

## تفکیک ساخت و سازهای شهری از اراضی بایر با استفاده از شاخص های منتج از داده های ماهواره ای و GIS (مطالعه موردی: کلانشهر شیراز)

### لیلا قره خانی

کارشناس ارشد سنجش از راه دور سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، شیراز، ایران

#### چکیده

آگاهی یافتن نسبت به اطلاعات مربوط به توسعه فیزیکی شهرها و استخراج ساخت و سازهای شهری یکی از موضوعات مهم و با اهمیت در برنامه ریزی شهری است. جهت حصول اطلاعات مربوط به ساخت و سازهای شهری، یکی از راه های دستیابی، برداشت های میدانی است که بسیار وقت گیر و هزینه بر می باشد. به منظور تهیه این نوع اطلاعات شهری امروزه از روش های مختلفی استفاده می نمایند. یکی از این روش ها استفاده از تصاویر ماهواره ای و بهره گیری از علم سنجش از دور شهری می باشد. در این رابطه از روش ها، الگوریتم ها و شاخص های مختلفی برای استخراج مناطق ساخته شده شهری می توان استفاده نمود. شاخص های طیفی منتج از داده های ماهواره ای به دلیل اجرای آسان و اجرای سریع آنها از مزایای قابل توجهی برخوردار هستند. هدف از این پژوهش، بررسی و عملکرد ۹ شاخص طیفی پرکاربرد شهری مستخرج از ماهواره ای تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست با اندازه پیکسل ۳۰ متر، به منظور تفکیک مناطق ساخته شده از مناطق ساخته نشده می باشد. بدین منظور شاخص های تفاضل نرمال ساخته شده، تفاضل نرمال خاک ورزی، تفاضل نرمال سطوح غیرقابل نفوذ، تفاضل نرمال مساحت زمین برهنه، ساخته شده در مناطق خشک، تفاضل نرمال اصلاح شده ی آب، تفاضل نرمال اصلاح شده ی ساخته شده، عمودی سطح غیر قابل نفوذ و شاخص استخراج خودکار ساخته شده از ۸ برای کلان شهر شیراز محاسبه گردید. صحت برآوردها با استفاده از آماره درصد اختلاف بین مساحت های برآوردی منتج از این ۹ شاخص و نقشه ی منتج از الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت، تفسیر بصری تصاویر منتج از سامانه ی گوگل ارث و همچنین داده های اخذ شده از حوزه ی معاونت برنامه ریزی شهرداری شیراز صورت پذیرفت.

واژه های کلیدی: شاخص های ماهواره ای، ساخت و ساز شهری، کلان شهر شیراز

## مقدمه

امروزه تغییرات گسترده شهرها به عنوان چالشی اساسی در برنامه‌ریزی شهری مطرح است و بسیاری از کشورهای در حال توسعه به طور مستقیم و غیرمستقیم با آن مواجه‌اند. فضای باز شهری به مناطق ساخته‌شده تبدیل شده است (عطارچی و همکاران، ۱۳۹۹). مناطق شهری به طور کلی بخش کوچکی از زمین را در سراسر جهان پوشش می‌دهند. با این حال، جمعیت بالا، تراکم و شدت استفاده از منابع نسبت به محیط اطراف

آنها این مناطق را به شدت به مناطق مهم زمین تبدیل کرده است (علوی پناه و همکاران، ۲۰۱۹). استفاده از روش‌های سنتی نظیر نقشه‌برداری زمینی، جهت بررسی تغییر کاربری اراضی عموماً وقت‌گیر و هزینه‌بر می‌باشد و نیاز به مهارت‌های خاصی دارد (نجفی و همکاران، ۱۳۹۶).

درک توزیع فضایی و الگوی رشد شهری برای برنامه‌ریزی شهری، مدیریت منابع طبیعی، و تغییرات آب و هوا و غیره حیاتی است. به منظور شناخت و درک فضایی محیط‌های شهری امروزه از تصاویر ماهواره‌ای به عنوان منبعی ارزشمند به منظور نقشه برداری گسترده در مناطقی با محیط‌های متفاوت استفاده می‌گردد (علوی پناه و همکاران، ۲۰۱۹). تکراری بودن تصاویر ماهواره‌ای از جمله مزایایی است که کاربرد داده‌های ماهواره‌ای را در سنجش از دور وسعت می‌بخشد (نجفی و همکاران، ۱۳۹۶). فناوری سنجش از دور دید جامعی از شهرها را ارائه می‌دهد. مزیت دیگر استفاده از داده‌های سنجش از دور در مطالعات شهری در دسترس بودن داده‌های دوره‌های گذشته است که می‌توان از آنها برای بررسی تغییرات شهرها استفاده نمود (علوی پناه و همکاران، ۲۰۱۹).

تصاویر ماهواره‌ای به عنوان نوعی از داده‌های سنجش از دور، در حوزه علوم طبیعی به خوبی برای اندازه‌گیری کمی و کیفی تغییرات پوشش زمین استفاده می‌شوند. یکی از روش‌های پرکاربرد استخراج اطلاعات از تصاویر سنجش از دور طبقه‌بندی تصویر می‌باشد که به کاربران امکان تولید انواع اطلاعات مانند نقشه‌های پوشش گیاهی، کاربری اراضی و غیره را می‌دهد (نجفی و همکاران، ۱۳۹۶).

یک نوع از پوشش‌های اراضی شهری زمین‌های کشاورزی غیرمزروعی (بایر) می‌باشد. در برخی از مناطق شهری، حضور و گسترش خاک لخت ارتباط تنگاتنگی با فراوانی طوفان، گرد و غبار، به ویژه در مناطق آب و هوایی خشک و بیابان دارد. علاوه بر این، زمین بایر بدون پوشش گیاهی در برابر انتقال رسوبات، فرسایش خاک و رانش زمین آسیب‌پذیر است. زمین‌های غیرمزروعی به دلیل ظرفیت گرمایی کمی که نسبت به سایر انواع پوشش زمین دارند، دمای بالای سطح زمین را القاء می‌نمایند. بنابراین طبقه‌بندی خاک لخت در سطح شهر بسیار حیاتی است. هنگامی که جزیره گرمایی شهری در زمان‌های مختلف ارزیابی می‌شوند، در مقیاس‌های مکانی پویایی تغییرات پوشش زمین از یکسو و عدم دقت در طبقه‌بندی خاک لخت منجر به ارزیابی ناکافی از شدت گرما در مناطق داخلی شهر می‌گردد. زمین‌های بایر اغلب به عنوان مناطق ساخته شده و بالعکس غلط طبقه‌بندی می‌شوند. بنابراین ممکن است با یک "شهرنشینی غیر واقعی" روبرو شویم زیرا مناطق شهری طبقه‌بندی شده در واقع خاک لخت مناطق هستند. در نتیجه، نرخ توسعه شهری و گرایش‌های توسعه ممکن است به اشتباه برداشت شود که در اولین گام باعث ابهام در برنامه‌ریزی شهری ارزیابی شده شود. چنانچه زمین بایر به طور کارآمد از زمین ساخته شده متفاوت گردد، ارزیابی توسعه شهری بهبود می‌یابد و به سایر پیشرفت‌ها مانند مدیریت کشاورزی، کمک می‌کند. بنابراین، نظارت برای برنامه‌ریزی کاربری زمین و شیوه‌های کشاورزی و سیاست‌گذاری بسیار مهم است (لیان‌ژی‌هو و همکاران، ۲۰۲۱).

پیکسل‌ها در نواحی شهری و در طبیعت ترکیبی از طبقات مختلف پوشش زمین همانند بتن، قیر، مناطق پوشش گیاهی و غیره هستند. در ابتدا در دامنه فازی طبقه بندی کننده هایی مانند الگوریتم خوشه‌بندی کی‌فازی<sup>۲</sup> و الگوریتم خوشه بندی احتمالی<sup>۳</sup> برای رسیدگی به پیکسل‌های مخلوط استفاده شد. الگوریتم خوشه بندی کی فازی یک الگوریتم خوشه بندی بدون نظارت است که به طور گسترده‌ای برای طبقه بندی فازی مورد استفاده قرار گرفته است اما دارای یک محدودیت می‌باشد و اینکه مقدار را نسبت به تعداد کل کلاس‌ها اختصاص می‌دهد. الگوریتم خوشه بندی احتمالی این کمبود را توسط تخصیص مقادیر عضویت در هر پیکسل نا مربوط به تعداد کلاس‌های حاضر مرتفع می‌سازد. اما معایب اصلی این الگوریتم این است که از محدودیت هایپیرلاین پیروی می‌کند. الگوریتم خوشه بندی کی‌فازی درجه اشتراک گذاری پیکسل برای هر کلاس را تعیین می‌کند بنابراین، ارزش‌های عضویت مجموع یکی می‌شود که اصطلاحاً به محدودیت هایپیرلاین معروف هست به همین دلیل نمی‌تواند اختلال موجود در داده‌ها را کنترل کند. در الگوریتم خوشه بندی احتمالی تابع هدف الگوریتم خوشه بندی کی فازی اصلاح شده و محدودیت احتمالی مرتفع گردیده است. این یک الگوریتم خوشه بندی است که می‌تواند هنگام ارائه کلاس مرکزی، به عنوان حالت نظارت شده اعمال شود. مقادیر عضویت تولید شده از طریق این تابع هدف برای هر کلاس مستقل هست. با این حال، الگوریتم خوشه بندی احتمالی به مقداره‌ی اولیه خوبی نیاز دارد و خوشه‌های همزمانی را ایجاد می‌کند و بهترین مزیت الگوریتم خوشه بندی احتمالی این است که از محدودیت هایپیرلاین پیروی نمی‌کند با این حال، اشکال عمده الگوریتم خوشه بندی احتمالی این است که به مقداره‌ی اولیه خوب بسیار حساس است. این خاصیت برای تولید خوشه‌های همزمانی به دلیل ردیف‌ها و ستون‌های ماتریس ویژگی آزاد از یکدیگر الگوریتم تأثیر نویز را به حداقل می‌رساند اما مقدار عضویت که باعث ایجاد کلاس می‌شود را نادیده می‌گیرد (کومار<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۱).

