

Detection of Surface Temperature Changes Using Satellite Images and Real Data and its Relationship with the Covered Vegetation in the Southern Part of the Lake Urmia

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Mikaili HajiKandi Kh.¹ MA,
Sobhani B.*¹ PhD,
Vramesh S.² PhD

How to cite this article

Mikaili HajiKandi Kh, Sobhani B, Vramesh S. Detection of Surface Temperature Changes Using Satellite Images and Real Data and its Relationship with the Covered Vegetation in the Southern Part of the Lake Urmia. Geographical Researches. 2021;36(2):191-203.

ABSTRACT

Aims Today, the use of remote sensing methods for measuring land surface temperature has got more popular. Because remote sensing provides the opportunity to estimate the temperature in every region accurately. This study aimed to estimate land surface temperature using remote sensing in the south of Urmia Lake, compare them with observed data, and analyze the relationship between estimated land surface temperature and vegetation cover.

Methodology Changes in temperature of the surface of the earth were investigated from 2000 to 2017 as well as their relationship with changes in vegetation and land use in agricultural regions. Then, thermal bands of Landsat 7 and OLI were used for measuring land surface temperature and converting DN to radians and brightness temperature. Moreover, NDVI was used for calculating emissivity and determining land use based using an object-oriented method. Then, the relationship between vegetation and land surface temperature was investigated using regression analysis.

Findings The results showed that the observed and estimated land surface temperature had increased from 2000 to 2017 due to the changes in land use and vegetation cover. According to the results of linear regression analysis, there is a significant relationship between estimated and observed land surface temperature ($R^2 = 0.72$). Furthermore, there is a significant negative relationship between land surface temperature and vegetation cover.

Conclusion The results showed that remote sensing methods provide accurate results in estimating the surface temperature. Understanding the surface temperature and its relationship with various land uses helps planners and experts to make managerial decisions to protect natural resources and agricultural lands.

Keywords Vegetation Cover; Land Surface Temperature; Object Oriented; NDVI; Lake Urmia

¹Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

²Department of Science and Forest Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Mohaghegh Ardabil, Ardabil, Iran

*Correspondence

Address: Department of Geography, Faculty of social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Daneshgah Street, Ardabil, Iran. Postal Code: 5619911367.
Phone: +98 (45) 33596107
Fax: +98 (45) 31505981
sobhani@uma.ac.ir

Article History

Received: November 09, 2020
Accepted: January 25, 2021
ePublished: June 16, 2021

CITATION LINKS

[Afzan Buyadi S N, et al; 2013] Impact of land use changes on the surface temperature ...; [Akbari E, et al; 2016] Evaluating land surface temperature related ...; [Ansari M, et al; 2016] Investigation of temperature precipitation ...; [Arvin A; 2019] Land surface temperature detection ...; [Aslami F, et al; 2015] Comparing artificial neural network, support ...; [Asgarzadeh P, et al; 2016] Comparison between land surface ...; [Ayanladi A, Howarda MT; 2019] Land surface temperature and heat ...; [Chaudhuri G, Mishra NB; 2016] Spatio-temporal dynamics of land cover ...; [Chen X L, et al; 2006] Remote sensing image-based analysis ...; [Choudhury D, et al; 2019] Assessment of land use land cover changes ...; [Feizizadeh B, et al; 2016] Extraction of land surface temperature (LST) ...; [Ghorbannia Kheybari V, et al; 2017] Estimating land surface temperature of land ...; [Hejazizadeh Z, et al; 2013] Estimation of Surface temperature using ...; [Hengl T, et al; 2012] Spatio-temporal prediction of daily ...; [Jahandideh M, Shirvani A; 2012] Trend analysis for precipitation time ...; [Jouybari Moghaddam Y, et al; 2015] A novel method for retrieving land surface ...; [Kazemi Garajeh M, et al; 2020] Evaluating the types of split ...; [Khoshhal Dastjerdi J, Ghavidel Rahimi Y; 2008] Application of Mann-Kendall nonparametric ...; [Klok L, et al; 2012] The surface heat island of Rotterdam ...; [Meng X, et al; 2016] Retrieving land surface temperature from ...; [Morawitz DF, et al; 2006] Using NDVI to assess vegetative land cover ...; [Nichol JE, Hang TP; 2012] Temporal characteristics of thermal satellite ...; [Rogan J, et al; 2013] The impact of tree cover loss on land surface ...; [Solanky V, et al; 2018] Land Surface Temperature Estimation ...; [Syvitski JP; 2008] Deltas at risk ...; [Weng Q, Lu D; 2008] A sub-pixel analysis of urbanization effect ...; [Xiong Y, et al; 2012] The impacts of rapid urbanization on the ...; [Yue W, et al; 2007] The relationship between land surface ...

آشکارسازی تغییرات دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های واقعی و ارتباط آن با پوشش اراضی بخش جنوبی دریاچه ارومیه

خدیجه میکائیلی حاجی کندی MA

گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

بهروز سبحانی PhD

گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

سعید ورامش PhD

گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

چکیده

اهداف: امروزه استفاده از روش‌های سنجش از دور برای به دست آوردن دمای سطح زمین گسترش یافته است. زیرا سنجش از دور امکان برآورد دمای سطح زمین را در هر ناحیه و با دقت بالا فراهم می‌کند. هدف از مطالعه حاضر، برآورد دمای سطح زمین در بخش جنوبی دریاچه ارومیه با استفاده از داده‌های ماهواره-ای لندست، مقایسه آن با داده‌های واقعی و بررسی ارتباط آن با مقادیر پوشش گیاهی است.

روش‌شناسی: به این منظور، تغییرات دمای سطح زمین بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ در ارتباط با تغییرات پوشش منطقه و کاربری اراضی با تاکید بر مناطق کشاورزی بررسی شده است. از این رو، از باندهای حرارتی لندست ۷ و لندست OLI برای اندازه‌گیری دمای سطحی، تبدیل DN به رادیانس و دمای روشنایی استفاده شد. همچنین، شاخص NDVI برای محاسبه گسیل‌مندی و استخراج کاربری اراضی با روش شی گرا مورد استفاده قرار گرفت. سپس برای بررسی رابطه دما با پوشش گیاهی از آنالیز رگرسیون استفاده شد.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که دمای سطح زمین مشاهده شده و برآورد شده از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ به دلیل تغییر در کاربری و پوشش گیاهی منطقه افزایش یافته است. براساس رگرسیون خطی ارتباط قابل قبولی بین دمای سطح زمین و دمای مشاهده شده ($R^2=0/72$) وجود دارد. همچنین ارتباط منفی معنی داری بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی وجود دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق بیانگر این مسئله است که روش‌های سنجش از دوری نتایج قابل اعتماد و مطمئنی را در برآورد دمای سطح زمین ارائه می‌دهد. اطلاع از وضعیت دمای سطح زمین و ارتباط آن با کاربری‌های اراضی به برنامه‌ریزان و کارشناسان جهت تصمیمات مدیریتی برای حفاظت از منابع طبیعی و اراضی کشاورزی کمک می‌کند.

کلیدواژه: پوشش گیاهی، دمای سطح زمین، شی گرا، NDVI، دریاچه ارومیه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۰۶

*نویسنده مسئول: sobhani@uma.ac.ir

مقدمه

سنجش از دور به عنوان یک ابزار قدرتمند در جهت سنجش منابع زمینی است که کاربرد آن در بسیاری از زمینه‌ها و توسط بسیاری از محققان آشکار شده است [Arvin, 2019]. تصاویر ماهواره‌ای از یک سو به دلیل صرف هزینه و زمان کمتر و از سوی دیگر داشتن دقت کافی در برداشت اطلاعات مکانی و زمانی مورد توجه بسیاری

