

## گزارشی از پایش تغییرات پوشش گیاهی استان زنجان با استفاده از تکنیک سنجش از دور

مرضیه سهرابی فرد، مسعود بختیاری نیا، امیرحسین فرخی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۷

### چکیده

در این پژوهش ویژگی های بافتی ماتریس هم رخداد سطوح خاکستری (GLCM) با استفاده از روش های طبقه بندی حداکثر احتمال، شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان روی تصویر راداری Sentinel-1 برای تعیین سطوح نفوذناپذیر شهر بندرعباس ارزیابی میشود. به منظور بررسی صحت پردازش های انجام شده با روش های به کار رفته، از روش های برآورد دقت کل و ضریب کاپا استفاده شد. صحت کلی ۹۷/۰، ۹۸/۱۴، ۹۸/۴۰ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۵، ۰/۹۷ و ۰/۹۷ به ترتیب برای طبقه بندی بیشترین شباهت، شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان به دست آمد که نشان دهنده مناسب بودن روش های استفاده شده برای آشکارسازی سطوح نفوذناپذیر شهری است.

**واژگان کلیدی:** ویژگی های بافتی - سطوح نفوذناپذیر - تصاویر راداری - سنتینل.

## مقدمه

گسترش شهر به عنوان یکی از اصلی ترین ویژگی های شهرنشینی ؛ و شهرسازی از عوامل مهم تاثیرگذار بر اکوسیستم شهری است. توسعه شهرها ناگزیر به ایجاد تغییرات در پوشش زمین نیاز دارد و نشان دهنده تبدیل سریع پوشش طبیعی به پوشش مصنوعی است. سطوح نفوذ ناپذیر ، بخش بسیار کوچکی از سطح کره زمین را اشغال کرده اند ولی همین بخش کوچک، مهمترین کاربری سطح کره زمین محسوب میشود که به تغییرات اقلیمی محلی و اثرگذاری بر دیگر شرایط محیطی می انجامد. این عامل، شاخص جالب توجهی برای اندازه گیری کیفیت محیط زیست شهری و اکوسیستم های شهری است . شناخت این موارد برای برنامه ریزان و مدیران شهری یک نیاز ضروری است.

با توسعه تکنولوژی سنجش از دور فعال و غیر فعال ، تصاویر سنجش از دور به یک ابزار سریع و مطمئن برای نظارت بر محیط های شهری تبدیل شده اند. در زمینه تشخیص سطوح نفوذ ناپذیر شهری ، تصاویر سنجش از دور با دقت مکانی کمتر از ۱۰ متر به مانند متداول ترین ابزار شناخته شده اند. با این دقت مکانی سنجنده های نوری متفاوتی مانند Ikonos ، world view ، quick bird از دهه ۱۹۹۰ استفاده شد.

## پیشینه و مبانی نظری پژوهش

در دو دهه گذشته پژوهشگران مختلف پژوهش های زیادی به منظور توسعه روش ها و تکنیک های لازم برای تشخیص و تعیین پراکندگی مکانی سطوح نفوذناپذیر و تعیین آثار منفی آن انجام داده اند که در جدول (۱) به برخی از آنها اشاره میکنیم.

