



Online ISSN: 3041-9255

Journal of Human Ecology

journal homepage: <http://www.landscapeecologyjournals.ir/>



Research Paper

Analysis of Temperature Changes, Vegetation, Evapotranspiration, and Drought Based on Modeling of Landsat 5 and 8 Satellite Imagery and Meteorological Indicators

Mitra Sadat Fathifard¹ **Abbas Rahdan**² **Mahsa Tohidfar**³

¹ Graduate of Master of Range Management. Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran.

² Ph.D. student of Watershed Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

³ Department of Natural Resources and Environment Islamic Azad University, Science and Research Branch

Keywords

Climate, NDVI, Remote Sensing, GIS, Maraveh Tappeh

A B S T R A C T

Due to the importance of evapotranspiration in the hydrological cycle and its diverse applications in various sciences, especially the actual evapotranspiration, is of great importance. Considering that the abundance of vegetation cover is one of the most important factors affecting the earth's surface temperature, this research aims to investigate the spatial correlation between land surface temperature and evapotranspiration in relation to vegetation cover in Maraveh Tappeh county. In the first part, a MODIS dataset with high resolution and seasonal coverage for each year during the time period between 2000, 2015, 2010, and 2020 was analyzed using data processing in the Google Earth Engine.

Then, evapotranspiration was calculated using MODIS data and the Ternent-White method, considering the vegetation growth coefficient, and compared and examined with evapotranspiration obtained from the Sable algorithm.


In this regard, drought prediction using the SPI index (one month, three months, six months, and twelve months) for the time period from 2015 to 2044 was also performed. After calculating the changes to identify and discover the patterns and trends present in the spatial data, ArcGIS software was utilized. For the best results and the least amount of error, the exponential interpolation method with the least square root of the error (RMS) and the mean absolute error (MAE) statistical indices were used to select the best interpolation method. The results showed that the inverse distance method is the best method among the methods used to estimate changes. The results of this study showed that in the spring season, the highest percentage of NDVI does not correlate spatially with the lowest temperature, in other words, the percentage of vegetation cover index does not have an inverse relationship with land surface temperature. In the summer season, the highest percentage of vegetation cover index spatially matches with the lowest land surface temperature. In the winter season, the distribution of temperature patterns is completely different due to the moderating role of vegetation cover compared to other seasons, using the evapotranspiration mechanism.

*Corresponding Author.

Email Addresses: Abasrahdan1372@gmail.com

To cite this article:

Fathifard, M. S., Rahdan, A., & Tohidfar, M. (2023). Analysis of Temperature Changes, Vegetation, Evapotranspiration, and Drought Based on Modeling of Landsat 5 and 8 Satellite Imagery and Meteorological Indicators. *Human Ecology*, 2(3), 195--206.

 Doi: [10.22034/el.2023.424546.1016](https://doi.org/10.22034/el.2023.424546.1016)



شاپای الکترونیکی: ۳۰۴۱-۹۲۵۵

فصلنامه اکولوژی انسانی

[http:// www.landscapeecologyjournals.ir](http://www.landscapeecologyjournals.ir)



مقاله پژوهشی

واکاوی تغییرات دما، پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق و خشکسالی مبتنی بر مدلسازی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸ و شاخص‌های هواشناسی