از محققان قرار گرفته است. دمای سطح زمین (Land Surface Temperature) یک پارامتر کلیدی در برنامه‌ریزی‌هایی از جمله هیدرولوژی، هواشناسی و کشاورزی است [Meng et al., 2016] که با استفاده از اطلاعات سنجنده‌های ماهواره‌ای قابل استخراج است. دمای سطح زمین و دمای هوا در نتیجه مواد و مصالح سطحی، سرعت باد و زمان متفاوت است؛ با این وجود همبستگی معنی‌داری بین این دو متغیر در محیط وجود دارد [Klok et al., 2012; Nichol & Hang 2012]. در حال حاضر داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی مهم‌ترین مرجع تصمیم‌گیری در این مورد هستند، با این وجود در اغلب موارد این اطلاعات دقیقاً مربوط به سطح نیست و به دلیل اینکه ایستگاه‌های هواشناسی در اغلب موارد به دلیل فاصله‌ی نسبتاً زیادی که از یکدیگر دارند قادر نیستند نمونه-ی مناسبی برای تعیین دمای کل منطقه باشند، اهمیت استخراج دمای سطح زمین آشکار می‌شود. بنابراین یکی از معیارهای مهم برنامه‌ریزی ناحیه‌ای و منطقه‌ای به خصوص در زمینه‌ی کشاورزی، تعیین دمای سطح زمین است [Afzan et al., 2013]. بر همین اساس استفاده از روش‌های مختلف همچون سنجش از دور برای به دست آوردن دمای سطح زمین به کار می‌رود که توانایی کسب دمای سطح زمین را در هر ناحیه و با دقت بالا فراهم می‌کند [Hejazizadeh et al., 2013]. داده‌های دمای سطح زمین از تصاویر ماهواره‌ای دریافت می‌شود که در این بین، باندهای حرارتی سنجنده‌ها در اندازه‌گیری LST اهمیت دارند و از این طریق دمای هوا نیز ارزیابی می‌گردد [Hengl et al., 2012]. فعالیت‌های انسانی همواره تاثیر معناداری بر روی پایداری شرایط کنونی و آینده هر محیطی در مقیاس‌های محلی و جهانی دارد [Syvitski, 2008]. اثرات زیست‌محیطی بیشترین اهمیت را در کشورهای در حال توسعه دارد چرا که اقتصادهای مبتنی بر کشاورزی به سرعت در حال رشد هستند. بنابراین درک عمیق از تغییرات موجود در منطقه نسبت به شرایط گذشته، کمک‌کننده برای پیش‌بینی شرایط آینده نیز خواهد بود. بخش جنوبی حوضه دریاچه ارومیه به دلیل وجود شرایط مناسب همواره افراد را به انجام فعالیت کشاورزی ترغیب نموده است؛ این در حالی است که در طی دو دهه‌ی اخیر حوضه‌ی دریاچه ارومیه دچار خشک‌سالی‌های پی‌درپی شده است. پژوهش حاضر، شرایط تغییر دمای زمین را در ارتباط با تغییرات پوشش منطقه و کاربری اراضی با تاکید بر مناطق کشاورزی مطالعه کرده است. در این مطالعه با استفاده از باندهای حرارتی لندست ۷ و لندست OLI به توصیف تغییرات دمای سطح زمین منطقه‌ی مذکور و ارتباط آن با تغییرات پوشش زمین بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ پرداخته است. در واقع هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی تنوع مکانی و فضایی LST در سال‌های مذکور و همچنین ارزیابی تغییرات LST و مقایسه آن با شاخص NDVI و نتایج طبقه‌بندی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در این بازه زمانی است. مطالعات بسیاری در دنیا و ایران در رابطه با دمای سطح زمین صورت گرفته است. برای مثال، [Rogan et al., 2013] تاثیر از بین رفتن

برآورد دمای سطح زمین را در هر ناحیه و با دقت بالا فراهم می‌کند. بر این اساس، هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی دمای سطح زمین در بخش جنوبی دریاچه ارومیه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست بود.

روش‌شناسی

این تحقیق از نوع کاربردی و به روش توصیفی-تحلیلی است. به منظور مطالعه دمای سطح بخش‌های جنوبی حوضه دریاچه ارومیه، از تصاویر لندست ۷ مربوط به ۱۴ جولای ۲۰۰۰ مصادف با ۲۴ تیر ۱۳۷۹ و لندست ۸ مربوط به ۲۱ جولای ۲۰۱۷ مصادف با ۳۰ تیر ۱۳۹۶ استفاده شد. انتخاب تصاویر در بازه‌ی زمانی مذکور، از سویی به دلیل محدود بودن تصاویر در زمان مشابه از نظر تاریخ برداشت و از سویی به منظور افزایش دقت بوده است زیرا در ماه انتخاب شده کاهش اثرات اتمسفری همچون ابر کاملاً مشهود است. در پژوهش حاضر از باندهای ۴ و ۵ لندست ۸ و باندهای ۳ و ۴ لندست ۷ جهت استخراج شاخص NDVI و باند حرارتی ۶ لندست ۷ و باند حرارتی ۱۰ لندست ۸ به منظور استخراج دمای سطح زمین استفاده شده است. در ادامه به جهت آماده‌سازی تصاویر، تصحیحات هندسی بررسی و تصحیحات رادیومتریکی با روش FLAASH روی تصاویر انجام شد که با تبدیل DN به رادیانس و سپس انعکاس در نرم‌افزار ENVI5.1 صورت گرفت. تصاویر منطقه مورد مطالعه به دلیل قرارگیری در بین دو سین در مسیر ۱۶۸ و سطر ۳۴ و ۳۵ موزائیک شدند. برای بررسی تغییرات دمای واقعی منطقه از روی ایستگاه‌های مورد بررسی، از روش من-کندال استفاده شد تا نتایج آن با دمای سطح برآورد شده با تصاویر ماهواره‌ای مقایسه شده و در واقع صحت-سنجی شود. منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر، بخش جنوبی حوضه دریاچه ارومیه است که بخش‌هایی از دو استان آذربایجان-شرقی و آذربایجان غربی را شامل می‌شود و بین طول جغرافیایی ۷۲/۲۲° ۱۴' ۴۵ و ۶۹/۳۴' ۵۹° ۴۶ و عرض جغرافیایی ۳۱/۵۵' ۱۲° ۳۶ و ۵۸/۴۴' ۳۷ قرار گرفته است (شکل ۱).

استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی به طور کلی به عنوان معیارهایی مهم برای تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش گیاهی و سایر عوامل دیگر به کار برده می‌شوند [Morawitz et al., 2006]. شاخص NDVI یکی از پر کاربردترین شاخص‌ها برای پایش تغییرات پوشش گیاهی است که به دلیل اینکه پوشش گیاهی نقش عمده‌ای در نقل و انتقال انرژی بین زمین و اتمسفر دارد و همچنین بر روی دمای منطقه نیز اثرگذار است در محاسبه دمای سطح زمین نیز محاسبه می‌شود. این شاخص از طریق رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

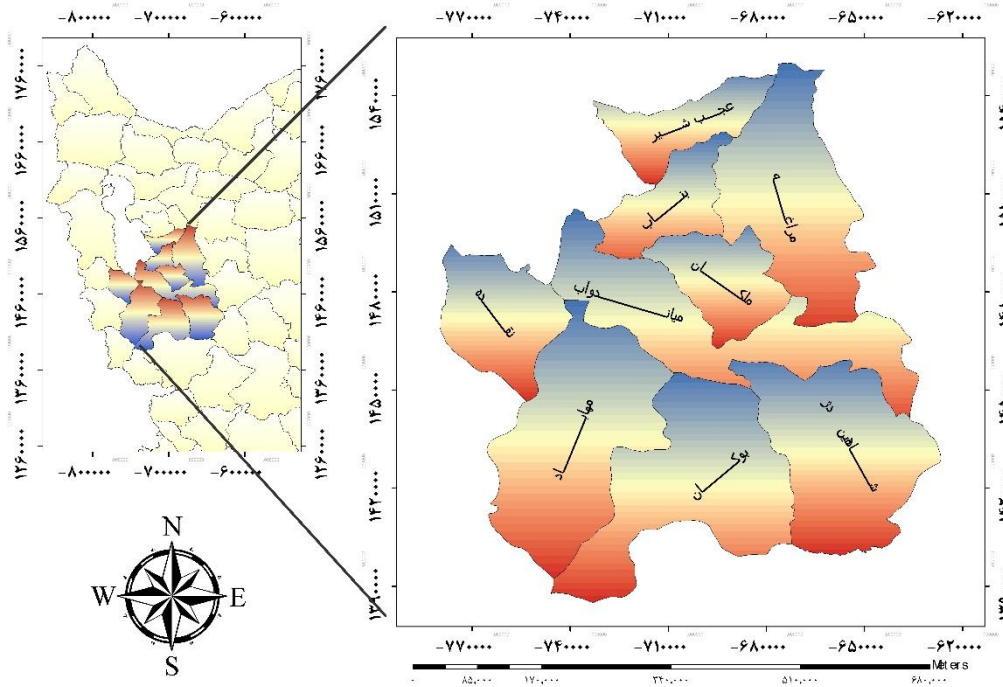
$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه فوق NIR انعکاس اشعه‌ی تابیده شده در مادون قرمز نزدیک و Red انعکاس اشعه‌ی تابیده شده در طول موج قرمز مرئی است. شاخص مذکور پراکنش پوشش گیاهی را در بین بازه‌ی +۱ تا