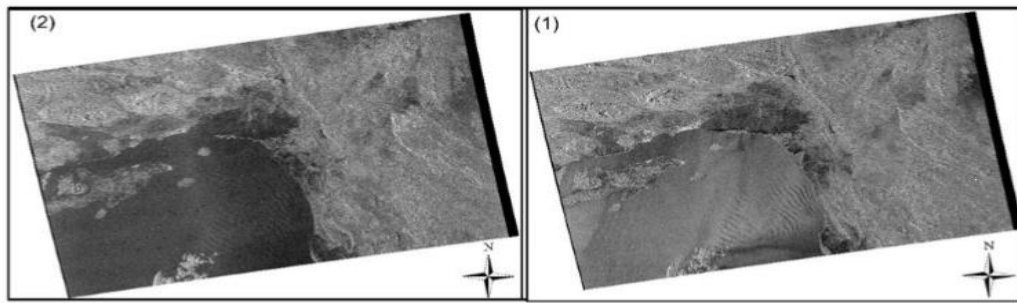
سال پژوهش	نام پژوهشگر	عنوان پژوهش	نتیجه پژوهش
۱۳۹۴	ملک نژاد و همکاران	سنجش کارایی ویژگی های بافتی GLCM در افزایش طبقه بندی تصاویر تک باند سنجنده ALI و ابر طیفی هایپریون در مناطق مسکونی و صنعتی جنوب شهر تهران با استفاده از ماشین بردار پشتیبان	استفاده از ویژگی های بافتی در کنار ویژگی های طیفی تصاویر حاصل از ادغام ، دقت طبقه بندی مناطق شهری را حدود ۵ درصد بهبود می بخشد.
۱۳۹۲	خصالی و همکاران	مقایسه اطلاعات بافت در الگوریتم شبکه عصبی با استفاده از تصاویر terraSar-X و Ikonos در عارضه راه شهر شیراز	نتایج حاصل برای تصویر راداری و آیکونوس ۱۰/۴۶ و ۷۲/۵۷ درصد برای پارامتر RCC ، ۵۷/۴۶ و ۲۷/۹۳ درصد برای پارامتر BCC و ۶۱/۰ و ۳۱/۰ درصد برای پارامتر RMSE بدست آمده است.
۱۳۹۱	رضایی مطلق و همکاران	طبقه بندی تصاویر ماهواره آیکونوس بر اساس تلفیق ویژگی بافتی با استفاده از شبکه عصبی MLP	با ترکیب GLCM و ویژگی های فضایی الگوریتمی ۹ درصد راندمان نسبت به حالتی که فقط از ویژگی های فضایی استفاده میشود ، بهبود یافته است.

<p>استخراج سطوح نفوذناپذیر با استفاده از ویژگی ها و آستانه در روش CART بیشتر از الگوریتم SEaTH است.</p>	<p>با استفاده از مقایسه دو الگوریتم SEaTH و CART و تصاویر GF-2 و Sentinel 1-A ، سطوح نفوذناپذیر شهری را در شهرستان ووهان از توابع استان هوبئی در چین استخراج کردند.</p>	<p>فو و شائو</p>	<p>۲۰۱۶</p>
<p>ادغام تصاویر با تفکیک مکانی ۱۰ متر برای نقشه برداری سطوح نفوذناپذیر مناسب تر است.</p>	<p>در چشم انداز شهر و روستا در آمازون برزیل با استفاده از ادغام داده های لندست TM و راداری از سطوح نفوذناپذیر نقشه برداری کردند.</p>	<p>لو و همکاران</p>	<p>۲۰۱۱</p>

به دلیل پیچیدگی های سطوح نفوذناپذیر از یک سو و محدودیت های داده های سنجش از دور از سوی دیگر ، تعیین دقیق سطوح نفوذناپذیر همچنان به عنوان یک چالش مهم برای علم سنجش از دور مطرح است. به تازگی تصاویر راداری توجه پژوهشگران مختلف را جلب کرده است. این تصاویر ضمن اینکه توانایی اخذ در تمامی شرایط آب و هوایی را دارند ، اطلاعاتی غنی از بافت و ساختار ارائه میدهند و علاوه بر این به مولفه های شکل، جهت، زبری و رطوبت نیز حساس هستند. همچنین این تصاویر به مشخصات هندسی سطوح زمین شهری حساس ترند و اطلاعات بافتی را برای توصیف سطوح نفوذناپذیر ارائه میدهند. به این منظور و با توجه به تغییرات کالبدی زیاد شهر بندرعباس ، این شهر به عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد. بافت تصویر عبارت است از تکرار یک المان با الگویی خاص که این المان خود از تغییرات محلی مقادیر سطوح خاکستری پیکسل های تصویر تشکیل شده است. از جمله انواع بافت، بافت های خشن، ظریف، هموار، موج و خطی هستند. روش های توصیف بافت شامل روش های ساختاری و آماری است. بررسی آماری بطور کلی در دو حوزه مکان و تبدیل، امکان پیاده سازی دارد. همانطور که اشاره شد، بررسی بافت، یکی از رایج ترین روش های ایجاد توصیف گر های عوارض سطحی در تصاویر رقومی است که به عنوان معیاری برای تمایز بین اشیای مختلف موجود در تصویر استنباط میشود.

