



پایش و تعیین حد آستانه‌ی پوشش سبز شهری مبتنی بر داده‌های لندست، مطالعه‌ی موردی: مناطق ۱ و ۶ شهر شیراز

هادی عبدالعظیمی^{۱*}، حسین روستا^۲

۱- استادیار، گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز، شیراز، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم و فن آوری‌های نوین، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

چکیده

تغییر کاربری پوشش‌های سبز شهری با گذشت زمان می‌تواند مخاطرات زیست‌محیطی مختلفی را برای شهروندان یک شهر ایجاد نماید. با توجه به اهمیت موضوع، پژوهش حاضر قصد دارد تغییرات زمانی و مکانی پوشش‌های سبز مناطق ۱ و ۶ کلانشهر شیراز را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست طی پنج دهه (۱۹۷۲ تا ۲۰۱۹) مورد بررسی قرار دهد. بدین منظور پس از انجام تصحیحات رادیومتری و اتمسفری، نقشه‌های منتج از شاخص‌های گیاهی NDVI، SAVI، OSaVI و همچنین الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت، در نرم‌افزار ENVI5.3 تهیه گردید و در سامانه اطلاعات مکانی (GIS)، طبقه بندی و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که مساحت پوشش سبز منطقه ۱ برحسب هکتار به ترتیب در شاخص‌های NDVI، SAVI، OSaVI و همچنین در الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت، از ۱۳۹۴ به ۴۲۸، از ۷۸۹ به ۴۲۱، از ۸۱۵ به ۴۱۹، از ۱۴۰۲ به ۴۳۹ و در منطقه ۶، از ۱۳۷۴ به ۸۵۸ (NDVI)، از ۱۱۶۰ به ۸۶۲ (SAVI)، از ۱۱۴۹ به ۸۸۴ (OSaVI) و در الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت از ۱۳۹۳ به ۸۵۵ هکتار کاهش یافته است. بررسی مقادیر حد آستانه شاخص‌های گیاهی جهت شناسایی پوشش‌های سبز شهری نشان داد دامنه‌ی مقادیر حد آستانه در NDVI، از ۰/۲ تا ۰/۳، SAVI از ۰/۴۴ تا ۰/۴۷ و OSaVI از ۰/۳۴ تا ۰/۳۶ متغیر بود و با استفاده از آزمون پیرسون در نرم افزار SPSS مقادیر ضریب همبستگی بین NDVI، SAVI، OSaVI، الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت و سال‌های تحت مطالعه در سطح ۱٪، به صورت معنی‌دار نتیجه شد. نتایج این آزمون همچنین دلالت بر آن داشت که اختلاف معنی‌داری بین نتایج حاصل از این روش‌ها در این پژوهش وجود نداشته است. این کاهش پوشش سبز، خطری جدی برای شهروندان شهر شیراز تلقی می‌گردد.

کلید واژه‌ها: پوشش سبز شهری، تصاویر ماهواره لندست، شاخص‌های گیاهی، طبقه‌بندی نظارت شده

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: hadiabdolazimi@gmail.com



Monitoring and determination of the urban green coverage threshold based on Landsat data, Case study: Zones 1 and 6 from Shiraz city

Hadi Abdolazimi^{1*}, Hossein Rosta²

1- Assistant professor, Department of Remote Sensing and GIS, Islamic Azad University of Shiraz, Shiraz, Iran

2- MSc in Remote Sensing and GIS, Faculty of New Sciences and Technologies. Islamic Azad University of Shiraz. Shiraz.iran

Abstract

Changing the use of urban green cover over time can create various environmental hazards for the citizens of a city. Due to the importance of the subject, the present study intends to investigate the temporal and spatial changes of green cover in areas 1 and 6 of Shiraz metropolis using Landsat satellite images during five decades (1972 to 2019). For this purpose, after performing radiometric and atmospheric corrections, maps resulting from plant indices including NDVI, SAVI, OSAVI as well as the maximum likelihood algorithm were prepared in ENVI5 software and classified and evaluated in Spatial Information System (GIS). The results of this study showed that the area of the green cover in region 1 has decreased in terms of hectares in NDVI, SAVI, OSAVI indices respectively and also in the maximum likelihood algorithm has decreased from 1394 to 428, from 789 to 421, from 815 to 419, from 1402 to 439, respectively and in region 6 was decreased from 1374 to 858 (NDVI), from 1160 to 862 (SAVI), from 1149 to 884 hectares (OSAVI) and in the algorithm, the maximum likelihood of similarity has decreased from 1393 to 855 hectares. Investigation of threshold values of plant indices to identify urban green cover showed that the range of threshold values in NDVI was variable from 0.2 to 0.3, in SAVI was variable from 0.44 to 0.47 and in OSAVI was variable from 0.34 to 0.36 and using Pearson test in SPSS software, correlation coefficient values between NDVI, SAVI, OSAVI, maximum likelihood algorithm and the studied years were significant at the 1% level. The results of this test also indicated that there was no significant difference between the results of these methods in this study. This reduction of green cover is considered a serious danger for the citizens of Shiraz.

Keywords: Urban green cover, Landsat satellite imagery, Plant indices, Supervised classification

* Corresponding author E-mail address: hadiabdolazimi@gmail.com

مقدمه

در حال حاضر، بیش از ۵۵ درصد جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند. انتظار می‌رود تعداد افرادی که در مناطق شهری تا سال ۲۰۵۰ ساکن خواهند شد به ۲.۵ میلیارد نفر افزایش یابد (سازمان ملل متحد، ۲۰۱۸). توسعه‌ی شهری و تغییر الگوهای کاربری زمین باعث ایجاد تأثیرات گسترده اجتماعی و زیست محیطی می‌گردد (کامیاب و همکاران، ۱۳۹۰). اطلاعات به هنگام و دقیق در مورد پوشش اراضی شهری، مورد نیاز تصمیم‌گیران و محققان در همه‌ی سطوح است. بنابراین در برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه منابع طبیعی و محیط زیست، آگاهی از نسبت تغییرات پوشش گیاهی به سایر کاربری‌ها بسیار حائز اهمیت است (سبز قبایی و همکاران، ۱۳۹۴). فضاهای سبز به عنوان ریه‌های تنفسی شهر محسوب می‌شوند و به دلیل داشتن عملکردهای مختلف، نقش مؤثری در منظر و زیبایی شهر، پاکیزگی و تلطیف هوا، کاهش اثرات آلودگی‌ها، و تفرج شهروندان یک شهر ایفا می‌کنند (تیموری و همکاران، ۱۳۹۵). از میانی اصلی توسعه پایدار شهری و ناحیه‌ای؛ کاهش آلودگی، ایجاد جامعه جنگلی و درختان شهری است (ناصری و همکاران، ۱۳۹۲). گسترش و افزایش سطوح غیرقابل نفوذ و کاهش فضای سبز شهری ممکن است عواقب زیادی از جمله افزایش دمای هوا در شهر به دلیل تابش حرارتی بتن داشته باشد، از طرفی کاهش این فضاها احتمال رخداد سیلاب‌های شهری را افزایش خواهد داد و کیفیت و میزان تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی به دلیل افزایش سطوح نفوذ ناپذیر کاهش یابد. علاوه بر این موارد می‌تواند به افزایش بلایای طبیعی و خطرات زیست محیطی، به ویژه سیلاب و فرسایش منجر گردد (وان و همکاران، ۲۰۱۸). رخداد سیلاب اخیر (۹۸/۱/۵) که منجر به خسارات جانی و مالی زیادی گردید اهمیت پوشش‌های طبیعی و همچنین نقش مداخلات انسانی در عرصه‌های بکر و طبیعی را برای دستگاه‌های مختلف روشن‌تر نمود. با توجه به افزایش جمعیت شهر شیراز و همچنین توسعه فیزیکی این کلانشهر که مطمئناً در سال‌های آتی رخ خواهد داد، نیاز به افزایش سرانه فضای سبز و همچنین پایش آن ضروری می‌یابد. کومار^۱ و همکاران (۲۰۲۰)؛ در شهرهای دریاوار^۲ با استفاده از داده‌های چند زمانه‌ی لندست طی سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۳، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ به بررسی تغییر کاربری اراضی و تغییر پوشش در منطقه با استفاده از تکنیک‌های سنجنش از دوری پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که سطح باغات در محدوده‌ی مورد مطالعه، ۷۲.۱۷٪ کاهش یافته است و از ۱۶۳۵۷.۸۶ هکتار در سال ۱۹۹۶ به ۴۵۵۱.۲۱ هکتار در سال ۲۰۱۷ تنزل داشته است، که رشد جمعیت و صنعتی شدن از عوامل اصلی کاهش این باغات و تغییر کاربری به مناطق شهری و زمین‌های کشاورزی طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۷ بود. در این پژوهش بالاترین دقت طبقه‌بندی، ۹۳٪، برای سال ۲۰۱۷ و کمترین دقت، ۸۰.۶۷٪ برای سال ۲۰۱۰ نتیجه گردید. لودونگ^۳ و همکاران (۲۰۱۸)؛ به بررسی تنوع فضایی و زمانی پوشش سبز شهر چانگچون واقع در چین از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۷ پرداختند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که در طی ۱۰ سال، پوشش سبز در شهر چانگچون کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته و در سال ۲۰۱۱ به حداقل رسیده است. علاوه بر این^۴ NDVI با کاهش ۴۳.۲۷٪ درصدی رو به رو بوده است. بررسی منابع نشان می‌دهد تحقیقی مختص مناطق ۱ و ۶ شهر شیراز که بخش اعظم باغات این کلانشهر را شامل می‌گردد تا بحال با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و به صورت پایش طولانی‌مدت انجام نشده است، لذا این مطالعه قصد دارد مقدار تغییرات پوشش سبز منطقه‌ی یک و شش شهر شیراز طی سال‌های ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۹ در یازده سال با استفاده از NDVI^۵، SAVI^۶ و OSaVI^۷ الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت^۷ مشخص نماید و مقادیر حد آستانه‌ی NDVI، SAVI و OSaVI به منظور شناسایی عارضه‌ی پوشش سبز رو مورد ارزیابی قرار دادیم و حد آستانه‌های این پژوهش را با مقالات خارجی و داخلی مورد تحلیل قرار گرفت. در کمتر مقالاتی حد آستانه شاخص‌های مورد استفاده مورد بحث قرار می‌گیرد. و در مبحث آخر ضریب همبستگی بین مقادیر مساحت برآورد شده منتج از چهار روش مذکور و سال‌های مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

