

The Relationship of Different Land Uses with Land Surface Temperature based on Spatial Correlation (Moran) Analysis Using Landsat 8 Satellite Images (OLI)

(Case Study: Ardebil City)

Sayyad Asghari Sarasekanrood ^{1*}, Mehdi Faal Naziri ², Ehsan Ghale ³

¹ Associate Professor, Department of Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

² MA Student, Remote Sensing, GIS, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

³ PhD Candidate of Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Abstract

In this research, the relationship between land use and land surface temperature and spatial correlation in Ardebil city using Moran index has been investigated. For this purpose, Landsat 8 satellite imagery (OLI) was used from 2015 to 2018. Initially, the relevant images were taken and the necessary pre-processing was applied. Then the classification was made using the object-oriented method and the nearest neighboring algorithm and the surface temperature was extracted by the algorithm (SW). The results showed that the temperature in the urban areas was 43 ° C and 45 ° C in 2015 and 2018, respectively, due to the absorption of heat and urban pollution. The use of water was 35 ° C in 2015, and 37 ° C in 2018, that eliminates more heat from the water and has a lower temperature. The results also showed a strong relationship between land use and temperature. Finally, Hot Spot Analysis was used for hot and cold clusters of Ardebil thermal islands. The analysis of spatial correlation with global Moran indexes showed that the surface temperature of Ardabil has a spatial structure or, in other words, the surface temperature of the earth is distributed in cluster form. Hot Spot Analysis has been a clear confirmation of the concentration and clustering of the thermal islands of Ardabil in space with increasing period of time.

Key words: Landsat 8 Images, Object Classification, Land Use, Land Surface Temperature, Spatial Dependence.



ارتباط کاربری‌های مختلف با دمای سطح زمین مبتنی بر تحلیل خودهمبستگی فضایی

(موران) با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (OLI)

(مطالعه موردی: شهر اردبیل)

صیاد اصغری سراسکانرود^۱: دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
مهدی فعال‌نذیری: دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
احسان قلعه: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده

در این پژوهش، ارتباط کاربری اراضی با دمای سطح زمین^۱ شهر اردبیل و خودهمبستگی فضایی با بهره‌گیری از شاخص موران بررسی شده است. بدین منظور از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (OLI) سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ استفاده شد. نخست تصاویر مربوط دریافت و پیش‌پردازش‌های لازم اعمال شد؛ سپس طبقه‌بندی با استفاده از روش شی‌گرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی^۲ صورت گرفت و دمای سطح زمین با الگوریتم پنجره مجزا (SW) استخراج شد. نتایج نشان داد دمای نواحی شهری در سال ۲۰۱۵، ۴۳ درجه و در سال ۲۰۱۸، ۴۵ درجه سانتی‌گراد بوده است که به دلیل جذب گرما و عوارض شهری مختلف، دمای بیشتری داشته‌اند. کاربری مناطق آبی نیز در سال ۲۰۱۵، دمای ۳۵ درجه و در سال ۲۰۱۸، دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد را به خود اختصاص داده است که آب گرمای بیشتری را دفع می‌کند و دمای کمتری دارد. همچنین نتایج نشان داد رابطه‌ای قوی بین کاربری اراضی و دما وجود دارد. در نهایت با استفاده از شاخص تحلیل لکه‌های داغ (Hotspot) خوشه‌های گرم و سرد جزایر حرارتی اردبیل استخراج شد. تحلیل خودهمبستگی فضایی با شاخص‌های موران جهانی نشان داد دمای سطح زمین اردبیل ساختار فضایی دارد؛ به بیانی دمای سطح زمین به شکل خوشه‌ای توزیع شده است. تحلیل لکه‌های داغ تأییدی آشکار بر متمرکز و خوشه‌ای شدن جزایر حرارتی شهر اردبیل در فضا با افزایش دوره زمانی بوده است. **واژه‌های کلیدی:** تصاویر لندست ۸، طبقه‌بندی شی‌گرا، کاربری اراضی، دمای سطح زمین، خودهمبستگی.

¹ Land surface temperature (LST)

² Nearest neighbor

مقدمه

سخت یا غیرممکن است، لزوم استفاده از فناوری سنجش از دور با شرایط زمانی همراه با ویژگی پیوستگی و داده‌برداری در محدوده‌های گسترده بسیار کاراست (بابایی فینی، ۱۳۹۴: ۷۹).

امروزه تکنیک سنجش از دور، روشی متغیر برای برآورد دمای سطح زمین در هر شرایط توپوگرافی و شرایط آب‌وهوایی در منطقه است و برای برآورد دمای سطح زمین از باندهای حرارتی استفاده می‌شود (Sun, 2004: 127). دمای سطح زمین از مهم‌ترین مؤلفه‌های مؤثر در مطالعات جهانی است که به‌مثابه یکی از عوامل مهم در کنترل فرایندهای بیولوژیکی و شیمیایی و فیزیکی زمین استفاده می‌شود (علوی‌پناه، ۱۳۸۸: ۲۸۸). دمای سطح زمین در ارتباط با گسیل مندی دمای سطح زمین و دمای جو زمین است (Niçlòs Valiente et al., 2009: 55).

محدوده پژوهش، شهر اردبیل و اراضی حاشیه آن است. این شهر در شمال غرب کشور واقع شده و یکی از کانون‌های عمده جمعیتی است. پس با توجه به روند رو به رشد شهر اردبیل از لحاظ جمعیتی و با در نظر گرفتن اینکه این شهر از دیرباز تا به امروز یکی از شهرهای توریستی و جاذب جمعیت به لحاظ آب‌وهوایی به‌ویژه در فصل تابستان بوده، ضروری است اقلیم آن بررسی شود.

مطالعات زیادی در دنیا از جمله ایران درباره این موضوع صورت گرفته است؛ سان و پینکر^۱ (۲۰۰۴) تأثیر ترکیبی و فیزیکی شهری را در ایالات و اسکانسین آمریکا بررسی کردند که نتیجه کلی پژوهش آنان، نقش مهم سطوح نفوذناپذیر را در تنوع جزایر حرارتی مناطق

گسترش سریع شهرها به دلیل تغییرات گسترده در کاربری و پوشش زمین، تأثیرات منفی بر کیفیت زیست‌محیطی جهانی داشته است (کاکه‌ممی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۲۳). تغییرات کاربری پوشش اراضی، توسعه مناطق شهری و کشاورزی و جنگل‌زدایی باعث تغییر رژیم دمای منطقه‌ای و محلی می‌شود (اکبری و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۵۲؛ gondwe et al., 2008: 19). دمای سطح زمین به‌مثابه نمایه‌ای از شدت گرما، از عناصر اساسی در شناخت آب‌وهواست (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱: ۵۶). آگاهی از میزان دمای سطح زمین کمک شایان توجهی به طیف وسیعی از مسائل مرتبط با علوم زمین نظیر اقلیم شهری، تغییرات جهانی محیطی و بررسی تعاملات انسان و محیط می‌کند (اکبری و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۵۴). انواع کاربری اراضی بر میزان دمای سطح زمین تأثیر می‌گذارد و شاخصی برای بررسی روند آن قلمداد می‌شود (weng et al., 2004: 203). پژوهش درباره دمای سطحی زمین نشان می‌دهد این دما، تابعی از پاسخ انرژی سطح در پدیده‌های متنوع آب، خاک، پوشش گیاهی و... است (owen et al., 1994: 1668)؛ علاوه بر این از بازیابی دمای سطح زمین نیز می‌توان برای تشخیص پوشش گیاهی سالخورده استفاده کرد (French et al., 2000: 167).

نقص اساسی در پایش دمای سطح زمین، نبود ایستگاه‌های هواشناسی کافی برای آگاهی از مقادیر دمایی در نقاط بدون ایستگاه است (خسروی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۲۵). با توجه به محدودیت اطلاعاتی در تأمین داده‌ها به‌ویژه در وسعت زیاد مشکلات و موانع فراوانی که وجود دارد و دستیابی در زمان واقعی

¹ Sun & Pinker

سطح زمین و حرارت سطح زمین وجود دارد؛ به طوری که در مناطق نظامی و صنعتی شهر به دلیل وجود کاربری‌ها و عواملی مانند سطوح نفوذناپذیر مانند آسفالت، بتن باعث ایجاد جزایر حرارتی شده است.

اصغری سراسکانرود و امامی (۱۳۹۷) در پایش دمای سطح زمین و بررسی تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و ETM+ در شهرستان اردبیل به روش پنجره مجزا بیان داشتند رابطه‌ای قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد؛ به طوری که نواحی شهری با پوشش گیاهی کمتر نسبت به نواحی کشاورزی و مرتعی، دمای بیشتری دارند.

هدف پژوهش حاضر، استخراج و بررسی دمای سطح زمین در ارتباط با انواع کاربری‌های موجود و تحلیل خودهمبستگی فضایی محدوده ۴۰ کیلومتری شهر اردبیل در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ است. این امر با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (OLI) صورت گرفت تا مشخص شود کاربری اراضی تا چه اندازه بر دمای سطح مؤثر است؛ بنابراین نتایج این پژوهش برای برنامه‌ریزان محیطی، ناحیه‌ای و شهری از یک سو و آشکارسازی تغییرات به‌منزله مؤلفه‌ای مهم در راهبردهای مدیریت منابع طبیعی و تغییرات محیطی از سوی دیگر سودمند است.