### داده های پژوهش

در این پژوهش از تصاویر راداری Sentinel-1 مربوط به ۲۰ آوریل ۲۰۱۷ با پلاریزیشن VV و VH و در حالت IW با قدرت تفکیک ۵\*۲۰ استفاده شد. (شکل ۱) Sentinel-1 یک سنجنده راداری پیشرفته خورشید آهنگ است که آژانس فضایی اروپا به فضا ارسال کرده است. به منظور بهبود توان تفکیک زمانی ، دو ماهواره به نام Sentinel-1A و Sentinel-1B ساخته شده است که با فاصله ۱۸۰ درجه از یکدیگر قرار گرفته اند و به همین دلیل تصویربرداری از کل کره زمین را در هر ۶ روز امکان پذیر میسازند. سنجنده Sentinel-1A در ۳ آوریل سال ۲۰۱۴ و Sentinel-1B در ۲۵ آوریل ۲۰۱۶ در مدار قرار گرفتند. این سنجنده در محدوده باند C و در تمام شرایط آب و هوایی تصویربرداری میکند و توان برداشت چهار حالت تصویربرداری را با قدرت تفکیک مکانی مختلف ( تا ۵ متر ) و پهنای برداشت تا ۴۰۰ کیلومتر دارد. (جدول ۱)



شکل- ۱: تصاویر راداری Sentinel-1 استفاده شده در این پژوهش، (۱) پلاریزیشن VV؛ (۲) پلاریزیشن VH

جدول- ۱: مدل‌های مختلف برداشت تصاویر Sentinel 1 (منبع: Sentinel-1 User Handbook, 2013: 34)

نوع تصویر	کاربرد	عرض برداشت	پولاریزیشن	قدرت تفکیک
SM <sup>1</sup>	مدیریت شرایط اضطراری	80 KM	HH+HV, VH+VV, HH, VV	5×5
IW <sup>2</sup>	بازبینی زمینی	250 KM	HH+HV, VH+VV, HH, VV	20×5
EW <sup>3</sup>	کاربردهای دریایی	400 KM	HH+HV, VH+VV, HH, VV	20×40
WV <sup>4</sup>	اقیانوس‌های آزاد	20×20 KM	HH, VV	5×5

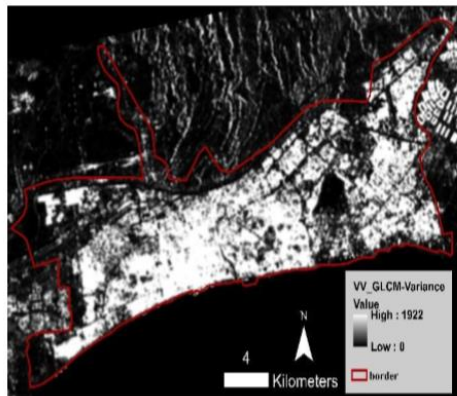
## مراحل و روش انجام پژوهش

برای برآورد سطوح نفوذناپذیر شهری، نخست تصحیحات برش زدن، کالیبراسیون، پردازش چند منظره، فیلترگذاری و تصحیح هندسی روی تصویر انجام شد. سپس ویژگی بافتی با استفاده از روش GLCM استخراج شد. در مرحله بعد با استفاده از Layer Stacking، ویژگی‌های بافتی شامل میانگین و واریانس در پلاریزیشن VV و میانگین، واریانس و نبود تشابه در پلاریزیشن VH با هم در یک دسته قرار گرفتند تا پردازش‌های بعدی روی مجموعه ویژگی‌های مدنظر انجام شود. سپس با استفاده از سه روش طبقه بندی حداکثر احتمال، شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان، سطوح نفوذناپذیر شهری استخراج شدند. در پایان صحت نتایج بدست آمده با استفاده از ضریب کاپا و دقت کلی سنجیده شد.