روش دیگر طبقه بندی تصویر مبتنی بر الگوی طیفی، الگوی فضایی، الگوی زمانی است. الگوی طیفی ترکیبی از اعداد دیجیتال<sup>۵</sup> است. بعبارت دیگر اعداد دیجیتال مقدار انعکاس انرژی الکترومغناطیس تبدیل شده به عدد است و مقدار آن بستگی به شدت انعکاس انرژی الکترومغناطیس از پدیده است. برای ویژگی‌های مختلف انواع الگوی فضایی به رابطه فضایی پیکسل‌ها اشاره دارد مانند بافت تصویر، مجاورت پیکسل، اندازه و شکل پیکسل‌ها. الگوی زمانی به ویژگی‌های زمانی آن اشاره دارد. روش‌های طبقه بندی مبتنی بر پیکسل، با استفاده از تکنیک‌های طبقه بندی چند طیفی، پیکسلی را به یک کلاس اساساً با توجه به شباهت‌های طیفی نسبت می‌دهد (جنسن، ۱۹۸۶).<sup>۶</sup>

دانشمندان سراسر جهان از شاخص‌های طیفی مشتق شده از لندست برای تشخیص خاک لخت از سایر زمین‌ها بهره برده‌اند. اما به طور کلی، استفاده از شاخص‌ها در مورد استخراج برخی از پوشش‌های زمین با توجه به میزان اطلاعات، نیاز به نظم داده‌ها و زمان مورد نیاز برای پردازش بیشتر است، لذا نسبت به استفاده از تکنیک‌های طبقه بندی کارآمدتر است. شاخص‌های متفاوتی برای استخراج منطقه ساخته شده با استفاده از تصاویر ماهواره ایجاد شده است. اساس توسعه این شاخص‌ها رفتار طیفی زمین ساخته شده و ویژگی‌های مختلف مربوط به طول موج طیف الکترومغناطیسی از نظر جذب یا بازتاب باندهای مختلف تصویر ماهواره نشان دهنده تفاوت‌های مختلف است. طول موج طیف الکترومغناطیسی بر اساس این شاخص‌ها توسعه

2 - Fuzzy -C-Means (FCM)

3 - The Possibilistic C-Means (PCM)

4- Kumar

5 - Digital Numbers

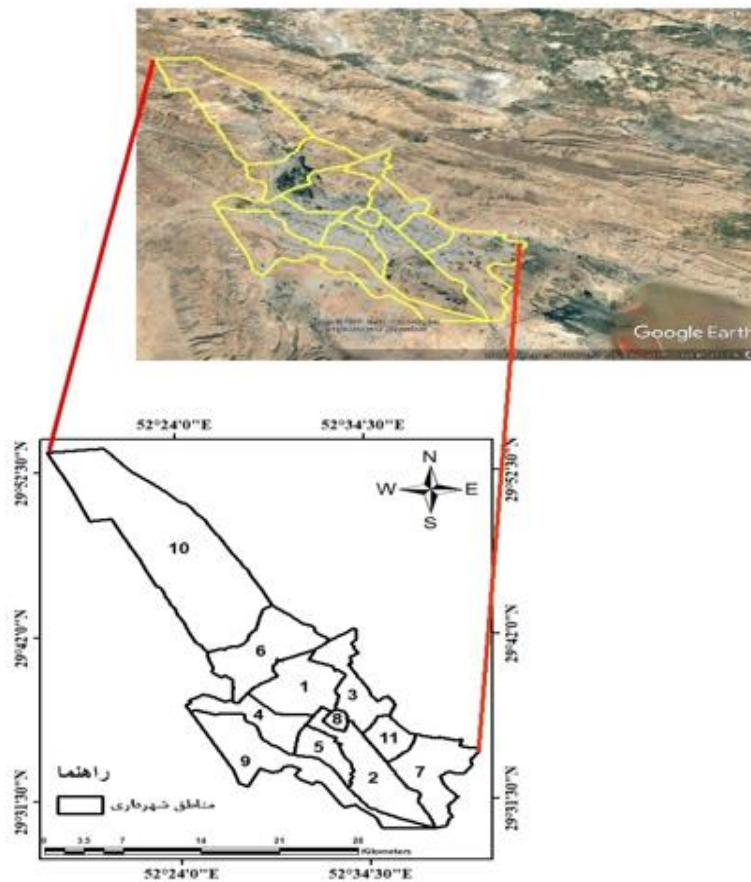
6 - Jensen

یافته‌اند. ترکیب ویژه‌ای از باندهای تصویر بررسی و مطالعه امضای طیفی انواع مختلف ویژگی‌ها برای ایجاد و توسعه شاخص‌های مختلف مربوط به شناسایی و استخراج ضروری است. (علوی پناه و همکاران، ۲۰۱۹)

در این پژوهش سعی بر آن است که از شاخص‌های مختلف دورسنجی، جهت شناسایی ساخت و سازه‌های شهری و تفکیک آنها از پوشش گیاهی، پوشش آب و پوشش‌های تیره مانند سایه و... استفاده گردد.

### ۱- محدوده مورد مطالعه

شیراز یکی از کلان‌شهرهای ایران و مرکز استان فارس در جنوب کشور است. جمعیت شیراز در سرشماری سال ۱۳۹۵ خورشیدی، بالغ بر ۱۵۶۵۵۷۲ تن بوده، که این رقم با احتساب جمعیت ساکن در حومه شهر به ۱۸۶۹۰۰۱ تن می‌رسد. این شهر در ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه عرض جغرافیایی، و ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه طول جغرافیایی قرار گرفته است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵۹۰ متر می‌باشد. مساحت این شهر ۱۲۹۹۰ کیلومتر مربع است که طول آن ۹۰ و عرض آن از ۲۰ تا ۳۰ کیلومتر، متغیر است. شیراز پنجمین شهر پرجمعیت ایران، پایتخت فرهنگی ایران، دومین شهر ادبی جهان و سومین شهر مذهبی ایران است. پرجمعیت‌ترین شهر جنوب کشور به شمار می‌رود. شیراز در بخش مرکزی استان فارس، در منطقه کوهستانی زاگرس واقع شده و آب و هوای معتدلی دارد. این شهر، از سمت غرب به کوه دراک، از سمت شمال به کوه‌های بمو، سبزپوشان، چهل‌مقام و باباکوهی (از رشته کوه‌های زاگرس) محدود شده است.



شکل (۱) موقعیت مکانی کلان‌شهر شیراز

## ۲- داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از داده‌های بدون ابر ماهواره لندست با شماره ردیف ۳۹ و گذر ۱۶۳ در بازه زمانی ۲۰۲۱/۶/۱۱ از آرشیو داده‌های زمین شناسی آمریکا تهیه گردید. در این رابطه، ماهواره لندست ۸ و سنجنده OLI با تعداد ۱۲ باند مورد استفاده قرارگردید.



شکل (۲) همپوشانی مرز کلان شهر شیراز با تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنجنده OLI

منطقه یک با مساحت ۱۰۸۱۸/۵۲ هکتار، منطقه دو با مساحت ۳۰۵۵۵/۱۰ هکتار، منطقه سه ۳۹۷/۳۱ هکتار، منطقه چهار ۲۶۶۸/۱۷ هکتار، منطقه پنج ۹۹۷۶/۷۱ هکتار، منطقه شش ۲۲۶ هکتار منطقه هفت ۲۹۴۷/۰۶ هکتار، منطقه هشت ۱۲/۵۶ هکتار، منطقه نه ۳۶۴۲۳ هکتار، منطقه ده ۳۷۲۹۳/۰۴ هکتار و منطقه یازده با مساحت ۳۹۳/۵۵ هکتار اراضی ساخته نشده اعلام گردیده است.

همچنین کل مساحت اراضی ساخته شده در سطح شهر شیراز ۱۱۳۴۵۳۲۸۵ مترمربع معادل با ۱۱۳۴۵۳/۲۸ کیلومترمربع و ۱۱۳۴۵/۳۳ هکتار می‌باشد.