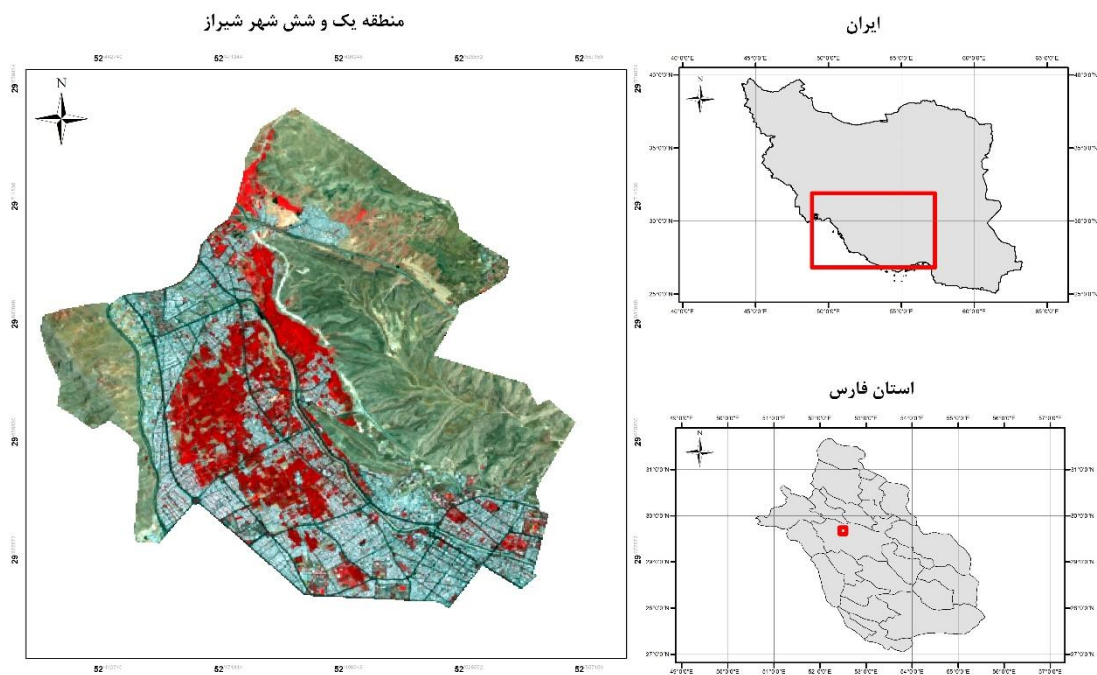
مواد و روش‌ها

• منطقه مورد مطالعه

شهر شیراز به دلیل جاذبه‌های فرهنگی و تاریخی آن در سراسر جهان شناخته شده است. این شهر ششمین شهر پرجمعیت ایران و پایتخت استان فارس است که در ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه‌ی عرض جغرافیایی و ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه‌ی طول جغرافیایی قرار گرفته است.

- 1- Saurabh Kumar
- 2- Haridwar
- 3- Lu DONG
- 4- Normalized Difference Vegetation Index
- 1-Soil-Adjusted Vegetation Indices
- 2-Optimized Soil Adjusted Vegetation Index
- 3-Maximum Likelihood

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 که در جنوب غربی ایران در اطراف کوه‌ها قرار دارد. آب و هوای شیراز فصل‌های متفاوتی دارد و به‌طور کلی به عنوان یک آب و هوای نیمه خشک گرم شناخته می‌شود. شهر شیراز دارای تعداد قابل توجهی باغ می‌باشد. با توجه به رشد جمعیت این شهر، بسیاری از باغات این شهر تغییر کاربری یافته است. در سرشماری سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهر ۱۸۶۹۰۰۰ نفر بوده است. منطقه یک شهرداری شیراز در سال ۱۳۵۹ تأسیس گردیده است. این منطقه از جنوب با منطقه ۴، از شرق با مناطق ۳ و از شمال غربی با منطقه ۶ همجوار می‌باشد. منطقه شش شهرداری که از سال ۱۳۷۲ در حد انتهای شمال غربی شهر شیراز راه‌اندازی شده است از سمت شمال به شهرک جوادیه و پردیس و کوه‌های مشرف منصورآباد و چمران، از سمت جنوب به اراضی جبل الدراک تا میدان رودکی و از سمت شرق به خیابان همت شمالی و جنوبی و میدان قصرالدشت منتهی می‌گردد. که محصول توسعه شهری شهر شیراز به سمت شمال غرب در دهه‌های اخیر است. در شکل ۱ موقعیت محدوده مورد مطالعه (منطقه ۱ و ۶) در نقشه ایران و استان فارس نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

• داده‌های مورد استفاده

در این مطالعه تصاویر بدون پوشش ابر ماهواره لندست با شماره ردیف ۳۹ و گذر ۱۶۳ در بازه زمانی (۱۹۷۲-۲۰۱۹) یازده سال از آرشیو داده‌های سازمان زمین شناسی آمریکا^۱ تهیه گردیده است. تصاویر تا جای ممکن از ماه‌های اردیبهشت و خرداد که درختان دارای برگ سبز می‌باشند انتخاب شده است. سنجنده‌های مورد استفاده و سال‌های مورد بررسی به شرح ذیل است:

- ۱- لندست ۱ سنجنده MSS^۲ تعداد باند ۴ (سال ۱۹۷۲)
- ۲- لندست ۲ سنجنده MSS^۳ تعداد باند ۴ (سال ۱۹۷۷)
- ۳- لندست ۵ سنجنده TM^۴ تعداد باند ۷ (سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۹۱، ۱۹۹۵، ۱۹۹۹)
- ۴- لندست ۷ سنجنده ETM+^۵ تعداد باند ۸ (سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۷، ۲۰۱۱)
- ۵- لندست ۸ سنجنده OLI^۵ تعداد باند ۱۲ (سال‌های ۲۰۱۵، ۲۰۱۹)

1 -United States Geological Survey
 2 -Multi Spectral Scanner
 3 -Thematic Mapper
 4 -Enhanced Thematic Mapper Plus
 5- Operational Land Imager

- پیش پردازش داده‌ها

تبدیل فرمت، حذف خطاهای رادیومتریکی، بهبود کنتراست، تصحیح هندسی، تبدیل سیستم مختصات، اعمال فیلتر و تبدیلات مختلف طیفی از مجموعه کارهایی است که در یک پروژه سنجش از دوری مدنظر قرار می‌گیرد. پس از این که تصویر تحت پردازش‌های مختلف قرار گرفت و آماده برای استخراج اطلاعات شد آنگاه انواع آنالیزها روی آن انجام می‌پذیرد (فاطمی و رضایی ۱۳۹۶: ۸۴). از آن جایی که سایت USGS تصحیحات هندسی را بر روی تولیدات خود از نوع LEVELIT انجام می‌دهد، تصحیحات هندسی بیشتری در این مطالعه انجام نشده است. در رابطه با تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری نیز از الگوریتم‌های زیر مجموعه‌ی QUICK، gap fill و Dstripping برای تمام تصاویر استفاده گردید. براساس پارامترهای تفسیر بصری (رنگ، شکل، الگو و بافت عارضه‌های همجوار)، همچنین بازدهی‌های میدانی و به منظور شناسایی و تفکیک بهتر مرز کاربری‌های پوشش‌های سبز، اراضی بایر و اراضی شهری از تصاویر رنگی ۵، ۴ و ۳ مربوط به ماهواره ETM+ و همچنین از ترکیب باندهای ۷، ۵ و ۴ مربوط به ماهواره OLI استفاده شد.

- طبقه بندی تصاویر

در این تحقیق از روش حداکثر احتمال مشابهت برای طبقه بندی تصاویر استفاده گردید. در این روش طبقه بندی بر روی پیکسل‌های نمونه که توسط تحلیلگر انتخاب شده است صورت می‌پذیرد. تحلیلگر با انتخاب نمونه، به کامپیوتر کمک کرده تا پیکسل‌هایی با همان ویژگی‌های طیف بازتاب را مشخص کند (وان^۱ و همکاران ۲۰۱۸). در روش طبقه بندی نظارت شده، میزان کمی واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی باندهای مختلف، برای مناطق نمونه محاسبه می‌شود و از همین خاصیت برای ارتباط یک پیکسل طبقه بندی نشده به یکی از گروه‌ها یا نمونه‌های طیفی نیز استفاده می‌شود. به بیان دیگر، برای بررسی نحوه توزیع ارزش‌های طیفی و احتمال آماری ارتباط یک پیکسل با یکی از گروه‌های نمونه، از ماتریس واریانس و بردار میانگین، که خود، واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی را تعریف میکند، استفاده می‌شود. با استفاده از عامل شدت احتمال، هر یک از پیکسل‌های تصویر، پس از آزمون آماری و محاسبه احتمال تعلق آن‌ها به گروه‌های طیفی نمونه، به گروه‌های نمونه تعلق می‌گیرد (زبیری و مجد، ۱۳۸۸: ۲۵۱). در پژوهش حاضر پیکسل‌های تعلیمی به صورت ROI در کلاس‌های پوشش سبز، اراضی بایر و کاربری‌های شهری در محیط نرم‌افزار ENVI5.3 از تصاویر سال‌های مذکور به الگوریتم تعریف گردید و با استفاده از این کلاس‌های تعریف شده، نقشه‌ی کاربری اراضی تهیه گردید. هیچ طبقه‌بندی تا زمانی که دقت آن مورد ارزیابی قرار نگرفته است، تکمیل نیست (امیدوار و همکاران، ۱۳۹۴) روش معمول و استاندارد برای تعیین دقت نقشه‌های طبقه بندی شده، استفاده از جدول ماتریس خطا است که ماتریس خطا براساس دقت کلی و ضریب کاپا محاسبه می‌شود (صفری شاد و همکاران، ۱۳۹۷). به منظور ارزیابی دقت طبقه‌بندی از نرم‌افزار Google Earth برای برداشت پیکسل تعلیمی استفاده شد. با استفاده از این نرم‌افزار بطور میانگین از هر کلاس (پوشش سبز، اراضی شهری و اراضی بایر) برای دو سال به عنوان نمونه (۲۰۱۱، ۲۰۱۹) بیش از صد پیکسل از هر کاربری مشخص گردید، و پس از انتقال این پیکسل‌ها به محیط نرم‌افزار ARCGIS10.5 و تبدیل آن به شیپ فایل، به عنوان ROI در محیط نرم‌افزار ENVI 5.3، به عنوان نقشه‌های کاربری اراضی مورد ارزیابی قرار گرفت و جدول ماتریس خطا تهیه گردید.