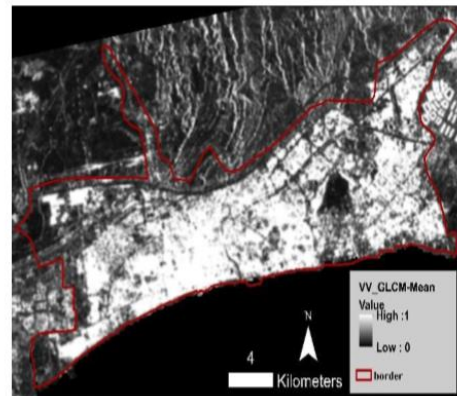
در این پژوهش به منظور تهیه سطوح نفوذناپذیر، از ماتریس هم وقوع درجات خاکستری glcm استفاده شد که یکی از روش‌های متداول برای استخراج پارامترهای بافت در تصاویر سنجش از دور است. این تکنیک از کارآمدترین تکنیک‌های استخراج بافت از تصاویر سنجش از دور است که نخستین بار هارلیک آن را معرفی کرد. او از این ماتریس در سال ۱۹۷۳ برای طبقه بندی تصاویر اپتیکی استفاده کرد و توانست با استخراج ۱۴ ویژگی بافت، نتایج طبقه بندی بهتری را ایجاد کند. برای تعریف این ماتریس فرض میشود  $\{I(x,y), 0 < x < n-1, 0 < y < n-1\}$  معرف یک تصویر با ابعاد و درجات خاکستری است. این ماتریس شامل  $G * G$  درایه و هر درایه آن برابر با Pd است. d بردار جابجایی و برابر با (dx, dy) میباشد. این ماتریس هم برای کل تصویر و هم برای ناحیه خاصی از آن محاسبه میشود. به منظور استخراج ویژگی‌های بافت باید به هر پیکسل یک عدد نسبت داد، بنابراین ابتدا روی هر پیکسل پنجره ای با ابعاد فرد  $\square \square \square \square \square$  قرار داده شده است و در این پنجره ماتریس محاسبه میشود. با استفاده از این ماتریس امکان استخراج تعداد زیادی از ویژگی‌های بافت با استفاده از روابط آماری وجود دارد که هر ویژگی یک عدد را به هر پیکسل اختصاص میدهد

## تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش

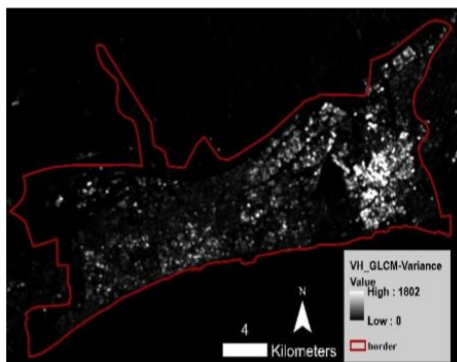
پس از انجام پیش پردازش‌های لازم روی تصاویر راداری، ویژگی‌های بافتی میانگین، همبستگی، واریانس، همگنی، کنتراست، نبود تشابه، آنتروپی و زاویه تماس لحظه ای استخراج شدند.



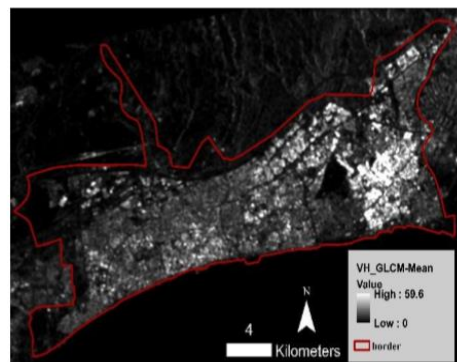
(۲-۴)



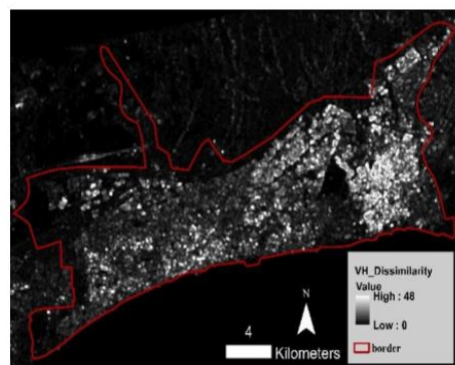
(۱-۴)