منطقه یک با مساحت ۱۶۴۹/۵۰ هکتار، منطقه دو ۱۰۲۷ هکتار، منطقه سه ۱۴۲۴/۰۱ هکتار، منطقه چهار ۱۲۳۸/۳۰ هکتار، منطقه پنج ۹۴۴/۱۲ هکتار، منطقه شش ۱۰۲۵ هکتار، منطقه هفت ۸۳۹ هکتار، منطقه هشت ۲۵۹/۵۲ هکتار، منطقه نه ۵۵۰ هکتار، منطقه ده ۱۸۳۵/۴۸ هکتار و منطقه یازده با مساحت ۵۵۴/۱۵ هکتار اراضی ساخته نشده اعلام گردیده است. جدول

(۱)

## جدول (۱) مساحت اراضی ساخته شده و ساخته نشده در سطح شهر شیراز به تفکیک مناطق یازده گانه شهرداری

منطقه	مساحت اراضی ساخته شده (هکتار)	مساحت اراضی ساخته نشده (هکتار)
۱	۱۶۴۹/۵۰	۱۰۸۱۸/۵۲
۲	۱۰۲۷	۳۰۵۵۵/۱۰
۳	۱۴۲۴/۰۱	۳۹۷/۳۱
۴	۱۲۳۸/۳۰	۲۶۶۸/۱۷
۵	۹۴۴/۱۲	۹۹۷۶/۷۱
۶	۱۰۲۵	۲۲۶
۷	۸۳۹	۲۹۴۷/۰۶
۸	۲۵۹/۵۲	۱۲/۵۶
۹	۵۵۰	۳۶۴۲۳
۱۰	۱۸۳۵/۴۸	۳۷۲۹۳/۰۴
۱۱	۵۵۴/۱۵	۳۹۳/۵۵

تصویر ماهواره‌ای مناسب ( بدون ابر) از سایت داده‌های زمین شناسی آمریکا دانلود گردد، سپس با استفاده از نرم افزار ان وی پردازش تصاویر صورت پذیرد که این پردازش شامل تصحیحات رادیومتریکی کالیبریشن و اتمسفریک کالیبریشن می‌باشد. تصحیح رادیومتریکی عبارت است از اصلاح تمامی خطاهای موجود (ناشی از زمین، اتمسفر، سنجنده) در امواج رسیده به سنجنده و تصحیح اتمسفری عبارت است از اصلاح اثرات اتمسفر (پخش و جذب) از روی امواج رسیده به سنجنده، بر اساس این تعاریف تصحیح اتمسفری زیر مجموعه تصحیح رادیومتریکی است. پس از انجام تصحیحات برای دستیابی به هدف اصلی پژوهش می‌بایست نه شاخص محیط های شهری با استفاده از نرم افزارهای ان وی و ارک مپ بدست آیند.

## ۳- پیش پردازش داده‌ها

بعد از اخذ داده‌ها از سنجنده، به منظور استفاده از این تصاویر و استخراج اطلاعات از این داده‌ها در زمین‌های مختلف، فرآیند آنالیز این داده‌ها انجام می‌گیرد. فرآیند آنالیز، شامل فرآیندهای پردازشی است که نهایتاً منجر به استخراج اطلاعات می‌گردد. در مرحله پیش پردازش خطاهای موجود بر روی داده‌های خام از قبیل خطاهای رادیومتری، اتمسفری، هندسی و غیره تصحیح می‌گردد. تصحیحات رادیومتریکی در قبال تغییرات منظر، دید هندسی، شرایط جوی و مشکلات حاصل از سنجنده باید صورت گیرند.

هدف از تصحیح اتمسفری، تعیین ارزش واقعی بازتاب سطح و بازتابی پارامترهای فیزیکی سطح زمین، از جمله بازتابش سطح، از بین بردن اثرات جوی از تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد (نجفی و همکاران، ۱۳۹۶). در این مطالعه با استفاده از گزینه رادیومتریکی کالیبریشن<sup>۷</sup> موجود در نرم افزار ENVI، ۵.۳ رادیانس طیفی بالای اتمسفر را محاسبه سپس آن را بعنوان ورودی مدل فلش<sup>۸</sup>

قرار داده و تصحیحات اتمسفری اعمال می‌گردد (کیوان عزیزی مند و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین تصحیح هندسی تصویر برای هم مختصات سازی تصاویر ضروری است تا مغایرت موجود در تصاویر از کیفیت مناسبی برخوردار باشد. لندست ۸ دارای قدرت تفکیک ۳۰ متر در باندهای چندطیفی و ۱۵ متر در باند پانکروماتیک است. بااستثناء باندهای حرارتی که شامل باندهای ۱۰ و ۱۱ می‌باشند تک تک باندها باهم ترکیب گردیده و یک تصویر چند طیفی ایجاد، سپس عمل فیوژن با باند پانکروماتیک (باندشماره ۸) انجام می‌گردد و قدرت تفکیک مکانی تصویر به ۱۵ متر افزایش می‌یابد (نجفی و همکاران، ۱۳۹۶). در این تحقیق، برای تصحیحات تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ شهر شیراز از نرم افزارنسخه ENVI، نسخه ۵.۳ استفاده شده است.

#### ۴ - شاخص‌های طیفی

مناطق ساخته شده جزء قابل توجهی از کاربری زمین مرتبط با شهرنشینی است. طبقه بندی مناطق ساخته شده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای یکی از پرکاربردترین روش‌ها محسوب می‌گردد. بدین منظور جهت دستیابی به هدف پژوهش برای مقایسه نتایج، چندین شاخص مورد مطالعه قرار گرفته است.

الگوریتم‌های طبقه بندی و تشخیص مبتنی بر شاخص بر اساس کمترین و بالاترین مقادیر بازتاب طراحی شده‌اند (پاندی و تیواری ۲۰۲۰)<sup>۸</sup>. برای استخراج سطوح ساخته شده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، شاخص‌های طیفی مختلف ارائه شده که عبارتند از: شاخص‌های شهری<sup>۹</sup>، شاخص مبتنی بر اراضی ساخته شده<sup>۱۰</sup>، شاخص تفاضل نرمال سطوح غیرقابل نفوذ<sup>۱۱</sup>، و دو شاخص مبتنی بر باندهای مرئی سبز و قرمز برای اراضی ساخته شده<sup>۱۲</sup> است (کیوان عزیزی مند و همکاران، ۱۳۹۶). شاخص تفاضل نرمال شده آب<sup>۱۴</sup> ویژگی‌های آب های آزاد را مشخص می‌کند، که بدین صورت بیان می‌شود:

$$(GREEN - NIR)/(GREEN + NIR) = NDWI$$

که در آن باند سبز یا باند ۳ و باند مادون قرمز نزدیک یا باند ۵ در لندست ۸ می‌باشد. این شاخص با استفاده از رنگ سبز انعکاس آب را به حداکثر می‌رساند و طول موج نور را به حداقل می‌رساند و بازتاب کم باند مادون قرمز نزدیک را به حداقل می‌رساند. بنابراین، ویژگی‌های آب با مقادیر مثبت افزایش می‌یابد و پوشش گیاهی و خاک به صورت مقادیر منفی یا صفر ارائه می‌شود. با این حال، اطلاعات آب استخراج شده در این مناطق اغلب با زمین های ساخته شده مخلوط می‌شود زیرا زمین های ساخته شده نیز در تصویر شاخص تفاضل نرمال شده آب دارای ارزش مثبت هستند.

برای رفع این مشکل، می‌تواند شاخص تفاضل نرمال شده آب را با استفاده از باند مادون قرمز میانی باند 6، لندست ۸ اصلاح نمود برای این منظور باند مادون قرمز میانی جایگزین باند مادون قرمز نزدیک در شاخص تفاضل نرمال شده آب می‌گردد و بدین ترتیب شاخص تفاضل نرمال اصلاح شده آب<sup>۱۵</sup> ایجاد گردید.

$$MNDWI = (GREEN - MIR) / (GREEN + MIR)$$

8 - Fast line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes (FLAASH)

9 - Dwijendra Pandey & K.C. Tiwari

10 - Urban Index (UI)

11 - Index-based Built-up Index (IBI)

12 - Normalized Difference Impervious Surface Index (NDISI)

13 - Visible Red/Green-based Built-up Indices (VrNIR-BI and VgNIR- BI)

14 - Normalized Difference Water Index (NDWI)

15 - Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)

این جایگزینی هیچ تاثیری بر روی پوشش گیاهی ندارد، زیرا پوشش گیاهی هنگام محاسبه با استفاده از موارد فوق دارای ارزش منفی است. بنابراین بجای استفاده از شاخص تفاضل نرمال شده آب، شاخص تفاضل نرمال اصلاح شده آب برای بهبود ویژگی-های آب در مناطق ساخته شده مورد استفاده قرار می‌گیرد

بازه تغییرات شاخص تفاضل نرمال اصلاح شده آب بین مقادیر ۱ و -۱ می‌باشد که هرچه به محیط‌های آبی نزدیکتر شویم این مقدار به عدد ۱ میل می‌نماید و هرچه به محیط‌های با پوشش گیاهی سبتر نزدیک شویم این مقدار به عدد -۱ میل می‌نماید برای محیط‌های خشک و خاک نیز این بازه به عدد صفر میل می‌نماید. علت عملکرد دو گانه این شاخص که محیط‌های آبی و شهری را مشابه نمایش می‌دهد، بنابراین در محیط‌های خشک نیز می‌توان از این شاخص برای تشخیص مناطق ساخته شده و شهری از پوشش گیاهی استفاده نمود.

زمین ساخته شده، تابش باند مادون قرمز میانی را بالاتر از تشعشعات باند مادون قرمز نزدیک از سطح منعکس می‌کند، در محاسبه شاخص تفاضل نرمال اصلاح شده آب، زمین ساخته شده با حفظ مقادیر آب باید مقادیر منفی را داشته باشد. بر این اساس، ویژگی‌های آب افزایش یافته است و دیگر در یک تصویر شاخص تفاضل نرمال اصلاح شده آب نوین زمین ایجاد نخواهد شد. پس می‌توان نتیجه گرفت:

مقادیر مثبت نشان دهنده آب می‌باشند چرا که آب در باند MIR بیشتر از NIR جذب می‌شود. مقادیر منفی نشان دهنده عناصر و پدیده‌های انسان ساخت می‌باشد چرا که این پدیده‌ها در باند MIR نسبت به باند NIR انعکاس بیشتری دارند. خاک و پوشش گیاهی دارای ارزش منفی هستند.