روش‌شناسی پژوهش

داده‌های به‌کاررفته در این پژوهش شامل تصاویر ماهواره لندست ۸ از سنجنده OLI، از سایت زمین‌شناسی آمریکا گرفته شده است (جدول ۱). برای استخراج نقشه کاربری اراضی از باندهای مرئی و مادون قرمز و دمای سطح زمین از باندهای حرارتی، از

شهری نشان می‌دهد. بر مبنای نتایج این پژوهش دما در نواحی مرکزی شهری داغ‌تر از نواحی جنگلی خارج شهری است و آثار جزیره حرارتی شهری باعث شده دمای شهری از ۵/۶ درجه در سال ۲۰۰۱ به ۶/۹ درجه تا سال ۲۰۱۴ افزایش یابد.

کارنیا^۱ (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای نشان داد مطالعات جزیره حرارتی شهری در کنترل رشد جمعیت شهری و برنامه‌ریزی شهری کارایی دارد.

رونالد و همکاران^۲ (۲۰۱۷) در شهرهای بزرگ مناطق بانکوک (تایلند)، جاکارتا (اندونزی) و مانیل (فیلیپین) به دنبال بررسی رابطه درجه حرارتی سطحی و فراوانی با الگوی فضایی سطح نفوذناپذیر و فضای سبز مطالعه‌ای انجام دادند. نتایج این مطالعه ارتباط معنادار و قوی بین میانگین دمای سطح زمین و تراکم سطح نفوذناپذیر (مثبت) و فضای سبز (منفی) را در امتداد شیب شهر - روستایی در هر سه شهر با جزیره حرارتی شهری (UHI) نشان داد.

فیضی‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) دمای سطح زمین را با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا روی تصاویر ماهواره لندست ۸ برآورد کردند. این پژوهش نشان داد دمای سطح زمین متأثر از کاربری‌های اراضی مختلف آن است و دقت زیاد این روش برای برآورد دمای سطح حاکی است با این روش می‌توان در مناطقی که امکان ایجاد ایستگاه هواشناسی نیست، دما را محاسبه کرد.

ولی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی دمای سطح زمین را در شهرستان زنجان با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا بررسی کردند. نتایج نشان داد بر مبنای داده‌های آماری به‌دست‌آمده، ارتباط مناسبی بین کاربری

^۱ Karenia

^۲ Ronald et al.

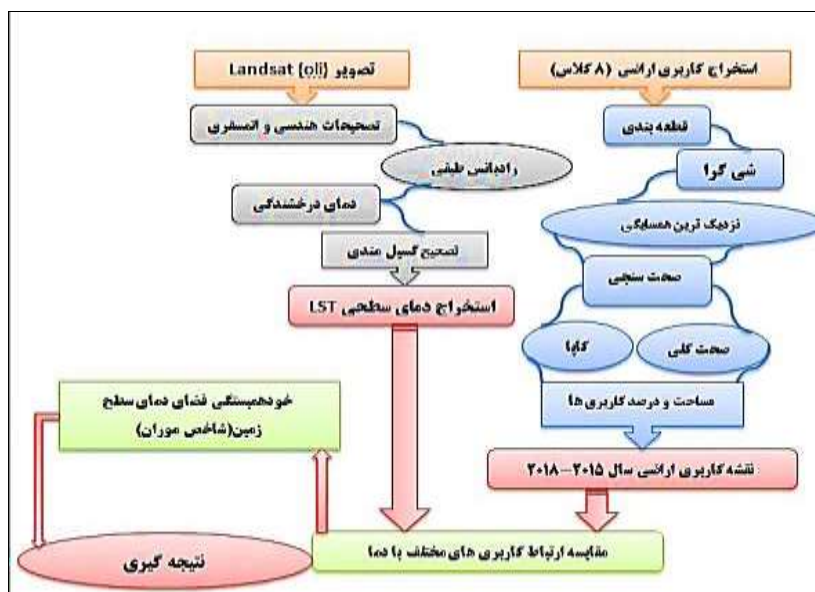
مدنظر از عارضه جغرافیایی را در آن مکان تحلیل می‌کند (Griffith et al., 1987: 571-584). برای محاسبه آماره یا شاخص موران، نخست نمره استاندارد، Z و P-Value محاسبه می‌شود. در مرحله بعد معنادار بودن شاخص ارزیابی می‌شود (کرمی، ۱۳۹۳: ۳۶). این مقادیر با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.5 بررسی شد و به منظور استخراج نقشه‌های مربوط، نرم‌افزار ArcGIS10.5 به کار رفت. در شکل (۱) مراحل مختلف این پژوهش به منظور برآورد رابطه میان دما و کاربری اراضی و بررسی خودهمبستگی فضایی نشان داده شده است.

تصاویر ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست هر دو سال ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ استفاده شد. به منظور آماده‌سازی تصاویر، تصحیحات هندسی و رادیومتریکی روی تصاویر با نرم‌افزار ENVI 5.3 صورت گرفت و سپس طبقه‌بندی کاربری اراضی با روش شی‌گرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی با نرم‌افزار eCognition انجام شد. در ادامه برای استخراج خوشه‌های جزایر حرارتی شهری و بررسی الگوی فضایی داده‌ها به منظور تعیین کمیت و همچنین آزمون ساختار فضایی مؤلفه‌های مشاهده‌شده از آماره موران جهانی استفاده شد.

خودهمبستگی فضایی موران، خودهمبستگی فضایی را براساس مکان پراکنش دو مقدار بررسی و ویژگی

جدول ۱. ویژگی‌های تصاویر ماهواره لندست ۸ (OLI) (منبع: متادیتا)

| تصاویر | تاریخ اخذ | ردیف / گذر | زاویه آزیموت خورشید | زاویه ارتفاع خورشید |
|-------------|------------|------------|---------------------|---------------------|
| لندست ۸ OLI | ۲۰۱۵/۰۶/۲۲ | ۱۶۷ / ۳۳ | ۱۲۴/۹۰ | ۶۶/۴۲ |
| | ۲۰۱۵/۰۷/۲۵ | | ۱۲۹/۰۷ | ۶۳/۰۱ |
| | ۲۰۱۵/۱۰/۰۸ | | ۱۳۴/۷۴ | ۵۹/۹۵ |
| | ۲۰۱۸/۰۶/۱۵ | | ۱۲۵/۶۴ | ۶۶/۵۴ |
| | ۲۰۱۸/۰۷/۰۱ | | ۱۲۴/۶۷ | ۶۵/۸۸ |
| | ۲۰۱۸/۰۸/۱۸ | | ۱۳۷/۹۸ | ۵۸/۰۰ |



شکل ۱. الگوریتم تخمین دمای سطح زمین و کاربری اراضی در این پژوهش (تهیه و ترسیم: نویسندگان، ۱۳۹۸)

استخراج دمای سطح زمین

درجه حرارت سطح زمین اطلاعات مفیدی را درباره ویژگی‌های فیزیکی زمین و اقلیم دربردارد که نقش بسزایی در فرایند محیط زیستی بازی می‌کنند (Weng, 2004: 470). دمای سطح زمین به‌منابۀ نمایه‌ای از شدت گرما، از عناصر اساسی شناخت آب‌وهواست. در سنجش از دور دمای سطح زمین را که بالای جو با سنجنده‌ها به دست می‌آید، «دمای روشنایی» می‌نامند. این دما به علت پدیده‌های جذب و پخش جوی به‌نظر کمتر از دمای واقعی در سطح زمین است (Rajeshwari, 2014: 234). برای تعیین دمای واقعی سطح زمین از الگوریتم‌های گوناگونی همچون الگوریتم پنجره مجزا (SW) استفاده می‌شود و در این پژوهش به‌منظور به‌دست‌آوردن دمای سطح زمین از این الگوریتم استفاده شد. از جمله ویژگی‌های مهم این الگوریتم، حذف آثار جوی است و برای بازیابی قابلیت انتشار سطح زمین از چند سنسور استفاده می‌کند. در همین راستا از باند ۱۰ حرارتی سنجنده لندست ۸ (OLI) استفاده و مراحل به ترتیب زیر به‌منظور استخراج دمای سطح زمین طی شد.

محاسبه دمای تابشی

برای محاسبه دمای تابشی، نخست باید داده‌های مادون قرمز حرارتی را به رادیانس تبدیل کنیم؛ به‌طور کلی پس از استفاده از عکس قانون پلانک (برای تبدیل رادیانس به دمای تابشی) لازم است دمای تابشی به دمای واقعی تبدیل شود. با استفاده از رابطه ۱:

$$T = \frac{k2}{kn \left(\frac{k1}{L\lambda} + 1 \right)} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، $T =$ دمای روشنایی ماهواره برحسب کلونین و $k1, k2 =$ ثابت حرارتی برای هر دو باند حرارتی موجود در متادیتا، $L\lambda =$ درخشندگی جو بالاست.

محاسبه رادیانس

با توجه به اینکه اجسام، پدیده‌ها و پوشش‌های سطح زمین جزو گروه اجسام سیاه قرار نمی‌گیرند، بنابراین لازم است دمای تابشی به‌دست‌آمده از باندهای سنجنده را با لحاظ‌کردن مقادیر توان تشعشی و شرایط جوی به دمای واقعی سطح زمین تبدیل کنیم. برای این کار نخست باید مقدار DN هر پیکسل به رادیانس تبدیل شود:

$$R = (RMB * B) + RAB \quad \text{رابطه (۲)}$$

$RAB - RMB =$ از متادیتا تصاویری استخراج شده است که برای دو باند حرارتی یکسان است.