(۴-۴)



(۳-۴)



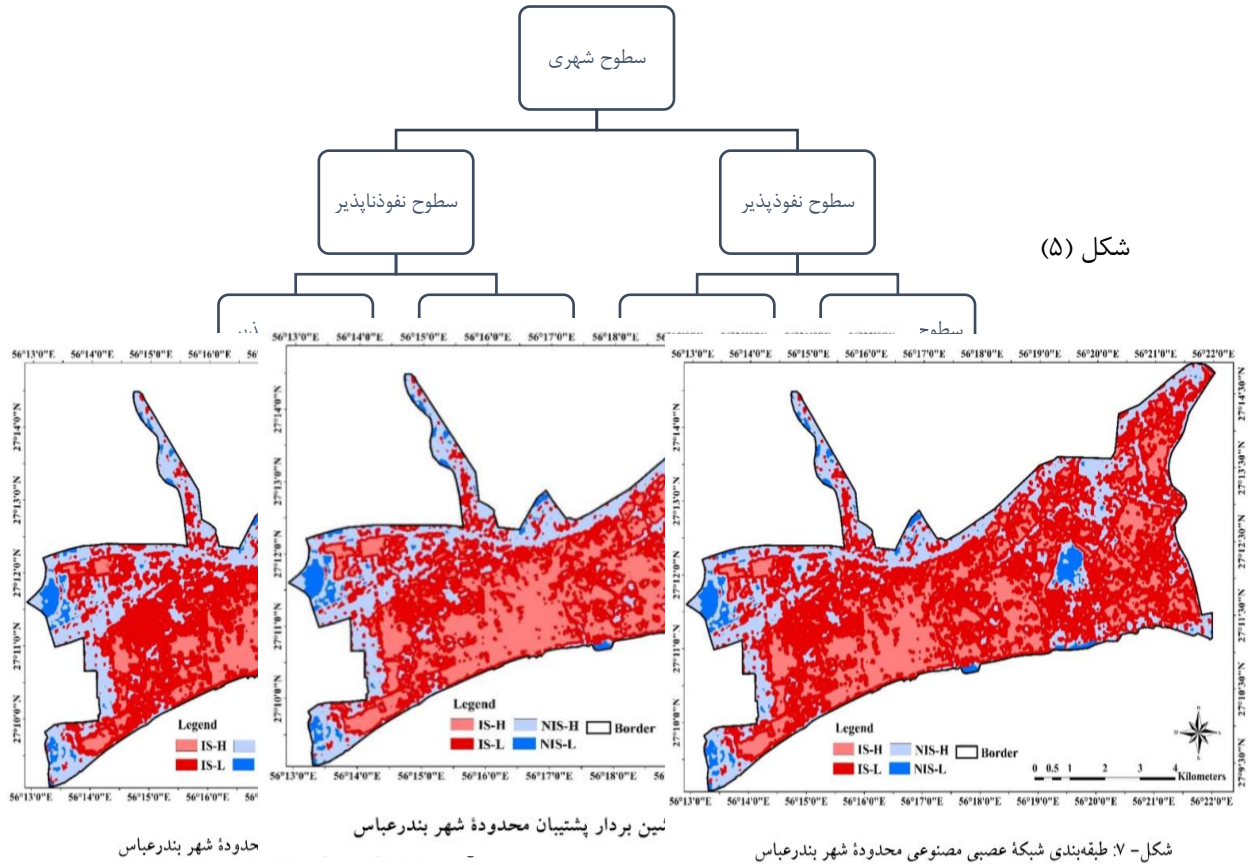
(۵-۴)

شکل ۴: ویژگی های بافتی GLCM محدوده شهر بندرعباس: (تصاویر ۴-۱ و ۴-۲) میانگین و واریانس در پلاریزیشن VV، (تصاویر 3-4، 4-4 و ۴-۵) میانگین، واریانس و نبود تشابه در پلاریزیشن VH