میترا السادات فتحی فرد^۱ عباس راهدان^۲ مهسا توخیدفر^۳

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

^۲ دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

^۳ گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

واژگان کلیدی

اقلیم NDVI سنجش از دور GIS
شهرستان مراوه تپه

چکیده

با توجه به اهمیت تبخیر- تعرق در چرخه هیدرولوژی و کاربردهای متنوع آن در علوم مختلف، محاسبه مقدار آن بویژه، تبخیر- تعرق واقعی از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به اینکه فراوانی پوشش گیاهی یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر دمای سطح زمین است بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی خودهمبستگی فضایی دمای سطح زمین و تبخیر- تعرق در ارتباط با پوشش گیاهی در شهرستان مراوه تپه می‌باشد. با استفاده از پردازش داده‌ها در محیط Google Earth Engine در قسمت اول، یک مجموعه داده مودیس با وضوح بالا و به صورت فصلی برای هر سال طی یک دوره زمانی بین سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵، ۲۰۲۰ را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادیم. سپس تبخیر و تعرق به کمک دیتاهای مودیس و روش-تورنت وایت با در نظر گرفتن ضریب رشد گیاهی محاسبه شده و با تبخیر و تعرقی که از الگوریتم سپال بدست آمده، مورد مقایسه و بررسی قرار گرفتند. در همین راستا پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI (یک ماهه، سه ماهه، شش ماهه و دوازده ماهه) برای بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۴۴ نیز انجام گردید. پس از محاسبه تغییرات جهت شناسایی و کشف الگوها و روندهای موجود در داده‌های فضایی از نرم افزار ArcGIS بهره گرفته شد. به جهت بهترین نتیجه و کمترین میزان خطا از روش میان‌یابی مجذور فاصله با پراکنش (Exponential) و جهت انتخاب بهترین روش درونیابی از شاخص‌های آماری ریشه میانگین مربعات خطا RMS قدر مطلق خطا MAE استفاده گردید. نتایج نشان داد روش عکس فاصله به‌عنوان بهترین روش در میان روش‌های مورداستفاده برای برآورد تغییرات می‌باشد. نتایج این تحقیق مشخص کرد که در فصل بهار بالاترین درصد NDVI با پایین‌ترین میزان دما انطباق مکانی ندارد، به عبارت دیگر درصد شاخص پوشش گیاهی با درجه حرارت سطح زمین رابطه معکوس ندارد. در فصل تابستان بالاترین میزان درصد شاخص پوشش گیاهی از نظر مکانی با کم‌ترین میزان دمای سطح زمین انطباق مکانی کامل دارد. در فصل زمستان نحوه پراکنش الگوهای دمایی به دلیل نقش تعدیل‌کننده دمایی پوشش گیاهی با استفاده از ساز و کار تبخیر و تعرق در مقایسه با سایر فصول کاملاً متفاوت است.

۱. مقدمه:

داده‌های سنجش از دور قادر به ارائه جدیدترین اطلاعات برای مطالعه پوشش زمین و تغییرات آن می‌باشند. تشخیص پوشش اراضی کمک شایانی به مدیریت مناطق و تصمیم‌گیری می‌کند. هم‌چنین مقایسه تصاویر بدست‌آمده از یک دوره زمانی مشخص می‌تواند روند تغییرات هر منطقه را نشان دهد (شایان و همکاران، ۱۳۹۶). شکل‌گیری سکونتگاه‌های انسانی، همواره بر پایه‌ی عوامل طبیعی مانند: آب و خاک مناسب استوار بوده است و روستاها به عنوان اولین شکل از حیات جمعی انسان در یک عرصه طبیعی از خصوصیات متعدد طبیعی، اقتصادی و ... تأثیر می‌پذیرند (علیانی، ۱۳۹۸). پوشش گیاهی، نخستین و مهم‌ترین تولیدکننده هر اکوسیستم است و عوامل متعدد آن را منعکس می‌کند؛ بنابراین، با مطالعه رابطه تغییرات آن با سایر عوامل نظیر دما، تبخیر و تعرق و خشکسالی می‌توان به اثر متقابل این عوامل پی برد (ناطق و همکاران، ۱۴۰۱). گیاه آیینة آب‌وهواست؛ بنابراین نیاز به کسب اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی از قبیل میزان و پراکنش آن اهمیت زیادی دارد. از آنجا که گردآوری اطلاعات درباره تغییرات پیوسته پوشش گیاهی با روش‌های معمولی بسیار مشکل و پرهزینه است، دورسنجی روش بسیار سودمندی است که دید وسیعی از یک منطقه ارائه می‌دهد (منتظری و کفایت مطلق، ۱۳۹۷). پایش تغییرات دمای سطح زمین حاصل از نوسانات فصلی و غیرفصلی به دلیل تأثیر بسیار آن بر محیط‌زیست انسانی و طبیعی، امری ضروری است. به‌منظور پایش پیوسته دمای سطح زمین با هزینه اندک و سرعت زیاد، از تصاویر ماهواره‌ای سنجش از دور استفاده می‌شود (پهلوان زاده و همکاران، ۱۳۹۸). 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). در سال‌های اخیر با توسعه فناوری سنجش از دور دمای سطح زمین برای یک منطقه وسیع، با دقت بالایی قابل محاسبه شده است (جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۰). دمای هوای نزدیک سطح زمین و دمای سطح زمین^۱ از متغیرهای کلیدی در مطالعات هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و اقلیمی بوده و بسیاری از فرآیندهای سطح زمینی مانند فتوسنتز، تنفس، تبخیر توسط دمای هوا تنظیم می‌شوند. در این راستا آگاهی از تغییرات مکانی دمای هوا در مقیاس‌های وسیع جهت انجام مطالعات و بررسی‌های اقلیمی، هواشناسی، هیدرولوژیکی لازم به‌نظر می‌رسد. واضح است که در بررسی دمای هوا در مقیاس‌های وسیع عوامل دیگری مانند پوشش گیاهی، تغییرات کاربری اراضی، ... دخیل هستند. بنابراین تکنیک سنجش از دور به‌علت جمع‌آوری داده‌های مکانی در مقیاس وسیع، قابلیت تکرار اخذ داده‌های ماهواره‌ای به فاصله زمانی چندساعت تا چند روز در طول ماه یا سال بروز بودن داده‌ها از توانایی چشمگیری در استفاده از اطلاعات حاصل جهت تفسیر پدیده‌های زمینی در مقیاس زمانی و مکانی بالا، برخوردار است یکی از کاربردی‌ترین شاخص‌های گیاهی منتج از تصاویر ماهواره‌ای جهت بررسی وضعیت پوشش گیاهی، شاخص NDVI^۲ است (Tucker, C.J. and B.Y. Choudhury, 1987).