محاسبه توان تشعشی

برای محاسبه توان تشعشی از رابطه ۳ استفاده می‌شود:

$$\epsilon = \epsilon v \times PV + \epsilon s \times (1 - PV) + d\epsilon \quad \text{رابطه (۳)}$$

$\epsilon v =$ گسیل‌مندی پوشش گیاهی (۰/۹۹)،
 $\epsilon s =$ گسیل‌مندی خاک (۰/۹۷) و $PV =$ درصد پوشش گیاهی

محاسبه دمای سطح زمین (کلونین)

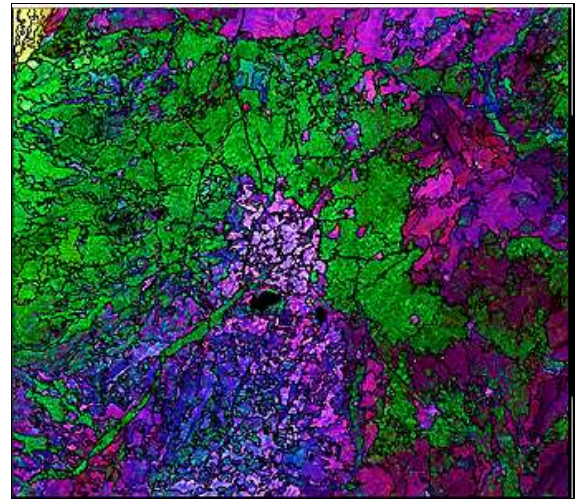
محاسبه دمای سطح زمین به سانتی‌گراد با استفاده از رابطه ۴ انجام می‌شود:

$$ST = \frac{Tb}{1 + \left(\lambda \times \frac{Tb}{p} \right) \times Ln\epsilon} \quad \text{رابطه (۴)}$$

استخراج نقشه کاربری اراضی منطقه

در این مرحله بررسی نقشه‌های طبقه‌بندی با استفاده از روش شی‌گرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی با نرم‌افزار eCognition صورت گرفت و برای استخراج نقشه‌ها، نرم‌افزار ArcGis5.3 به کار رفت. قطعه‌بندی^۱ تصویر بر تفکیک و جداسازی تصویر به نواحی مختلف دلالت دارد؛ به طوری که پیکسل‌های هر ناحیه یک ویژگی خاص متعلق به یک شی مشترک داشته باشد.

در روش طبقه‌بندی شی‌گرا، اطلاعات طیفی با امکانات مکانی ادغام و پیکسل‌ها براساس شکل، بافت و تن خاکستری در سطح تصویر با مقیاس مشخص قطعه‌بندی شده است و طبقه‌بندی تصویر براساس این قطعه‌ها انجام می‌شود. پیش از انجام طبقه‌بندی به روش شی‌گرا لازم است تقسیم‌بندی تصویر صورت گیرد (شکل ۲).



شکل ۲. نمونه تصویر قطعه‌بندی شده شعاع ۴۰ کیلومتری

اردبیل

(مقیاس: ۱:۶۰، شکل: ۰/۵، ضریب فشردگی: ۰/۵) (تهیه و ترسیم:

نویسندگان، ۱۳۹۸)

استخراج خوشه‌های جزایر حرارتی شهری

برای محاسبه خودهمبستگی فضایی با استفاده از شاخص موران جهانی از رابطه ۵ استفاده می‌شود:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n z_i^2} \quad \text{رابطه (۵)}$$

z_i = تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه X_i با میانگین $(\bar{X}_i - \bar{X})$ ، z_j = تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه X_j با میانگین $(\bar{X}_j - \bar{X})$ ، w_{ij} = وزن موجود بین عارضه i, j است که بالعکس فاصله بین دو عارضه i, j $(w_{ij} = \frac{1}{d_{ij}})$ و N = تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در لایه است.

محاسبه کل وزن‌های فضایی با استفاده از رابطه ۶ انجام می‌شود:

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad \text{رابطه (۶)}$$

محاسبه نمره‌های استاندارد Z_i برای آماره موران

با استفاده از رابطه ۷ انجام می‌شود:

$$Z_i = \frac{i - E(I)}{\sqrt{V(I)}} \quad \text{رابطه (۷)}$$

به‌طور کلی اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد +۱ باشد، داده‌ها خودهمبستگی فضایی و الگوی خوشه‌ای دارند و اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد -۱ باشد، آنگاه داده‌ها از هم گسسته و پراکنده‌اند.

تحلیل لکه‌های داغ (Hotspot)

برای آشکارسازی جزایر حرارتی سرد و گرم و تحلیل لکه‌های داغ از آماره گتیس- ارد جی (Getis-Ord G_i^*) استفاده می‌شود. در این آماره نمره Z محاسبه شده نشان می‌دهد در کدام مناطق، داده‌ها با مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده است. چهارچوب مفهومی

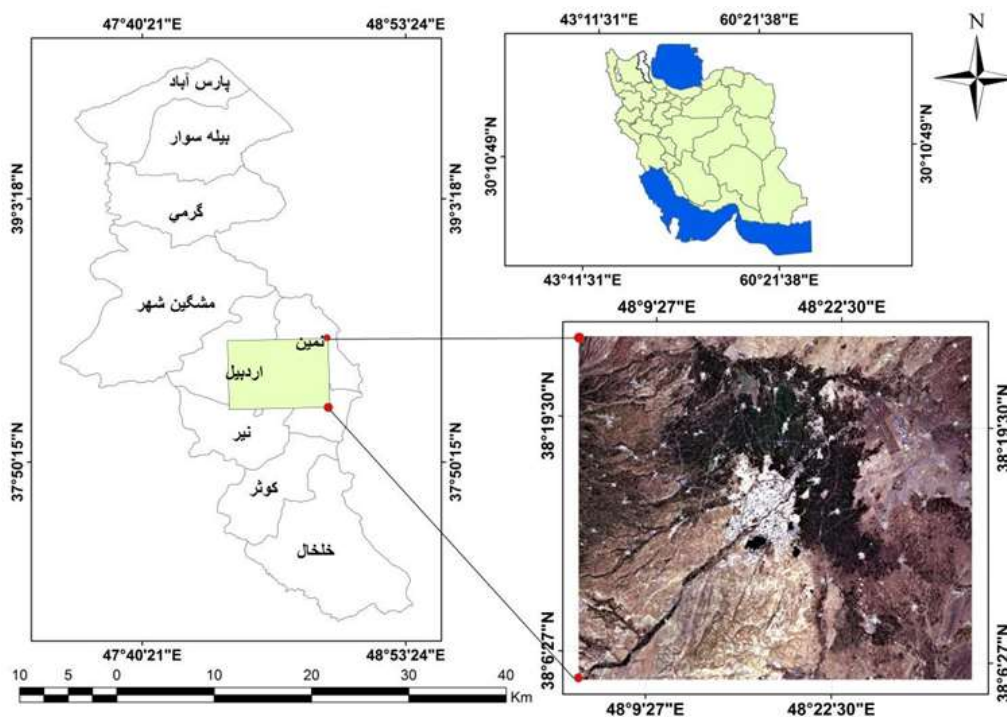
¹ segmentation

شهر اردبیل در بهمن‌ماه ۱۳۷۲ با جداشدن استان اردبیل از استان آذربایجان شرقی به‌مثابه مرکز استان انتخاب شد و تاکنون با داشتن امکانات برتر از جمله جاذبه‌های اقتصادی، فرهنگی، علمی، هنری و... نسبت به شهرهای دیگر استان از لحاظ جمعیتی روندی رو به رشد داشته است. براساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن مرکز آمار ایران، جمعیت شهر اردبیل در سال ۱۳۶۵، ۲۸۹۹۷۳ نفر، در سال ۱۳۷۵، ۴۶۲۶۳۲ نفر، در سال ۱۳۸۵، ۵۴۸۸۳۲ نفر، در سال ۱۳۹۰، ۵۶۴۳۶۵ نفر و در سال ۱۳۹۵، ۱۲۷۰۴۲۰ نفر بوده است (سایت مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). استان اردبیل به دلیل تنوع ناهمواری‌ها و عوامل مؤثر بر اقلیم منطقه، آب‌وهوای متنوعی دارد. شکل (۳) موقعیت منطقه پژوهش را نمایش می‌دهد.

این تحلیل این‌گونه عمل می‌کند که اگر عارضه‌ای مقدار زیاد داشته باشد، مهم است؛ ولی این بدان معنا نیست که یک لکه داغ باشد. عارضه‌ای لکه داغ تلقی می‌شود که هم خود عارضه و هم عوارض همسایه آن از نظر آماری معنادار باشند. امتیاز Z برای خروجی نهایی زمانی به دست خواهد آمد که مجموع محلی (Local sum) عارضه و همسایه آن به‌طور نسبی با جمع کل عوارض مقایسه شود (علی‌آبادی و داداشی رودباری، ۱۳۹۴: ۹۲).