- شاخص‌های گیاهی

شاخص‌های پوشش گیاهی به طور گسترده به عنوان معیارهایی برای تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش اراضی از جمله پوشش گیاهی و پارامترهای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند (محمدیاری و همکاران، ۱۳۹۳) بیشترین باندهایی که در محاسبه شاخص‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند در محدوده باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک هستند. دلیل این امر خاصیت جذب نور قرمز توسط رنگدانه‌های موجود در کلروفیل و انعکاس شدید گیاهان در بخش مادون قرمز طیف الکترومغناطیس است (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۶: ۱۳۵) در این پژوهش از شاخص‌های گیاهی SAVI، NDVI، OSVI و SAVI به ترتیب با استفاده از روابط (۱)، (۲) و (۳) موجود در محیط نرم‌افزار ENVI 5.3 تهیه گردید. حد آستانه برای هر شاخص و در هر سال به صورت جداگانه براساس پارامترهای تفسیر بصری (رنگ، شکل، الگو و بافت عارضه‌های همجوار)، مقادیر مرزی شاخص‌های محاسبه شده نسبت به عارضه همجوار و همچنین بازدهی‌های میدانی، استخراج و مورد بررسی قرار گرفت. در این رابطه به منظور شناسایی و تفکیک مرز پوشش‌های سبز از اراضی مجاور، از تصاویر رنگی ۴۳۲ و همچنین از تصاویر منتج از گوگل ارث در تاریخ‌های موجود نیز استفاده گردید. پس از تعیین حد آستانه، تصاویر مربوط به هر شاخص به محیط نرم‌افزار ARC GIS10.5 انتقال یافت. از منطق بولین (صفر و یک) برای طبقه بندی مجدد در محیط GIS استفاده شد که به مقادیر کمتر

از حد آستانه عدد صفر و به مقادیر بزرگتر از حد آستانه عدد ۱ اختصاص یافت. پس از طبقه بندی، مساحت پوشش سبز برای هر شاخص و برای هر سال محاسبه شد.

▪ شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده

NDVI رایج ترین شاخص پوش گیاهی است که توسط راوس و همکاران (۱۹۷۴) پیشنهاد شده است (به نقل از هاد^۱ و همکاران، ۲۰۱۰). مقادیر NDVI بین -۱ و +۱ قرار دارد که در آن مقادیر بالاتر، پوشش گیاهی متراکم تر و سالم تر دارند (جمال و همکاران، ۲۰۱۴). آب و یخ دارای مقادیر NDVI منفی می باشند و خاکها دارای مقادیر کمتر از ۰/۰۵ و ابرها نیز معمولاً دارای مقادیر حول و حوش صفر هستند (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۶: ۱۳۷). این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می گردد:

رابطه (۱) (استیون^۲ و همکاران، ۱۹۹۶).

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

▪ شاخص گیاهی تعدیل شده خاک

این شاخص مشابه NDVI است، اما اثر پیکسل های خاک را از بین می برد. از یک فاکتور اثر تعدیل کننده خاک، L استفاده می کند، که تابعی از تراکم پوشش گیاهی است. مقدار مطلوب $L = 0.5$ می باشد، تا تغییرات پس زمینه خاک را به خوبی نشان دهد (هویت^۳ و همکاران، ۱۹۸۸). دامنه ی مقادیر SAVI بین +۱ و -۱ محدود می شود (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۶: ۱۳۹). در این پژوهش مقدار L ، ۰/۵ در نظر گرفته شده است.

رابطه (۲) (زنداکس^۴ و همکاران، ۱۹۹۶)

$$SAVI = \frac{1.5 * (NIR - RED)}{(NIR + RED + 0.5)}$$

▪ شاخص گیاهی بهینه شده ی خاک

این شاخص براساس شاخص SAVI طراحی شده است که یک مقدار استاندارد ۰/۱۶ را برای فاکتور تعدیل تاج پوشش زمینه استفاده می کند و تغییرات زیادتر خاک را در موقعیت هایی که پوشش گیاهی کم است نسبت به SAVI فراهم می سازد (زنداکس و همکاران، ۱۹۹۶)

رابطه (۳) (زنداکس و همکاران، ۱۹۹۶)

$$OSAVI = \frac{1.5 * (NIR - RED)}{(NIR + RED + 0.16)}$$

در آخر به منظور بررسی همبستگی بین مساحت های برآورد شده ی منتج از شاخص ها و الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت با سال های مورد مطالعه، از آزمون پیرسون استفاده شد. بدین منظور ضریب همبستگی پیرسون در سطح یک درصد با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۵ محاسبه گردید. همچنین همبستگی بین روش ها نیز، با روش مذکور مورد بررسی قرار گرفت.

یافته های پژوهش

• الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت

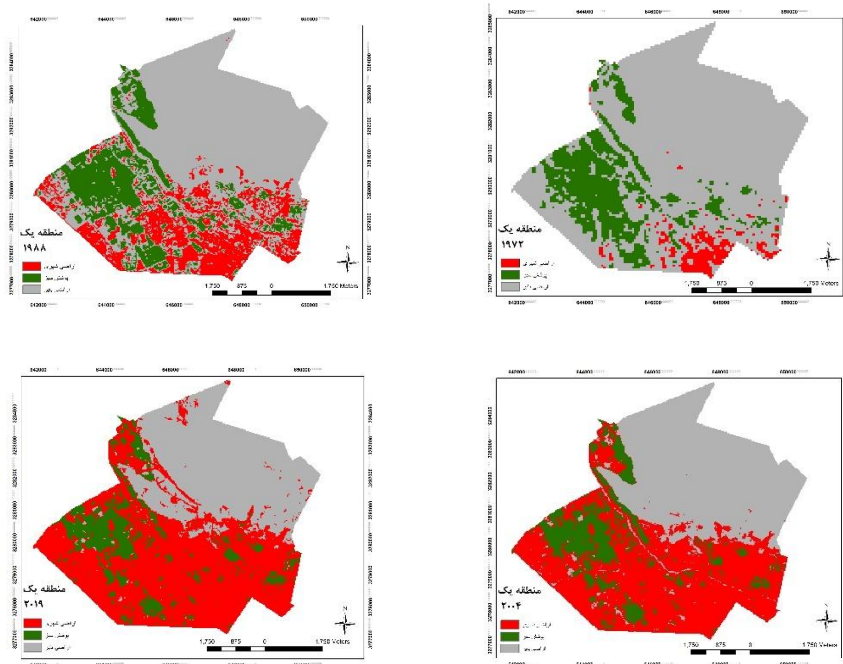
با استفاده از پیکسل های تعلیمی تهیه شده از تصاویر ماهواره ای در سال های مورد بحث، در محیط نرم افزار ENVI 5.3 منطقه مورد مطالعه به ۳ واحد کاربری (پوشش سبز، اراضی بایر و اراضی شهری) تقسیم گردید و پس از طبقه بندی در سامانه اطلاعات مکانی (GIS) مورد تحلیل قرار گرفت. به علت تعدد تصاویر، به صورت نمونه تصاویر خروجی پنج سال (۱۹۷۲، ۱۹۸۸، ۲۰۰۴، ۲۰۱۹) در شکل ۲ (الف) منطقه یک و (ب) منطقه شش قابل مشاهده می باشد.