تغییرات آب‌وهوایی و گرم‌شدن کره زمین بیشتر کشورهای جهان را با بحران خشکسالی و کمبود آب مواجه کرده است؛ در این کشورها، بخش‌های اقتصادی بخش کشاورزی به دلیل وابستگی زیاد به نزولات جوی بیش از همه بخش‌ها آسیب دیده است. نخستین اثر خشکسالی به شکل کاهش تولید و درآمد کشاورزان پدیدار می‌شود که به افزایش فقر و ناامنی غذایی در مناطق روستایی می‌انجامد و در صورتی که برای مقابله با آن چاره‌ای اندیشه نشود، جوامع روستایی با مشکلات زیادی روبه‌رو خواهند شد (سواری و همکاران، ۱۴۰۰). یکی از روش‌های مطالعه، پایش و پهنه‌بندی خشکسالی با استفاده از شاخص‌های هواشناسی و تکنیک‌های سنجش از دور می‌باشد در سال‌های اخیر بررسی اثر تغییر اقلیم و پیش‌بینی خشکسالی‌ها در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی و منابع طبیعی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Zhang, 2017). با توجه به پژوهش‌های اشاره‌شده در زمینه‌ی تحقیق حاضر انجام‌گرفته می‌توان این‌گونه بیان نمود که نوآوری پژوهش حاضر در این مقوله می‌باشد که این پژوهش علاوه بر بررسی معیارهای موردسنجش قرارگرفته شده در پژوهش‌های پیشین، جهت پردازش پارامترها به صورت تلفیقی از روش‌های سنجش از دوری جهت شناسایی و کشف الگوها و روندهای موجود بهره گرفته شد. درحالی‌که در پژوهش‌های پیشین بیشتر تأکید بر یک روش‌های آماری و قابلیت‌های آن بوده است، در این پژوهش جهت تأیید صحت معنی‌داری روندها از روش منکندال ارائه شده توسط علیجانی و همکاران استفاده گردید.

امینی و همکاران (۱۳۹۳)، در پژوهش به کمک سنجش از دور تراکم و پراکنش مکانی پوشش گیاهی و دمای پوشش سطح زمین در استان همدان را مورد بررسی قرار دادند ابتدا با پیش پردازش اطلاعات ۱۲ تصویر ماهواره ای ضریب بازتاب پوشش سطح زمین و ضریب تابش پوشش سطح زمین در باندهای مختلف بدست آمد و شاخص گیاهی NDVI تعیین شده تراکم و پراکنش پوشش گیاهی و دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم سیال برآورد گردید نتایج نشان داد که دمای سطح زمین برآورده شده از اطلاعات سنجش از دور مطابقت قابل قبولی با آمار ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی دارد که بین مقادیر دمای پوشش سطح برآورد شده و اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری مشاهده