با بررسی های انجام شده از ویژگی های میانگین و واریانس در پلاریزیشن VV و میانگین، واریانس و نبود تشابه در پلاریزیشن VH برای انجام مراحل بعدی استفاده شد (شکل ۴). ویژگی بافتی میانگین استخراج شده علاوه بر محاسبه میانگین ساده درجات خاکستری بر چگونگی پخش و تعدد زوج پیکسل های دارای درجات خاکستری در محاسبات تاثیر میگذارد. در این ویژگی، سطوح نفوذناپذیر شهری بصورت سطوح روشن در پلاریزیشن VV و سطوح روشن و خاکستری در پلاریزیشن VH و سطوح نفوذپذیر بصورت تیره در هر دو پلاریزیشن مشخص شده اند.

## یافته ها و نتایج پژوهش

نتایج پردازش های انجام شده روی تصویر ، بر اساس تقسیم بندی ارائه شده در شکل (۵) و در چهار دسته زیر تهیه و نتایج طبقه بندی در شکل های (۶) تا (۸) به تفکیک روش های به کار رفته ارائه شده است.



شکل (۵)

ارزیابی و صحت سنجی ( جدول ۴ ) نشان داد در هر سه روش ، سطوح نفوذناپذیر و نفوذپذیر در حد مطلوبی شناسایی و تفکیکی شده اند. مساحت محاسبه شده هر یک از این سطوح محدوده های سطوح نفوذناپذیر و نفوذپذیر بسیار نزدیک به هم بود. بیشترین تفاوت از نظر مساحت در کلاس های استخراجی مربوط به محدوده های با آلبیدوی بالا و آلبیدوی پایین در هر یک از سطوح شهری به ویژه در سطوح نفوذناپذیر وجود داشت.

جدول (۴) : مقایسه دقت نتایج به تفکیک روش

ضریب کاپا	دقت کلی	دقت کاربر	دقت تولیدکننده	کلاس‌ها	روش
۰/۹۵	۹۷/۰۰	۹۹/۸۰	۹۹/۷۵	IS-H	بیشترین شباهت
		۹۶/۹۵	۸۸/۱۷	IS-L	
		۹۹/۱۰	۹۶/۹۷	NIS-L	
		۷۹/۹۵	۹۸/۱۳	NIS-H	
۰/۹۷	۹۸/۱۴	۹۹/۶۰	۹۹/۰۶	IS-H	شبکه عصبی
		۹۵/۹۱	۸۹/۹۹	IS-L	
		۹۹/۳۲	۹۹/۰۱	NIS-L	
		۸۹/۹۳	۹۳/۴۵	NIS-H	
۰/۹۷	۹۸/۴۰	۹۹/۶۰	۹۹/۹۵	IS-H	ماشین بردار پشتیبان
		۹۶/۹۱	۸۹/۹۵	IS-L	
		۹۹/۴۶	۹۹/۰۵	NIS-L	
		۹۰/۸۸	۹۵/۰۸	NIS-H	

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از داده های راداری در آشکارسازی سطوح شهری با روش ماشین بردار پشتیبان پتانسیل زیادی دارد. همچنین داده های راداری با توجه به ویژگی های کامل تری که نسبت به داده های نوری دارند ، به بهبود آشکارسازی سطوح نفوذناپذیر شهری کمک میکنند. همچنین نشان میدهد استفاده از روش هایی چون بررسی بافت در این نوع تصاویر که الگوها و روابط مکانی و تغییرات بین پیکسل های مجاور را در نظر میگیرند ، دقت نتایج را به میزان زیادی در مناظر پیچیده شهری افزایش میدهد. این پژوهش در نقشه های نهایی حاصل از روش طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان به دقت کلی ۴۰/۹۸ درصد و ضریب کاپای ۹۷/۰ دست یافت. علت این دقت زیاد در استفاده همزمان از ویژگی های بافتی تصاویر راداری است. با توجه به نتایج ، پیشنهاد میشود از ویژگی های بافتی تصاویر راداری در کنار ویژگی های طیفی تصاویر نوری بهره برده شود تا سطوح نفوذناپذیر با استفاده از این دو ویژگی با جزئیات بیشتر استخراج شوند.