محدوده پژوهش

محدوده پژوهش، شعاع ۴۰ کیلومتری شهر اردبیل است که در محدوده $38^{\circ}21'20''$ تا $38^{\circ}9'18''$ شرقی و $48^{\circ}7'55''$ تا $48^{\circ}31'59''$ شمالی قرار گرفته است.

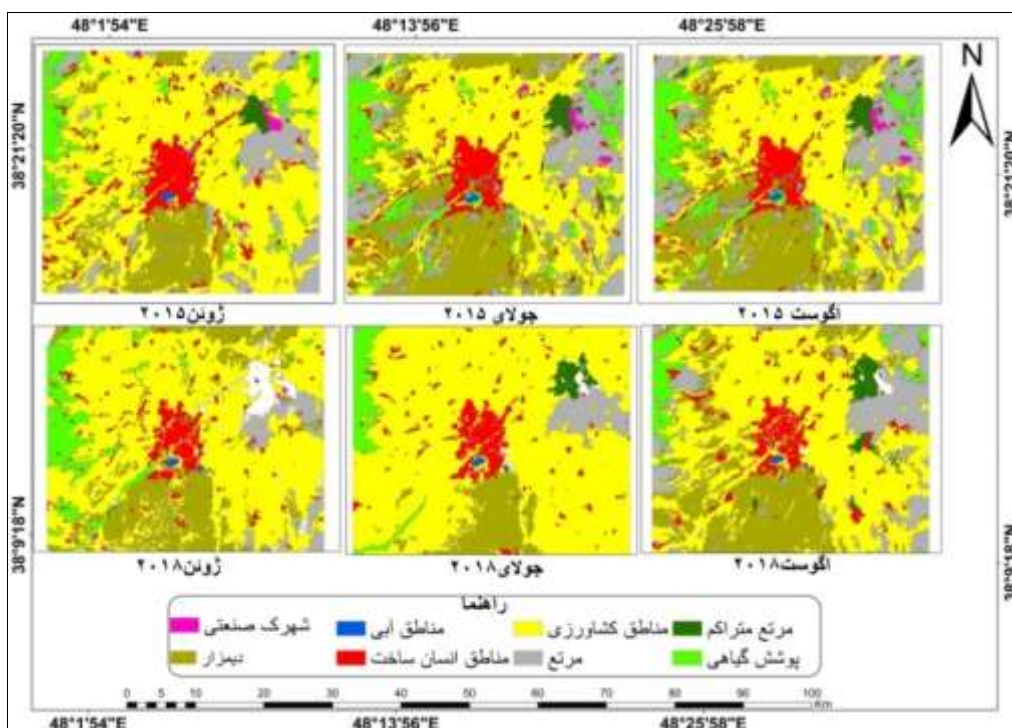


شکل ۳. محدوده پژوهش (تهیه و ترسیم: نویسندگان، ۱۳۹۸)

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش به منظور بررسی دمای سطح زمین و ارتباط کاربری اراضی با دمای سطح و خودهمبستگی فضایی شهر اردبیل از تصاویر سنجنده OLI استفاده شد. به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، نقشه کاربری اراضی شهر اردبیل برای سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ تهیه و پس از به دست آوردن نقشه‌های کاربری اراضی هر سال، نقشه تغییرات کاربری اراضی منطقه نیز

استخراج شد. تهیه نقشه کاربری اراضی در نرم‌افزار eCognition به روش شی‌گرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی و خروجی‌های لازم با نرم‌افزار ArcGis10.5 صورت گرفت. شکل (۴) نقشه کاربری اراضی مربوط به بازه زمانی مشخص را نمایش می‌دهد. همچنین مساحت هریک از کاربری‌ها برای سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ و ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست بررسی و نتایج مشخص شد.



شکل ۴. نقشه طبقه‌بندی شده کاربری اراضی (تهیه: نویسندگان، ۱۳۹۸)

نتایج به دست آمده مشخص می‌کند بیشترین مساحت در سال ۲۰۱۵ به کاربری کشاورزی و مرتع متعلق بوده که مساحت این کلاس‌ها به طور میانگین به ترتیب $68404/65$ و $21701/70$ هکتار است. همچنین کمترین مساحت به کاربری آب و شهرک صنعتی متعلق بوده که مساحت این کلاس‌ها به طور میانگین $206/13$ و $841/35$ هکتار است.

با توجه به نتایج به دست آمده از مساحت‌های کاربری اراضی سال ۲۰۱۸، تفاوت‌های زیادی مشهود نیست و ملاحظه می‌شود که بیشترین مساحت مربوط به کلاس‌های کشاورزی و مرتع به ترتیب با $78809/26$ و $5073/93$ هکتار است که با نگاهی به سال ۲۰۱۵، افزایش در هر دو کلاس دیده می‌شود. همچنین کمترین میزان افزایش مربوط به مساحت

(۲۰۰۸) و کانگالتون و گرین^۳ (۲۰۰۹) و مقایسه با آنها که ضرایب صحت کلی بیش از ۸۵ درصد را پذیرفته عنوان کرده‌اند، نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی کاربری‌ها، چه از نظر تک‌تک کاربری‌ها و چه از نظر مجموع صحت و آمار کاپا، از صحت پذیرفته‌ای در ارتباط با اطلاعات تولید شده برخوردار شده است. پس از طبقه‌بندی و مشخص شدن صحت و دقت طبقه‌بندی، برای آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در سطح منطقه اقدام و نقشه کاربری اراضی از سطح منطقه استخراج شد (شکل ۶). در ادامه پس از استخراج کاربری‌های مختلف، مساحت و درصد هر یک از کاربری‌ها تعیین شد (جدول ۳). سپس به منظور بررسی صحت کار برای استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین در بازه زمانی مدنظر اقدام و نقشه حاصل از آن نیز تهیه شد (شکل ۵).

بررسی رابطه دمای سطحی با کاربری اراضی

بر اساس شکل ۵، بیشترین میانگین دما در هر سه ماه سال ۲۰۱۵ برای کاربری کشاورزی دیم (دیم‌زار) و کمترین دما نیز برای مناطق آبی ثبت شده است؛ دلیل این امر، خشک بودن محصولات کشاورزی در بازه زمانی انتخاب شده است که به افزایش دمای این محصولات انجامیده است. از دمای حاصل شده از تصاویر مربوط این چنین برداشت می‌شود که شهر اردبیل در سال ۲۰۱۵ با پدیده جزیره حرارتی مواجه بوده است. ساخت‌وسازهای انسانی که بیشتر جاذب حرارت‌اند، بیشترین سهم را در این پدیده داشته‌اند و

کلاس‌های آب و شهرک صنعتی به ترتیب با ۲۲۸/۵۱ و ۸۲۶/۹۳ هکتار است که تغییر چشمگیری نسبت به سال ۲۰۱۵ دیده نمی‌شود. تغییرات به دست آمده از کاربری اراضی استخراج و بررسی شد.^۱

صحت‌سنجی

تعداد ۸ کلاس نواحی انسان‌ساخت، مرتع، مناطق آبی، مرتع متراکم با عنوان فرودگاه، پوشش گیاهی، شهرک صنعتی، دیم‌زار و نواحی دارای مناطق کشاورزی برای ناحیه مدنظر استخراج و سپس صحت طبقه‌بندی شده در جدول (۳) مشخص شد.

جدول ۳. بررسی صحت طبقه‌بندی کاربری اراضی

(تهیه: نویسندگان، ۱۳۹۸)

| سال | ماه | صحت کلی | ضریب کاپا |
|------|-------|---------|-----------|
| ۲۰۱۵ | ژوئن | ٪۹۴ | ٪۹۲ |
| | جولای | ٪۹۸ | ٪۹۲ |
| | آگوست | ٪۹۴ | ٪۹۲ |
| ۲۰۱۸ | ژوئن | ٪۸۹ | ٪۸۶ |
| | جولای | ٪۹۱ | ٪۸۹ |
| | آگوست | ٪۸۹ | ٪۹۲ |