ژا<sup>۱۶</sup> و همکاران شاخص تفاضل نرمال اراضی ساخته شده<sup>۱۷</sup> را برای شناسایی و استخراج توزیع سطح غیرقابل نفوذ در مناطق شهری توسط داده های ماهواره لندست ۸ پیشنهاد داد.

$$NDBI = (MIR - NIR) / (MIR + NIR)$$

مقادیر شاخص تفاضل نرمال اراضی ساخته شده می‌تواند بسته به ویژگی‌های طیفی از باند مادون قرمز متوسط تا باند مادون قرمز نزدیک باشد. این شاخص همچنین برای نقشه برداری از سکونتگاه های انسانی و شناسایی عناصر و ساختمان‌های محیط اطراف مفید واقع شود.

از سوی دیگر شاخص تفاضل نرمال اراضی ساخته شده شاخصی برای شناسایی و طبقه بندی مناطق ساخته شده یا سطوح غیر قابل نفوذ می‌باشد که مقادیر مثبت نشان دهنده مناطق ساخته شده و مقادیر نزدیک به صفر نشان دهنده پوشش گیاهی است، در حالی که مقادیر منفی نشان دهنده آب هستند.

این شاخص در سال ۲۰۰۳ به عنوان یک روش جدید پیشنهاد شد که به طور خودکار مناطق ساخته شده را نقشه برداری می‌کند. این روش برای اولین بار در عمل برای استخراج داده ها برای منطقه ساخته شده از شهر نانجینگ در شرق چین استفاده شد. شاخص تفاضل نرمال اراضی ساخته شده می‌تواند از ۱ تا -۱ متفاوت باشند. مقادیر مثبت نشان دهنده پوشش‌های آبی و مناطق ساخته شده، در حالی که سایر انواع پوشش زمین با مقادیر منفی نشان داده می‌شوند. شاخص تفاضل نرمال اراضی ساخته شده قادر خواهد بود بین مناطق ساخته شده و گیاهان سبز و مرطوب تمایز قائل شود. نتایج این شاخص مقادیر بالای را برای خاک برهنه نشان داد. به طور کلی، شاخص تفاضل نرمال ساخته شده در مکان‌هایی کارآمدتر است که در آن مقدار شاخص تفاضل نرمال پوشش گیاهی بزرگتر از ۰ است.

16 - Zha

17 - Normalized Difference Built-up index (NDBI)



شاخص تفاضل نرمال اراضی ساخته شده (NDBI) اصولاً در مناطق خشک قادر است مناطق ساخته شده و پوشش گیاهی را بخوبی متمایز نماید اما برای جداکردن مناطق غیر قابل نفوذ انسان ساز و ساخته نشده گزینه مناسبی نخواهد بود زیرا مقادیر بازتاب باندها در مناطق غیرقابل نفوذ بسیار شبیه به زمین های برهنه است و برای تقویت جداسازی آنها، بازتاب طیفی بین پوشش های زمین مجاور باید به حداکثر برسد. همین امر باعث عدم تفکیک پذیری مناسب آنها می گردد.

در پژوهشی که با عنوان طبقه بندی خودکار پوشش های عمده زمین شهر بر اساس شاخص های طیفی جدید و توسط فرداتول و وی (۲۰۱۸)<sup>۱۸</sup> صورت پذیرفت مشخص گردید شاخص تفاضل نرمال اراضی ساخته شده (Normalize Difference Built Up Index) اصولاً در مناطق خشک قادر خواهد ساخت مناطق ساخته شده و پوشش گیاهی را بخوبی متمایز نماید اما برای جداکردن مناطق غیر قابل نفوذ انسان ساز و ساخته نشده گزینه مناسبی نخواهد بود زیرا مقادیر بازتاب باندها در مناطق غیرقابل نفوذ بسیار شبیه به زمین های برهنه است و برای تقویت جداسازی آنها، بازتاب طیفی بین پوشش های زمین مجاور باید به حداکثر برسد.

شاخص تفاضل نرمال اصلاح شده ساخته شده<sup>۱۹</sup> برای شناسایی سازه های شهری و تفکیک پذیری مناسب پیشنهاد شده است. برای محاسبه این شاخص باند آبی و باند مادون قرمز کوتاه استفاده می گردد.

$$MNDBI = (SWIR - BIUE) / (SWIR + BLUE)$$

بازه تغییرات شاخص تفاوت نرمال اصلاح شده ساخته شده بین مقادیر ۱ و -۱ می باشد. مقادیر مثبت نشان دهنده اراضی ساخته شده می باشد.

از آنجایی که مقادیر بازتاب مناطق غیرقابل نفوذ بسیار شبیه به زمین های برهنه است برای تقویت جداسازی آنها، بازتاب طیفی بین پوشش های زمین مجاور باید به حداکثر برسد. بنابراین، شاخص اصلاح شده تفاضل نرمال ساخته شده با استفاده از باند طیفی آبی و باند مادون قرمز کوتاه پیشنهاد گردید. این شاخص که برای شناسایی سازه های شهری مورد استفاده قرار می گیرد در مناطقی که دارای جوی خشک هستند عملکرد مطلوبی دارد.

باند مادون قرمز کوتاه بیشترین بازتاب را برای زمین های برهنه دارد، اما بازتاب آن برای پوشش گیاهی و مناطق غیر قابل نفوذ تقریباً یکسان است همچنین باند آبی، در نواحی غیرقابل نفوذ بیشترین بازتاب را دارند. بنابراین ترکیب باند مادون قرمز کوتاه و باند آبی بیان کننده این حقیقت است که مقادیر مثبت فقط برای زمین لخت و مقادیر منفی برای تمام انواع دیگر پوشش زمین و نیز بین زمین لخت و نواحی غیر قابل نفوذ بازتاب به حداکثر میزان خود می رسد. این شاخص نسبت به شاخص تفاضل نرمال ساخته شده بهتر می تواند مناطق ساخته شده و ساخته نشده را متمایز نماید

شاخص ساخته شده در مناطق خشک<sup>۲۰</sup> برای نقشه برداری از مناطق ساخته شده در آب و هوای خشک است

$$DBI = (BLUE - TIR) / (BIUE + TIR)$$

این شاخص یک شاخص تخصصی برای سازه های انسانی در مناطق خشک مورد توجه واقع گردید که جهت تفکیک پذیری بین شهر و سایر پوششها از جمله پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می گیرد.

شاخص ساخته شده در مناطق خشک می تواند بین مقادیر ۲ تا -۲ متغیر باشد و اعداد بالاتر نشان دهنده مناطق ساخته شده متراکم است.

18 - Faridatul M, Wn B

19 - Modified Normalized Difference Built -Up Index(MNDBI)

20 - Dry Built up Index(DBI)

شایان توجه است که مقادیر پایین شاخص ساخته شده در مناطق خشک در خارج از مرز شهر و در مقابل، مقادیر بالا در داخل مرز شهر و در داخل شهراست.

در تحقیقی دیگر که توسط جمیز ویلر<sup>۲۱</sup> و همکاران (۲۰۱۸) با عنوان اعمال شاخص های ساخته شده و خاک برهنه در شهرهای با اقلیم خشک با استفاده از ماهواره لندست ۸ صورت پذیرفت مشخص گردید، شاخص ساخته شده خشک (Dry Built-Up Index) برای مناطق معتدل یا شهرهایی در مناطق مرطوب یا مناطقی که با پوشش های گیاهی احاطه شده اند ممکن است نتایج مطلوب مناطق آب و هوایی خشک را ارائه نکند و نتواند تمایز مشخصی بین مناطق ساخته شده و ساخته نشده را ارائه دهد. به دلیل رطوبت کم در مناطق سبز شهرهای اطراف، شاخص های ساخته شده و برهنه که برای مناطق مرطوب ایجاد شده اند، اغلب نمی توانند به اندازه کافی بین زمین های ساخته شده و بایر در زمین های خشک تمایز قائل شود. شاخص استخراج خودکار ساخته شده<sup>۲۲</sup> یک شاخص بسیار مناسب برای شناسایی شهر بخصوص مناطق خشک می باشد. این شاخص براساس اعمال ضرایب بر روی باندهای مالتی اسپکترال<sup>۲۳</sup> لندست ۸ و برای بهبود دقت طبقه بندی در نواحی حاوی سطوح لخت و شنی ارائه شده است و طبق رابطه ذیل بدست می آید:

$$ABEI = 0.312B1 + 0.513B2 - 0.086B3 - 0.441B4 + 0.052B5 - 0.198B6 + 0.278B7$$

از شاخص استخراج خودکار ساخته شده می توان برای استخراج مناطق ساخته شده از سایر پوشش های زمین استفاده کرد. این شاخص حتی در خاک برهنه و مناطق شنی، جایی که سایر شاخص ها با چالش های عمده روبرو هستند موثر واقع می گردد. هدف از شاخص استخراج خودکار ساخته شده ایجاد حداکثر شباهت بین مقادیر پیکسل کلاس ساخته شده و حداکثر تفاوت بین مقادیر پیکسل کلاس ساخته شده و سایر کلاس های پوشش زمین می باشد به این منظور، از ترکیب باندهای بازتابی لندست ۸ و وزن هر باند استفاده می شود.

