ۰/۹۳ و کاپای کلی ۰/۸۶ بیان شد. بوحناچی و همکاران (۲۰۱۸) صحت کلی طبقه‌بندی نمایه BLFEI را درمورد مناطق ساخت‌وساز شده، بایر، پوشش گیاهی و آب، ۰/۹۵ و ضریب کاپا را ۰/۹۰ گزارش کردند. بوذکری و همکاران (۲۰۱۵) نمایه‌ای جدید به نام BAEI را برای تفکیک مناطق ساخت‌وساز شده با صحت کلی ۰/۹۲۷ و ضریب کاپای ۰/۸۵، درمورد شهر یلفا (شمال الجزایر، افریقا)، گزارش کردند که صحت کلی کارآیی آن بیشتر از دیگر کاربری‌هاست. اما در این مطالعه، درمورد نمایه‌های یادشده، صحت بالایی به‌دست نیامد که می‌توان دلیل آن را در مصالح به‌کاررفته در سقف خانه‌ها و وجود جاده‌های خاکی جست‌وجو کرد. سقف مناطق مسکونی در حومه شهر، از نظر امواج الکترومغناطیس، با محیط اطراف تقریباً یکسان است و این نکته تفکیک پوشش اراضی را مشکل می‌کند. دلیل دیگر استفاده از روش خودکار شکست طبیعی به‌منظور تفکیک پدیده‌ها در این شیوه است. از آنجاکه این مطالعه به‌دنبال یافتن روشی ساده با دقت بالاست، نمایه‌های ساخت‌وساز شده را مورد توجه قرار داده و بررسی کرده است که آیا امکان طبقه‌بندی خودکار، برای به‌دست‌آوردن طبقات غالب منطقه، با کمک این نمایه‌ها وجود دارد یا خیر. اگر چنین امکانی وجود نداشته باشد، برای طبقه‌بندی دستی باید آستانه‌ها تعیین شوند که به‌دست‌آوردن آنها یا بومی‌سازی آن، درباره منطقه مورد مطالعه، کار پیچیده‌ای است و با هدف تحقیق حاضر هم‌خوانی ندارد. از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت روش شکست طبیعی، در طبقه‌بندی خودکار نمایه‌های ساخت‌وساز شده که در این پژوهش به‌کار رفته است،

تفکیک کرده است). براساس روش طبقه‌بندی شکست طبیعی، نمایه BLFEI بدترین نتیجه را دربردارد و فقط می‌تواند اراضی صخره‌ای و بایر را تفکیک کند. این نمایه سه دسته را درمورد صخره شناسایی کرد و نتوانست مناطق ساخت‌وساز شده را شناسایی کند. براساس مطالعه آکیب^۱ و همکاران (۲۰۲۱)، استفاده از باندهای حرارتی باعث افزایش صحت طبقه‌بندی می‌شود که با مطالعه حاضر هم‌راستاست زیرا، از بین نمایه‌های مورد بررسی، فقط نمایه DBI قادر به تفکیک چهار پدیده مورد نظر است؛ هرچند صحت آن کمتر از روش LCZ است که از هر دو باند حرارتی ماهواره‌اندست استفاده می‌کند.

نکته درخور توجه در تفاوت مناطق ساخت‌وساز شده از نمایه‌های گوناگون و الگوریتم LCZ، با توجه به تصاویر گوگل ارث، به‌دست آمده است؛ اینکه تمامی نمایه‌ها مناطق ساخت‌وساز شده را کمتر از مقدار واقعی (تصاویر گوگل ارث) نشان می‌دهند اما LCZ این مناطق را کمی بیشتر از مقدار واقعی نشان می‌دهد زیرا این شیوه اقلیم‌های کوچک محلی را براساس نمونه‌های تعلیمی شناسایی می‌کند و استفاده از باندهای مادون‌قرمز حرارتی سنجنده TIRS در روش طبقه‌بندی LCZ، با در نظر گرفتن تغییرات حرارتی، بهتر می‌تواند اراضی ساخت‌وساز شده را از سایر پوشش اراضی تفکیک کند. از این‌رو این شیوه طبقه‌بندی، در مطالعات محیط‌زیستی، اهمیت و جایگاه خاص خود را دارد زیرا گستره شهر را تا آنجاکه مناطق ساخت‌وساز شده در خرد اقلیم تأثیر می‌گذارند، در نظر می‌گیرد.