1 . Land Surface Temperature LST

2 . Normalized Difference Vegetation Index

نمی‌شود. در تحقیق دیگری طبری و همکاران (۱۳۹۱)، روند تبخیر و تعرق گیاه مرجع برای ۲۰ ایستگاه سینوپتیک واقع در غرب کشور را بررسی نمودند. نتایج آنها نشان داد که تبخیر و تعرق مرجع از روندهای افزایشی و کاهش بر خوردار بوده که در ۷۰ درصد ایستگاه‌ها روند ETO در مقیاس سالانه افزایشی بوده و همچنین روندهای افزایشی بیشتر در فصول زمستان و تابستان اتفاق افتاده است. حمزی‌یزد (۱۳۹۱) برای ۳۳ ایستگاه سینوپتیک کشور در دو دوره آماری بلندمدت (۴۰ ساله) و کوتاه‌مدت (۲۰ ساله) صورت گرفته است. نتایج حاکی از آن است که در دوره آماری ۴۰ ساله، به‌طور میانگین ۳۸ درصد از ایستگاه‌ها دارای روند مثبت و ۶۲ درصد دارای روند منفی و در دوره آماری ۲۰ ساله، ۶۲/۵ درصد ایستگاه دارای روند مثبت و ۳۷/۵ درصد دارای روند منفی بوده‌اند که با کاهش طول دوره آماری از سطوح دارای روند منفی کاسته شده و به سطوح دارای روند مثبت افزوده شده است. اکبری و همکاران (۱۳۹۰)، به کمک سنجش از دور، تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی را در شرایط اقلیمی مختلف برآورد کردند و نتیجه گرفتند که میزان تبخیر و تعرق در سال کم بارش به بیشترین میزان رسیده است. با مقایسه نتایج تبخیر و تعرق به دست آمده از روش سنجش از دور با دو روش برآورد تبخیر-تعرق (هارگریوز و پنمن مانیتث) در هر سال مشاهده شد که نتایج به دست آمده از روش سنجش از دور با ریشه میانگین مربعات خطاها ۰/۶۷ و میانگین خطای مطلق ۰/۴ مطابقت خوبی با برآوردهای حاصل از روش‌های محاسباتی دارد که نشان دهنده امکان استفاده از تکنیک سنجش از دور برای تخمین تبخیر و تعرق مکانی در سطوح مختلف مزرعه و شبکه‌های آبیاری می‌باشد.

راجش واری و مانی (۲۰۱۴)، به برآورد سطح زمین با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تصاویر لندست هشت پرداختند و صحت این روش را مورد ارزیابی قرار دادند و مقدار RMSE را برای کار K0.9 محاسبه نمودند. آفر و ایت آل (۲۰۱۴) در پژوهشی با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تصاویر لندست هشت برآورد کرده‌اند که ریشه مربعات خطا LST را ۰.۹۳ درجه سانتی‌گراد برآورد نموده‌اند. استیل و همکاران (۲۰۱۴) برای کم کردن اثرات سیل رودخانه دویس در شمال شرقی ایالت داکوتای شرقی آمریکا از الگوریتم سنجش از دور سبال و داده‌های کاربری اراضی و پیمایش زمینی استفاده کردند. اختلاف ۱۷ و ۴۱ میلی‌متر تبخیر و تعرق محاسبه شده پنبه و گندم با سبال و داده‌های اندازه‌گیری شده در طول فصل کشت نشان می‌دهد که می‌توان برای کاهش اثرات سیل و مدیریت منابع آب نیز از الگوریتم سبال استفاده نمود.

پاپادوید و همکاران (2013) الگوریتم CYSEBAL را براساس الگوریتم سبال، داده‌های هواشناسی و خاک محلی برای دهکده ماندریا از بخش پافوس قبرس محاسبه نمودند و این الگوریتم را با الگوریتم سبال که براساس معادلات تجربی تعیین شده بود و همچنین روش پنمن مانیتث به‌عنوان مرجع مقایسه نمودند. آنها از تصاویر برای مشخص کردن ETM+ و لندست هفت TM لندست پنج پارامترهای مدل سبال استفاده نمودند. بندیپدهایی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی روند تبخیر و تعرق گیاه مرجع در کشور هند، با استفاده از آزمون من-کندال و آمار ۱۳۳ ایستگاه در دوره آماری ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۲، وجود روند کاهشی در منطقه مورد مطالعه را تعیین کردند. آنها دلیل این کاهش را افزایش معنی‌دار رطوبت نسبی و همچنین کاهش سرعت باد بیان داشتند. روند تبخیر و عوامل تأثیرگذار بر آن در کانادا نشان دهنده روند کاهشی تبخیر در فصل گرم (ماه‌های اکتبر، اوت، ژوئن و ژوئیه) و روند کاهشی سرعت باد بود. در تحقیق دیگری گارچیت و همکاران (۲۰۱۳) در کشور آمریکا روند بارندگی، جریان سیلابی و تبخیر و تعرق را بررسی نمودند. آنها نشان دادند که در دو دهه اخیر در قرن بیستم، افزایش بارندگی اثر قابل توجهی بر افزایش میزان جریان سیلابی داشته و همچنین باعث افزایش کمتر میزان تبخیر تعرق شده است. مرلین^۱ و همکاران (۲۰۱۰)، طی تحقیقی در استرالیا روش تجربی را برای افزایش توان تفکیک زمینی دمای سطح زمین در تصاویر ASTER ارائه نمودند. در این روش رابطه تجربی بین دمای سطح و جزء پوشش گیاهی در دو کشت آبی که گیاهان آن مسن بودند تولید شده است. براون و همکارانش (۲۰۱۱) تغییرات اقلیم، خطر خشکسالی و توانایی زمین برای کشاورزی را بعنوان پیامدهای استفاده از زمین در اسکاتلند مورد ارزیابی قرار دادند نتایج حاصله از این مطالعه موردی حاکی از آن است که احتمال خطر خشکسالی تأثیر بسزایی در استفاده از زمین در آینده خواهد داشت. این امر می‌تواند به طور بالقوه برای محدود کردن دام، محصولات کاشته شده و از این رو توانایی زمین را در برخی مناطق کاهش خواهد یافت، مگر اینکه اقدامات سازگاری در سطح استراتژیک ایجاد شود که همچنین سیستم‌های استفاده از زمین و منابع آب را با محیط وسیع تر ادغام کند. (Zhang, 2013) خشکسالی هواشناسی منطقه نیمه‌خشک شمال چین را با استفاده از داده‌های سنجش از دور چند سنسور مایکروویو تجزیه و تحلیل کردند. نتایج آنها بیان‌کننده عملکرد بهتر شاخص‌های مایکروویو ترکیبی در پایش خشکسالی بود. (FAO, 2013). در پژوهشی، خشکسالی در جهان را بررسی و آثار مختلف این پدیده از جمله مرگ، بیماری، سوء‌تغذیه، قحطی و حتی جابه‌جایی‌های مکانی جمعیت در ۳۰ تا ۵۰ سال آینده جهان را تحلیل کرد (Liu, 2019). خشکسالی را با استفاده از دیتاهای کامپوزیت شده سنجنده مودیس در چین بررسی کرد و به این نتیجه رسیده است که خشکسالی یکی از مکررترین بلایایی است که در شمال چین رخ می‌دهد و تأثیر زیادی در کشاورزی، محیط زیست و اقتصاد دارد همچنین در این مطالعه تجزیه و تحلیل همبستگی پیرسون بین شاخص‌های