پوشش درختی را بر روی دمای سطح زمین ماسوچوست مرکزی مطالعه نمودند. آنان با استفاده از داده‌های لندست ۵ سال ۲۰۰۸ نشان دادند با از دست رفتن ۱۰٪ از پوشش تاج درختان حدود ۰/۷ دمای سطح زمین افزایش می‌یابد. [Akbari et al., 2016] ارتباط بین دمای سطح زمین و تغییرات کاربری حوضه آبخیز طالقان را در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۰ با استفاده از سنجنده لندست مطالعه کردند. آنان به این نتیجه رسیدند که مناطق مسکونی و اراضی بایر بیشترین دمای سطح را نسبت به سایر کاربری‌ها داشته‌اند. [Asgarzadeh et al., 2016] دمای سطح زمین سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ دو ایستگاه هواشناسی فارابی (خوزستان) و کرج را با استفاده از روش تک باندهی (باند ۱۰) و روش چند باندهی (ترکیب باند ۱۰ و ۱۱) سنجنده لندست به دست آوردند. آنان به این نتیجه رسیدند که شرایط منطقه از نظر دما، پوشش، آب بخار و همچنین انتخاب باند مناسب بر روی نتایج تأثیرگذار است و با این وجود هر دو روش در ارزیابی دمای منطقه نسبت به دمای زمینی، R^2 بالای ۰/۹ داشته‌اند. [Chaudhuri & Mishra, 2016] به مقایسه تغییرات دمای سطح زمین نسبت به تغییرات پوشش و کاربری مناطق هند و بنگلادش پرداختند. این بررسی از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰ و با استفاده از لندست ۵ صورت گرفته است. نتیجه این پژوهش نشان داد با تغییرات کاربری پوشش، مقادیر دمای سطح زمین نیز تغییر یافته است. [Ghorbannia et al., 2017] با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و داده‌های ماهواره لندست ۸، دمای سطح زمین کاربری اراضی و پوشش زمین شهرستان دنا را برآورد کردند. [Choudhury et al., 2019] تأثیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر روی تغییرات دمای سطح زمین را با استفاده از سنجنده‌های لندست در منطقه‌ای از هند در طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۵ را مطالعه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که سطح غیرقابل نفوذ، مناطق صنعتی و معادن زغال‌سنگ دارای سطح بالای دمایی بوده و پوشش آبی و گیاهی حداقل دما را داشته‌اند. [Ayanlade & Howarda, 2019] مطالعه‌ای را در سه منطقه از دلتای نیجریه برای بررسی تأثیر پذیری دمای سطح زمین از تغییرات کاربری و پوشش زمین انجام داده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد افزایش میانگین دما از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۵ حدود ۱/۴۳ سانتی‌گراد بوده است و دمای سطح زمین با تغییر در استفاده از زمین و فصول مختلف سال، مقادیر مختلفی را از خود نشان می‌دهد. [Kazemi Garajeh et al., 2020] با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس، انواع الگوریتم‌های پنجره مجزا را برای محاسبه دمای سطح زمین استفاده نمودند. نتیجه پژوهش آنان نشان داد، دماهای محاسبه شده از شرایط توپوگرافی منطقه تبعیت می‌کند، به طوری که کمترین مقادیر درجه حرارت در تمام الگوریتم-ها مربوط به مناطق کوهستانی و پوشش سبز منطقه است و برعکس مقادیر دما در نواحی دارای ارتفاع پایین و فاقد پوشش گیاهی مترکم افزایش یافته است. با توجه به نتایج پژوهش‌های مطالعه شده، استفاده از روش‌های سنجش از دوری برای به دست آوردن دمای سطح زمین گسترش یافته است زیرا سنجش از دور امکان

باشد پوشش گیاهی متراکم است و مقادیر منفی نشان دهنده‌ی مناطق بدون پوشش گیاهی است (شکل ۴).

۱- نشان می‌دهد به این صورت که مقادیر مثبت مناطق دارای پوشش گیاهی را نشان می‌دهد و هر چه نتیجه‌ی به دست آمده به ۱ نزدیک



شکل ۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه

ML: فاکتور مقیاس‌سازی ضرب‌پذیری باند خاص (قابل استخراج از مرجع تصویر دریافت شده از سایت USGS)
 Qcal: باند ۱۰ و ۱۱
 AL: فاکتور مقیاس‌سازی جمع‌پذیری باند خاص (قابل استخراج از مرجع تصویر دریافت شده از سایت USGS)

$$\text{TOA} = 0.0003342 * \text{Qcal} + 0.1 \quad \text{رابطه (۳)}$$

دمای روشنایی ماهواره بعد از این مرحله حاصل می‌شود. در این- صورت داده‌های باند حرارتی را می‌توان با استفاده از یک ثابت حرارتی موجود در فایل مرجع تصویر از رادیانس طیفی به دمای روشنایی یا همان دمای جسم سیاه (Brightness Temperature) تبدیل کرد که با استفاده از رابطه ۴ به دست می‌آید.

$$\text{BT} = K2 / (\ln(k1/L\lambda) + 1) \quad \text{رابطه (۴)}$$

BT: دمای روشنایی ماهواره بر حسب کلونین
 K2 و K1: قابل استخراج از مرجع تصویر
 FVC: پوشش گیاهی سبز جز به جز یکی از پارامترهای مهمی است که در بسیاری از برنامه‌های کاربردی محیط زیست و تغییرات آب و هوایی کاربرد دارد. که نسبتی از منطقه که دارای پوشش گیاهی

دمای سطح زمین یکی از فاکتورهای مهمی است که از تغییرات پوشش و کاربری اراضی تاثیر می‌گیرد و همبستگی LST با شاخصی همچون NDVI بسیار بالا بوده و در تفسیر مقادیر آن تاثیر قابل توجهی دارد [Chen et al., 2006; Xiong et al., 2012; Weng & Lu, 2008] به همین منظور در پژوهش حاضر بعد از استخراج دمای سطح زمین، به ارتباط آن با نقشه تغییر کاربری و پوشش و NDVI پرداخته شد. روش‌های مختلفی برای ارزیابی دمای سطح زمین از روی تصاویر ماهواره‌ای لندست وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش الگوریتم تک پنجره (Mono-Window Algorithm) و پنجره مجزا (Split-Window Algorithm) و سبال اشاره کرد. روش مورد استفاده در پژوهش حاضر، روش الگوریتم پنجره مجزا است که مبتنی بر محاسبه دمای روشنایی باندهای حرارتی و نیز محاسبه شاخص پوشش گیاهی NDVI است. به این منظور نرم‌افزارهای ArcGIS10 و ENVI5.1 به کار برده شده‌اند. در ادامه مراحل استحصال دمای سطح زمین ارائه شد. در ابتدای امر، بایستی باند ۱۰ و ۱۱ سنجنده لندست ۸ را که حرارتی است با استفاده از رابطه ۱ به دست آورد و در واقع با این عمل، ارزش رقومی تصویر خام به رادیانس تبدیل می‌شود.

$$L\lambda(\text{TOA}) = \text{ML} * \text{Qcal} + \text{AL} \quad \text{رابطه (۲)}$$

Lλ: رادیانس
 (Top of Atmospheric): طیفی سطح بالای جو

آبی، کشاورزی دیم و مناطق بایر را که شامل مناطق مسکونی و اراضی غیر قابل کشت و برونزدهای سنگی بوده است انتخاب شدند. این کار با استفاده از تصاویر لندست ۷ و ۸ برای دو سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ صورت گرفت. در این پژوهش از نرم‌افزارهای ENVI 5.1 و GIS10 و گوگل ارث برای نمونه برداشتن، پردازش و گرفتن خروجی استفاده شد. برای استحصال کاربری اراضی/پوشش از روش طبقه‌بندی شی‌گرا استفاده شد. طبقه‌بندی شی‌گرا فرآیندی است که در آن کلاس‌های پوشش اراضی را به اشیا تصویری ارتباط می‌دهد. این نوع از طبقه‌بندی بر پایه‌ی منطق فازی استوار بوده و ارزش عوارض بین صفر تا یک است [Aslami et al., 2015]. برای انجام این طبقه‌بندی ابتدا با استفاده از برنامه ایکاگنیشن سگمنت‌سازی شد که برای این منظور بایستی به پارامترهای ضریب فشردگی، مقیاس و شکل، مقادیر مناسبی داده شود. با توجه به اینکه منطقه‌ی مورد نظر دارای عوارض کوچک است مقیاس نیز بایستی کوچک انتخاب شوند. بر اساس تجربه، این مقادیر و سپس محدوده‌ی نمونه‌های تعلیمی در سطح محدوده اشیا‌ی تصویری مشخص شد و اشیا‌ی تصویری برای هر کلاس مورد نظر با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه طبقه‌بندی گردید. به دلیل بالا بردن دقت این روش از طبقه‌بندی، شاخص NDVI نیز با باندهای اصلی تصاویر ادغام شد و از سویی اطلاعاتی همچون میانگین و انحراف معیار باندهای تصاویر نیز در طبقه‌بندی آورده شد. در واقع این اطلاعات به حذف بخش‌هایی از تصاویر که از آن‌ها به عنوان تک پیکسل یاد می‌شود کمک می‌کند و با میانگین‌گیری اطلاعات پیکسل‌های مجاور هر پیکسل طبقه‌بندی دقیقی صورت می‌گیرد (شکل ۲).

برای صحت‌سنجی مطابقت نتایج دمای سطح زمین و تغییرات آن من - کندال دنباله‌ای برای تعیین روند سری‌های زمانی استفاده می‌شود. همانند سایر آزمون‌های آماری، این آزمون بر مبنای مقایسه فرض صفر و یک بوده و در نهایت در مورد پذیرش یا رد فرض صفر تصمیم‌گیری می‌نمایند. فرض صفر این آزمون مبتنی بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها است و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها است. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

$$U/(t_j) = ((t_j - E(t_j)) / \sqrt{\text{var}(t_j)}) \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$j = 2, \dots, n$$

این آماره دارای توزیع بهنجار با میانگین و پراش زیر است:

$$E(t_j) = (j(j-1))/4 \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

$$\text{var}(t_j) = (j(j-1)(2j+5))/72 \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

است را نشان می‌دهد. در الگوریتم پنجره مجزا برای برآورد گسیلمندی (LSE) از پوشش گیاهی سبز جز به جز استفاده می‌شود. در اینصورت NDVI به دو بخش خاک لخت و دارای پوشش گیاهی تقسیم شد [Feizizadeh et al., 2016]. محاسبه FVC از رابطه ۵ به دست می‌آید:

رابطه (۵)

$$FVC = (NDVI - NDVI_{\min}) / (NDVI_{\max} - NDVI_{\min})^2$$

در این رابطه NDVI_{min} مناطق بون پوشش گیاهی و NDVI_{max} مناطق متراکم از گیاه را نشان می‌دهد.