مقدار ضریب برای هر باند طیفی نشان دهنده وسعت اثر هر باند طیفی در استخراج منطقه ساخته شده است. در پژوهشی که توسط دویندرا پندی و کا سی تیواری<sup>۲۴</sup> (۲۰۲۰) با عنوان استخراج سطوح ساخته شده شهری و زیر مجموعه های آن با استفاده از شاخص های ساخته شده موجود با تجزیه و تحلیل تفکیک پذیری طیفی کلاس های مختلط در تصاویر طیف سنج قابل مشاهده / مادون قرمز صورت پذیرفت مشخص گردید که شاخص استخراج خودکار ساخته شده (Automatic Built-up Extraction Index) با دقت کلی ۸۵/۱۵٪ شاخص مناسبی برای تشخیص مناطق ساخته شده اعلام گردید

در مطالعه ای دیگر که توسط علوی پناه و همکاران (۲۰۱۹) تحت عنوان شاخص استخراج خودکار ساخته شده، تکنیک جدید نقشه برداری از مناطق ساخته شده سطحی با استفاده از تصاویر لندست ۸ صورت پذیرفت مشخص گردید که شاخص استخراج خودکار ساخته شده (AutoMated Built up Extraction Index) برای تشخیص مناطق ساخته شده و ساخته نشده بسیار مفید واقع گردد در این تحقیق از ۵ شهر واقع در کشور ایران و ۱۱ شهر واقع در قاره اروپا استفاده گردید که اقلیم آب و هوایی شهرهای واقع در اروپا کاملاً متفاوت که شامل اقلیم ساحلی، اقلیم خشک، اقلیم مرطوب را در بر می گرفت. در نهایت نتایج حاصل از اعمال این شاخص در مناطق متنوع آب و هوایی بسیار رضایت بخش بود.

21 - Wheeler

22 - Auto Mated Built up Extraction Index (ABEI)

23 - Multi spektral

24 - Dwijendra Pandey &amp; K.C. Tiwari

طی پژوهشی که توسط عطارچی و همکاران (۱۳۹۹) با عنوان مقایسه عملکرد شاخص های طیفی با طبقه بندی شیء-گرا در استخراج مناطق ساخته شده شهری (مورد مطالعه شهر تهران و شهر گرگان)، صورت پذیرفت مشخص گردید از بین شاخص های مورد استفاده، بهترین شاخص که کارایی زیادی هم از نظر صحت کلی و هم از نظر صحت کاربر و صحت تولیدکننده، شاخص استخراج خودکار ساخته شده (Automatic Built-up Extraction Index) برای شهر تهران را دارا بود این شاخص عوارض ساخته شده و ساخته نشده را برای دو شهر مورد مطالعه نسبت به دیگر شاخص ها بهتر از هم تفکیک کرده است

وانگ<sup>۲۵</sup> و همکاران شاخص تفاضل نرمال غیرقابل نفوذ<sup>۲۶</sup> را برای استخراج توزیع سطح غیرقابل نفوذ ابداع کرد. این شاخص بر اساس باندهای مرئی و حرارتی است

$$(VISIBEL + TIR) NDII = (VISIBEL - TIR) /$$

در این فرمول باندهای مرئی شامل یکی از باندهای قرمز، سبز، آبی می شود. وانگ اشاره کرد که دقت استخراج زمانی بالاتر است که باند مرئی شامل باند قرمز گردد. از این رو برای محاسبه شاخص تفاضل نرمال غیرقابل نفوذ از باند قرمز و باند حرارتی استفاده می گردد. در محاسبه این شاخص بعلاوه آنکه از باند حرارتی استفاده گردیده لذا برای تشخیص مناطق خشک و غیرقابل نفوذ شهری مناسب تشخیص داده شده است.

توسط چن<sup>۲۷</sup> و همکاران شاخص تفاضل نرمال مساحت زمین برهنه<sup>۲۸</sup> ارائه شد. این شاخص برای تشخیص مساحت زمین برهنه از سایر طبقات کاربری می باشد.

$$(NDBAI = (MIR - TIR) / (MIR + TIR$$

مقادیر این شاخص می تواند بین ۱ تا -۱ متغیر باشد. مقادیر مثبت نشان دهنده پوشش های خاکی و مقادیر منفی نشان دهنده سایر پوشش های زمین می باشد.

شاخص عمودی سطح غیرقابل نفوذ<sup>۲۹</sup> که سطوح نفوذپذیر مانند خاک برهنه را پردازش و ماسک می کند

$$PISI = 0.8192 * BLUE - 0.5735 * NIR + 0.750$$

این شاخص به طور موثر سطوح غیر قابل نفوذ را از خاک لخت و پوشش گیاهی متمایز می نماید. تفاوت عمده آن با شاخص استخراج خودکار ساخته شده در این است که در این شاخص اعمال ضرایب صرفا برای باندهای آبی و مادون قرمز نزدیک صورت می پذیرد

در تحقیقی دیگر که توسط هو چن<sup>۳۰</sup> و همکاران (۲۰۱۸) با موضوع یک شاخص جدید برای ترسیم نمودن سطح غیرقابل نفوذ انجام پذیرفته این نتیجه حاصل گردید که شاخص عمودی سطح غیرقابل نفوذ ( Perpendicular Impervious Surface Index) در زمانی بهترین نتیجه را دارد که تصاویر ماهواره ای اخذ شده از زمین در فصل تابستان باشد. رطوبت خاک عامل دیگری است که بر دقت آن تأثیرگذار است. به طور کلی انعکاس خاک با افزایش محتوای آب کاهش می یابد و اثر آن در مدت طولانی تر مشخص تر می شود.

25 - Wang

26 - Normalised Difference Impervious Index(NDII)

27 - Chen

28 - Normalized Difference Bare-land Area Index(NDBAI)

29 - Perpendicular Impervious Surface Index (PISI)

30 - He Ch

شاخص تفاضل نرمال شده خاک ورزی<sup>۳۱</sup> شاخصی است که می‌تواند مناطق ساخته شده را برجسته کرده و آنها را از زمین لخت جدا کند. این شاخص کنتراست بین زمین‌های خالی و مناطق ساخته شده را افزایش و کنتراست بین پوشش‌های آبی و سایر پوشش‌های زمین را کاهش می‌دهد.

با توجه به مشخصات طیفی زمین در چندین مکان نمونه مشخص شد که تفاوت بازتاب بین باندهای مادون قرمز کوتاه برای پیکسل‌های انتخاب شده از زمین بایر نسبت به پیکسل‌های انتخاب شده از مناطق ساخته شده بیشتر بود. این امر تاثیر دو باند مادون قرمز کوتاه را برای تمایز منطقه ساخته شده از زمین بایر نشان می‌دهد.

$$NDTI = (SWIR1 - SWIR2)/(SWIR1+SWIR2)$$

این شاخص برای اولین بار توسط دونتر<sup>۳۲</sup> و همکاران پیشنهاد گردید. تجزیه و تحلیل تصاویر به دست آمده نشان می‌دهد که شاخص تفاضل خاک ورزی مشکل اختلاط ساخت و ساز و زمین‌بایر که در سایر شاخص‌های ساخته شده مشهود است را حل می‌کند. علاوه بر این، مشکلات مربوط به برآورد بیش از حد مناطق ساخته شده و نامشخص بودن زمین‌های بایر به طور قابل توجهی بهبود یافته است (کایا<sup>۳۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۹).

اوگور آلگانچی<sup>۳۴</sup> و همکاران طی پژوهشی با عنوان جدا کردن مناطق ساخته شده از ساخته نشده در شهرهای مدیترانه با استفاده از تصاویر سنتینل ۲ به این نتیجه رسیدند که شاخص تفاضل نرمال خاکورزی (Normalized Difference Tillage Index) می‌تواند مناطق شهری را برجسته کند و باعث افزایش تضاد و کنتراست بین زمین برهنه و مناطق ساخته شده گردد. شایان توجه می‌باشد که شاخص فوق‌الذکر نمی‌تواند مشکل پیکسل‌های مخلوط زمین بایر و منطقه ساخته شده را به طور کامل حل کند و در بسیاری از موارد قسمت‌های ساخته نشده را بصورت ساخته شده طبقه بندی می‌نماید.

طبق تابع طبقه بندی مجدد که بر روی شاخص‌های بررسی شده در این پژوهش اعمال گردید جدول ذیل براساس میزان مساحت دو کلاس ساخته شده و ساخته نشده مشخص گردید.