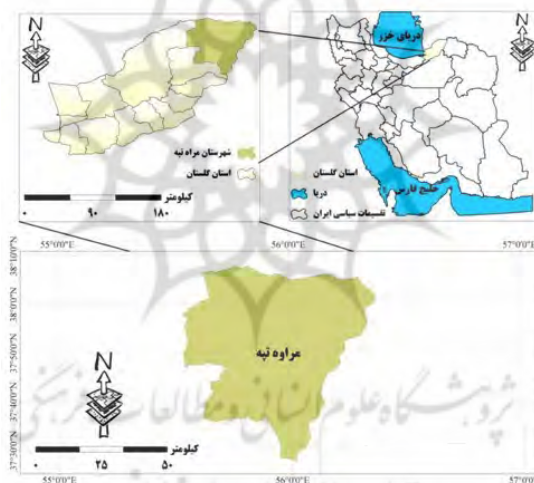
¹ . Merlin

خشکی سنجش از دور و شاخص بارش استاندارد (SPI)، در مقیاس‌های زمانی مختلف برای ارزیابی توانایی شاخص‌های منفرد در استان شاندونگ انجام شد (Orimoloye, 2021).

۳. مواد و روش‌ها

۳-۱. روش پژوهش

شهرستان مراوه‌تپه استان گلستان از لحاظ مختصات جغرافیایی در محدوده ۵۵ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده است. این شهرستان از لحاظ وسعت مساحتی بالغ بر ۳۴/۳۲۱۰ کیلومترمربع را به خود اختصاص داده است. از حیث تقسیمات آبادی‌ها دارای ۱۰۵ آبادی که از این تعداد ۱۰۰ آبادی دارای سکنه و ۵ آبادی خالی از سکنه است. مراوه‌تپه از لحاظ جغرافیایی در شمال شرقی کشور واقع شده است. این شهر از طرف شمال به کشور ترکمنستان و از طرف شرق به استان خراسان و از سوی جنوب به شهر کلالة و از طرف غرب به بخش داشلی‌برون گنبدکاووس منتهی می‌شود. این شهرستان دارای دو بخش است (بخش مرکزی و بخش گلیداغ) بخش مرکزی در قسمت گرم و خشک و بخش گلیداغ در قسمت کوهستانی قرار دارد که دشتهایی با آب و هوای معتدل و مرطوب از نوع مدیترانه تشکیل می‌دهد و همچنین نسبت به شهرستان‌های غرب استان از آب و هوایی معتدل کمتری برخوردار است. از طرفی با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی، این شهرستان دارای رودخانه‌های مهمی است که از ارتفاعات رشته کوه‌های البرز سرچشمه می‌گیرند و مهمترین آن‌ها عبارتند از: رودخانه اترک. گستره‌های کم شیب شهرستان از نظر مورفولوژی زمین به دو بخش جلگه‌ای هموار در شرق و بخش ناهموار و تپه ماهوری در غرب و جنوب قابل تفکیک است. طبقات اصلی شیب شهرستان شامل ۵-۰ درصد، ۱۲-۵ درصد، ۳۰-۱۲ درصد و ۳۰ درصد به بالا است. قلمرو غربی و مرکزی شهرستان و تا حدودی گستره‌هایی از قلمرو شرقی در حد فاصل ارتفاعات از شیب بسیار کم تا کم (۵-۰ درصد) برخوردار است. مراتع شهرستان از نظر موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی شامل مراتع ییلاقی و قشلاقی می‌باشد که جهت تغلیف احشام دامداران مورد استفاده قرار می‌گیرد (مطالعات نویسندگان در طرح توسعه اقتصادی و اشتغالزایی شهرستان، ۱۳۹۹).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