1 -D. G. Hadjimitsis

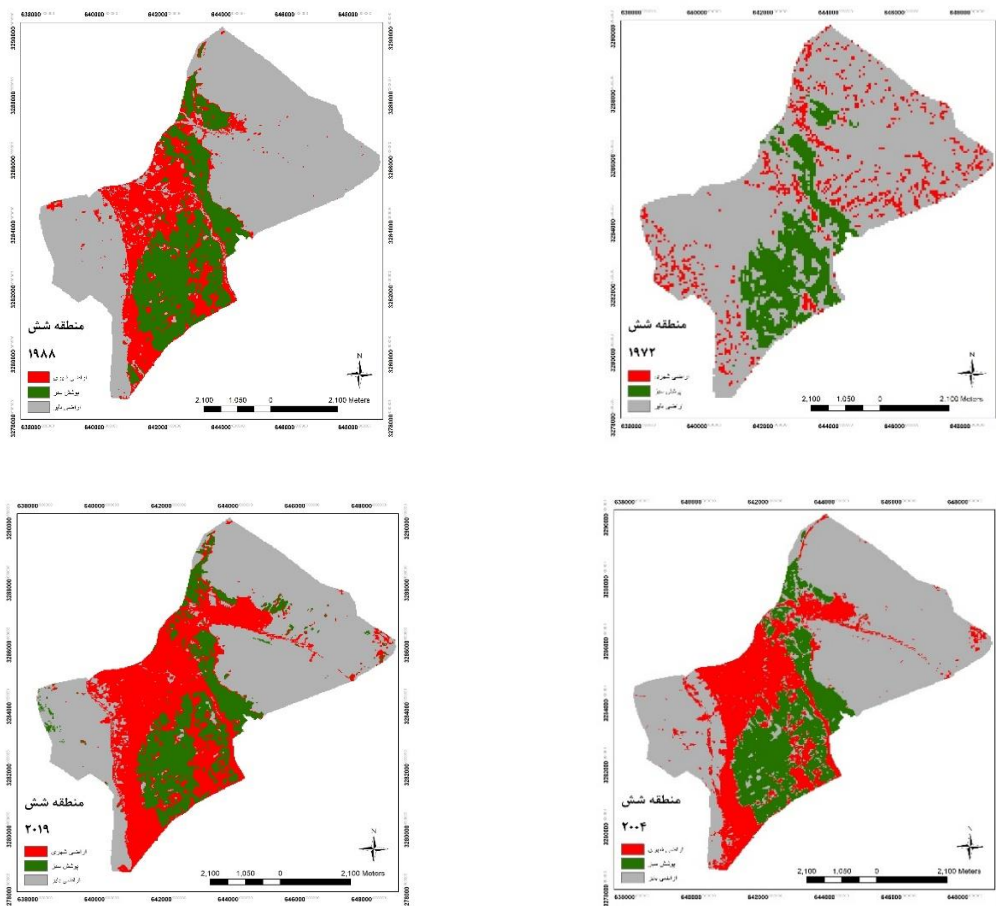
2 -Michael Steven

3 -A. R. Huete

4 -Genevive Rondeaux



شکل ۲- الف) نقشه کاربری اراضی سال‌های (۱۹۷۲، ۱۹۸۸، ۲۰۰۴، ۲۰۱۹) منطقه یک



شکل ۲- ب) نقشه کاربری اراضی سال‌های (۱۹۷۲، ۱۹۸۸، ۲۰۰۴، ۲۰۱۹) منطقه شش

نتایج نقشه‌های کاربری اراضی بیانگر این موضوع می‌باشد که پوشش گیاهی با گذشت زمان کاهش چشم‌گیری داشته است، به طوری که مساحت پوشش سبز در منطقه یک در سال ۱۹۷۲ از ۱۴۰۲ هکتار به ۴۳۹ هکتار در سال ۲۰۱۹، و در منطقه ۶ مساحت پوشش سبز از ۱۳۹۳ هکتار در سال ۱۹۷۲ به ۸۵۵ هکتار در سال ۲۰۱۹ رسیده است. به بیانی دیگر در سال‌های مورد مطالعه، منطقه یک ۶۸٪ درصد و در منطقه شش ۳۸٪ درصد از پوشش سبز غنی و با ارزش خود را از دست داده است. در جدول (۱) مساحت پوشش گیاهی بدست آمده از روش حداکثر مشابهت در مناطق شش و یک نشان داده شده است.

جدول ۱- مساحت کاربری پوشش سبز با استفاده از روش حداکثر احتمال مشابهت (منطقه شش و منطقه یک)

سال	مساحت منطقه یک	سال	مساحت منطقه شش
۱۹۷۲	۱۴۰۲/۳۵	۱۹۷۲	۱۳۹۳/۶۱
۱۹۷۷	۱۱۳۲	۱۹۷۷	۱۲۰۲/۶۳
۱۹۸۸	۷۵۹/۵	۱۹۸۸	۱۱۴۵/۱۵
۱۹۹۱	۷۵۳/۴۸	۱۹۹۱	۱۰۸۵/۳۱
۱۹۹۵	۷۴۵/۲۳	۱۹۹۵	۱۰۷۷/۵۷
۱۹۹۹	۶۳۲/۳۴	۱۹۹۹	۱۰۶۴/۰۷
۲۰۰۴	۵۵۹/۸۹	۲۰۰۴	۹۶۰
۲۰۰۷	۵۵۳/۳۴	۲۰۰۷	۹۳۰/۲۷
۲۰۱۱	۵۱۳/۵۵	۲۰۱۱	۹۲۲/۲۵
۲۰۱۵	۴۴۵/۴۱	۲۰۱۵	۹۱۱/۴۵
۲۰۱۹	۴۳۹/۹۲	۲۰۱۹	۸۵۵/۵۴

منبع: نگارنده، (۱۳۹۹)

کومار و همکاران (۲۰۲۰) پس از تهیه نقشه کاربری با استفاده طبقه‌بندی نظارت شده شهرهای دوار هند به این نتیجه رسیدند که پوشش سبز طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۷، ۷۲.۱۷٪ درصد کاهش مساحت داشته است و همچنین رشد شهرنشینی و صنعتی شدن منطقه را یکی از عوامل اصلی این کاهش دانستند. امیدوار و همکاران (۱۳۹۴)، به بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر یاسوج از سال ۱۹۸۶ تا سال ۲۰۱۰ پرداختند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که بیشترین مساحت در سال ۱۹۸۶ مربوط به کاربری اراضی بایر با ۱۴/۲ کیلومتر مربع، و فضای سبز با ۲/۱۵ کیلومتر مربع کمترین مساحت را به خود اختصاص داده است. در مقابل در سال ۲۰۱۰ بیشترین میزان مساحت مربوط به کاربری مسکونی، ۱۰/۲۷ کیلومتر مربع، سپس کاربری اراضی بایر با ۱۰/۲۵ کیلومتر مربع و پوشش سبز با ۰/۶۶ کیلومتر مربع کمترین مساحت را دارا بود. این پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که افزایش سریع جمعیت شهر یاسوج و مهاجرت از دهه پنجاه به بعد بدون توجه به توان زیست محیطی منطقه و به تبع آن گسترش وسعت شهر باعث کاهش کمی و کیفی پوشش گیاهی در منطقه شده است. وان و همکاران (۲۰۱۸)، با استفاده از سنجنده‌ی لندست و الوس^۱ و روش حداکثر احتمال مشابهت طی ساله‌ای ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ به بررسی پوشش سبز شهر نهارتنگ^۲ در ویتنام پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد، پوشش سبز شهری در مدت ده سال از ۲۳۹۴.۴۲ هکتار در سال ۲۰۰۷ به مساحت ۱۸۷۵.۱۱ هکتار در سال ۲۰۱۷ کاهش یافته است. از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷، مساحت فضای سبز شهری در حدود ۲۱.۶۹٪ کاهش یافته است، که توسعه‌ی شهری از عوامل اصلی این کاهش می‌باشد. توسعه‌ی سریع اراضی شهری و کاهش شدید پوشش گیاهی، تأثیرات منفی زیادی بر کیفیت زندگی ساکنان و گردشگران در شهر نهارتنگ گذاشته است. در پژوهش حاضر به منظور ارزیابی نقشه‌های کاربری اراضی، از ماتریس خطا استفاده شده است. نتایج صحت کلی و ضریب کاپا برای تصاویر در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۱۵ در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲) ماتریس خطا، صحت کلی و ضریب کاپا برای نتایج بدست آمده از طبقه بندی با استفاده از حداکثر احتمال

سال	منطقه	سنجنده	ضریب کاپا	صحت کلی
۲۰۱۹	۱	OLI	۰/۹۸	۹۹/۸۲
	۶	OLI	۰/۸۵	۹۰/۹۱
۲۰۱۱	۱	ETM+	۰/۹۶	۹۷/۷۴
	۶	ETM+	۰/۸۵	۹۰/۶۸