**جدول (۲) شاخص‌ها و مساحت کاربری‌های ساخته شده و ساخته نشده و آمار شهرداری شیراز و طبقه بندی**

**نظارت شده برحسب هکتار**

ردیف	شاخص	مساحت ساخته شده (هکتار)	مساحت ساخته نشده (هکتار)	مساحت ساخته شده با طبقه بندی نظارت شده (هکتار)	مساحت ساخته نشده با طبقه بندی نظارت شده (هکتار)	آمار شهرداری ساخته شده (هکتار)	آمار شهرداری ساخته نشده (هکتار)
۱	NDBI	۴۸۱۴۴/۵۷	۴۸۱۴۴/۵۷	۲۲۸۴۲/۳۶	۲۹۴۴۰/۶۴	۱۱۳۴۵/۳۳	۱۳۱۷۱۰/۶۸
۲	MNDWI	۲۵۸۱۸/۱	۲۶۴۶۴/۲۳	۲۲۸۴۲/۳۶	۲۹۴۴۰/۶۴	۱۱۳۴۵/۳۳	۱۳۱۷۱۰/۶۸
۳	NDII	۱۱۵۰۷/۳۵	۴۰۷۷۴/۹۷	۲۲۸۴۲/۳۶	۲۹۴۴۰/۶۴	۱۱۳۴۵/۳۳	۱۳۱۷۱۰/۶۸
۴	NDBAI	۸۶۳۰/۹	۴۳۶۵۱/۴۱	۲۲۸۴۲/۳۶	۲۹۴۴۰/۶۴	۱۱۳۴۵/۳۳	۱۳۱۷۱۰/۶۸

31 - Normalized Difference Tillage Index (NDTI)

32 - Deventer

33 - Kaya

34 - Alganci

۱۳۱۷۱۰/۶۸	۱۱۳۴۵/۳۳	۲۹۴۴۰/۶۴	۲۲۸۴۲/۳۶	۳۴۷۲۸/۴۱	۱۷۵۵۳/۹۱	MNDBI	۵
۱۳۱۷۱۰/۶۸	۱۱۳۴۵/۳۳	۲۹۴۴۰/۶۴	۲۲۸۴۲/۳۶	۴۸۴۴۴/۴۵	۴۸۴۴۴/۴۵	DBI	۶
۱۳۱۷۱۰/۶۸	۱۱۳۴۵/۳۳	۲۹۴۴۰/۶۴	۲۲۸۴۲/۳۶	۳۱۷۸۸/۷۴	۲۰۴۹۳/۵۸	ABEI	۷
۱۳۱۷۱۰/۶۸	۱۱۳۴۵/۳۳	۲۹۴۴۰/۶۴	۲۲۸۴۲/۳۶	۲۸۸۰۴/۳۴	۲۳۴۷۸	PISI	۸
۱۳۱۷۱۰/۶۸	۱۱۳۴۵/۳۳	۲۹۴۴۰/۶۴	۲۲۸۴۲/۳۶	۲۷۱۰۲/۶۴	۲۵۱۷۹/۶۱	NDTI	۹

در پژوهش حاضر به منظور ارزیابی نقشه های پوشش اراضی ساخته شده و ساخته نشده ی منتج از شاخص ها، از نقشه ی منتج از الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت نیز استفاده شد. نتایج صحت کلی و ضریب کاپا و برای تصاویر ماهواره ای اخذ شده از لندست ۸ در جدول (۳) ارائه گردیده است.

جدول (۳) ماتریس خطا، صحت کلی، ضریب کاپا، همچنین خطای امیشن<sup>۳۵</sup> و کمیشن<sup>۳۶</sup> و تولید کنند<sup>۳۷</sup> و کاربر<sup>۳۸</sup>

#### برای نتایج بدست آمده از طبقه بندی نظارت شده حداکثر احتمال

خطای کاربر		خطای تولید کننده		خطای کمیشن		خطای امیشن		صحت کلی	ضریب کاپا
ساخته نشده	ساخته شده	ساخته نشده	ساخته شده	ساخته نشده	ساخته شده	ساخته نشده	ساخته شده		
% 88/46	% 83/54	% 80/99	% 90/13	% 11/54	% 16/45	% 19/1	% 9/87	85/71	۰/71

لازم به ذکر است که خطای امیشن اشاره به پیکسلهایی دارد که از طبقات حذف شده و به کلاس دیگر اختصاص داده شده است که این خطا براساس مقادیر ستونها قابل اندازه گیری می باشد.

خطای کمیشن نیز اشاره به پیکسلهایی دارد که به طبقات اضافه و از کلاس های دیگر حذف شده است و این خطا نیز بر اساس مقادیر سطرها قابل اندازه گیری می باشد.

خطای تولیدکننده نیز اشاره به آن دسته از پیکسلهایی دارد که به درستی طبقه بندی شده اند.

خطای کاربر نیز براساس پیکسلهای اضافی ایجاد می گردد و از دید ناظر نقشه قابل توجیه می باشد.

جدول (۴) مقایسه ای بین مساحت اراضی ساخته شده (هکتار) بعنوان اطلاعات برآوری و مساحت اراضی ساخته شده (هکتار) بعنوان اطلاعات مشاهده ای (زمینی) ارائه شده توسط شهرداری شیراز صورت پذیرفته است.

35 - Omission  
36 - Commission  
37 - Producer accuracy  
38 - User accuracy

جدول (۴) ارزیابی مساحت اراضی ساخته شده با استفاده از شاخص‌های منتج از داده‌های ماهواره‌ای و مشاهدات

(زمینی) حاصل از داده‌های شهرداری شیراز

درصد اختلاف	اختلاف	مساحت اراضی ساخته شده (هکتار)		شاخص
		مشاهده‌ای (زمینی)	برآوردی	
۱۲۷	۱/۲۷	۱۱۳۴۵/۳۳	۲۵۸۱۸/۱	MNDWI
۱/۴۲	۰/۰۱۴	۱۱۳۴۵/۳۳	۱۱۵۰۷/۳۵	NDII
- ۲۳/۹	- ۰/۲۳۹	۱۱۳۴۵/۳۳	۸۶۳۰/۹	NDBAI
۵۴/۷	۰/۵۴۷	۱۱۳۴۵/۳۳	۱۷۵۵۳/۹۱	MNDBI
۳۲۷	۳/۲۷	۱۱۳۴۵/۳۳	۴۸۴۴۴/۴۵	DBI
۸۰/۶۳	۰/۸۰۶	۱۱۳۴۵/۳۳	۲۰۴۹۳/۵۸	ABEI
۱۰۷	۱/۰۶	۱۱۳۴۵/۳۳	۲۳۴۷۸	PISI
۱۲۲	۱/۲۱۹	۱۱۳۴۵/۳۳	۲۵۱۷۹/۶۱	NDTI
۳۲۴/۳۵	۳/۲۴	۱۱۳۴۵/۳۳	۴۸۱۴۴/۵۷	NDBI

جدول (۵) مقایسه‌ای بین مساحت اراضی ساخته نشده (هکتار) بعنوان اطلاعات برآوردی و مساحت اراضی ساخته نشده (هکتار) بعنوان اطلاعات مشاهده‌ای (زمینی) ارائه شده توسط شهرداری شیراز صورت پذیرفته است.

جدول (۵) ارزیابی مساحت اراضی ساخته نشده با استفاده از شاخص‌های منتج از داده‌های ماهواره‌ای و مشاهدات

(زمینی) حاصل از داده‌های شهرداری شیراز

درصد اختلاف	اختلاف	مساحت اراضی ساخته نشده (هکتار)		شاخص
		مشاهده‌ای (زمینی)	برآوردی	
- ۷۹/۹۰	- ۰/۷۹۹	۱۳۱۷۱۰/۶۸	۲۶۴۶۴/۲۳	MNDWI
- ۶۹/۰۴	- ۰/۶۹۰	۱۳۱۷۱۰/۶۸	۴۰۷۷۴/۹۷	NDII
- ۶۶/۸۵	- ۰/۶۶۸	۱۳۱۷۱۰/۶۸	۴۳۶۵۱/۴۱	NDBAI
- ۷۳/۶۳	- ۰/۷۳۶	۱۳۱۷۱۰/۶۸	۳۴۷۲۸/۴۱	MNDBI
- ۶۳/۲۱	- ۰/۶۳۲	۱۳۱۷۱۰/۶۸	۴۸۴۴۴/۴۵	DBI
- ۷۵/۸۶	- ۰/۷۵۸	۱۳۱۷۱۰/۶۸	۳۱۷۸۸/۷۴	ABEI
- ۷۹/۴۲	- ۰/۷۹۴	۱۳۱۷۱۰/۶۸	27102/64	NDTI
- ۷۸/۱۳	- ۰/۷۸۱	۱۳۱۷۱۰/۶۸	۲۸۸۰۴/۳۴	PISI
- ۶۳/۴۴	- ۰/۶۳۴	131710/68	۴۸۱۴۴/۵۷	NDBI

جدول (۶) مقایسه ای بین مساحت اراضی ساخته شده (هکتار) بعنوان اطلاعات برآوری و مساحت اراضی ساخته شده (هکتار) بعنوان اطلاعات مشاهده ای (زمینی) ارائه شده توسط طبقه بندی نظارت شده صورت پذیرفته است.

جدول (۶) ارزیابی مساحت اراضی ساخته شده با استفاده از شاخص ها و مشاهدات (طبقه بندی نظارت شده) منتج

از داده های ماهواره ای

درصد اختلاف	اختلاف	مساحت اراضی ساخته شده (هکتار)		شاخص
		مشاهده ای (طبقه بندی نظارت شده)	برآوردی	
۱۳/۰۲	۰/۱۳۰	۲۲۸۴۲/۳۶	۲۵۸۱۸/۱	MNDWI
- ۴۹/۶۲	- ۰/۴۹۶	۲۲۸۴۲/۳۶	۱۱۵۰۷/۳۵	NDII
- ۶۲/۲۱	- ۰/۶۲۲	۲۲۸۴۲/۳۶	۸۶۳۰/۹	NDBAI
- ۲۳/۱۵	- ۰/۲۳۱	۲۲۸۴۲/۳۶	۱۷۵۵۳/۹۱	MNDBI
۱۱۲/۰۸	۱/۱۲	۲۲۸۴۲/۳۶	۴۸۴۴۴/۴۵	DBI
-۱۰/۲۸	- ۰/۱۰۲	۲۲۸۴۲/۳۶	۲۰۴۹۳/۵۸	ABEI
۲/۷۸	۰/۰۲۷	۲۲۸۴۲/۳۶	۲۳۴۷۸	PISI
۱۰/۲۳	۰/۱۰۲	۲۲۸۴۲/۳۶	۲۵۱۷۹/۶۱	NDTI
۱۱۰/۷۶	۱/۱۰	۲۲۸۴۲/۳۶	۴۸۱۴۴/۵۷	NDBI