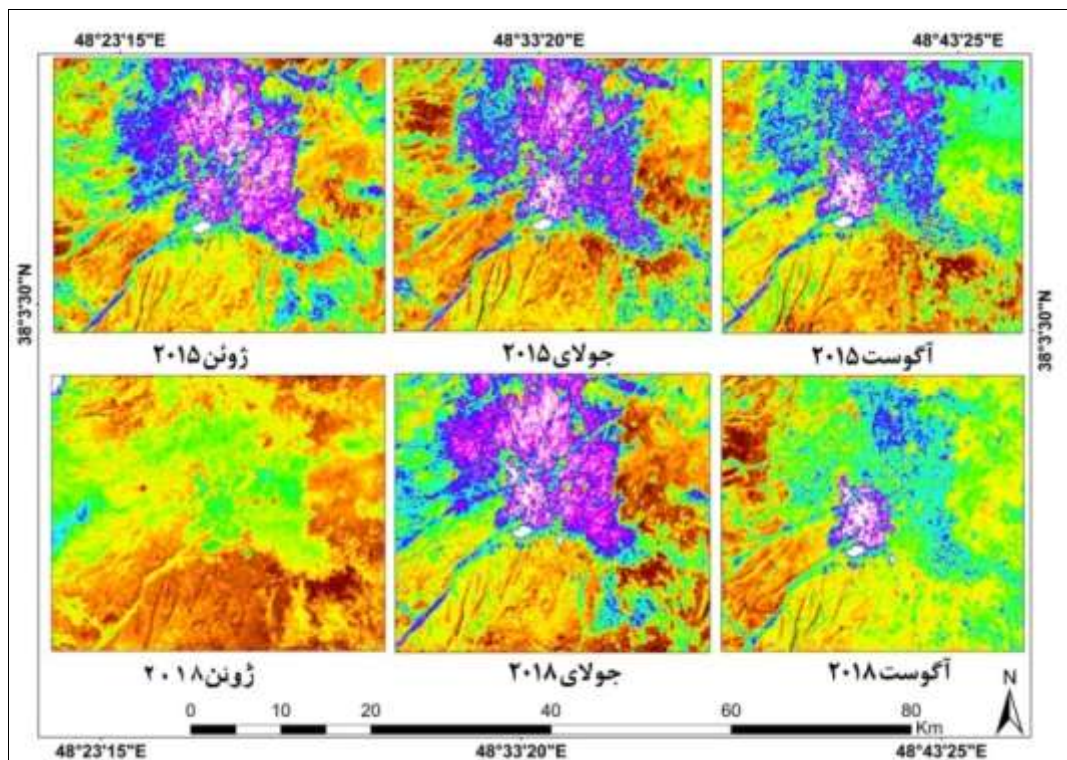
نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد در سال ۲۰۱۵، صحت کلی به طور میانگین ۹۶ درصد و ضریب کاپا به طور میانگین ۹۵ درصد است و در سال ۲۰۱۸، صحت کلی به طور میانگین ۹۰ درصد و ضریب کاپا به طور میانگین ۸۵ درصد است. با توجه به صحت کلی نقشه‌ها و با استناد به منابعی نظیر لیسلند و همکاران^۲

^۱ به دلیل حجم مقاله از نمایش جدول مساحت، درصد و تغییرات کاربری اراضی صرف‌نظر شد.

^۲ Lillesand et al.

^۳ Congalton & Green

همچنین سوخت حاصل از ماشین‌آلات و کارخانه‌ها نیز در این پدیده مؤثر بوده است.



شکل ۵. نقشه‌های دمای سطح زمین شهر اردبیل (تهیه: نویسندگان، ۱۳۹۸)

کاربری مربوط به کشاورزی در بعضی از این نواحی، پس از مناطق آبی کمترین دمای سطحی را دارد. با توجه به اینکه محصولات زراعی کشت شده در این محدوده محصولاتی مانند سیب‌زمینی است و اینها نیاز آبی بیشتری نسبت به گیاهانی مانند گندم دارند، بنابراین این گیاهان در این ماه سبزیگی زیادی دارند و همین امر باعث شده در محدوده زیر کشت آنها تبخیر و تعرق بیشتری نسبت به سایر نواحی صورت گیرد و در خنک نگه‌داشتن دمای سطحی بسیار تأثیرگذار بوده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱: ۶۱). انحراف معیار دمایی این کاربری نسبت به سایر کاربری‌ها بیشتر است؛ دلیل این امر ناشی از اختلاف زمانی نیاز آبی این نوع محصولات در طول هفته است. جدول‌های (۴)، (۵) و (۶) دمای سطحی هریک

با ملاحظه نقشه کاربری اراضی و دمای سطحی سال ۲۰۱۸ نیز این تحلیل ثابت می‌شود که بیشترین دما در این سال متعلق به کشاورزی دیم (دیم‌زار) به همراه کاربری مرتع به ترتیب به‌طور میانگین با ۳۹ و ۳۸ درجه سانتی‌گراد و کمترین دمای ثبت شده نیز مربوط به کاربری آب به‌طور میانگین با ۳۳ درجه سانتی‌گراد است. بدنه‌های آبی این محدوده به دو شکل مناطق رودخانه عمیق و کم‌عمق (بیشتر رودخانه داخل شهری) و به‌صورت دریاچه‌ای (دریاچه شورابیل) است. با توجه به اینکه آب ظرفیت گرمایی زیادی دارد، نواحی عمیق دمای سطحی کمتری نسبت به نواحی کم‌عمق دارند؛ در نتیجه انحراف معیار به‌دست‌آمده از دمای سطحی این کاربری با توجه به دمای استخراج شده در نواحی کم‌عمق و عمیق است.

از کاربری‌ها را برای ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ نشان می‌دهند.

جدول ۴. جدول مقایسه و مشخصات آماری دمای سطحی کاربری‌ها در ماه ژوئن

| سال | ماه | کاربری | دمای حداقل (C) | دمای حداکثر (C) | میانگین (C) | انحراف معیار |
|---------------|------|-----------------------|----------------|-----------------|-------------|--------------|
| -۲۰۱۵ ۲۰۱۸ | ژوئن | مناطق آبی ۲۰۱۵ | ۲۰/۶۵ | ۳۲/۷۵ | ۲۲/۵۳ | ۲/۳۱ |
| | | مناطق آبی ۲۰۱۸ | ۱۹/۳۴ | ۳۳/۰۹ | ۲۱/۴۲ | ۲/۶۰ |
| | | مناطق کشاورزی ۲۰۱۵ | ۲۱/۴۰ | ۴۳/۴۴ | ۳۲/۸۳ | ۴/۳۴ |
| | | مناطق کشاورزی ۲۰۱۸ | -۳/۹۸ | ۴۰/۶۳ | ۲۷/۰۱ | ۵/۰۹ |
| | | دیم‌زار ۲۰۱۵ | ۲۷/۹۷ | ۴۱/۵۲ | ۳۶/۸۱ | ۱/۲۴ |
| | | دیم‌زار ۲۰۱۸ | -۲۰/۳۹ | ۳۷/۲۲ | ۳۱/۰۸ | ۵/۰۹ |
| | | پوشش گیاهی ۲۰۱۵ | ۲۴/۹۷ | ۴۲/۰۱ | ۳۴/۹۷ | ۲/۴۹ |
| | | پوشش گیاهی ۲۰۱۸ | -۱۵/۵۵ | ۳۶/۳۴ | ۲۲/۴۴ | ۲/۶۰ |
| | | مناطق انسان‌ساخت ۲۰۱۵ | ۲۱/۴۹ | ۴۱/۶۲ | ۳۲/۳۳ | ۳/۹۸ |
| | | مناطق انسان‌ساخت ۲۰۱۸ | ۱۲/۸۰ | ۴۰/۲۱ | ۲۴/۹۸ | ۴/۰۰ |
| | | مرتع ۲۰۱۵ | ۲۶/۲۷ | ۴۲/۶۸ | ۳۷/۴۹ | ۱/۷۹ |
| | | مرتع ۲۰۱۸ | ۲۱/۵۰ | ۳۶/۲۲ | ۳۰/۶۱ | ۲/۲۳ |
| | | مرتع متراکم ۲۰۱۵ | ۲۸/۱۱ | ۳۹/۹۷ | ۳۶/۹۵ | ۱/۵۹ |
| | | مرتع متراکم ۲۰۱۸ | ۱۷/۷۱ | ۳۷/۰۹ | ۲۹/۰۴ | ۳/۲۶ |
| | | شهرک صنعتی ۲۰۱۵ | ۲۵/۸۰ | ۳۹/۸۲ | ۳۵/۰۴ | ۲/۵۶ |
| | | شهرک صنعتی ۲۰۱۸ | ۱۹/۹۴ | ۳۲/۴۰ | ۲۸/۴۲ | ۳/۰۱ |

جدول ۵. جدول مقایسه و مشخصات آماری دمای سطحی کاربری‌ها در ماه جولای

| سال | ماه | کاربری | دمای حداقل (C) | دمای حداکثر (C) | میانگین (C) | انحراف معیار |
|---------------|-------|-----------------------|----------------|-----------------|-------------|--------------|
| -۲۰۱۵ ۲۰۱۸ | جولای | مناطق آبی ۲۰۱۵ | ۲۴/۳۸ | ۴۸/۹۴ | ۲۵/۲۶ | ۲/۳۷ |
| | | مناطق آبی ۲۰۱۸ | ۲۴/۵۸ | ۴۴/۴۳ | ۲۷/۲۱ | ۳/۳۴ |
| | | مناطق کشاورزی ۲۰۱۵ | ۲۴/۳۸ | ۴۸/۹۴ | ۳۶/۸۷ | ۴/۷۱ |
| | | مناطق کشاورزی ۲۰۱۸ | ۲۶/۸۷ | ۴۹/۶۷ | ۳۸/۷۷ | ۵/۰۲ |
| | | دیم‌زار ۲۰۱۵ | ۳۱/۰۶ | ۴۸/۸۳ | ۴۳/۴۱ | ۱/۷۰ |
| | | دیم‌زار ۲۰۱۸ | ۳۲/۸۰ | ۴۸/۳۷ | ۴۳/۵۳ | ۱/۳۶ |
| | | پوشش گیاهی ۲۰۱۵ | ۲۵/۹۲ | ۴۹/۶۹ | ۴۱/۰۶ | ۳/۷۲ |
| | | پوشش گیاهی ۲۰۱۸ | ۲۸/۸۱ | ۴۸/۷۴ | ۳۷/۳۱ | ۳/۷۱ |
| | | مناطق انسان‌ساخت ۲۰۱۵ | ۲۳/۵۳ | ۴۹/۱۳ | ۳۷/۱۸ | ۵/۱۲ |
| | | مناطق انسان‌ساخت ۲۰۱۸ | ۲۵/۰۰ | ۴۸/۵۴ | ۳۵/۵۱ | ۴/۹۶ |
| | | مرتع ۲۰۱۵ | ۲۹/۸۰ | ۴۹/۶۳ | ۴۲/۸۳ | ۲/۶۸ |
| | | مرتع ۲۰۱۸ | ۳۲/۶۵ | ۴۹/۱۵ | ۴۴/۱۰ | ۱/۶۸ |
| | | مرتع متراکم ۲۰۱۵ | ۲۹/۴۵ | ۴۸/۴۴ | ۴۲/۶۲ | ۲/۱۵ |
| | | مرتع متراکم ۲۰۱۸ | ۳۲/۹۶ | ۴۵/۸۲ | ۴۴/۵۳ | ۱/۶۴ |
| | | شهرک صنعتی ۲۰۱۵ | ۳۰/۴۴ | ۴۷/۰۶ | ۴۱/۲۵ | ۲/۳۵ |
| | | شهرک صنعتی ۲۰۱۸ | ۲۹/۹۴ | ۴۵/۸۲ | ۴۱/۱۹ | ۲/۸۲ |