گام بعدی احتساب گسیلمندی سطح زمین (LSE) است؛ گسیلمندی سطح زمین معیاری از ویژگی‌های ذاتی سطح خاک و توانایی آن برای تبدیل انرژی حرارتی یا گرمایی به انرژی تشعشعی است [Ghorbannia et al., 2017]. در معادله ۵ نحوه اکتساب آن نشان داده شده است؛ FVC پوشش گیاهی سبز جز به جز و گسیلمندی است. مقادیر m و n به صورت رابطه ۶ قابل محاسبه هستند.

$$FVC * \varepsilon_v + LSE = \varepsilon(1 - FVC) \quad \text{رابطه (۶)}$$

ε_v مقادیر ضریب انتشار پوشش گیاهی است که مقدار آن برای باند ۱۰ و ۱۱ به ترتیب عدد ۰/۹۸۷ و ۰/۹۸۹ است و ε_s مقادیر ضریب انتشار خاک نیز برای باندهای ۱۰ و ۱۱ به ترتیب عدد ۰/۹۷۱ و ۰/۹۷۷ است [Jouybari Moghaddam et al., 2015].

$$\varepsilon = 0.004 * FVC + 0.986 \quad \text{رابطه (۷)}$$

گام نهایی به دست آوردن دمای سطح زمین (LST) است.

$$LST = BT / (1 + w * (BT/p) * \ln(\varepsilon)) \quad \text{رابطه (۸)}$$

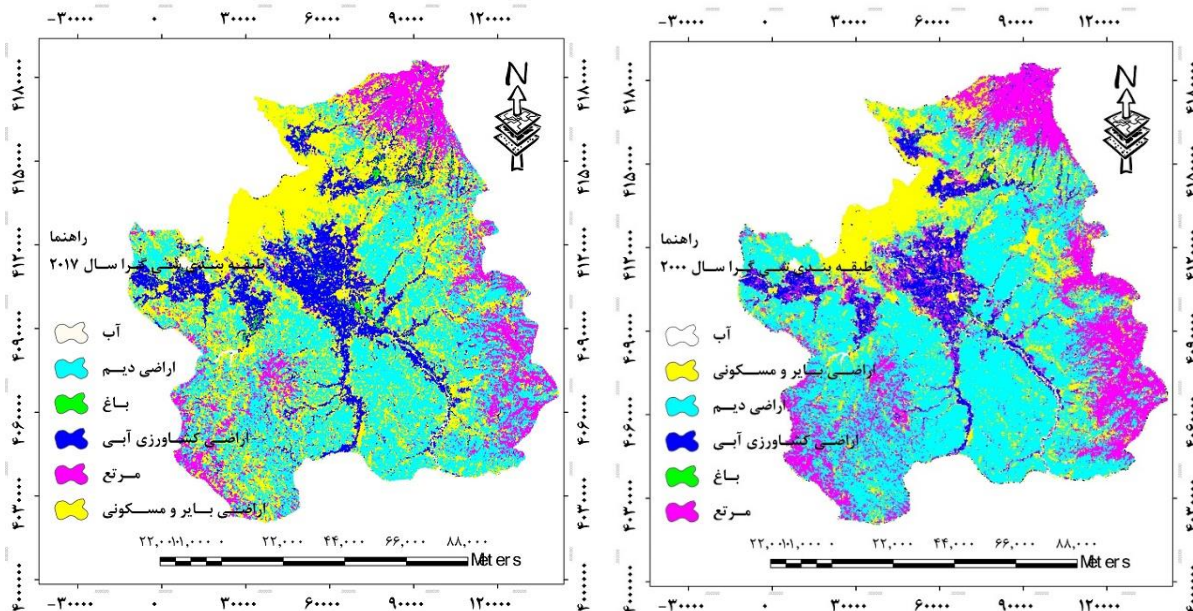
LST: دمای سطح زمین به درجه سانتی‌گراد
P: ضریب ثابت که از رابطه $p = h * c / s$ به دست می‌آید که h ثابت پلانک $(6.626 * 10^{-34} \text{ j} \cdot \text{sec})$ ، c سرعت نور $(2.998 * 10^8 \text{ m/sec})$ ، s ثابت استفان-بولتزمن $(1.38 * 10^{-16} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^{-2})$ و ε گسیلمندی است [Feizizadeh et al., 2016].

در این پژوهش به دلیل تنوع در داده‌ها و اختلاط آن‌ها در طبقه‌بندی، به خصوص در بین کلاس‌های مرتع، باغ و اراضی کشاورزی آبی، نمونه‌های تعلیمی متفاوت از نقاط مختلف برداشت شد و طبقه‌بندی تکرار گردید که این امر نیز سبب افزایش دقت و کاهش خطای طبقه‌بندی شد.

با توجه به هدف مطالعه که بررسی دمای سطح زمین و بررسی ارتباط آن با پوشش اراضی منطقه به ویژه کشاورزی است، برای نقشه‌برداری کاربری پوشش، کلاس‌های آب، مرتع، باغ، کشاورزی

نظر گرفته می‌شود [Jahandideh & Shirvani, 2012]. بازه معنی‌داری این آزمون بین $\pm 1/96$ است و در صورت تقاطع دو منحنی به معنی این است که تغییرات معنی‌دار هستند و فرض صفر رد می‌شود و در واقع بین زمان و روند تغییر متغیر ارتباط وجود دارد. بر اساس آزمون ناپارامتری من کندال روند کمینه و بیشینه دما در ۹ ایستگاه منطقه مورد مطالعه بررسی شد.

دنباله $U(t)$ دنباله پیشرو است که دنباله پسرو $U'(t)$ با استفاده از مراحل بالا محاسبه می‌شود. مقادیر مثبت و منفی $U(t)$ و $U'(t)$ به ترتیب بیانگر یک روند افزایشی و کاهش‌ی است. کاربرد مهم آزمون مذکور برای یافتن تقریبی زمان شروع رخداد یک روند است. این زمان، نقطه تقاطع منحنی‌های پیشرو و پسرو آماره آزمون در



شکل ۲) نقشه پوشش منطقه مورد مطالعه با روش شی‌گرا

روند افزایشی و کاهش‌ی برخی کلاسه‌ها کاملاً معنی‌دار است. برای نمونه می‌توان آب و اراضی کشاورزی آبی را گفت که به ترتیب روند کاهش‌ی و افزایش‌ی شدیدی داشته‌اند. جزئیات مربوط به کلاسه‌های هر سال در منطقه‌ی مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شد.

یافته‌ها

جهت برآورد تغییرات پوشش منطقه مورد مطالعه بایستی مساحت کلاسه‌ها به دست می‌آید. نتایج طبقه‌بندی نشان می‌دهد مساحت کلاسه‌های سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۲۰۰۰ تفاوت بسیاری دارد و

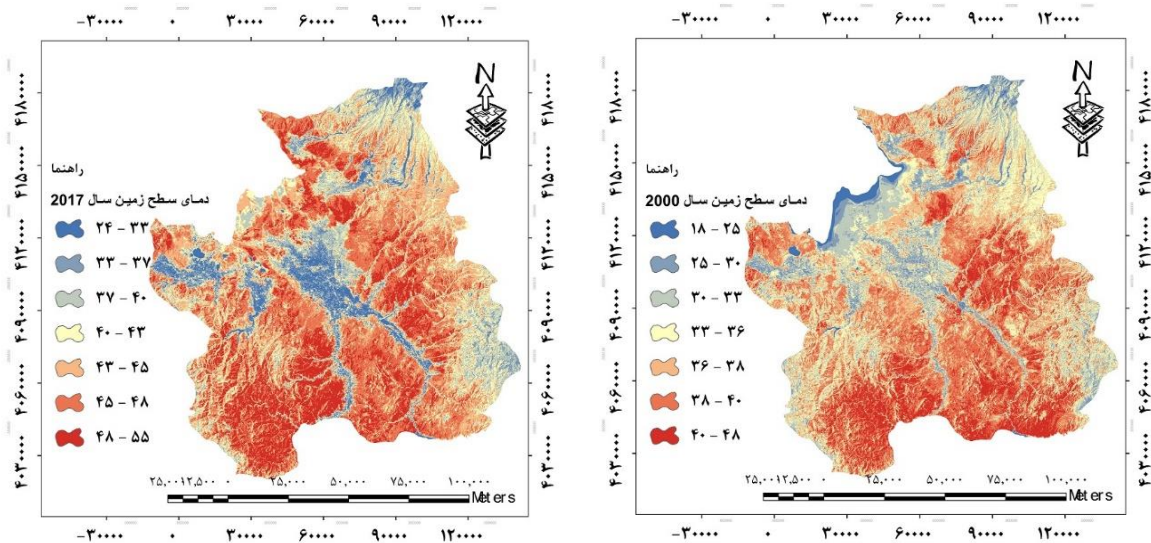
جدول ۱) مساحت، درصد و میزان دقت کلاسه‌های سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ بخش جنوبی دریاچه ارومیه