جدول (۷) مقایسه ای بین مساحت اراضی ساخته نشده (هکتار) بعنوان اطلاعات برآوری و مساحت اراضی ساخته نشده (هکتار) بعنوان اطلاعات مشاهده ای (زمینی) ارائه شده توسط طبقه بندی نظارت شده صورت پذیرفته است

جدول (۷) ارزیابی مساحت اراضی ساخته نشده با استفاده از شاخص ها و مشاهدات (طبقه بندی نظارت شده)

منتج از داده های ماهواره ای

درصد اختلاف	اختلاف	مساحت اراضی ساخته نشده		شاخص
		مشاهده ای (طبقه بندی نظارت شده)	برآوردی	
-۱۰/۱۰	- ۰/۱۰۱	۲۹۴۴۰/۶۴	۲۶۴۶۴/۲۳	MNDWI
۳۸/۴۹	۰/۳۸۴	۲۹۴۴۰/۶۴	۴۰۷۷۴/۹۷	NDII
۴۸/۲۶	۰/۴۸۲	۲۹۴۴۰/۶۴	۴۳۶۵۱/۴۱	NDBAI
۱۷/۹۶	۰/۱۷۶	۲۹۴۴۰/۶۴	۳۴۷۲۸/۴۱	MNDBI
۶۴/۵۴	۰/۶۴۵	۲۹۴۴۰/۶۴	۴۸۴۴۴/۴۵	DBI
۷/۹۷	۰/۰۷۹	۲۹۴۴۰/۶۴	۳۱۷۸۸/۷۴	ABEI
- ۲/۱۶	- ۰/۰۲۱	۲۹۴۴۰/۶۴	۲۸۸۰۴/۳۴	PISI
- ۷/۹۴	- ۰/۰۷۹	۲۹۴۴۰/۶۴	۲۷۱۰۲/۶۴	NDTI
۶۳/۵۳	۰/۶۳۵	۲۹۴۴۰/۶۴	۴۸۱۴۴/۵۷	NDBI

جدول (۸) ارزیابی بین مساحت اراضی ساخته شده و ساخته نشده (هکتار) با استفاده از شاخص‌های منتج از داده های ماهواره ای و مشاهدات منطبق بر معیارهای رقومی و بصری

جدول (۸) ارزیابی مساحت اراضی ساخته شده و ساخته نشده با استفاده از شاخص‌های منتج از داده های

ماهواره‌ای و مشاهدات منطبق بر معیارهای رقومی و بصری

شاخص	درجه بندی منطبق بر معیار بصری	درجه بندی منطبق بر معیار رقومی	مجموع اولویتها (رقومی + بصری)
MNDWI	۷	۷	۱۴
NDII	۴	۴	۸
NDBAI	۳	۳	۶
MNDBI	۵	۵	۱۰
DBI	۱	۱	۲
ABEI	۹	۸	۱۷
PISI	۸	۹	۱۷
NDTI	۵	۵	۱۰
NDBI	۲	۲	۴

##### ۵ - بحث و نتیجه گیری:

گسترش شهر و تغییرات کاربری اراضی و تبدیل مناطق ساخته نشده به مناطق ساخته شده از مهمترین مسائل مهم امروز شهرها هستند. پیشرفتهای روزافزون فناوری سنجش از دور سبب اخذ تصاویر ماهواره‌ای با خصوصیات مورد نیاز در کاربردهای شهری شده است. در سالهای اخیر، شاخص های مختلف طیفی برای استخراج عوارض ساخته شده و ساخته نشده ایجاد شده‌اند.

در این مطالعه، کارایی نه شاخص طیفی مخصوص تفکیک مناطق ساخته شده و ساخته نشده با نتایج طبقه بندی نظارت شده در شهر شیراز با استفاده از تصاویر لندست ۸ سنجنده OLI مطالعه شد. شاخص های تفاضل نرمال ساخته شده، تفاضل نرمال خاکورزی، تفاضل نرمال غیرقابل نفوذ، تفاضل نرمال مساحت زمین برهنه، شاخص ساخته شده درمناطق خشک، تفاضل نرمال اصلاح شده آب، تفاضل نرمال اصلاح شده ساخته شده، شاخص عمودی سطح غیر قابل نفوذ و شاخص استخراج خودکار ساخته شده محاسبه شد. نتایج برآورد منتج از بررسی نقشه شاخص ها حاکی از تغییرات متفاوت بود. بدیهی است این حجم از تفاوت ناشی از عدم کارایی برخی از شاخص ها در تشخیص اراضی ساخته شده و ساخته نشده شهری باشد. نتایج ذیل حاصل مطالعات متفاوت در خصوص کارایی شاخص های فوق الذکر در ارزیابی مناطق ساخته شده و ساخته نشده می‌باشد.

در این بررسی که حاصل مقایسه بین نقشه شاخص ها و نقشه بیش از ۳۰۰ نقطه زمینی در گوگل ارث و انتقال داده شده به نرم افزار ارک مپ و ایجاد شیپ فایل آن نقاط و سپس انتقال به نرم افزار ان وی با استفاده از طبقه بندی نظارت شده (حداکثر احتمال) میزان صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه گردید که به ترتیب برابر ۸۵/۷۱ و ۰/۷۱ می‌باشد. پیش از این بیان گردید که



در این پژوهش نه شاخص مورد بررسی قرار گرفته که برخی این شاخص ها منتهی به بیش برآوردی و برخی نیز مشمول کم برآوردی شدند. شاخص هایی که منجر به بیش برآوردی شده اند ناشی از خطاهایی است که مقادیر مناطق ساخته شده یا ساخته نشده را بیش از حد استاندارد (واقعیت زمینی) نشان می دهد بطور مثال شاخص های تفاضل نرمال خاکورزی (Normalized Difference Tillage Index) که مناطق ساخته شده را بیشتر از واقعیت زمینی برآورد می نماید و موارد کم برآوردی بالعکس همانند شاخص های ساخته شده خشک (Dry Built-Up Index) و شاخص تفاضل نرمال اراضی ساخته شده (NDBI) که مناطق ساخته شده را کمتر از آنچه واقعیت زمینی نشان می دهد برآورد می نماید. نتایج این پژوهش نشان می دهد با توجه به نوع اقلیم و آب و هوای منطقه مورد مطالعه (شهر شیراز) دو شاخص بهتر می تواند هدف از پژوهش را محقق نماید شاخص عمومی سطح غیر قابل نفوذ (Perpendicular Impervious Surface Index) و شاخص استخراج خودکار ساخته شده (Automatic Built-up Extraction Index) به ترتیب با درصد اختلاف ۲/۱۶ و ۷/۹۷.

منابع:

۱. دوست فاطمه، ایمان؛ بلاغی، یاسر (۱۳۹۴). استخراج مناطق شهری از تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی با تفکیک مکانی متوسط بوسیله ترکیب الگوهای طیفی و ساختاری
۲. سلطانی، محمدرضا؛ سرکارگر اردکانی، علی (۱۳۹۳). سنجش محدوده ساختمان‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا با روش طبقه بندی شیء مبنا و استخراج ساخت و سازهای غیرمجاز
۳. عزی مند، کیوان؛ عبدالهی کاکرودی، عطاله؛ کیاورز مقدم، مجید (۱۳۹۶). طبقه بندی و شناسایی تغییرات اراضی ساخته شده با استفاده از تصاویر سنجش از دور، پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، دوره ۵، شماره ۳
۴. عطارچی، سارا؛ پوررحیمی، مجتبی؛ عیسی زاده، وحید (۱۳۹۹). مقایسه عملکرد شاخص های طیفی با طبقه بندی شیء گرا در استخراج مناطق ساخته شده شهری ( مورد مطالعه شهر تهران و شهر گرگان)
۵. نجفی، احمد؛ عزیزی قلاتی، سارا؛ مختاری، محمدحسین (۱۳۹۶). کاربرد ماشین بردار پشتیبان در طبقه بندی اراضی حوزه چشمه کیله - چالکرو، پژوهش نامه مدیریت حوزه آب خیز، سال ۸، شماره ۱۵
6. Alavipanah K, Firozjaei Mk, Sedighi A, Kiavarz M, Qureshi S, Hasse D. Auto Mated Buil Up Extraction Index: A New Technique For Mapping Surface Built Up Area Using LANDSAT8, OLI IMAGERY. Received: 29 June 2019 ; Accepted: 16 August 2019 ; Published: 21 August 2019
7. Alejandra A, Lopez-Caloca, Juan C, Valdiviezo N, Tellez-Quinonea A, Salazargaribay A . Built Up Index Method And Their Applucation For Urban Extraction From Sentinel 2A Satellite Data: Discussion . Received: 3 July 2017 ; Accepted: 12 November 2017
8. Chen J, Chen J, Liao A, Cao X, Chen L, Chen XHe, Han G, Peng S Lu M, Zhang W, Tong X, And Mills J. Global Land Cover Mapping at 30m Resolution: a POKbased Operational Approach, ISPRS J. Photogramm., 103 <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.09.002>, 2015
9. Chunyang H, Peijun Sh, Dingyong Xi, Yuanguan Zh . Improving The Normalized Difference Built Up Index To Map Urban Built Up Area Using A Semiautomatic Segmentation Approach . Int . J . Remot Sensing . 2003, Vol , 24 , No . 3
10. Dean A M, Smith G M, 2003. An evaluation of perparcel land cover mapping using maximum likelihood class probabilities. International Journal of Remote Sensing
11. Elmwafi M, Zarzoura F, Jumaah Z. A Comparative Study Of The Different Remote Sensing Techniques For Evaluating Land Use/Cover In Basra City, Iraq. Mansoura Engineering Journal, (MEJ) , Vol .45, Issue4 , December 2020
12. Ettehad P, Kaya S, Sertel E, Alganci U . Separating Built Up Areas From Bare Land In Mediterranean Cities Using Sentinel-2A Imagery. Received: 31 December 2018 ; Accepted: 1 February 2019 ; Published:10 February
13. Faisal K, Shaker A, Habbani S. Modelling The Relationship Between The Domestice Product And Built Up Area Using Remote Sensing And GIS Data: A Case Study Of Seven Major Cities In Canada . Received: 23 November 2015 ; Accepted: 17 February 2016 ; Published: 26 February 2016