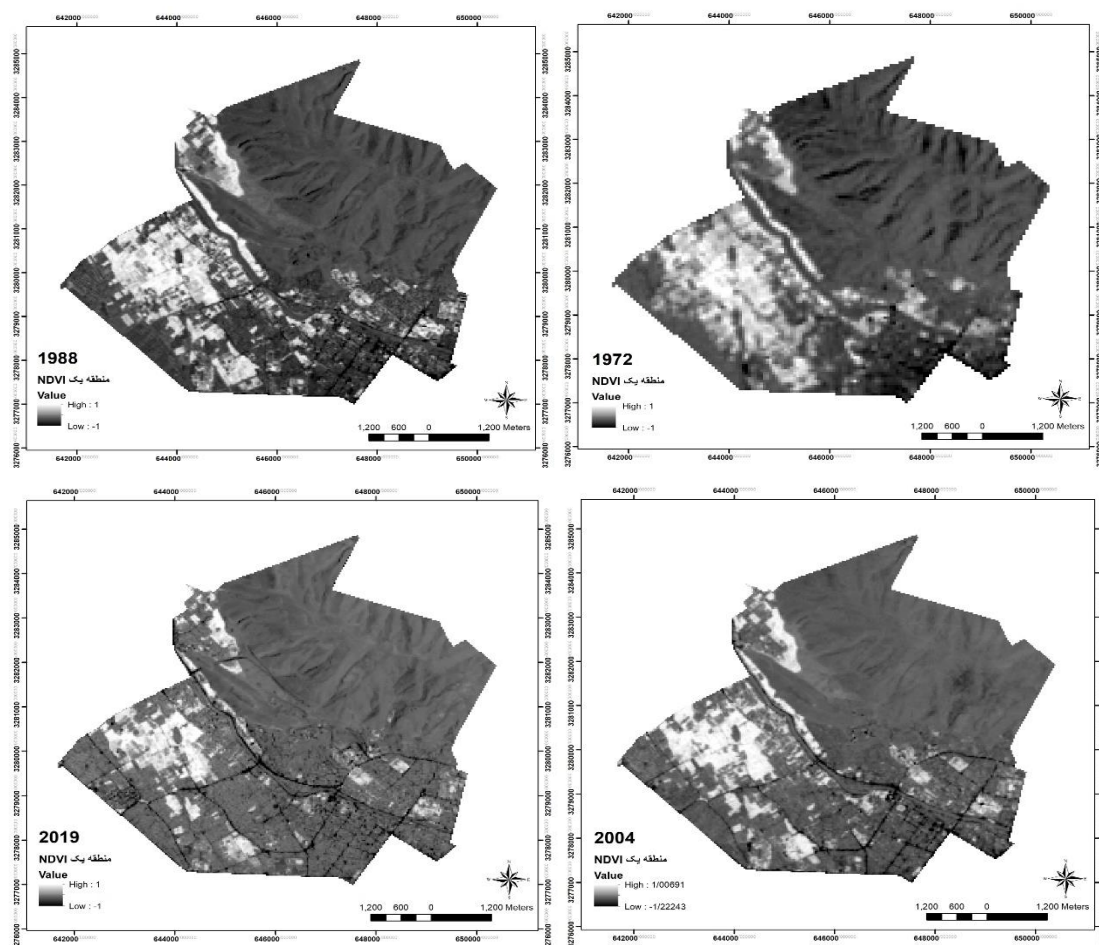
منبع: نگارنده سال ۱۳۹۹

مقادیر صحت کلی و ضریب کاپای روش حداکثر احتمال مشابهت برای این دو سال، بالای ۸۵٪ محاسبه شده و صحت کلی بالای ۹۰٪ به دست آمد. با استناد به منابع (هاک و همکاران، ۲۰۱۷؛ شیواکومار و همکاران، ۲۰۱۸؛ لاکتاسرای و همکاران، ۱۳۹۷؛ احمدپور و همکاران، ۱۳۹۰) صحت این روش در پژوهش حاضر نیز خیلی خوب ارزیابی شده است. طبق نظر اندرسون (۲۰۱۱)، کم‌ترین میزان صحت قابل قبول در طبقه‌بندی پوشش گیاهی و کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۸۵٪ می‌باشد (به نقل از صفری شاد و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به جدول طبقه‌بندی، میزان مقبولیت ضریب کاپا که توسط کوچ و لاندیس (۱۹۷۷) نیز بیان شده، مقبولیت ضریب کاپا برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ رضایت‌بخش بوده است.

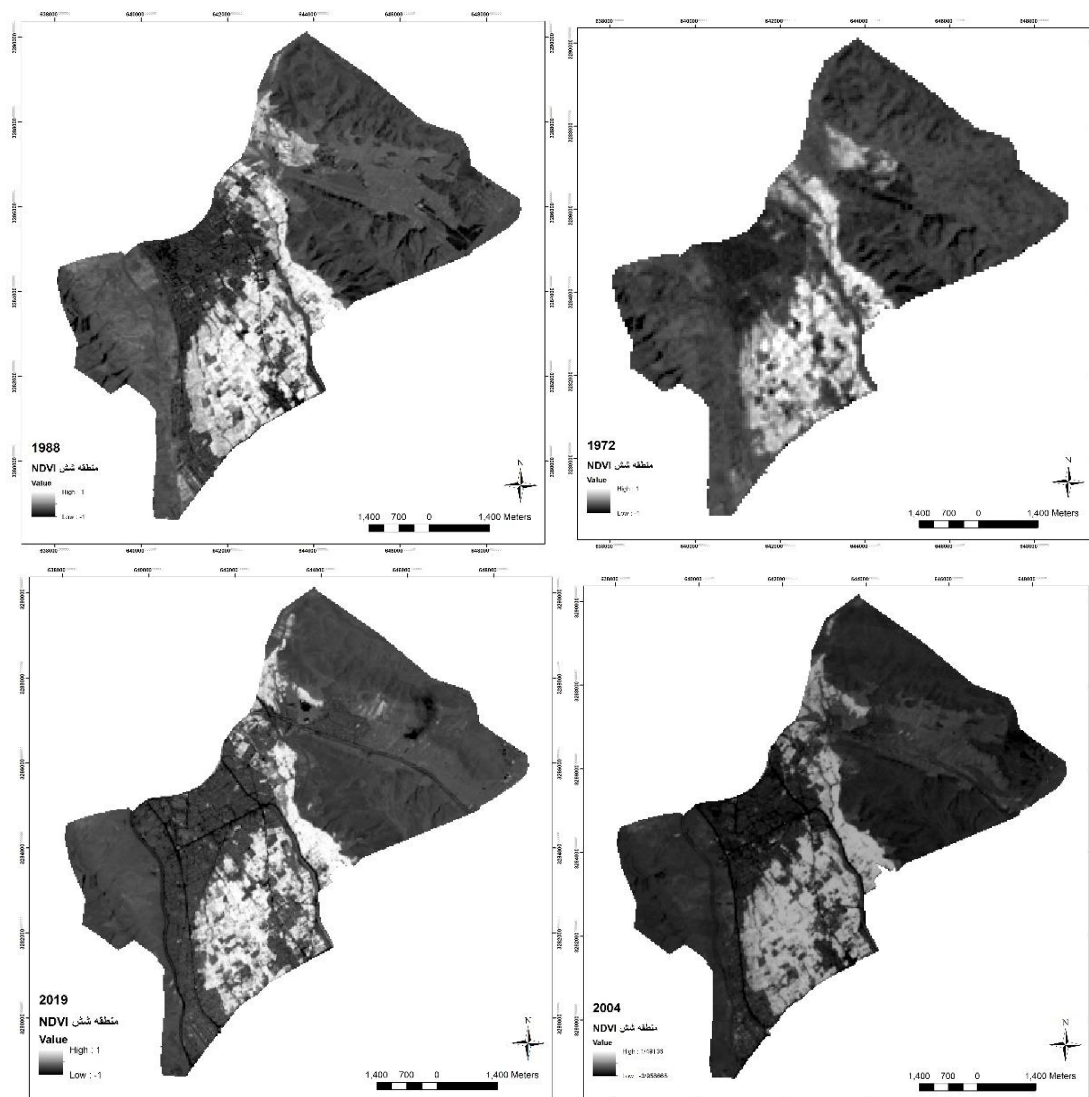
• شاخص‌های گیاهی

جهت بررسی کمی و کیفی پوشش سبز منطقه یک و شش، نقشه‌های منتج از شاخص‌های گیاهی NDVI، SAVI، OSVI در محیط نرم‌افزار ENVI5.3 تهیه گردید و در محیط نرم‌افزار اطلاعات مکانی (GIS) با استفاده از منطق بولین به صورت صفر (عدم پوشش گیاهی) و یک (پوشش گیاهی) طبقه‌بندی شد. تصاویر NDVI سال‌های ۱۹۷۲، ۱۹۸۸، ۲۰۰۴ و ۲۰۱۹ از مناطق یک (الف) و شش (ب) به صورت نمونه در شکل ۳ قابل نشان داده شده است.

خروجی نقشه‌های شاخص‌های گیاهی مانند نقشه‌های کاربری اراضی بیانگر این موضوع می‌باشد که پوشش سبز در طول سال‌های مورد مطالعه، تغییرات گسترده‌ای داشته‌اند، به صورتی که در NDVI مساحت پوشش سبز از ۱۳۹۴ هکتار در سال ۱۹۷۲ به ۴۲۸ هکتار در سال ۲۰۱۹، شاخص SAVI مساحت از ۷۸۹ در سال ۱۹۸۸ به ۴۲۱ هکتار در سال ۲۰۱۹ و در شاخص OSVI مساحت از ۸۱۵ در سال ۱۹۸۸ به ۴۱۹ هکتار در سال ۲۰۱۹ در منطقه‌ی شش، مساحت برآورد شده با NDVI از ۱۳۷۴ هکتار به ۸۵۸ هکتار، شاخص SAVI از ۱۱۶۰ هکتار به ۸۶۲ هکتار و شاخص OSVI از ۱۱۴۹ هکتار به ۸۸۴ هکتار در سال ۲۰۱۹ کاهش



شکل ۳- (الف) نقشه شاخص NDVI مربوط به سال‌های ۱۹۷۲، ۱۹۸۸، ۲۰۰۴، ۲۰۱۹ در منطقه یک



شکل ۳- (ب) نقشه‌ی شاخص NDVI (۱۹۷۲، ۱۹۸۸، ۲۰۰۴، ۲۰۱۹) در منطقه شش

یافته است. نتایج NDVI دلالت بر کاهش ۶۹٪ درصدی پوشش سبز در منطقه یک و کاهش ۳۷٪ درصدی پوشش سبز در منطقه شش طی ۴۷ سال را دارند. از طرفی دیگر نتایج شاخص‌های SAVI و OSVI به ترتیب بر کاهش ۴۶٪ و ۴۸٪ درصد پوشش سبز در منطقه ۱ و همچنین مقدار ۲۵٪ و ۲۳٪ درصدی کاهش پوشش سبز در منطقه ۶ طی ۳۱ سال دلالت دارند. در جدول ۳ مساحت‌های برآورد شده از سه شاخص درج گردیده است.

در این پژوهش در رابطه با شناسایی پوشش سبز با استفاده از شاخص‌های مختلف، مقادیر دامنه‌ها و حدآستانه‌ها برای هر سال مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آنها در جدول ۴ نشان داده شده است. به منظور شناسایی پوشش سبز، دامنه‌ی مقادیر حد آستانه در NDVI از ۰/۲ تا ۰/۳، OSVI از ۰/۳۴ تا ۰/۳۶، SAVI از ۰/۴۴ تا ۰/۴۷ متغیر است. میانگین مقادیر آستانه‌ی NDVI، OSVI و SAVI نتیجه شده در طی این سال‌ها، به ترتیب ۰/۲۷، ۰/۳۵ و ۰/۴۵ می‌باشد. مینیمم و ماکزیمم مقادیر این شاخص‌ها به ترتیب -۱ تا +۱، -۱.۱۵۹۹۸ تا +۱.۱۵۹۹۷ و -۱.۴۹۹۹۴ تا +۱.۴۹۹۹۵ نتیجه شد. پژوهشگران مختلف دامنه‌ها و حد آستانه‌های متفاوتی را معرفی نموده‌اند که در این رابطه مابشری (۱۳۸۹)، مقدار NDVI برای گیاهان را بین ۰/۲ تا ۱، فاطمی و رضایی (۱۳۹۶)، ۰/۱ تا ۱ و علوی پناه و همکاران (۱۳۹۵) بین صفر تا ۱ پیشنهاد نموده‌اند. سازمان زمین شناسی آمریکا مقادیر شاخص NDVI را بین +۱ تا -۱ معرفی کرده است، مناطقی مانند سنگ، شن و ماسه و برف را با مقادیر کم مانند ۰/۱، پوشش گیاهی پراکنده، بوته زار و محصولات زراعی را با مقادیر