پوشش‌ها	مساحت سال ۲۰۱۷		مساحت سال ۲۰۰۰		درصد پوشش‌ها سال ۲۰۱۷	دقت کاربرد در طبقه‌بندی در سال ۲۰۱۷	دقت کاربرد در طبقه‌بندی در سال ۲۰۰۰	دقت تولیدکننده در سال ۲۰۱۷	دقت تولیدکننده در سال ۲۰۰۰
	مساحت	درصد	مساحت	درصد					
آب	۳۷۲/۰۵	۴/۸۶	۷۴۵۸/۱۹	۰/۰۰	۲	۸۷/۱۶	۹۵/۳۹	۹۶/۳۳	۹۹/۳۹
اراضی بایر و مسکونی	۵۲۹۴/۶۳	۱۸/۹۹	۲۹۰۹/۱۵	۱۰/۰۰	۳۴/۵۶	۶۴/۴۷	۹۹/۹۴	۸۸/۱۶	۹۸/۳۰
اراضی دیم	۵۵۴۳/۴۷	۴۷/۶۹	۷۳۰۶/۴۹	۲۶/۰۰	۳۶/۱۸	۷۷/۷۴	۴۴/۵۱	۹۵/۷	۹۸/۰۵
اراضی کشاورزی آبی	۱۱۲۱/۹۹	۷/۳۲	۱۹۰۵/۷۶	۷/۰۰	۱۲/۴۴	۶۱/۱۸	۶۷	۹۲/۲۸	۹۶/۷۴
باغ	۴۸/۷۵	۰/۳۱	۱۳۴/۶۲	۰/۰۰	۰/۸۷	۹۹/۸۹	۹۹/۸۵	۹۷/۴۸	۷۴/۷۵
مرتع	۳۱۸۶/۳۶	۲۰/۸۰	۲۰۶۷/۶۰	۷/۰۰	۱۳/۴۹	۹۵/۰۳	۸۸/۲۶	۵۷/۶۴	۱۰۰
ضریب کاپا سال ۲۰۰۰	۰/۸۵								
دقت کلی سال ۲۰۰۰	۹۶/۴۲								
ضریب کاپا سال ۲۰۱۷	۰/۸۳								
دقت کلی سال ۲۰۱۷	۹۸/۰۴								

این روش در ارتباط با تولید اطلاعات به خوبی عمل کرده است و در مطالعه آشکارسازی تغییرات پوشش محدوده مورد مطالعه صحت

طبق نتایج جدول ۱ دقت کلی و ضریب کاپای هر دو سال به ترتیب بالای ۹۰٪ و ۸۰٪ به دست آمده است. بر همین اساس می‌توان گفت

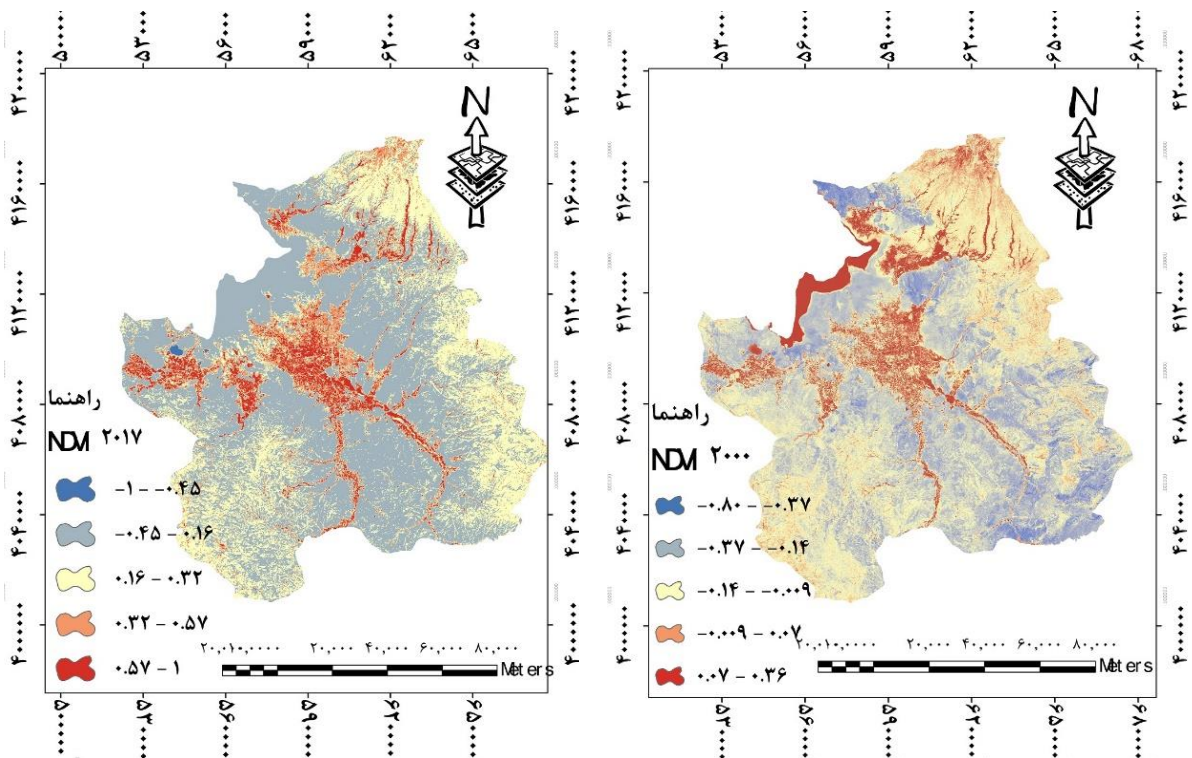
آشکارسازی تغییرات دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های واقعی و ارتباط آن با پوشش اراضی بخش جنوبی دریاچه ارومیه ۱۹۷ قابل قبولی داشت. در ادامه، نتایج استخراج دمای سطح زمین در محدوده مورد مطالعه در طی سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷، تغییرات دمایی بسیار زیادی را نشان داد (شکل ۳).



شکل ۳ نقشه دمای سطح زمین منطقه مورد مطالعه

پرداخته شد. شکل ۴ نشان داد در منطقه مورد مطالعه مقادیر پوشش گیاهی مربوط به اراضی کشاورزی آبی و باغ بوده است و با وجود انعکاس نور از برگ‌های آن‌ها و ممانعت از رسیدن کامل انرژی به سطح زمین، مقدار دمای سطح زمین نیز نسبت به نواحی فاقد پوشش گیاهی کمتر بود.

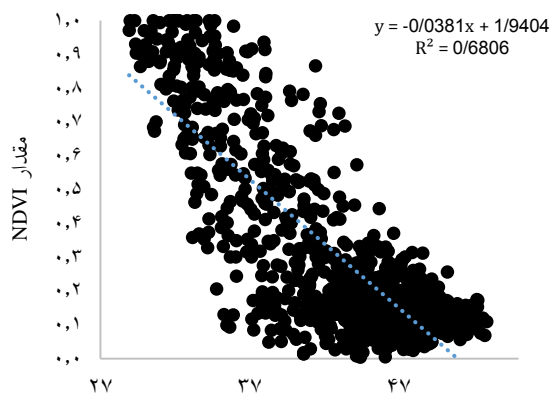
نوسان دمای سطح زمین در سال ۲۰۰۰ از ۱۸ تا ۴۸ درجه سانتی‌گراد بوده و به مقادیر ۲۵ تا ۵۷ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۱۷ رسید. با این وجود نتایج کلی نشان داد محدوده‌های آب، اراضی کشاورزی آبی و باغ در هر دو سال کمترین دما را داشته‌اند و بیشترین دما مربوط به اراضی بایر و مسکونی، ارضی دیم و مرتع بود. از سویی نیز به بررسی رابطه دمای سطح زمین با شاخص NDVI



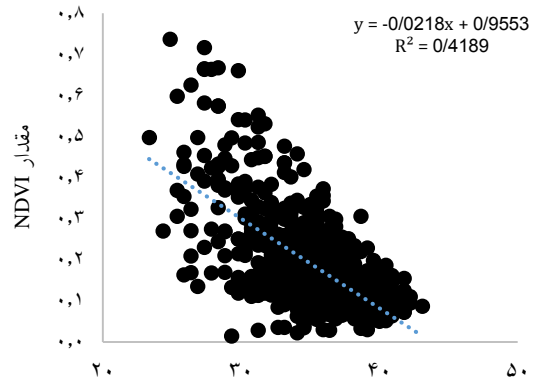
شکل ۴ نقشه پوشش گیاهی استخراج شده از شاخص NDVI

گیاهی، تعدادی نقطه به صورت تصادفی برای هر دو سال مورد مطالعه انتخاب شد. بعد از استخراج مقادیر نقاط، معادله رگرسیون به دست آمده نشان داد که بین این دو متغیر یک ارتباط منفی وجود دارد (شکل ۵).