با استفاده از پردازش داده‌ها در محیط Google Earth Engine در قسمت اول، یک مجموعه داده مودیس با وضوح بالا و به صورت فصلی برای هر سال طی یک دوره زمانی بین سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵، ۲۰۲۰ را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادیم. تعیین تبخیر و تعرق واقعی با الگوریتم سبال در نظر گرفته شده است. این تصاویر قدرت تفکیک یک کیلومتر دارند و بنابراین هر پیکسل از این تصاویر مساحتی در حدود ۱۰۰ هکتار زمین را شامل می‌شود. برای ارزیابی مدل سبال، تبخیر و تعرق به کمک سنحده مودیس و روش تورنت وایت با در نظر گرفتن ضریب رشد گیاهی محاسبه شد در ادامه با تبخیر و تعرقی که از الگوریتم سبال مورد مقایسه و بررسی قرار گرفتند و همچنین برای برآورد میزان دمای سطح زمین از تصاویر ماهواره ترآ که دارای باند ترمال یا حرارتی می‌باشد استفاده گردید.

الگوریتم بیلان انرژی برای زمین (سبال) یکی از الگوریتم‌های سنجش از دور است که تبخیر و تعرق گیاه را براساس تعادل لحظه‌ای انرژی در سطح هر پیکسل از تصویر ماهواره‌های محاسبه می‌نماید (باستینسن و همکاران ۱۹۹۸)، بنابراین روش‌ها و الگوریتم‌هایی مانند سبال نیازمند حل معادله (رابطه ۱) بیلان انرژی هستند که در آن تبخیر و تعرق واقعی (λET) بعنوان جزء باقیمانده اختلافات بین تشعشع خالص ورودی به سطح زمین (R_n) و شار گرمای محسوس خارج شده از سطح (H) و نیز شار گرمای ورودی به زمین (G) قابل محاسبه می‌باشد. (رابطه ۱)

$$\lambda ET = R_n - G - H$$

در روش سبال برای برآورد شار گرمای محسوس، ابتدا باید دو پیکسل سرد و گرم که به پیکسل‌های آستانه معروف‌اند تعیین شود. یکی از این پیکسل‌ها که پیکسل سرد است مربوط به منطقه‌ای میشود که به طور کامل پوشیده از پوشش گیاهی آبیاری شده با دمای سطح زمین پایین باشد که این پیکسل دارای تبخیر و تعرق معادل تبخیر و تعرق مرجع میباشد. پیکسل دوم که پیکسل گرم نامیده میشود نقطه مقابل پیکسل سرد می باشد و زمینهای بدون پوشش گیاهی با دمای سطح زمین زیاد را شامل میشود. در سبال برای بدست آوردن اختلاف دمای در هر پیکسل، ابتدا باید این (dT) هوای نزدیک سطح پارامتر را برای پیکسل‌های سرد و گرم بدست آورده و با ایجاد رابطه خطی بین این دو پیکسل می توان مقدار dT را برای سایر پیکسل‌ها بدست آورد پس از آن مقدار شار گرمای محسوس بر اساس شرایط جوی و فرآیند تکراری تصحیح می‌گردد. مقدار لحظه‌ای تبخیر و تعرق برای زمان گذر ماهواره به کمک شار گرمای محسوس، شار گرمای نهان، میزان تلفات گرما از سطح به علت تبخیر-تعرق برای هر پیکسل با توجه به رابطه (۲) قابل محاسبه می باشد.

$$ET_{inst} = 3600 * \frac{\lambda ET}{\lambda}$$

محاسبه دمای سلسیوس: برای محاسبه دمای سلسیوس باید دمای کلونین را به سلسیوس تبدیل شود در این پژوهش بدین منظور از رابطه (۳) استفاده گردید:

$$T_c = T_k - 273.15$$

محاسبه شاخص پوشش گیاهی NDVI: به منظور محاسبه شاخص پوشش گیاهی از باند قرمز برای محدوده مرئی و از باند مادون قرمز نزدیک با رابطه زیر و همچنین از باند (۳) به عنوان باند قرمز و از باند (۴) به عنوان باند مادون قرمز نزدیک استفاده گردید. (رابطه ۴)