14. Fang H, Wei Y, Dai Q . A Novel Remote Sensing Index For Exrtacting Impervious Surface Distribution From LANDSAT8, OLI IMAGERY . Received:25 April 2019 ; Accepted: 27 June 2019 ; Published: 28 June 2019
15. Faridatul M, Wn B . Automatic Classification Of Majer Urban Land Cover Based On Novel Spectral Indices . Received:7 September 2018 ; Accepted: 21 November 2018 ; Published: 22 November 2018
16. Gao Y, Mas J. F, Maathuis B. H. P, Xiangmin Zh, Van Dijk P. M . Comparison Of Pixel-Based And Objectoriented Image Classification Approaches A Case Study In A Coal Fire Area, Wuda, Inner Mongolia, China. International Journal (2006) of Remote Sensing 27, (18)(September)
17. Giada S, Groeve T. De, Ehrlich D, Soille. P . Information Extraction From Very High Resolution Satellite Imagery Over Lukole Refugee Camp, Tanzania. International Journal Of Remote Sensing 24, (22)(November)
18. He Ch, Shi Pe, Xie D, Zhao Yu . Improving The Normalized Difference Built Up Index To Map Urban Built Up Area Using A Semiautomatic Segmentation Approach
19. Ichsan Ali M, Hafid Hasim A, Raiz Abidin M . Monitoring The Built Up Area Transformation Using Urban Index And Normalized Diffrence Built Up Index Analysis International Jornal Of Engineering
20. Jensen, J. R. 1986. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hal
21. Jia Y, Tang L, Wang L . Influence Of Ecological Factors On Estimation Of Impervious Surface Area Using LANDSAT8 IMAGERY. Received: 25 May 2017 ; Accepted: 18 July 2017 ; Published: 21 July 2017
22. Kaplan G, Avdan U, Yigit Avdan Z . Urban Heat Island Analysis Using The LANDSAT8 Satellite Data A Case Study In Skopje Macedonia . Published:22 March 2018
23. Karanama H.K, BabuneelaV . Study Of Normalized Difference Built Up (NDBI) Index In Automatically Mapping Urban Area From LANDSAT TM IMAGERY. Vol . 6 Issue . 8 December 2017
24. Kumar A (2012) Liquefaction identification using class-based sensor independent approach based on single pixel classification after 2001 Bhuj, India earthquake. J Appl Remote Sens6(1):063531.
25. Li K, Chen Y. A Genetic Algorithm Based Urban Cluster Automatic Thershold Method By Combining VIIRS DNB NDVI And NDBI To Monitor Urbanization . Received: 9 December 2017 ; Accepted: 8 February 2018 ; Published: 11 February 2018
26. Liu K, Su H, Zhang L, Yang H, Zhang R, Li X . Analysis Of The Urban Heat Island Effect In Data Shijiazhuang . China Using Satellite And Airborn . Received: 5 November 2014 ; Accepted: 8 April 2015 ; Published: 20 April 2015
27. Nie Zh, Kie Yan Chan K, Xu B . Preliminary Evaluation Of The Consistency Of LANDSAT8 And SENTINEL 2 Time Series Products In An Urban Area An Example In Beijing Chin . Received:November 2019 ; Accepted: 5 December ; Published: 10 December

28. Pandy D, Tiwari K.C. Extraction Of Urban Built UP Surface And Its Subclasses Using Existing Built Up Index With Separability Analysis Of Spectrally Mixed Classes In AVIRIS-NG Imagery. Department Of Electronics And Communication Engineering Delhi
29. Prasomsup W, Piyatadsananon P, Aunphoklang W, Boomrang A . Extraction Teehnic For Built Up Area Classification In LANDSAT8 IMAGERY . International Jornal Of Environmental Science And Development Vol . 11, No 1 January 2020
30. Qian J, Zhoua Q Houa Q . Comparison Of Pixel-Based And Object-Oriented Classification Methods For Extracting Built Up Areas In Aridzone . Jensen, J. R. 1986. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Englewood Cliffs, New Jersey:
31. Ranagalage M, Estoque R, Murayama Y. An Urban Heat Island Study Of The Colombo Metropolitan Area, Sri Lanke Based On LANDSA Data (1997 – 2017) Received: 2 mey2017 ; Accepted: 17 June 2017 ; Published: 22 June 2017
32. Rasul a, Balzter H, R. Fage Ibrahim G, M. Hameed H, Wheeler J, Adamu B, Ibrahim S, and M. Najmaddin . Applying Built-Up and Bare-Soil Indices from Landsat 8 to Cities in Dry Climates Received: 7 June 2018; Accepted: 2 July 2018; Published: 4 July 2018
33. Rasul G, Ibrahim F. Urban Land Use Land Cover Changes And Their Effect On Land Surface Temperature Case Study Using Dohuk City In The Kurdistan Iraq . Received: 27 October 2016; Accepted: 14 Februray2017 ; Published: 20 Februray2017
34. Shankar Hamde N, Kumar A, Maithani S . Fuzzy Machin Learning Approach For Transitioned Building Footprint Extraction Using Dual Sensor Temporal Dat . Received: 6 July 2020 ; Accepted: 18 February 2020
35. Sun Zh, Wang C, Guo H, Shang R . A Modified Normalized Diffrence Impervious Surface Index (MNDISI) For Auto Matic Urban Mapping From LANDSAT IMAGERY . Received: 16 August2017 ; Accepted: 8 September 2017 ; Published: 12 September 2017
36. Technological University Delhi 110042 INDIA Received: 6 March 2020 ; Accepted: 28 June 2020
37. Tian Y, Chen U, Song Q, Zhang K . A Novel Index For Impervious Surface Area Mapping: Development And Validation . Received: 31 August 2018 ; Accepted: 20 September 2018 ; Published: 22 September 2018
38. Trong Nguyenc C, Chidthaisong A, Kie Diem Ph, Zhi Huo Li . . A Modified BareSoil Index To Identify Bare Land Features During Agricultural Fallow Period In Southeast Asia Using LANDSAT8
39. Urban Built-up Areas of Jiangxi Province.” Phd diss., Wuhan University.
40. Wafdan La . Accuracy Assessment Of Land Use / Land Cover Classification Data Frem Sentinel -2 , Aster Imagery Interpretation Using Unsupervised Classification Algoritm
41. Wang F (1990) Fuzzy ages. IEEE Trans Geosci Remote Sens
42. Wang, R. 2018. “Remote Sensing Monitoring and Driving Factors of Space-time Changes in
43. Zha, Y, Gao J. Ni S. 2003. Use Of Normalized Difference Built-Up Index In Automatically Mapping Urban Areas From TM Imagery. International Journal of Remote Sensing 24, (3)

44. Zhou, Q, Robson M. 2001. Automated Rangeland Vegetation Cover And Density Estimation Using Ground Digital Images And a Spectral-Contextual Classifier. *International Journal of Remote Sensing* 22, (17)

# Separation of Urban Constructions from Barren Lands Using the Resulting Indicators from Satellite Data and GIS (Case Study: Shiraz Metropolis)

Leila Qarakhani

*MA in Geographical Information System Remote Sensing, Islamic Azad University, Shiraz Branch, Shiraz, Iran*

---

## Abstract

Knowing about the information related to the physical development of cities and extracting urban constructions is one of the most important issues in urban planning. In order to obtain information related to urban construction, one of the ways is field surveys, which are very time-consuming and costly. In order to prepare this type of urban information, different methods are used today. One of these methods is the use of satellite imageries and the use of urban remote sensing. In this regard, various methods, algorithms, and indices can be used to extract urban built areas. One of these methods is the use of satellite images and the use of urban remote sensing. In this regard, various methods, algorithms, and indices can be used to extract urban built areas. Spectral indices resulting from satellite data have significant advantages due to their easy and quick implementation. The purpose of this research is to investigate and perform 9 widely used urban spectral indices extracted from the Landsat OLI imagery satellite with a pixel size of 30 meters, in order to distinguish built-up areas from non-built-up areas. For this purpose, the indexes of normal difference of built, a normal difference of tillage, a normal difference of impervious surfaces, a normal difference of bare land area, built in dry areas, modified normal difference of water, modified normal difference of built, vertical impervious surface and automatically extracted index of 8 was calculated for Shiraz metropolis. The accuracy of the estimates using the difference percentage statistics between the estimated areas resulting from these 9 indicators and the map resulting from the maximum likelihood algorithm, visual interpretation of the resulting images from the Google Earth system, and also the data obtained Its carried out from the field of planning deputy of Shiraz municipality. The findings of this research showed that among the 9 indices, the built automatic extraction index and the vertical impervious surface index had the best performance in estimating the built and unbuilt cover.

**Keywords:** Satellite Indices, Urbn Construction, Shiraz Metropolis

---