این در حالی است که اراضی بدون پوشش گیاهی به واسطه جذب بالا در اثر تابش مستقیم به سطح آن در طول روز، دمای بالایی را نسبت به مناطق با پوشش گیاهی متراکم داشت. برای نشان دادن ارتباط بین دمای سطح زمین در منطقه با پوشش



دمای سطح زمین تیر ماه سال 2017

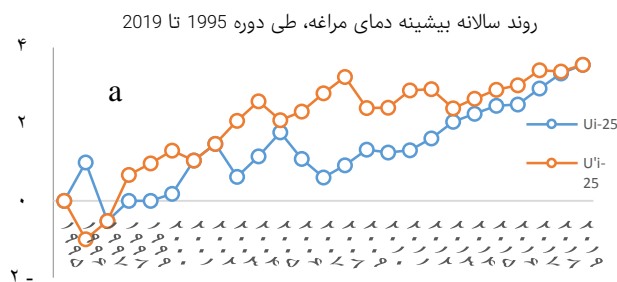


دمای سطح زمین تیر ماه سال 2000

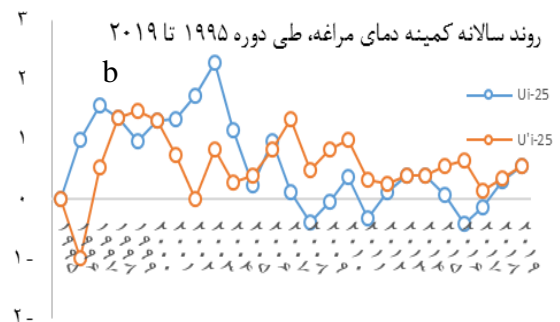
شکل ۵) ارتباط دمای سطح زمین با NDVI

با توجه به اینکه این روند نیز بالاتر از ۱/۹۶ بوده است معنی‌داری این افزایش را بیان می‌کند. روند کمینه دما در ایستگاه مذکور نمودار (b) ۱، از سال ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۷ افزایشی است که با کاهش بیشینه دما در همین بازه همزمان شده است. این در حالی است که در همین بازه نیز روند بارش کاهشی است. به‌طور محسوس روند کمینه دما از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹ افزایش را نشان می‌دهد که با روند افزایشی بیشینه دما توأم بوده است.

برای صحت‌سنجی نتایج دمای سطح زمین و تغییرات آن و تغییرات دمای واقعی، به تحلیل آزمون من-کندال به تفکیک ایستگاه پرداخته شد. در نمودار (a) ۱، روند بیشینه دمای ایستگاه مراغه از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۹ به صورت معنی‌دار افزایش داشته است در حالی که در سال‌های پیش از این، نوسان کاهشی و افزایشی در روند این متغیر مشهود بوده ولی در بازه ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۹ به طور مستمر روند افزایشی را نشان می‌دهد.



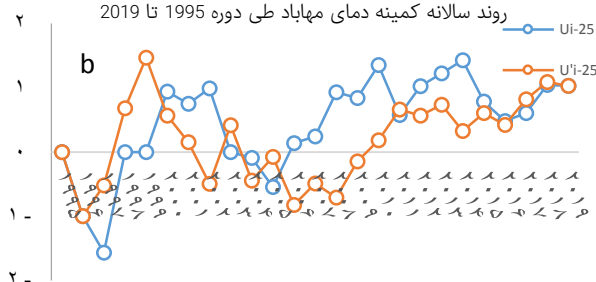
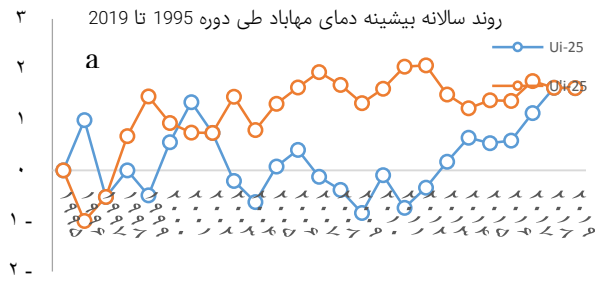
روند سالانه بیشینه دمای مراغه، طی دوره 1995 تا 2019



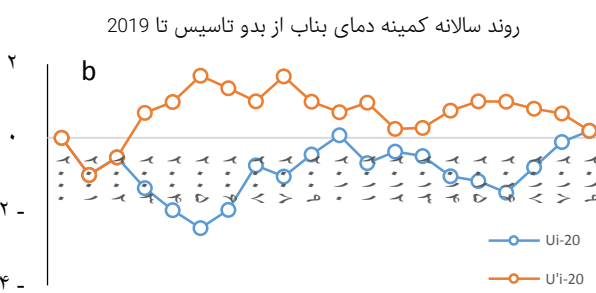
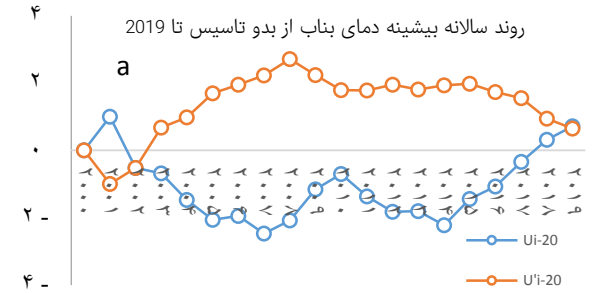
نمودار ۱) روند سالانه بیشینه و کمینه دما ایستگاه مراغه

روند بیشینه دمای بناب را از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهد ولی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ و ۲۰۱۹ به طور معنی‌داری افزایش دما مشاهده می‌شود چرا که دو منحنی پسرو و پیشرو یکدیگر را قطع کرده‌اند. روند سالانه کمینه دما در (b) ۳، به طور معنی‌داری روند کاهشی از سال ۲۰۰۰، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۳ و روند افزایشی از سال ۲۰۰۵، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۹ مشاهده می‌شود.

نمودار (a) ۲، نقاط شروع روند کاهشی بیشینه دما را در سال ۲۰۰۱ و روند افزایشی در سال ۱۹۹۵، ۱۹۹۷، ۱۹۹۹، ۲۰۰۴ و ۲۰۱۱ تا سال ۲۰۱۹ را بیان کرده است. همانطور که در نمودار (b) ۲ ایستگاه مهاباد دیده می‌شود، روند کمینه دما در سال ۱۹۹۷، ۱۹۹۹، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ و ۲۰۱۷ افزایشی است که از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۹ این افزایش مداوم و یا ایستا بوده است. در نمودار (a) ۳، به صورت معنی‌داری کاهش



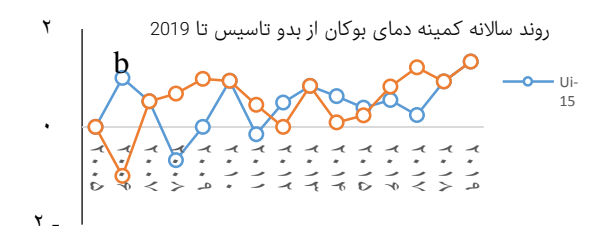
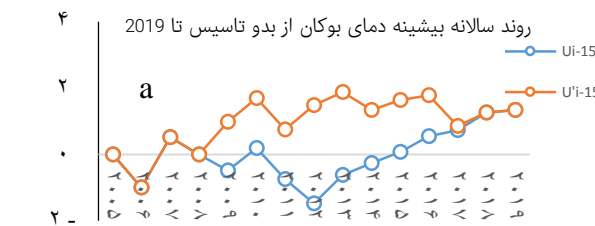
نمودار ۲) روند سالانه بیشینه و کمینه دما ایستگاه مهاباد



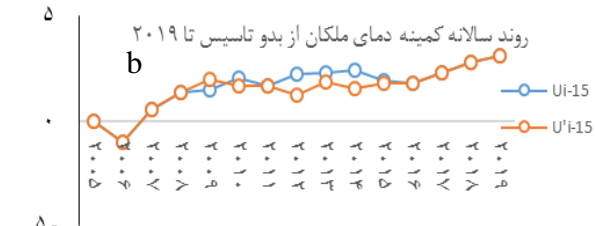
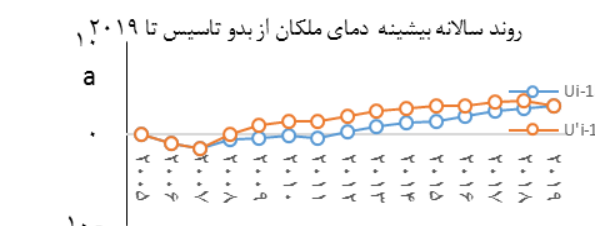
نمودار ۳) روند سالانه بیشینه و کمینه دما ایستگاه بناف

درباره روند کمینه دما باید گفت در سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۴ کاهش مشاهده شده است. بیشینه دمای ایستگاه میان‌دوآب در نمودار (a) ۶، به طور معنی‌داری از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹ و ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ روندی افزایشی و از سال ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ کاهش را نشان می‌دهد. کمینه دما در نمودار (b) ۶ در همین ایستگاه، از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ روندی ایستا، ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹ و ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۱ روندی افزایشی و از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ روندی کاهشی را مشخص می‌کند.