## منابع و مراجع

- [۱] حسنلو، مهدی، پهلوانی، پرهام، امین، حامد، مطالبی نهر، میامک، (۱۳۸۶). بررسی توانایی تصاویر ماهواره ای با توان تفکیک طیفی بالا، لیدار و تمام پلاریزه راداری به منظور شناسایی عوارض خاص شهری، نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره ۵، شماره ۳، تهران، ۳۵-۴۷-۲ شمالی .
- [۲] الهه، ولدان زوج، محمدجواد، دهقانی، مریم، مختارزاده، مهدی، (۱۳۹۲). مقایسه استخراج عارضه راه در مناطق شهری از تصاویر با حد تفکیک بالای X-TerraSER و آیکونوس با استفاده از اطلاعات بافت در الگوریتم های شبکه عصبی، مسنجش از دور و GIS ایران، دوره ۵، شماره ۴، ۲۳-۳۹-۳
- [۳] دریاباری، سید جمال الدین، لطفی، حیدر، (۱۳۹۰). مدیریت و ساماندهی اسکانهای غیر رسمی در شهر بندر عباس، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، دوره ۸، شماره ۲۹، تهران، ۷۹-۹۲ -
- [۴] رضایی مطلق، عظیم، شهریاری، غلامرضا رضایی مطلق، امیر، ابراهیمی، اصغر، پاپر، جوهر، (۱۳۹۱). طبقه بندی تصاویر ماهواره ای بر اساس تلفیق مدل های مبتنی بر بافت با استفاده از شبکه عصبی MLP چهارمین کنفرانس مهندسی برق و الکترونیک ایران، دانشگاه آزاد اسلامی گناباد، ۱۹۷۶-۱۶۸۳-۵
- [۵] زائر ایرانی، آزاده، سفینیان، علیرضا، (۱۳۹۱). تهیه نقشه سطوح نفوذناپذیر به عنوان یک شاخص زیست محیطی، فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۱، شماره ۸۳، تهران، ۲۵-۹۹ | ۶-
- [۶] سعیدزاده، فاله، محمدنژادنیازی، معید، صاحب، محمد رضا، مخارزاده، مهدی، (۱۳۵۶). استخراج بهینه سازی و بررسی تأثیر اطلاعات مختلف بافت تصویر در طبقه بندی تصاویر بزرگ مقیاس، بیست و دومین همایش و نمایشگاه ملی ژئوماتیک، سازمان نقشه برداری ایران، تهران، ۱-۱۴ | ۷-
- [۷] صادقی، وسعید، عنایتی، حمید، عبادی، محمد، (۱۳۹۰). بهبود شناسایی تغییرات در مناطق شهری با انتخاب ویژگی های طیفی و مکانی بهیسه مبتنی بر الگوریتم ژنتیک، فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۵، شماره ۹۶، تهران، ۱۳۵ - ۱۵۲.
- [۸] قنادی، محمد، سعادت و شست، محمد، افتخاری، کرم، (۱۳۸۳). بهبود تناظر یابی ماهواره ای X-TerraSAR به کمک ویژگی های بافت تصویری، مجله علمی پژوهشی رادار، سال ۲، شماره ۴، تهران، ۹-۲۰ -
- [۹] گلشنی، پری، فلاح، اصغر، اولادی قادیکلایی، جعفر، کلبی، سیاوش، (۱۳۸۳)، ارزیابی قابلیت داده های سنجنده GeoEye - 1 و پارامترهای بافت تصویر به منظور طبقه بندی مناظر شهری (مطالعه موردی: منطقه ۳ تهران)، پژوهش های جغرافیای طبیعی، سال ۴۶، شماره ۲، تهران، ۱۵۷-۱۹۸ | ۱۰-
- [۱۰] ملک نژاد، احمد، قاسمیان، حسن، میرزاپور، فردین، (۱۳۹۰). سنجش کارایی ویژگی های بافتی GLCM در افزایش دقت طبقه بندی تصاویر حاصل از ادغام تصاویر تک باند و ابر طیفی مناطق مسکونی و صنعتی جنوب شهر تهران، نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره ۵، شماره ۱، تهران، ۵۵-۶۴
- [11] Anuradha, K., Sankaranarayanan, K., (2013). Comparison of Feature Extraction Techniques to classify Oral Cancers using Image Processing, International Journal of Application or
- [12] Innovation in Engineering & Management (IJAEM), Vol 6, No 2, Pp 456-462. 12-Anys, H., He, D.C., (1995). Evaluation of textural and multipolarization radar features for crop classification, IEEE Trans, Geosci, Remote Sens, Vol 33, Pp 1170-1181.
- [13] Chatziantoniou, A., Petropoulos George P., Psomiadis, E., (2017). Co-Orbital Sentinel 1 and 2 for LULC Mapping with Emphasis on Wetlands in a Mediterranean Setting Based on Machine Learning, Remote Sensing, Vol 9, 1259 p.