جدول ۳- مساحت کاربری پوشش سبز با استفاده از شاخص‌های گیاهی (منطقه یک و شش)

OSAVI		SAVI		NDVI		سال
منطقه شش	منطقه یک	منطقه شش	منطقه یک	منطقه شش	منطقه یک	
				۱۳۷۴/۳۶	۱۳۹۴/۴۸	۱۹۷۲/۰۹/۰۱
				۱۲۱۲/۶۲	۱۱۲۵/۸۷	۱۹۷۷/۰۷/۳۰
۱۱۴۹/۴	۸۱۵/۸۵	۱۱۶۰/۲۷	۷۸۹/۳	۱۱۵۰/۶۷	۸۰۶/۸۵	۱۹۸۸/۰۵/۱۵
۱۰۸۲/۱۶	۷۷۹/۳۱	۱۰۸۲/۲۵	۷۷۹/۴۹	۱۰۸۳/۳۹	۷۸۲/۹۱	۱۹۹۱/۰۵/۲۴
۱۰۶۴/۹۶	۷۱۵/۵۵	۱۰۴۴/۱۹	۷۴۶/۸۲	۱۰۵۹/۶۵	۷۴۶/۷۴	۱۹۹۵/۰۶/۲۰
۱۰۳۴/۷	۶۴۳/۰۵	۱۰۲۴/۰۴	۶۴۴/۴	۱۰۲۱/۳۲	۶۷۵/۳۴	۱۹۹۹/۰۸/۰۲
۱۰۱۷/۱	۵۸۷/۸۸	۱۰۱۰/۲۵	۵۹۷/۰۲	۱۰۱۶/۱	۶۰۱/۳۸	۲۰۰۴/۰۶/۲۹
۱۰۰۷/۵۴	۵۲۹/۰۲	۱۰۰۵/۴۳	۵۴۶/۱۲	۱۰۰۶/۳۳	۵۷۵/۵۵	۲۰۰۷/۰۶/۲۲
۹۸۳/۴۳	۵۱۲/۵۷	۹۶۵/۵۲	۵۱۴/۵۳	۱۰۰۰/۱۷	۵۴۳/۴۲	۲۰۱۱/۰۷/۱۸
۹۳۴/۸۳	۴۸۱/۷۷	۹۳۶/۱۸	۴۸۳/۱۲	۹۵۹/۱۳	۵۰۲/۱۲	۲۰۱۵/۰۵/۲۶
۸۸۴/۰۷	۴۱۹/۷۶	۸۶۲/۰۲	۴۲۱/۲	۸۵۸/۰۶	۴۲۸/۰۴	۲۰۱۹/۰۷/۰۸

منبع: نگارنده ۱۳۹۹

۰.۲ تا ۰.۵ و مقادیر ب ۰.۶ تا ۰.۹ را برای مناطق با پوشش متراکم جنگل‌های معتدل و مرطوب گرمسیری بیان نموده است. گامون^۱ و همکاران (۱۹۹۵)، بهترین مقدار NDVI را بین ۰ و ۱ معرفی کردند. کامرول و همکاران (۲۰۱۶)، NDVI را در سال ۲۰۰۵ با پوشش گیاهی انبوه در دامنه‌ی عددی بین ۰.۵ تا ۰.۷، پوشش سبز متوسط را در دامنه‌ی ۰.۳ تا ۰.۵ و پوشش سبز کم را ۰.۱۵ تا ۰.۳ گزارش نمودند. در سال ۲۰۱۰ پوشش گیاهی انبوه را در دامنه‌ی عددی بین ۰.۵ تا ۰.۵۶، پوشش سبز متوسط را ۰.۵ تا ۰.۲۹، پوشش سبز کم را در دامنه‌ی عددی ۰.۲۹ تا ۰.۱۵ و در سال ۲۰۱۵ پوشش گیاهی متوسط را ۰.۴ تا ۰.۲۹، پوشش گیاهی کم را بدر دامنه‌ی عددی ۰.۲۹ تا ۰.۱۵ گزارش نمودند. جوزی و همکاران (۱۳۹۴)، در تحلیل فضای سبز شهر تبریز، برای پوشش کم، حد آستانه‌ی ۰.۱ تا ۰.۲، متوسط ۰.۲ تا ۰.۳ و برای پوشش زیاد ۰.۳ تا ۰.۴ و برای پوشش خیلی متراکم بالای ۰.۴ را پیشنهاد دادند. مقایسه تفاوت در مقادیر ذکر شده NDVI در منابع مذکور و همچنین نتایج حاصل از این پژوهش مؤید آن است که در پژوهش‌ها باید ضمن توجه به مقادیر حد آستانه‌های پیشنهادی، مقدار شاخص را در هر پیکسل نسبت به عارضه‌های همجوار و در هر سال به صورت جداگانه بررسی نمود تا مساحت‌ها و ارزیابی تغییرات پوشش‌های سبز شهری از صحت مناسب‌تری برخوردار باشند.

جدول ۴- مقادیر دامنه‌ها و حد آستانه‌های مورد استفاده در سنجنده TM، MSS، ETM+ و OLI

سال	۱۹۷۲	۱۹۷۷	۱۹۸۸	۱۹۹۱	۱۹۹۵	۱۹۹۹	۲۰۰۴	۲۰۰۷	۲۰۱۱	۲۰۱۵	۲۰۱۹
سنجنده	MSS	MSS	TM	TM	TM	TM	ETM+	ETM+	ETM+	OLI	OLI
NDVI	۰/۲۷	۰/۲	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۳	۰/۳	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۳
SAVI	-	-	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۷
OSAVI	-	-	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۶

منبع: نگارنده سال ۱۳۹۹

در مبحث آخر با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون ابتدا مقادیر بدست آمده از روش حداکثر احتمال و شاخص‌های گیاهی نسبت به سال و مقادیر هر چهار روش را نسبت به یکدیگر مورد ارزیابی قرار دادیم. در جدول ۵ نتایج ضرایب همبستگی روش‌ها با سال نتیجه شده است که دال بر همبستگی بالا اما منفی می‌باشد. مقادیر منفی همبستگی‌ها مؤید کاهش مساحت پوشش‌های سبز با افزایش سال بوده که به لحاظ آماری معنادار نیز می‌باشد و با استناد به مقادیر بدست آمده از ضریب همبستگی پیرسون می‌توان به این نتیجه رسید که شاخص گیاهی NDVI نسبت به دو شاخص دیگر از همبستگی بهتری برخوردار، و قابل اعتمادتر است. مکرم و همکاران (۱۳۹۶)؛ بمانی و همکاران (۱۳۸۷)؛ آرخی و همکاران (۱۳۸۹)؛ ایمانی و همکاران (۱۳۹۵)؛ اسماعیل احمد و همکاران (۲۰۱۴)؛ پوبلت^۲ و همکاران (۲۰۱۹) شاخص NDVI را در تحقیقات خود توصیه نمودند. سپس مقادیر هر شاخص در هر منطقه با مقادیر شاخص‌های دیگر در همان مناطق مورد تحلیل قرار گرفت که نتایج این بررسی نشان داد همبستگی بالای معنی‌داری بین مقادیر برآورد شده از روش‌های مورد استفاده در

1 - John Gamon

2 - Carlos Poblete

این پژوهش وجود داشت (جدول ۵ و جدول ۶، الف و ب)). این همبستگی بالای مثبت بین روش‌ها نیز دلالت بر تشابه مقادیر برآورد شده به وسیله هر چهار روش دارد.

جدول ۵ - نتایج تحلیل آماری پیرسون بین سال با مقادیر برآورد شده با شاخص‌های گیاهی و الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت

سال		متغیرها
R	P-value	
-۰.۹۲۹**	۰/۰۰۰	مقادیر NDVI منطقه ۱
-۰.۸۷۸**	۰/۰۰۰	مقادیر NDVI منطقه ۶
-۰.۹۱۳**	۰/۰۰۰	مقادیر OSAVI منطقه ۱
-۰.۸۰۲**	۰/۰۰۰	مقادیر OSAVI منطقه ۶
-۰.۹۱۹**	۰/۰۰۰	مقادیر SAVI منطقه ۱
-۰.۷۸۳**	۰/۰۰۰	مقادیر SAVI منطقه ۶
-۰.۹۲۴**	۰/۰۰۰	مقادیر الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت منطقه ۱
-۰.۹۰۰**	۰/۰۰۰	مقادیر الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت منطقه ۶

منبع: نگارنده ۱۳۹۹

جدول ۶ (الف) - نتایج تحلیل آماری پیرسون از مقایسه مقادیر شاخص‌ها و حداکثر احتمال مشابهت منطقه ۱

	NDVI		OSAVI		SAVI		الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت	
	P-value	R	P-value	R	P-value	R	P-value	P-value
NDVI		۱	۰/۰۰۰	۰/۹۸۳**	۰/۰۰۰	۰/۹۸۶**	۰/۰۰۰	۰/۹۹۳**
OSAVI	۰/۰۰۰	۰/۹۸۲**		۱	۰/۰۰۰	۰/۹۹۳**	۰/۰۰۰	۰/۹۵۶**
SAVI	۰/۰۰۰	۰/۹۸۶**	۰/۰۰۰	۰/۹۹۳**		۱	۰/۰۰۰	۰/۹۷۹**
الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت	۰/۰۰۰	۰/۹۹۳**	۰/۰۰۰	۰/۹۶۵**	۰/۰۰۰	۰/۹۷۹**		۱

منبع: نگارنده ۱۳۹۹

جدول ۶ (ب) - نتایج تحلیل آماری پیرسون از مقایسه مقادیر شاخص‌ها و حداکثر احتمال مشابهت منطقه ۶