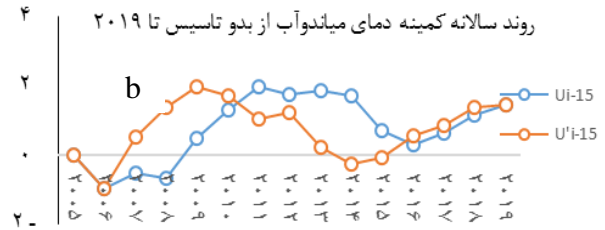
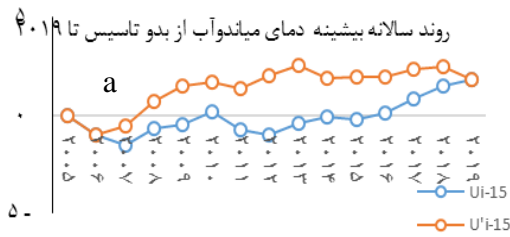
در نمودار (a) ۴ روند سالانه بیشینه و کمینه دما ایستگاه بوکان نیز روند سالانه دما به طور معنی‌داری از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۹ افزایشی و از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ کاهشی بوده است. کمینه دما در نمودار (b) ۴، سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۱۰، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۶ کاهشی و سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۹ افزایشی است. نمودار (a) ۵ و (b) ۵ روند سالانه بیشینه و کمینه دمای ایستگاه ملکان به طور معنی‌داری افزایش را نشان می‌دهد.



نمودار ۴) روند سالانه بیشینه و کمینه دما ایستگاه بوکان



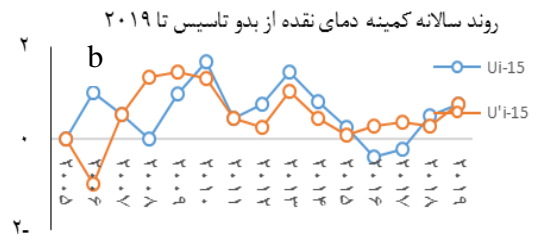
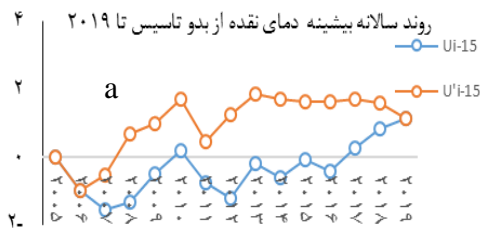
نمودار ۵) روند سالانه بیشینه و کمینه دما ایستگاه ملکان



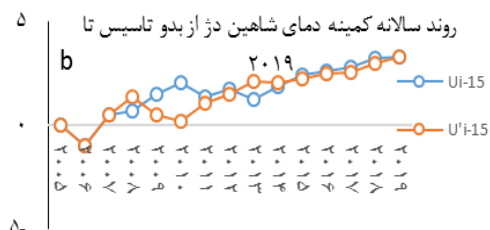
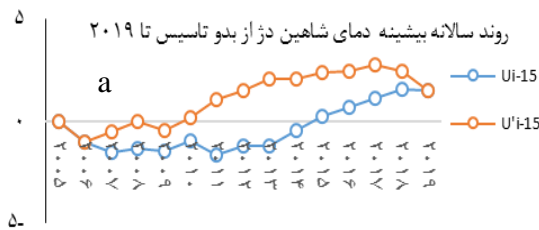
نمودار ۶) روند سالانه بیشینه و کمینه دما ایستگاه میاندوآب

۲۰۱۸ افزایشی است. موارد فوق در نمودارهای ۱ تا ۸ آورده شده است که مؤید مطالب ذکر شده هستند. با توجه به نتایج حاصل از من-کندال می‌توان گفت که دمای بیشینه و کمینه به طور متوسط در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی روند افزایشی داشت این در حالی است که نتایج حاصل از دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نیز روند افزایشی را از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ نشان داد.

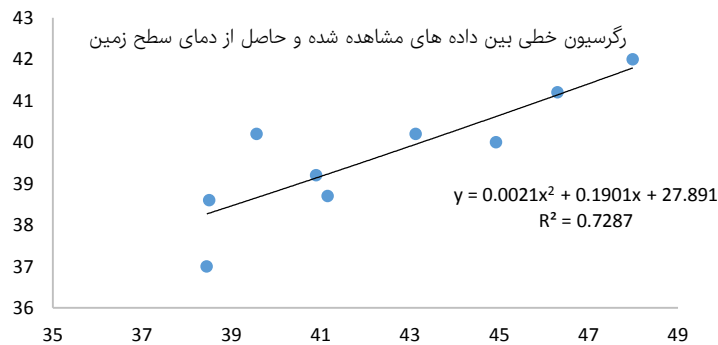
در ایستگاه نقده نیز بیشینه دما از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ و ۲۰۰۵ نیز روندی افزایشی و از ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ کاهش است که در نمودار ۷(a) بیان شده است که در ادامه در نمودار ۷(b)، ۲۰۰۶، ۲۰۱۰ و با شیب زیادی در ۲۰۱۳ روندی کاهشی مشخص است. این در حالی است که در ایستگاه شاهین‌دژ نمودار ۸(a) بیشینه دما روندی ایستا و از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸ کاملاً افزایشی بوده است. رفتار و روند کمینه دما نیز ۸(b) همچون بیشینه دما ایستا و از سال ۲۰۰۸ و ۲۰۱۳ تا



نمودار ۷) روند سالانه بیشینه و کمینه دما ایستگاه نقده



نمودار ۸) روند سالانه بیشینه و کمینه دما ایستگاه شاهین‌دژ



نمودار ۹) رگرسیون خطی بین داده‌های مشاهده شده و حاصل از دمای سطح زمین

و کمینه را در این بازه تایید نمود. رگرسیون خطی بین داده‌های واقعی و داده‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای هم ارتباط آن‌ها را تایید کرد. درستی انتخاب روش من-کندال برای بررسی روند دما نیز با استفاده از کار پژوهشی بررسی روند تغییرات دما، بارش و دبی با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال [Ansari et al., 2016] و کاربرد آزمون ناپارامتری من-کندال در برآورد تغییرات دمایی مورد [khoshhal dastjerdi & ghavidel rahimi, 2008] تایید قرار گرفت.

به عنوان پیشنهاد ضرورت دارد که محققان برای استفاده از داده‌های ماهواره‌ای از روش‌های مختلف و قابل تایید توسط اغلب پژوهشگران استفاده کنند؛ چرا که در اینصورت نتایج دقیق‌تر و استناد به آن معقول خواهد بود. از آنجائی که این داده‌ها دارای اطلاعات با اهمیتی بوده و با صرف هزینه و زمان کمتر، نتایج نسبتاً دقیق و مناسبی را به دست می‌دهند و نتایج آن به صورت سطح بوده و قابل تعمیم به تمام نقاط مورد مطالعه است به ویژه در مناطقی که دارای ایستگاه‌های هواشناسی نیستند یا دارای اطلاعات کمی از نظر تعداد سال یا تعداد متغیر هستند ضرورت دارد.

از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به کمبود تصاویر ماهواره‌ای اشاره کرد که انتخاب تصاویر را به لحاظ زمانی و مکانی دچار مشکل می‌کند. در غیر اینصورت بایستی برای خرید تصاویر مورد نظر هزینه بالایی را متقبل شد که تامین آن بسیار دشوار است و به همین دلیل از تصاویر موجود در آرشیو سایت Usgs استفاده شد. از دیگر محدودیت این پژوهش عدم وجود داده‌های واقعی کافی در برخی مناطق منتخب است که استفاده از آن‌ها را گاهی با مشکل همراه می‌کند.

نتیجه‌گیری

اهمیت تصاویر ماهواره‌ای برای بررسی متغیرهای اقلیمی به ویژه برای مکان‌هایی که فاقد داده هستند در دهه‌های اخیر کاملاً آشکار شده است. دمای سطحی به عنوان یکی از پارامترهای مهم در تحقیقات مرتبط با علوم زمین، کشاورزی و برنامه‌ریزی‌های محیطی است که اهمیت مطالعه آن به خصوص با تحلیل تغییرات پوشش زمین و پوشش گیاهی منطقه بیشتر آشکار می‌شود. همانطور که نتایج کار تحقیق حاضر نیز تغییر دمای سطح زمین را در طی بازه زمانی مورد مطالعه آشکار نمود. در نتیجه با استفاده از آن‌ها تغییرات اقلیمی در گذر زمان با صرف هزینه و زمان کمتر قابل بررسی است.

تشکر و قدردانی: از سازمان هواشناسی برای در اختیار گذاشتن داده‌های هواشناسی تشکر می‌شود.

تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشد.

تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشد.