- [14] Dabbiru, L., Aanstoos, J.V., Ball, J.E., Younan, N.H. (2017). Screening Mississippi River Levees Using Texture-Based and Polarimetric-Based Features from Synthetic Aperture Radar Data, Vol 6, 29 p.
- [15] Dengsheng, Lu, Guiying Li, Wenhui, Kuang, Emilio, Moran, (2014). Methods to extract impervious surface areas from satellite images, International Journal of Digital Earth, Vol 7, No 2, pp 93-112, DOI: 10.1080/17538947.2013.866173.
- [16] Elvidge, C.D., Tuttle, B.T., Sutton, P.C., Baugh, K.E., Howard, A.T., Milesi, C., Bhaduri, B., Emani, R. (2007). Global Distribution and Density of Constructed Impervious Surfaces, Sensors 7 (9), 1962–1979. doi:10.3390/s7091962.
- [17] FU, Huyan, Shao, Zhenfeng. (2016). Impacts of feature selection for urban impervious surface extraction using optical image and SAR data, IEEE, School of Electronics Information and Communications Huazhong University of Science and Technology Wuhan, China, 978-1 5090-14 79-8/16.
- [18] Haralick, R.M., Shanmugam, K., (1973). Textural features for image classification, IEEE Trans, Syst. Man Cybern, Vol 3, Pp 610-621. 19- Kuang, W., Liu, J., Zhang, Z., Lu, D., Xiang, B., (2013). Spatiotemporal Dynamics of Impervious Surface Areas across China During the Early 21st Century, Chinese Science
- [19] Bulletin 58 (14), 1691-1701, doi: 10.1007/s11434-012-5568-2.
- [20] Kuang, Wenhui, (2012). Evaluating impervious surface growth and its impacts on water environment in Beijing-Tianjin-Tangshan Metropolitan Area, Journal of Geographical Sciences, Vol 22, No 3, Pp 535-547.
- [21] Lepeška, T., (2016). The impact of impervious surfaces on ecohydrology and health in urban ecosystems of Banská Bystrica (Slovakia), Soil Water Res 11 (1), Pp 29-36.
- [22] Lu, Dengsheng, Moran, Emilio, Hetrick, Scott, (2011). Detection of impervious surface change with multitemporal Landsat images in an urban-rural frontier, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Pp 298 299.
- [23] Pohl, C., Van Genderen, J.L., (1998). Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods, and applications, International Journal of Remote Sensing, Vol 19, Pp 823-854.
- [24] Schneider, A., (2012). Monitoring land cover change in urban and pen-urban areas using dense time stacks of landsat satellite data and a data mining approach, Remote Sens, Environ, Vol 124, Pp 689-704.
- [25] Schneider, A., Friedl, M.A., Potere, D., (2010). Mapping Global Urban Areas Using MODIS 500-m Data: New Methods and Datasets Based on Urban Ecoregions, Remote Sensing of Environment, Vol 8, No 114, Pp 1733-1746, doi: 10.1016/j.rse.2010.03.003.
- [26] Sentinel-1 User Handbook, (2013). European Space Agency, ESA Standard Document, Date