جدول ۶. جدول مقایسه و مشخصات آماری دمای سطحی کاربری‌ها در ماه آگوست

| سال | ماه | کاربری | دمای حداقل (C) | دمای حداکثر (C) | میانگین (C) | انحراف معیار |
|-------|-------|--------------------|----------------|-----------------|-------------|--------------|
| | | مناطق آبی ۲۰۱۵ | ۲۰/۷۱ | ۳۷/۸۰ | ۲۳/۲۵ | ۳/۲۹ |
| | | مناطق آبی ۲۰۱۸ | ۲۰/۳۹ | ۳۶/۲۲ | ۲۲/۶۵ | ۳/۲۴ |
| | | مناطق کشاورزی ۲۰۱۵ | ۲۲/۶۶ | ۴۸/۵۵ | ۳۴/۱۳ | ۳/۶۷ |
| | | مناطق کشاورزی ۲۰۱۸ | ۲۰/۳۱ | ۴۰/۹۳ | ۳۲/۱۷ | ۲/۶۱ |
| | | دیم‌زار ۲۰۱۵ | ۲۶/۹۷ | ۴۳/۲۱ | ۳۸/۰۰ | ۱/۷۷ |
| | | دیم‌زار ۲۰۱۸ | ۲۳/۲۷ | ۴۰/۱۰ | ۳۴/۷۶ | ۱/۵۶ |
| | | پوشش گیاهی ۲۰۱۵ | ۲۴/۱۰ | ۴۳/۷۷ | ۳۵/۶۱ | ۲/۶۸ |
| -۲۰۱۵ | آگوست | پوشش گیاهی ۲۰۱۸ | ۲۵/۳۶ | ۳۹/۵۵ | ۳۳/۲۷ | ۲/۲۶ |
| ۲۰۱۸ | | انسان‌ساخت ۲۰۱۵ | ۲۰/۹۲ | ۴۳/۳۳ | ۳۲/۰۰ | ۴/۴۶ |
| | | انسان‌ساخت ۲۰۱۸ | ۱۹/۲۵ | ۴۰/۳۲ | ۲۹/۵۵ | ۴/۵۷ |
| | | مرتع ۲۰۱۵ | ۲۵/۱۲ | ۴۴/۲۵ | ۳۶/۱۰ | ۲/۵۶ |
| | | مرتع ۲۰۱۸ | ۲۳/۶۲ | ۴۰/۳۸ | ۳۳/۶۹ | ۲/۰۴ |
| | | مرتع متراکم ۲۰۱۵ | ۲۶/۵۷ | ۳۹/۶۵ | ۳۴/۰۵ | ۳/۳۵ |
| | | مرتع متراکم ۲۰۱۸ | ۲۷/۰۳ | ۳۶/۸۱ | ۳۲/۹۷ | ۱/۱۹ |
| | | شهرک صنعتی ۲۰۱۵ | ۲۵/۹۲ | ۴۵/۷۳ | ۳۳/۸۸ | ۳/۴۱ |
| | | شهرک صنعتی ۲۰۱۸ | ۲۵/۹۵ | ۳۵/۵۲ | ۳۱/۵۹ | ۱/۲۲ |

(تهیه: نویسندگان، ۱۳۹۸)

محدوده اطمینان قرار دارد)، آنگاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد.

جدول (۷) مقادیر خودهمبستگی فضایی موران جهانی را برای دمای سطح زمین شهر اردبیل نشان می‌دهد. مبتنی بر برون‌دادهای جدول حاضر، مقدار شاخص جهانی موران برای دو دوره مطالعه شده بیش از ۰/۹۹ است و بالاترین شاخص جهانی موران با مقدار ۰/۹۹۶۷۲۵ مربوط به سال ۲۰۱۵ میلادی بوده است. آماره Z برای دو دوره مطالعه شده عدد ۱۱۶۱ است. اگر قرار بود دمای سطح زمین برای دوره‌های مطالعه شده در شهر اردبیل به‌طور نرمال در فضا

خودهمبستگی فضایی دمای سطح زمین شهر اردبیل

برای ارزیابی مقادیر خودهمبستگی فضایی داده‌های دمای سطح زمین شهر اردبیل با مقیاس مکانی ۳۰ متر از روش موران جهانی استفاده شد. خروجی‌های تحلیل خودهمبستگی فضایی موران جهانی به دو صورت عددی و گرافیکی در شکل (۷) و جدول (۷) ارائه شده است. در موران جهانی فرضیه صفر این‌گونه بیان می‌شود که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر عنصر مرتبط با عوارض جغرافیایی مدنظر وجود ندارد. حال زمانی که مقدار p-value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده (قدر مطلق) بسیار بزرگ باشد (خارج از

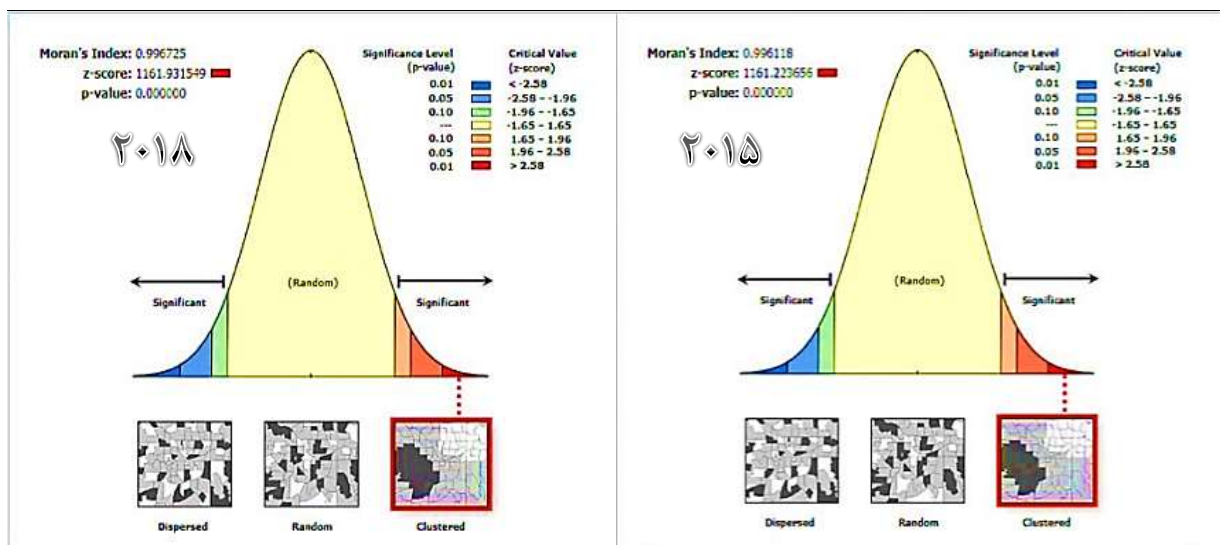
است؛ یعنی یاخته‌های دمایی زیاد و کم به متمرکز شدن یا خوشه‌ای شدن در فضا تمایل دارند. آن دسته از نواحی شهر اردبیل نیز مشخص شدند که دمای سطح زمین آنها خودهمبستگی فضایی مثبت (جزایر حرارتی گرم) و منفی (جزایر حرارتی سرد) دارد؛ اما به‌منظور حصول اطمینان از مناطق با خوشه‌های با ارزش زیاد و کم از شاخص Hotspot استفاده شد که نتایج آن در شکل (۷) ارائه شده است. مناطق با جزایر حرارتی سرد در هر سه سطح احتمال ۰/۹۰، ۰/۹۵ و ۰/۹۹ با رنگ آبی و مناطق با جزیره حرارتی گرم با رنگ قرمز نمایش داده شده است.

توزیع شده باشد، شاخص جهانی موران مقدار ۰/۰۰۰۰۰۱- را اختیار می‌کرد.