نمایه‌های به‌کاررفته در این پژوهش همگی در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک توسعه یافته‌اند و صحت مورد قبولی نیز درمورد آنها گزارش شده است (Bouzekri et al., 2015; Bouhennache et al., 2018; Bhatti and Kumar Tripathi, 2014; Rasul et al., 2018). در پژوهش رسول و همکاران (۲۰۱۸) که

1. Akib

۷- منابع

- Akib, J., Qimin, C., Hao, P., Orhan, A., Yan, L., Iffat, A., Enamul, H., Yeamin, A. & Nayyer, S., 2021, **Review of Spectral Indices for Urban Remote Sensing**, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 87, PP. 513-524. <https://doi.org/10.14358/PERS.87.7.513>
- As-Syakur, A.R., Adnyana, I.W.S., Arthana, I.W. & Nuarsa, I.W., 2012, **Enhanced Built-up and Bareness Index (EBBI) for Mapping Built-up and Bare Land in an Urban Area**, Remote Sens., 4, PP. 2957-2970. <https://doi.org/10.3390/rs4102957>
- Bhatti, S.S. & Kumar Tripathi, N., 2014, **Built-up Area Extraction Using Landsat 8 OLI Imagery**, GIScience & Remote Sensing., 51, PP. 445-467. <https://doi.org/10.1080/15481603.2014.939539>
- Bouhennache, R., Bouden, T., Taleb-Ahmed, A. & Cheddad, A., 2018, **A New Spectral Index for the Extraction of Built-up Land Features from Landsat 8 Satellite Imagery**, Geocarto. International, 34, PP. 1531-1551. <https://doi.org/10.1080/10106049.2018.1497094>
- Bouzekri, S., Lasbet, A.A. & Lachehab, A.A., 2015, **New Spectral Index for Extraction of Built-Up Area Using Landsat-8 Data**, J. Indian Soc. Remote Sens., 43, PP. 867-873. <https://doi.org/10.1007/s12524-015-0460-6>
- Chen, W., Liu, L., Zhang, C., Wang, J., Wang, J. & Pan, Y., 2004, **Monitoring the Seasonal Bare Soil Areas in Beijing Using Multitemporal TM Images**, In Proceedings of the 2004 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'04), Anchorage, AK, USA, 20-24 September 2004. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2004.1370429>
- Chen, X.L., Zhao, H.M., Li, P.X. & Yin, Z.Y., 2006, **Remote Sensing Image-Based Analysis of the Relationship between Urban Heat Island and Land Use/Cover Changes**, Remote Sens. Environ., 104, PP. 133-146. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.11.016>
- Demuzere, M., Kittner, J. & Bechtel, B., 2021, **LCZ Generator: A Web Application to Create Local Climate Zone Maps**, Front. Environ. Sci., 9, PP. 1-18. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.637455>

نتیجه مطلوبی دربر ندارد؛ بدین ترتیب، ساده‌ترین کار استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده LCZ است که امکان تفکیک پدیده‌ها با دقت بالا را فراهم می‌آورد. در نمایه‌های ساخت‌وساز شده به‌جز نمایه BAEM، از باندهای حرارتی استفاده نشده است؛ از دیگر سو، در روش LCZ از باندهای ۱ تا ۷ و باند ۱۱ و ۱۲ استفاده می‌شود و بنابراین، با در نظر گرفتن خرداقلیم، LCZ اراضی ساخت‌وساز شده را بهتر آشکار می‌کند. وجود سایه ساختمان‌ها، استفاده از وسایل سرمایشی و گرمایشی و همچنین فضای سبز داخل خانه‌ها (هرچند در ابعاد پیکسل سی‌متری لندست تشخیص داده نمی‌شود) در خرداقلیم تأثیرگذار است و از این رو روش LCZ، در تفکیک پوشش اراضی، موفق‌تر از نمایه‌هاست. یکی از مشکلات استفاده از نمایه‌ها، در تفکیک پوشش اراضی، تعیین آستانه طبقه‌هاست. در این مطالعه، به‌منظور یکسان‌شدن روش طبقه‌بندی، از شکست طبیعی استفاده شد که از روش‌های متداول طبقه‌بندی و براساس نمودار پراکنش ارزش‌هاست؛ اما در روش LCZ، طبقه‌بندی بر مبنای الگوریتم جنگل تصادفی انجام می‌شود. با توجه به قدرت بالای تفکیک پوشش اراضی در روش LCZ، استفاده از این شیوه در مطالعات آینده و در اقلیم‌های مشابه، به‌ویژه در مطالعات محیط‌زیست شهری، پیشنهاد می‌شود. ارتباط رشد گستره شهر با رشد جمعیت و استفاده از نمایه‌های گوناگون به‌جای باندها در طبقه‌بندی نظارت‌شده و نشده نیز برای مطالعات آینده توصیه می‌شود.

۶- سپاس‌گزاری

این مطالعه با حمایت مالی دانشگاه زابل و کد پژوهانه IR-UOZ-GR-4956 به انجام رسیده است.