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$$

همچنین به منظور توصیف همبستگی (معناداری) بین شاخص بارش استاندارد شده با دیتا پیشبینی شده از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. اگر ضریب همبستگی دو پارامتر با یکدیگر مثبت باشد، به این معناست که در فضایی که مطالعه و بررسی انجام شده، افزایش یک پارامتر با افزایش پارامتر دیگر و نیز کاهش آن پارامتر با کاهش پارامتر دیگر همراه است. اگر ضریب همبستگی دو پارامتر با یکدیگر منفی باشد، به این معناست که در فضایی که مطالعه و بررسی انجام شده، افزایش یک پارامتر با کاهش پارامتر دیگر و کاهش آن پارامتر با افزایش پارامتر دیگر همراه است. نحوه محاسبه ضریب همبستگی بین دو متغیر و مطابق با رابطه ۵ است. معمولاً ضریب همبستگی را با علامت ρ یا $Corr$ نشان می‌دهند. در رابطه، منظور از σ_x (انحراف معیار جذر واریانس) متغیر x است. همچنین σ_y نیز انحراف معیار متغیر y را نشان می‌دهد. در صورت کسر نیز همان کوواریانس بین دو متغیر محاسبه شده است. از آنجایی که صورت (کوواریانس) و حاصل ضرب انحراف معیارها هم واحد هستند، نسبت‌شان بدون واحد خواهد بود. رابطه ۵

$$P(x, Y) = Corr(x, y) = \frac{Cov(x, y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

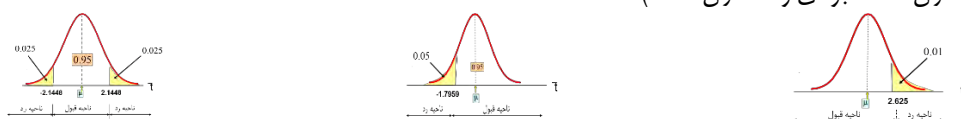
برای نشان دادن معنی داری روند SPI از معیار p-value کمتر از ۰/۰۵ یا بیشتر از ۰/۰۵ یا مناطق دارای روند استفاده شد. پارامترهای اقلیمی در مقیاس زمان و مکان به دلایل زیادی تغییر می‌کنند که باید نحوه تغییرات آنها بر اساس مشاهدات و با بهره گیری از روش‌های آماری تعیین شود. تحلیل روند با استفاده از معیار p-value جمله مهمترین روشهای آماری است که به طور گسترده برای ارزیابی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر روی سری‌های زمانی مانند سری‌های مشاهداتی بارندگی در نقاط مختلف جهان استفاده شده است. مقادیر p-value متغیر (SPI) برای سطح یک ماهه، سه ماهه، شش ماهه و دوازده ماهه در محیط نرم افزار اکسل برآورد گردید. تابع Z.TEST در اکسل مقدار احتمال p-value مربوط به آزمون فرض مقایسه میانگین یک نمونه را با یک آرایه از اعداد محاسبه می‌کند ورودی‌های این تابع به شرح زیر هستند:

Z.TEST = (انحراف معیار ، میانگین نمونه، دامنه اعداد)

دامنه اعداد: مجموعه‌ای از اعداد یا سلول‌ها که می‌خواهیم میانگین نمونه را با آن مقایسه کنیم.

میانگین نمونه: مقدار میانگینی است که می‌خواهید آن را در فرض مورد آزمون قرار دهید.

انحراف معیار: یک ورودی اختیاری است که نشان دهنده انحراف معیار جامعه بوده و اگر معلوم باشد، مقدار آن قرار داده می‌شود، اما اگر انحراف معیار معلوم نباشد، می‌توان آن را در نظر نگرفت و بر حسب این شرایط اکسل محاسبات را بر اساس انحراف استاندارد نمونه انجام خواهد داد. (فرزندی و همکاران، ۱۳۹۳، جوادی و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۲. قاعده تصمیم گیری