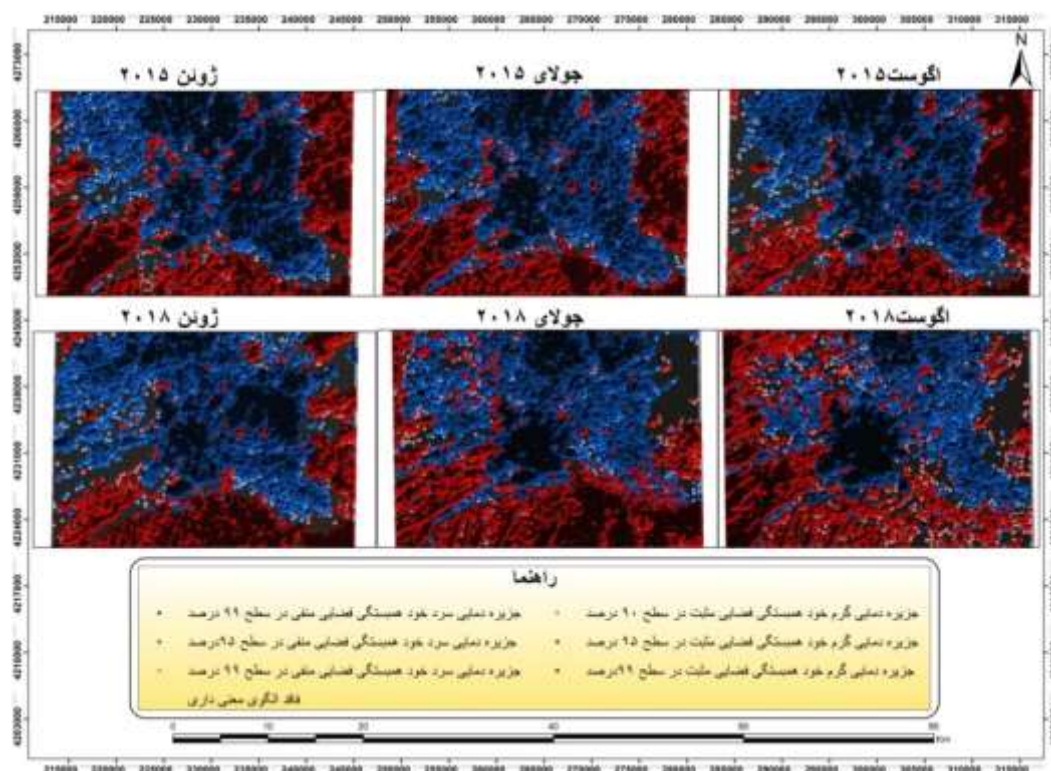
دمای سطح زمین شهر اردبیل در تمام سال‌های مطالعه شده خودهمبستگی فضایی معنادار مثبتی دارد و ارزیابی توأمان مقادیر به‌دست آمده با آستانه معنادار نشان داد تمامی مقادیر به‌دست آمده برای سال‌های مطالعه شده معنادار هستند ($\alpha=0.01$). حال با مبنا قراردادن شالوده حاضر از نتایج موران جهانی به‌دست آمده، فرضیه H_0 مبنی بر ارتباط نداشتن فضایی دمای سطح زمین شهر اردبیل رد می‌شود. پس نتیجه می‌گیریم داده‌های دمای سطح زمین شهر اردبیل ساختار فضایی دارند یا به بیانی دمای سطح زمین شهر اردبیل به شکل خوشه‌ای توزیع شده

جدول ۷. خروجی آماره‌های موران برای دمای سطح زمین شهر اردبیل (تهیه: نویسندگان، ۱۳۹۸)

| موران جهانی ("Moran's I") | | | | | |
|---------------------------|------------|------------------|----------|-------------|---------|
| سال | شاخص موران | شاخص مورد انتظار | واریانس | z-score | p-value |
| ۲۰۱۵ | ۰/۹۹۶۷۲۵ | -۰/۰۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۰۱ | ۱۱۶۱/۹۳۱۵۴۹ | ۰ |
| ۲۰۱۸ | ۰/۹۹۶۱۱۸ | -۰/۰۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۰۱ | ۱۱۶۱/۲۲۳۶۵۶ | ۰ |



شکل ۶. خروجی گرافیکی آماره موران جهانی برای دمای سطح زمین شهر اردبیل (تهیه: نویسندگان، ۱۳۹۸)



شکل ۷. جزایر حرارتی استخراج شده شهر اردبیل با استفاده از HOTSPOT (تهیه: نویسندگان، ۱۳۹۸)

نتیجه‌گیری

یکی از نکات مهم در برنامه‌ریزی، اطلاع از کاربری‌ها و چگونگی تغییرات آن در زمان است؛ به همین دلیل در این مقاله طبقه‌بندی سه ماه ژوئن، جولای و آگوست در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ صورت گرفت که به روش شی‌گرا با نرم‌افزار eCognition انجام و صحت‌سنجی با نمونه‌برداری از تصاویر در نرم‌افزار ENVI 5.3 بررسی شد. به همین منظور مقدار صحت کلی و کاپا استخراج شد و در مرحله آزمون و خطا قرار گرفت تا بهترین دقت طبقه‌بندی انتخاب شود.

نتایج به‌دست‌آمده از طبقه‌بندی‌های بازه زمانی ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ نشان می‌دهد در سال ۲۰۱۵ صحت کلی به‌طور میانگین ۹۴ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۱ و در سال ۲۰۱۸ صحت کلی به‌طور میانگین ۹۰ درصد و

ضریب کاپا ۰/۸۸ است. با توجه به صحت کلی نقشه‌ها و با استناد به منابعی نظیر لیسند و همکاران (۲۰۰۸) و کانگالتون و گرین (۲۰۰۹) و مقایسه با آنها که ضرایب صحت کلی بیش از ۸۵ درصد را پذیرفته عنوان کرده‌اند، نتایج به‌دست‌آمده از طبقه‌بندی کاربری‌ها، چه از نظر تک‌تک کاربری‌ها و چه از نظر مجموع صحت و آمار کاپا، از صحت پذیرفته در ارتباط با اطلاعات تولیدشده برخوردار شده است. سپس مساحت و مقدار درصد کاربری‌ها به‌صورت تک‌تک بررسی و محاسبه شد که در هر دو سال به‌طور میانگین بیشترین مساحت به مناطق کشاورزی و کمترین مساحت به مناطق آبی اختصاص پیدا کرد. پس از این بررسی تغییرات کاربری سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ اقدام و خروجی نهایی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.5 برحسب هکتار استخراج شد

محدوده‌های شهری بیلان انرژی متفاوتی نسبت به نواحی غیرشهری دارند. این تفاوت و تغییر در مفهوم بیلان انرژی باعث ازدست‌دادن توازن انرژی در محیط شهری می‌شود که مشکلات زیاد محیطی برای ساکنان ایجاد می‌کند. از طرفی افزایش تراکم جمعیت باعث افزایش انرژی وارد شده به محیط به دست انسان‌ها و نتیجه آن، ایجاد افزایش گرمایش شهری نسبت به اطراف آن می‌شود. کمترین دمای مشخص شده نیز متعلق به مناطق آبی است؛ به دلیل اینکه آب گرما را دفع می‌کند. این محدوده به شکل کم‌عمق و عمیق تقسیم می‌شود که مناطق عمیق دمای سطحی کمتری نسبت به مناطق کم‌عمق دارد. دریاچه شورابیل، کاربری اصلی ما برای این تعریف است و انحراف معیار به‌دست‌آمده از دمای سطح زمین براساس همین کم‌عمق و عمیق‌بودن این کاربری استخراج و بررسی شده است.

جزایر حرارتی شهری برای انواع وسیعی از مطالعات علمی، آب‌وهواشناسی، طراحی شبکه حمل‌ونقل و مسکن و همچنین طیف‌های وسیعی از مطالعات محیطی، مهندسی و انسانی ضروری است. این مطالعه با رویکرد پردازش تصویر با استفاده از شاخص تحلیل لکه‌های داغ (HOTSPOT) با هدف مطالعه شکل‌گیری و خوشه‌ای شدن جزایر حرارتی شهری شهر اردبیل انجام گرفت. نتایج خودهمبستگی فضایی موران جهانی به‌دست‌آمده، رد فرضیه ارتباط‌نداشتن فضایی دمای سطح شهر اردبیل (H_0) را نشان می‌دهد و حاکی است داده‌های دمای سطح زمین اردبیل ساختار فضایی دارد یا به شکل خوشه‌ای توزیع شده است.

که بیشترین تغییرات در مناطق انسان‌ساخت و مناطق کشاورزی بود. این موضوع نشان می‌دهد با تخریب مناطق کشاورزی، مناطق شهری به وجود آمده است؛ ولی به‌طور کلی به دلیل کم‌بودن این بازه زمانی ۴ساله تغییرات زیادی دیده نشد. در مرحله بعدی به تولید نقشه‌های دمای سطح زمین با نرم‌افزارهای ENVI 5.3 و ArcGis5.3 اقدام شد؛ بر این اساس دمای سطح زمین به یک باند حرارتی نیاز دارد که توان تفکیک زمینی کمی داشته باشد و در فواصل طولانی در اختیار پژوهشگران قرار گیرد؛ به همین دلیل پویایی فضایی و دمایی سطح زمین در ارتباط با کاربری اراضی با پایش داده‌های تصاویر لندست ۸ (OLI) مطالعه و بررسی شد.