	NDVI		OSAVI		SAVI		الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت	
	P-value	R	P-value	R	P-value	R	P-value	P-value
NDVI		۱	۰/۰۰۰	۰/۹۲۰**	۰/۰۰۰	۰/۹۱۰**	۰/۰۰۰	۰/۹۴۴**
OSAVI	۰/۰۰۰	۰/۹۲۰**		۱	۰/۰۰۰	۰/۸۹۸**	۰/۰۰۰	۰/۸۷۹**
SAVI	۰/۰۰۰	۰/۹۱۰**	۰/۰۰۰	۰/۸۹۸**		۱	۰/۰۰۰	۰/۸۳۵**
الگوریتم حداکثر احتمال مشابهت	۰/۰۰۰	۰/۹۴۴**	۰/۰۰۰	۰/۸۷۹**	۰/۰۰۰	۰/۸۳۵**		۱

منبع: نگارنده ۱۳۹۹

بحث و نتیجه‌گیری

پیامدهای توسعه شهری و پیچیدگی معضلات زیست محیطی، توجه به وجود فضای سبز و گسترش آن را اجتناب‌ناپذیر ساخته است. شهرها به عنوان کانون‌های متمرکز فعالیت و زندگی انسان‌ها برای اینکه بتوانند پایداری خود را تضمین کنند چاره‌ای جز پذیرش ساختار و کارکردی متأثر از سیستم‌های طبیعی ندارند و در این میان پوشش‌های سبز طبیعی یک شهر به عنوان جزء ضروری و لاینفک کالبد شهرها در متابولیسم آن‌ها نقش اساسی دارند که کمبود آن می‌تواند اختلالاتی جدی در حیات شهرها به وجود آورد. بنابراین، فضای سبز به عنوان جزئی از بافت شهرها و نیز بخشی از خدمات شهری دارای ضرورت می‌باشد و نمی‌تواند جدا از نیازهای جامعه شهری باشد؛ از این رو اطلاعات فضای سبز باید از نظر کمی و کیفی در دسترس باشد. در راستای توسعه بهینه فضای سبز در سطح کلانشهرها، توجه به آینده و برنامه‌ریزی بر پایه وضع موجود و تداوم آن در زمان‌های آینده امری مهم می‌نماید. با توجه به اهمیت موضوع در این پژوهش سعی بر آن شد طی پنج دهه اخیر از تصاویر ماهواره لندست به منظور ارزیابی مقادیر پوشش سبز مناطق ۱ و ۶ کلانشهر شیراز استفاده گردد. در

این رابطه از روش‌های حداکثر احتمال مشابهت، NDVI، SAVI و OSaVI بهره گرفته شد. نتایج برآورد شده منتج از این چهار روش حاکی از آن است که تغییرات عموماً به صورت کاهشی بوده، بدیهیست این حجم از کاهش پوشش سبز شهری با کاهش سطح برگ و همچنین کاهش میزان فتوسنتز و اکسیژن به همراه خواهد بود که بر میزان سلامت روانی و جسمانی شهروندان تأثیرگذار خواهد بود. عوامل اصلی آن شهرنشینی، رشد جمعیت، خشکسالی و نیاز مبرم به زمین دانست. اما نمی‌توان از نقش افراد سودجو هم در تخریب پوشش سبز و تغییر کاربری آن گذشت. که این موضوع می‌تواند منجر به مقادیر حداقلی پوشش سبز طی سال‌های آتی گردد. منطقه یک به دلیل نزدیکی به هسته اولیه شهری شیراز دچار تخریب پوشش سبز شدید گردیده است، اما در منطقه شش به دلیل دور بودن از هسته اولیه شهر تخریب کمتری صورت گرفته است اما به دلیل رشد و گسترش شهر به این این منطقه با روند حاضر باید در آینده نزدیک شاهد تخریب بیشتر پوشش گیاهی در این منطقه باشیم. با توجه به رخداد‌های محیط زیستی و مخاطرات مختلفی نظیر ریزگردها و سیلاب‌ها که در سال‌های اخیر به شدت کشور و از جمله کلانشهر شیراز را درگیر کرده است لذا حفاظت از این پوشش سبز و مقابله با سازمان‌ها و افرادی که در تغییر کاربری باغات به سایر کاربری‌ها مبادرت می‌ورزند، در راستای توسعه‌ی پایدار به شدت تأکید می‌گردد. که در این رابطه می‌بایست به نقش تصمیم‌گیری‌های مربوط به کمسیون ماده ۱۰۰ توجه ویژه‌ای مبذول داشت. تصمیم‌گیری‌های کمیسیون ماده ۱۰۰ که مربوط به صور مجوز تغییر کاربری‌هاست عموماً باعث گردیده که روز به روز از مساحت کاربری‌های باغات واقع در شهرها کاسته شود و به مساحت سایر کاربری‌ها نظیر مسکونی، آموزشی و درمانی و... اضافه گردد. به منظور نظارت بهتر بر تغییرات پوشش زمین به ویژه کاربری پوشش‌های سبز، استفاده از تصاویر ماهواره لندست که هر شانزده روز این امکان پایش را فراهم می‌سازد، به شهرداری‌ها، سازمان محیط زیست، اداره بهداشت محیط و همچنین شهروندان هر شهر و از جمله کلانشهر شیراز پیشنهاد می‌شود. در این پژوهش سعی گردید علاوه بر پایش و ارزیابی پوشش سبز، دامنه و حد آستانه‌ی شاخص‌های گیاهی جهت شناسایی پوشش سبز شهری نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج این پژوهش نشان داد که نمی‌توان یک دامنه و یا یک عدد را برای چندین سال مورد استفاده قرار داد و یا انتخاب یک دامنه برای چند منطقه با پوشش گیاهی مختلف می‌تواند نتایج اشتباهی را به همراه داشته باشد. عوامل متعددی مانند خشکسالی و شرایط آب و هوایی می‌تواند بر مقادیر حد آستانه و مقدار انرژی دریافتی سنجنده تأثیر بگذارد. در این پژوهش از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۹ از چهار سنجنده ماهواره لندست استفاده گردیده است، نتایج ما حاکی از آن بود که با بهبود کیفیت تصاویر ماهواره‌ها و قدرت تفکیک بهتر تصاویر دامنه‌ی مقادیر شاخص‌های گیاهی نیز دچار تغییرات می‌گردد. در این پژوهش، ضریب همبستگی منفی بالاتری از مقادیر NDVI با افزایش سال نسبت به دو شاخص دیگر مشاهده گردید. پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی، این شاخص‌ها جهت تعیین حد آستانه مورد ارزیابی قرار گیرد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد همبستگی معناداری بین روش‌های مورد استفاده و کاهش پوشش گیاهی وجود داشته است، همچنین مساحت پوشش گیاهی مناطق مورد بحث طی پنج دهه روند کاهشی داشته است. برای ابهام‌زدایی از نتایج بدست آمده، بازدیدهای میدانی بیانگر آن بود که در سال‌های اخیر، هم زمان با کاهش فضای سبز مساحت ساخت‌وسازهای شهری و نابودی باغات شهر شیراز افزایش چشم‌گیری داشته است. این افزایش بیش از حد ساخت‌وسازهای شهری باغات منطقه یک را به مرز نابودی کامل کشانده و منطقه شش هم در سال‌های آینده اگر تدابیر مناسبی اندیشیده نشود به سرنوشت منطقه یک دچار خواهد شد. دستاورد نوشتار پیش رو از این لحاظ مهم است که با پایش مداوم این پوشش گران‌بهای شهری می‌تواند گام مهم و موثری در حفظ و نگهداری آن برداشت، افزون بر این مهمترین محدودیت پژوهش پیش رو، نبود اطلاعات و مساحت دقیق زمینی از باغات و مقایسه و تحلیل آن با نتایج داده‌های ماهواره‌ای است. از این رو در این پژوهش حاضر سعی گردید با استفاده از چند روش به تحلیل نتایج پردازش تا اطلاعات دقیق‌تری در دسترس کارشناسان و ارگان‌های مربوطه قرار گیرد. در پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد با محاسبه پوشش گیاهی در مقیاس‌های محدودتر که اطلاعات زمینی دقیقی از آن مناطق در دسترس می‌باشد بتوان مساحت‌ها را به صورت سال به سال و به صورت کاملاً دقیق بدست آورد.

منابع

- ارخی، صالح؛ نیازی، یعقوب (۱۳۹۸). مقایسه تکنیک‌های مختلف پایش تغییرات کاربری - پوشش گیاهی با استفاده از RS و GIS مطالعه موردی: حوزه دره شهر - ایلام، کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، دوره ۱، شماره ۱: ۶۱-۷۷.
- اسماعیل زاده، حسن؛ شفیعی ثابت، ناصر (۱۳۹۲). بررسی تغییرات کاربری اراضی و ناپایداری در اکوسیستم شمال تهران مطالعه موردی: حوضه ابریز درکه - ولنجک، پژوهش‌های دانش زمین، سال ۴، شماره ۱۵: ۱۰۲-۸۳.
- امیدوار، کمال؛ نارنگی فر، مهدی؛ عباسی، حجت الله (۱۳۹۴). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی در شهر یاسوج با استفاده از سنجش از دور، جغرافیا و آمایش شهری، شماره ۱۶: ۱۲۶-۱۱۱.