- He, C., Shi, P., Xie, D. & Zhao, Y., 2010, **Improving the Normalized Difference Built-up Index to Map Urban Built-up Areas Using a Semiautomatic Segmentation Approach**, *Remote Sens. Lett.*, 1, PP. 213-221.
<https://doi.org/10.1080/01431161.2010.481681>
- Huang, W., Zeng, Y. & Li, S., 2014, **An Analysis of Urban Expansion and Its Associated Thermal Characteristics Using Landsat Imagery**, *Geocarto. International*, 30, PP. 93-103.
<https://doi.org/10.1080/10106049.2014.965756>
- Khan, M.S., Ullah, S. & Chen, L., 2021, **Comparison on Land-Use/Land-Cover Indices in Explaining Land Surface Temperature Variations in the City of Beijing, China**, *Land.*, 10, P. 1018.
<https://doi.org/10.3390/land10101018>
- Mohammadi, R., Krkeabadi, Z. & Miri, M.R., 2020, **Factors Affecting the Relations of the Border Area Cities of Zahedan and Mirjaveh with the Surrounding Areas**, *Journal of Urban Peripheral Development*, 2(1), PP. 163-174.
<https://doi.org/20.1001.1.26764164.1399.2.1.10.7>
- Mukherjee, A., Kumar, A. & Ramachandran, P., 2021, **Development of New Index-Based Methodology for Extraction of Built-Up Area From Landsat7 Imagery: Comparison of Performance With SVM, ANN, and Existing Indices**, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 59, PP. 1592-1603.
<https://doi.org/10.1109/TGRS.2020.2996777>
- Rasul, A., Balzter, H., Ibrahim, G.R.F., Hameed, H.M., Wheeler, J., Adamu, B., Ibrahim, S. & Najmaddin, P.M., 2018, **Applying Built-Up and Bare-Soil Indices from Landsat 8 to Cities in Dry Climates**, *Land.*, 7, P. 81.
<https://doi.org/10.3390/land7030081>
- Rouibah, K. & Belabbas, M., 2020, **Applying Multi-Index Approach from Sentinel-2 Imagery to Extract Urban Area in Dry Season (Semi-Arid Land in North East Algeria)**, *Revista de Teledetección.*, 56, PP. 89-101.
<https://doi.org/10.4995/raet.2020.13787>
- Shahfahad, Mourya, M., Kumari, B., Tayyab, M., Paarcha, A.A. & Rahman, A., 2021, **Indices Based Assessment of Built-Up Density and Urban Expansion of Fast Growing Surat City Using Multi-Temporal LANDSAT DATA Sets**, *GeoJournal.*, 86, PP. 1607-1623.
<https://doi.org/10.1007/s10708-020-10148-w>
- Zha, Y., Gao, J. & Ni, S., 2003, **Use of Normalized Difference Built-Up Index in Automatically Mapping Urban Areas from TM Imagery**, *Int. J. Remote Sens.*, 24, PP. 583-594.
<https://doi.org/10.1080/01431160304987>



سجش از دور , GIS ایران



سجش از دور و GIS ایران سال پانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۲
Vol.15, No. 4, Winter 2023 Iranian Remote Sensing & GIS

1-16

Comparison of the Efficiency of Local Climatic Zone Algorithm in Separating Built-Up Area Compared to Built-Up Indices

Satari N.¹, Erfani M.^{2*}, Jahanishakib F.³

1. M.Sc. of Faculty of Natural Resources, University of Zabol
2. Associate Prof., Dep. of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Zabol
3. Assistant Prof., Dep. of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand

Abstract

Trend analysis of growth of cities and predicting their changes in the future are essential for spatial planning. For this purpose, it is necessary to map build-up areas. In many areas, especially in arid climate, it is not possible to separate the build-up areas from the surrounding land cover simply. That's mean the usual methods of classifying satellite images or conventional indices can't separate mentioned classes with acceptable accuracy. Hence, many researchers have developed different spectral indices to extract the build-up areas. The use of surface temperature changes to represent build-up areas using the Local Climate Zones (LCZ) algorithm is less considered and is a relatively new method. Therefore, in this paper, the separation of build-up areas from the other surrounding land cover was considered using LCZ algorithm. There is no limit to the number of bands in this method, thus four series of Landsat satellite images in the year 2020 were used and the LCZ algorithm's accuracy was compared with the latest automatic classified build-up indices including DBI, BLFEI, BAEI and BAEM. The results of this study showed that the classification accuracy of the LCZ algorithm was 96%, while the BLFEI and BAEM indices were not able to completely separate the build-up areas from other types of land cover. The total accuracy of the BAEI index was 0.37. Therefore, the use of LCZ method has a high efficiency compared to build-up indices, and it is recommended in arid and semi-arid zones.

Keywords: Land use, Landsat- 8, Thermal infrared, Classification, Spectral index.

* Correspondence Address: Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Postal cod: 73831-98616 ,Tel: 09151604366

Email: maliheerfani@uoz.ac.ir
<https://orcid.org/0000-0001-5179-9447>
<https://dx.doi.org/10.48308/gisj.2022.102576>