یکی از مؤلفه‌های دمای سطح زمین، مطالعه شهرها و کاربری اراضی است؛ زیرا تقریباً با دمای هوای لایه‌های پایینی جو شهری برابری می‌کند که مرکز موازنه انرژی سطح و تعیین‌کننده اقلیم میان ساختمان‌ها و مؤثر بر زندگی و آسایش ساکنان شهری است و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده زمین متأثر از عوامل سطحی و ویژگی‌های آن است. با این تفاسیر از دمای سطح به‌دست‌آمده این نتیجه گرفته می‌شود که بیشترین دما در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ به‌طور میانگین مربوط به مناطق انسان‌ساخت به دلیل جاذبه حرارتی بودن این کاربری است و نشان از متمرکز شدن حرارت در این مناطق شهری دارد. وجود ساختمان‌های بلند در این مناطق باعث خروج گرما از مناطق شهری و همین امر به گرم‌شدن بیشتر این کاربری منجر می‌شود.

اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر OLI و ETM+ (مطالعه موردی: شهرستان اردبیل)، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۹، شماره ۵۳، ۱۹۵-۲۱۵.

اکبری، الهه، ابراهیمی، مجید، نژادسلیمانی، حمید، فیضی‌زاده، بختیار، (۱۳۹۴). ارزیابی دمای سطح زمین در ارتباط با روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۶، شماره ۴، ۱۵۱-۱۷۰.

بابایی فینی، ام‌السلمه، (۱۳۹۴). بررسی رابطه دمای سطح زمین و شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی در محیط شهری (مطالعه موردی: کلان‌شهر اصفهان)، جغرافیای طبیعی، دوره ۸، شماره ۲۹، ۷۵-۹۰.

خسروی، یونس، حیدری، محمدعلی، توکلی، آزاده، زمانی، عباسعلی، (۱۳۹۶). تحلیل رابطه تغییرات زمانی دمای سطح زمین و الگوی فضایی تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهر زنجان)، مدرس علوم انسانی (برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین)، دوره ۲۱، شماره ۳، ۱۴۴-۱۱۹.

علوی‌پناه، کاظم، (۱۳۸۸). سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین، چاپ دوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

علی‌آبادی، کاظم، داداشی رودباری، عباسعلی، (۱۳۹۴). بررسی تغییرات الگوهای خودهمبستگی فضایی دمای بیشینه ایران،

در پژوهشی مشابه دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و الگوریتم پنجره مجزا بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد بین کاربری اراضی و دمای سطح زمین رابطه‌ای قوی وجود دارد؛ چنان‌که مناطق با پوشش گیاهی دارای کمترین دما و مناطق عاری از پوشش گیاهی دارای بیشترین دماست که نقش و اهمیت پوشش گیاهی را در منطقه نشان می‌دهد (Effat & kader, 2014: 90).

در پژوهشی تغییر جزیره حرارتی شهری و بعضی مؤلفه‌های مرتبط با آن با استفاده از تصاویر چند طیفی لندست در شهر کایروی مصر شناسایی و بررسی شد. نتایج نشان داد طی بازه زمانی مدنظر، شهر رشد گسترده‌ای را تجربه کرده و همچنین جزیره حرارتی شهری در نواحی غربی که ساختمان‌های متراکم‌تری دارند نسبت به نواحی شرقی بایر افزایش یافته است. پژوهش حاضر در اختیار پژوهشگران و کارشناسان مربوط قرار می‌گیرد تا تصمیمات کارگشای مدیریتی برای حفظ منابع طبیعی گرفته شود و نتایج مطلوب‌تری به دست آید و پیش‌بینی‌های درستی برای آینده استان اردبیل صورت گیرد.

منابع

احمدی، محمود، عاشورلو، داوود، نارنگی‌فرد، مهدی، (۱۳۹۱). تغییرات زمانی - مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده TM & ETM، سنجش از دور و GIS ایران، دوره ۴، شماره ۴، ۵۵-۶۸.

اصغری سراسکانرود، صیاد، امامی، هادی، (۱۳۹۷). پایش دمای سطح زمین و بررسی رابط کاربری

استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تحلیل رگرسیون چندمتغیره (مطالعه موردی: شهر زنجان). پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، دوره ۸، شماره ۳۰، ۳۵-۵۰.

Adel Effat, H., Abdel Kader, O., (2014). **Change detection of urban heat islands and some related parameters using multi-temporal Landsat images case study for Cairo city**, Journal of Urban Climate, Vol 10, Pp 171-188.

Aslan, N., Koc-San., D., (2016). **Analysis of Relationship between Urban Heat Island Effect and Land USE/COVER Type Using Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI Image**, The Internation Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Congress, 12-19 July, Prague, Czech Republic, Vol 8, Pp 821-288.

Barsi, J.A., Schott, J.R., Palluconi, F.D., Helder, D.L., Hook, S., Markham, S.J., (2003). **Landsat TM and ETM+ thermal band calibration**, Canadian Journal of Remote Sensing, Vol 29 (2), Pp 141-153.

Chander, G., Groeneveld, D.P., (2009). **Intra-annual NDVI validation of the Landsat 5 TM radiometric calibration**, International Journal of Remote Sensing, Vol 30 (6), Pp 1621-1628.

Congalton, R.G., Green, K., (2009). **Assessing the accuracy of remotely sensed data principles and practice**, CRC Press, 137 p.

French, A.N., Schmugge, T.J., Kustas, W.P., (2000). **Estimating surface fluxes over the SGP site with remotely sensed data**, Physics and Chemistry of the Earth, Part B, Hydrology, Oceans and atmosphere, Vol 25 (2), Pp 167-172.

Gondwe, S.V.C., Muchena, R., Boys, J., (2008). **Detecting Land Use and Land Cover and Land Surface Temperature Change in Lilongwe City**, Journal of Remote Sensing and GIS, Vol 12, Pp 17-26.

فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۶، شماره ۲۱، ۱۰۴-۸۶.

فیضی‌زاده، بختیار، دیده‌بان، خلیل، غلام‌نیا، خلیل، (۱۳۹۵). **برآورد دمای سطح زمین با استفاده از**

تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا (مطالعه موردی: حوضه آبریز مهاباد)، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۵، شماره ۹۸، ۱۷۱-۱۸۲.

کاکه‌ممی، آزاد، قربانی، اردوان، کیوان‌بهجو، فرشاد، میرزایی موسی‌وند، آمنه، (۱۳۹۶). **مقایسه روش‌های تفسیر چشمی و رقومی در تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی استان اردبیل، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی**، دوره ۸، شماره ۳، ۱۲۱-۱۳۴.

کرمی، مختار، داداشی رودباری، عباسعلی، (۱۳۹۳). **ارزیابی الگوهای بارشی استان خراسان رضوی با استفاده از روش‌های نوین آمار فضایی**، مجله علمی‌ترویجی سامانه و سطوح آبگیر باران، دوره ۳، شماره ۲، ۶۱-۷۲.

موسوی‌بایگی، محمد، اشرف، بتول، فریدحسینی، علیرضا، میان‌آبادی، آمنه، (۱۳۹۱). **بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نظریه فرکتال**، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۱، شماره ۱، ۳۵-۴۸.

ولی‌زاده کامران، خلیل، غلام‌نیا، خلیل، عینالی، گلزار، موسوی، سید محمد، (۱۳۹۶). **برآورد دمای سطح زمین و استخراج جزایر حرارتی با**

- urban heat island study in the megacities of Southeast Asia**, National Library of Medicine, Vol 15 (577), Pp 349-359.
- Sobriño, J.A., Jiménez-Muñoz, J.C., Paolini, L., (2004). **Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5**, Remote Sensing of environment, Vol 90 (4), Pp 434-440.
- Song, Y., Wu, C., (2016). **Examining the Impact of Urban Biophysical Composition and Neighboring Environment on Surface Urban Heat Island Effect**, Advances in Space Research, Vol 57 (1), Pp 96-109.
- Sun, D., Pinker, T., (2004). **Case study of soil moisture effect on land surface temperature retrieval**, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol 1 (2), Pp 83-94.
- Weng, Q., Liu, H., Lu, D., (2007). **Assessing the effect of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis United States**, Urban ecosystems, Vol 10, Pp 203-219.
- Weng, Q.H., Lu, D.S., Schubring, J., (2004). **Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies**, Remote Sensing of Environment, Vol 89 (4), Pp 467-483.
- Griffith, D., (1987). **Spatial Autocorrelation Primer**, Resource Publication in Geography, Association of American geographers, 64 p.
- Karenia, C.S.G., (2016). **Spatial Geotechnologies and GIS tools for urban planners applied to the analysis of urban heat island Case Caracas city Venezuela**, ICUC9, 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment, Pp 1-5.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, W.J., (2008). **Remote sensing and Image Interpretation**, New York, 6th Edition, 812 p.
- Nicòs Valiente, J.A., Barberà, M.J., Estrela, M.J., Caselles, J.M., (2009). **Preliminary results on the retrieval of land surface temperature from MSG-SEVIRI data in Eastern Spain**, Proceedings, Journal of Remote sensing and GIS, Vol 14, Pp 40- 55.
- Owen, T.W., Carlson, T.N., Gillies, R.R., (1998). **An assessment of satellite remotely sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization**, International journal of remote sensing, Vol 19, Pp 1663-1681.
- Ronald, C., Estoque, M., Yuji, M., (2017). **Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature An**