سهم نویسندگان: خدیجه میکائیلی (نویسنده اول) نگارنده اصلی (۷۰٪)، بهروز سبحانی (نویسنده دوم)، راهنمایی پژوهش (۲۰٪)،

در ادامه، نمودار ۹ ارتباط بین داده‌های مشاهده شده و نتایج حاصل از LST در سال ۲۰۱۷ را با استفاده از رگرسیون خطی بیان نموده که ضریب R2 با مقدار ۷۲٪ نشان از ارتباط حدوداً قوی بین این دو داده است. به سبب اینکه در برخی ایستگاه‌ها از سال ۲۰۰۰ به بعد تاسیس شده‌اند و بازسازی داده‌های روزانه دشوار و گاهی غیر ممکن است به همین سبب و با توجه به محدودیت ایستگاه‌ها، ارتباط داده‌ها در سال ۲۰۰۰ قابل ارزیابی نبود. اما روند تغییرات با استفاده از من-کندال تا حدودی هدف پژوهش را محقق نمود. در کل با توجه به نتایج مذکور، در زمانی که داده‌های هواشناسی محدود هستند یا دسترسی به آن‌ها ممکن نیست کارایی تصاویر ماهواره‌ای را بهتر مشخص می‌کند.

بحث

هدف این تحقیق آشکارسازی تغییر دمای بخش جنوبی دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های واقعی و ارتباط آن با تغییرات پوشش منطقه مورد مطالعه در طی بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ بوده است. برآورد پوشش سطحی زمین نشان داد دمای سطح زمین متأثر از ماهیت زمین بوده و عوامل سطحی و خصوصیات آن بر مقدار LST اثر می‌گذارد. با توجه به نتایج مشاهده شده، مناطق دارای پوشش گیاهی و پهله‌های آب که در آن‌ها دریافت انرژی از یک‌سو به دلیل انعکاس بالا و از سوی دیگر به دلیل ظرفیت گرمایی بالای آب کمتر است دمای سطح نیز در این محدوده‌ها کمترین مقدار را نشان داد. بر همین اساس، مناطق عاری از پوشش گیاهی و بایر و مسکونی و همچنین اراضی دیم به دلیل دریافت کامل تابش خورشید، دارای بیشترین مقدار دما بوده‌اند. این نتایج با یافته‌های [Jouybari Moghaddam et al., 2015; Feizizadeh et al., 2016] مبنی بر تأثیر دما از ماهیت سطح زمین و همبستگی آن با شاخص گیاهی NDVI مطابقت دارد و نتایج کار این بخش از تحقیق را تایید نمود. همچنین [yue et al., 2007] نیز با ابراز اینکه LST و NDVI همبستگی دارند نشان می‌دهد که دمای سطح زمین از پوشش سطح به ویژه پوشش گیاهی متأثر است که با نتایج این بخش از پژوهش همخوانی دارد. از سوی دیگر عملکرد بهتر الگوریتم پنجره مجزا در محاسبه دمای سطح زمین با نتایج [Solanky et al., 2018] تایید شد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که روش مذکور در برآورد دمای سطح زمین عملکرد بهتری دارد و مطابقت با دقت بالایی را در مقایسه با داده‌های واقعی از خود نشان داده است. همچنین بخش اصلی کار پژوهش آشکارسازی دمای سطح زمین بود که نشان داد در سال ۲۰۰۰ دمای منطقه از ۱۸ تا ۴۸ درجه سانتی‌گراد بود در حالی که در سال ۲۰۱۷ این بازه به ۲۴ تا ۵۵ درجه سانتی‌گراد رسید که مقدار تغییر از حدود ۶ تا ۷ درجه سانتی‌گراد بود. به سبب اینکه تا مقایسه‌ای صورت نگیرد نمی‌توان به نتایج حاصل شده اطمینان نمود، روند دما در بازه مذکور به روش من-کندال مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این روش نیز تغییر را نشان داد و افزایش دمای بیشینه

سعید ورامش (نویسنده سوم)، راهنمایی بخش سنجش از دور (۱۰٪ منابع مالی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشد.

منابع

- based on Landsat satellite images and split window algorithm. Study area: Mahabad Catchment. *Journal of Geographical Data (SEPEHR)*. 25(98):171-181. [Persian]
- Ghorbannia Kheybari V, Mirsanjari M, Liaghati H, Armin M (2017). Estimating land surface temperature of land use and land cover in dena county using single window algorithm and landsat 8 satellite data. *Environmental Sciences Journal*. 15(2):55-74. [Persian]
- Hejazizadeh Z, Ziaeiian P, Shirkhani A (2013). Estimation of Surface temperature using thermal-band data in west of Tehran province and Qazvin. *Geography*. 11(38):33-49. [Persian]
- Hengl T, Heuvelink G B M, Tadic M P (2012). Spatio-temporal prediction of daily temperatures using time-series of MODIS LST images. *Theoretical and Applied Climatology*. 107:265-277.
- Jahandideh M, Shirvani A (2012). Trend analysis for precipitation time sub-series in Fars province. *Water Engineering Journal*. 5(12):73-84. [Persian]
- Jouybari Moghaddam Y, Akhoondzadeh M, Saradjian M R (2015). A novel method for retrieving land surface emissivity from landsat-8 satellite data based on vegetation index. *Journal of geomatics science and technology*. 5(1):175-187. [Persian]
- Kazemi Garajeh M, Salmani B, Feizizadeh B (2020). Evaluating the types of split window algorithms for calculating the land surface temperature to determine the best algorithm for MODIS sensor images. *RS and GIS for Natural Resources*. 11(2-39):106-127. [Persian]
- khoshhal dastjerdi J, ghavidel Rahimi Y (2008). Application of Mann-Kendall nonparametric test in estimating temperature changes, *Geographic Space*. 8(22): 21-38. [Persian]
- Klok L, Zwart S J, Verhagen H, Mauri E (2012). The surface heat island of Rotterdam and its relationship with urban surface characteristics. *Resources, Conservation and Recycling Journal*. 64:23-29.
- Meng X, Li H, Du Y, Liu Q, Zhu J, Sun L (2016). Retrieving land surface temperature from landsat 8 TIRS data using RTTOV and ASTER GED. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*. 4302-4305.
- Morawitz D F, Blewett T M, Cohen A, Alberti M (2006). Using NDVI to assess vegetative land cover change in central Puget sound. *Environmental Monitoring and Assessment Journal*. 114(1-3):85-106.
- Nichol J E, Hang T P (2012). Temporal characteristics of thermal satellite images for urban heat stress and heat land mapping, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 74:153-162.
- Rogan J, Ziemer M, Martin D, Ratick S, Cuba N, De Lauer V (2013). The impact of tree cover loss on land surface temperature: A case study of central
- Afzan Buyadi S N, Naim W-M, Misni A (2013). Impact of land use changes on the surface temperature distribution of area surrounding the national botanic garden. *Shah Alam. Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 101:516-525.
- Akbari E, Ebrahimi M, Fiezizadeh B, Nezhadsoleimani H (2016). Evaluating land surface temperature related to the land use change detection by satellite image (Case study: Taleghan Basin). *Geography and Environmental Planning Journal*. 4(60):151-170. [Persian]
- Ansari M, Noori Gh, Fotoohi S (2016). Investigation of temperature precipitation and flow trend using nonparametric mannkendall (Case study: Kaju River in Sistan and Baluchestan). *Journal of Watershed Management Research*. 7(14): 152-158. [Persian]
- Arvin A (2019). Land surface temperature detection using of satellite images. *Journal of Natural Environmental Hazards*. 8(19):91-102. [Persian]
- Aslami F, Ghorbani A, Sobhani B, Panahandeh M (2015). Comparing artificial neural network, support vector machine and object-based methods in preparation land use/cover maps using landSat-8 images. *RS and GIS for Natural Resources*. 6(3):1-14. [Persian]
- Asgarzadeh P, Darvishi Bolorani A, Bahrami H.A, Hamzeh S (2016). Comparison between land surface temperature estimation in single and multi-channel method using landsat images 8. *Journal of Rs and Gis for Natural Resources*. 7(3):18-29. [Persian]
- Ayanlade A, Howarda M T (2019). Land surface temperature and heat fluxes over three cities in Niger Delta, *Journal of African Earth Sciences*. 151:54-66.
- Chaudhuri G, Mishra N B (2016). Spatio-temporal dynamics of land cover and land surface temperature in Ganges-Brahmaputra delta: A comparative analysis between India and Bangladesh, *Applied Geography*. 68:68-83.
- Chen X L, Zhao H M, Li P X, Yin Z Y (2006). Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*. 104(2):133-146.
- Choudhury D, Das K, Das A (2019). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature in Asansol-Durgapur Development Region. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*. 22(2):203-218.
- Feizizadeh B, Didehban Kh, Gholamnia Kh (2016). Extraction of land surface temperature (LST)

International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 10(1):68-83.

Xiong Y, Huang Sh, Chen F, Ye H, Wang C, Zhu C (2012). The impacts of rapid urbanization on the thermal environment: A remote sensing study of Guangzhou. South China. Remote Sensing Journal. 4(7):2033-2056.

Yue W, Xu J, Tan W (2007). The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM + data. International Journal of Remote Sensing. 28(15): 3205-3226.

Massachusetts using landsat thematic mapper thermal data. Applied Geography Journal. 45:49-57.

Solanky V, Singh S, katiyar S (2018). Land Surface Temperature Estimation Using Remote Sensing Data. Hidrologic Modeling Journal. 343-351.

Syvitski J P (2008). Deltas at risk. Sustainability Science Journal. 3(1):23-32.

Weng Q, Lu D (2008). A sub-pixel analysis of urbanization effect on land surface temperature and its interplay with impervious surface and vegetation coverage in Indianapolis, United States.