- امیر، احمد پور؛ سلیمانی، کریم؛ شکر، مریم؛ قربانی، جمشید (۱۳۹۰). مقایسه میزان کارایی سه روش رایج طبقه‌بندی نظارت‌شده داده‌های ماهواره‌های در مطالعه پوشش گیاهی، *مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی*، سال ۲، شماره ۲: ۷۰-۸۱.
- ایمانی، جمال؛ ابراهیمی، عطاالله؛ قلی نژاد، بهرام؛ طهماسبی، پژمان (۱۳۹۷). مقایسه دو شاخص NDVI و SAVI در سه جامعه گیاهی مختلف با شدت نمونه برداری متفاوت مطالعه موردی مراتع اطراف تالاب چغاخور چهار محال بختیاری، *فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، جلد ۲۵، شماره ۱: ۱۵۲-۱۹۶.
- بمانی، مجتبی؛ مزیدی، احمد (۱۳۸۷). بررسی تغییرات سطح و پوشش گیاهی کویر سیاهکوه با استفاده از داده‌های سنجش از دور، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۶۴: ۱۲-۱.
- تیموری، راضیه (۱۳۹۵). الگوسازی ساختار اکولوژیکی توسعه فضای سبز شهری با رویکرد آینده پژوهی نمونه موردی: کلانشهر تبریز. رساله برای دریافت درجه دکتری (PHD) در رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز.
- جوزی، سید علی؛ علیپور اقدم، افسانه (۱۳۹۴). تحلیل تغییرات کمی و کیفی فضای سبز منطقه یک شهر تبریز در فاصله سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۹ شمسی با استفاده از سامانه سنجش از دور، *پژوهش‌های محیط زیست*، سال ۶، شماره ۱۱: ۱۴۵-۱۵۵.
- زبیری، محمود؛ مجد، علیرضا (۱۳۸۸). *آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد آن در منابع طبیعی*، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- سبز قیایی، غلامرضا؛ جعفر زاده، کاوه؛ دشتی، سولماز؛ یوسفی خانقاه، شهرام؛ بزم آرا بلشتی، مژگان (۱۳۹۶). اشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی: شهرستان قائم شهر، *علم و تکنولوژی محیط زیست*، دوره ۱۹، شماره ۵.
- سرودی، منا؛ جوزی، سید علی (۱۳۹۵). بررسی تغییرات کیفی فضای سبز شهر تهران از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۵ مطالعه موردی: منطقه ۵ شهرداری تهران، *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، دوره ۱۸، شماره ۳.
- صفری شاد، مهتاب؛ حبیب نژاد روشن، محمود؛ سلیمانی، کریم؛ ایلدرومی، علیرضا؛ زینی وند، حسین (۱۳۹۷). ارزیابی روش حداکثر احتمال در فرآیند تشخیص تغییر کاربری اراضی به کمک شاخص NDVI (مطالعه موردی حوزه آبخیز همدان-بهار)، *فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی*، سال ۱۸، شماره ۶۴: ۱۵۹-۱۷۶.
- طاهری، فروزان؛ رهنما، محمد رحیم؛ خوارزمی، امید علی؛ خاکپور، براتعلی (۱۳۹۷). بررسی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره ای چندزمانه شهر شاندیز (طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۴)، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۵۰: ۱۴۲-۱۲۷.
- عبدلی لاکتاسرای، مهسا؛ خان محمدی، مهرداد؛ حقیقی، مریم؛ پناهنده، محمد (۱۳۹۷). مطالعه تغییرات کاربری اراضی به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های سنجش از دور، *پژوهش و فناوری محیط زیست*، دوره ۳، شماره ۵: ۳-۸.
- علوی پناه، سید کاظم؛ تازیک، اسماعیل؛ حاتمی، فتاح (۱۳۹۵). *سنجش از دور پوشش گیاهی- اصول و روش‌های تفسیر و کاربردها*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- علی خواه اصل، مرضیه؛ ناصری، داریوش (۱۳۹۶). ارزیابی روند تغییرات پوشش اراضی حوزه آبخیز گفتاره با استفاده از روش سنجش از دور، *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، دوره ۱۹، شماره ۳.
- فاطمی، سیدباقر؛ رضایی، یوسف (۱۳۸۹). *مبانی سنجش از دور*، اصفهان، انتشارات ازاده.
- کامیاب، حمید رضا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ حسینی، سید محسن؛ غلامعلی فرد، مهدی (۱۳۹۰). کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در مدل سازی توسعه شهری مطالعه موردی: شهر گرگان، *پژوهش‌های جغرافیایی انسانی*، شماره ۷۶: ۹۹-۱۱۳.
- گومه، زینب؛ رنگزن، کاظم؛ نظری سامانی، علی اکبر؛ قدوسی، جمال (۱۳۹۳). بررسی روند تغییرات کمی فضای سبز کلان شهر کرج با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سنج‌های سیمای زمین، *محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران*، دوره ۶۷، شماره ۳: ۳۳۱-۳۲۳.
- محمد یاری، فاطمه؛ پورخبازی، حمید رضا؛ توکلی، مرتضی؛ اقدر، حسین (۱۳۹۳). تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی: شهرستان بهبهان، *فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی*، دوره ۲۳، شماره ۹۲: ۲۴-۳۴.
- مکرم، مرضیه؛ مزین، ملیحه؛ فرجی، محمد؛ موسوی کتایون (۱۳۹۶). بررسی تغییرات پوشش گیاهی در فصول مختلف رویش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارتباط آن با تغییرات دما منطقه مورد مطالعه: شمال شهرستان داراب، *فصلنامه اکوسیستم طبیعی ایران*، سال ۸، شماره ۳: ۱-۲۰.
- ناصری، مریم (۱۳۹۲). بررسی اهمیت فضای سبز شهری بر محیط روانی جمعیت شهرنشین نمونه موردی: کلانشهر اهواز، *پایان نامه کارشناسی ارشد گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری*، دانشگاه شهید چمران اهواز.

- Ahmad A, Aboobaidar BM. (2014). Temporal Changes in Urban Green Space Based on Normalized Difference Vegetation Index. *Applied Mathematical Sciences*, 8, 55, 2743 – 2751. <http://dx.doi.org/10.12988/ams.2014.43223>.
- Ahmad A, Quegan S. (2012). Analysis of Maximum Likelihood Classification on Multispectral Data. *Applied Mathematical Sciences*, 6, 129, 6425 – 6436. DOI: 10.1109/ICCSCE.2012.6487156
- Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., Huete, A.R., 1995, A Review of Vegetation Indices, *Remote Sensing Review*, 13, 95-120.
- Dong L, Jiang H, Yang L. (2018), Spatio-Temporal Change of Vegetation Coverage and Its Driving Forces Based on Landsat Images: A Case Study of Changchun City, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3, 295-298.
- Echeverria C P, Towers PC, Strever E. (2019). Comparison of Vegetation Indices for Leaf Area Index Estimation in Vertical Shoot Positioned Vine Canopies with and without Grenbiule Hail-Protection Netting. *Remote Sensing*, 11, 1073, doi:10.3390/rs11091073.
- El-Gammal MI, Ali RR, Abou Samra R M. (2014). NDVI Threshold Classification for Detecting Vegetation Cover in Damietta Governorate, Egypt. *Journal of American Science*, 10,(8), 108-113.
- Gamon JA, Field CB, Goulden M L, Griffin K L, Harteley AE, Penuelas GJJ, Valeentini R. (1995). Relationships Between NDVI, Canopy Structure, and Photosynthesis in Three Californian Vegetation Types. *Ecological Society America*, 5(1), 28 -41. DOI:10.2307/1942049.
- Hadjimitsis DG, Papadavid G, Agapiou A, Themistocleous K, Hadjimitsis MG, Retalis A, Michaelides S, Chrysoulakis N, Toullos L, Clayton CRI. (2010). Atmospheric correction for satellite remotely sensed data intended for agricultural applications: impact on vegetation indices. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, 89–95.
- Hegazy IR, Kaloop MR. (2015). Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4, 117 – 124. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijsbe.2015.02.005>
- Huete AR, Qi J, Chehbouni A, Kerr YH, Sorooshian S. (1994). A Modified Soil Adjusted Vegetation Index. *Remote Sensing of Environment*, 48, 119-126. DOI: 10.1016/0034-4257(94)90134-1.
- Islam K, Jasimuddin M. Nath B, Nath TK. (2016). Quantitative Assessment of Land Cover Change Using Landsat Time Series Data: Case of Chunati Wildlife Sanctuary (CWS), Bangladesh, *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 3 (2), 45-55.
- Koch GG, Landis JR. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *International Biometric Society is collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to Biometrics*, 33, 159-174
- Kumar S, Jain K. (2020). A multi- temporal landsat data analysis for land-use/land cover change in haridwar region using remote sensing techniques. *International Conference on Computing and Network Communications*, 171, 1184-1193. 10.1016/j.procs.2020.04.127.
- Noor NM, Abdullah A, Manzahari MNH. (2013), Land Cover Change Detection Analysis on Urban Green Area Loss Using GIS and remote Sensing Techniques, *Journal of the Malaysian Institute of Planners*, 125-138.
- Rafiee R, Mahiny AS, Khorasani N. (2009). Assessment Of Changes in Urban Green Spaces of Mashad City Using Satellite Data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11, 431-438.
- Rondeaux G, Steven M, Baret F. (1996). Optimization of Soil-Adjusted Vegetation Indices, *Remote Sensing of Environment*. DOI: 10.1016/0034-4257(95)00186-7.
- Shivakumar BR, Rajashekararadhya SV. (2018). Investigation on Land Cover Mapping Capability of Maximum Likelihood Classifier: A Case Study on North Canara, India. *International Conference on Advances in Computing and Communication*, 143, 579–586.
- Vani V, Mandla VR. (2018). Comparative Study of Ndvi and Savi Vegetation Indices in Anantapur District Semi-Areas, *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8, 559-566.
- Van TT, Tran NDH, Bao HDx, Phuong DTT, Hoa PK, Han TTN. (2018), Optical Remote Sensing Method for Detecting Urban Green Space as Indicator Serving City Sustainable Development, *Proceedings*, 2(3), 140.
- Xue J, Su B. (2017), Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications, *Hindawi Journal of Sensors*, 1353691, 17.
- Yang J, Huang C, Zhang Z, Wang L. (2014), the Temporal Trend of Urban Green Coverage in Major Chinese Cities Between 1990 and 2010, *Urban Forestry & Urban Greening*, 13, 19-27.
- Yang X, Zhu Y, Shi Z, Ge G, Hao Y. (2020). Land use/cover classification in an arid desert-oasis mosaic landscape of china using remote Sensed imagery: performance assessment of four machine learning algorithms. *Global Ecology and Conservation*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00971>