شاخص استاندارد بارش (SPI) یکی از شاخص‌های اساسی در مطالعه خشکسالی به‌شمار می‌آید که محاسبه آن نیازمند داشتن میانگین و انحراف معیار درازمدت مقادیر بارندگی برای دوره‌های مورد مطالعه است (Bonaccorso, 2003). این شاخص اساساً برای تعریف و پایش خشکسالی و ترسالی ارائه شده است (Tsakiris et al, 2004). این شاخص از طریق معادله زیر قابل محاسبه می‌باشد. (رابطه ۶)

$$SPI = (P_i - P) / S$$

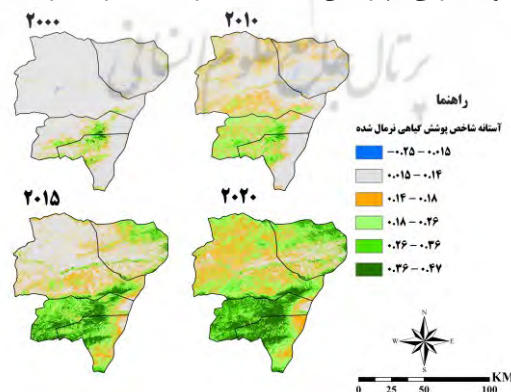
که در آن P_i : مقدار بارش در دوره مورد نظر، P : میانگین درازمدت بارش برای دوره مورد نظر و S : انحراف معیار مقدار بارش می‌باشد. برای محاسبه این نمایه، از توزیع گاما برای برازش داده‌های بارش استفاده می‌شود که پس از انجام محاسبه‌های لازم و تعیین پارامترهای مربوط به نمایه شاخص بارش استاندارد شده انجام می‌گیرد. پس از محاسبه مقدار شاخص بارش استاندارد شده در هر بازه زمانی، وضعیت رطوبتی به کلاس‌های مختلف که در جدول ذیل ارائه شده‌اند، تقسیم می‌شود:

جدول ۱. طبقه بندی دوره خشکسالی بر اساس شاخص بارش استاندارد شده

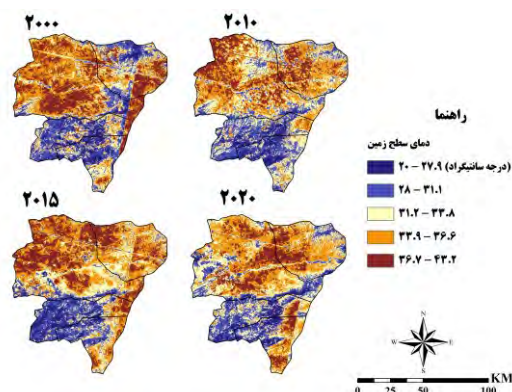
SPI	شدت خشکسالی
$SPI \leq -2$	خشکسالی حاد
$-2 \leq SPI \leq -1/5$	خشکسالی شدید
$-1/5 \leq SPI \leq -1$	خشکسالی متوسط
$-1 \leq SPI \leq 1$	نرمال
$1 \leq SPI \leq 1/5$	ترسالی متوسط
$1/5 \leq SPI \leq 2$	ترسالی شدید

۴. یافته‌های پژوهش

باتوجه به خروجی حاصل از مقایسه دو دوره زمانی چنین استنباط می‌شود که بیشترین درصد تبخیر، تعرق در حوضه مرکزی شهرستان مراوه تپه بین ۷۶۰۸ تا ۵۵۶۳ میلی‌متر در سال است. هر قدر رطوبت نسبی جو بیشتر باشد، میزان تعرق کمتر خواهد بود زیرا پتانسیل آب جو در این حالت افزایش می‌یابد اگر رطوبت نسبی جو به حالت اشباع برسد، تعرق متوقف می‌شود. رطوبت نسبی جوبه شدت از دمای محیط متأثر است دما علاوه بر اثری که روی رطوبت نسبی دارد در شرایط طبیعی افزایش دما تا ۲۵-۳۰ درجه سانتیگراد باعث افزایش شدت تعرق شده و از این درجه به بعد باعث کاهش تعرق می‌شود باد باعث تجدید هوا در مجاورت بافت‌ها شده و شدت تعرق را افزایش می‌دهد ولی شدید بودن آن باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تعرق می‌شود از طرف دیگر باد با به حرکت در آوردن برگ‌ها، خروج بخار آب از برگ‌ها را آسان می‌کند شدت تعریق در منطقه مراوه تپه تابع اختلاف فشار بخار، مقاومت در برابر جریان آب، و توانایی گیاه و خاک از نظر انتقال آب به جایگاه تعرق می‌باشد تعرق عمدتاً نیروی محرکه جهت به جریان انداختن آب جذب شده در گیاه را، علی‌رغم وجود نیروی ثقل و مقاومت‌های اصطکاکی موجود در مسیر آب، تأمین می‌کند سرعت جذب آب عمدتاً توسط شدت تعرق تعیین می‌شود فشار ریشه و جذب فعال آب نقش ناچیزی در جذب آب ایفاء می‌نمایند و وقتی این مکانیزم‌ها مشخص می‌شوند که تعرق کم باشد و یا متوقف شده است که این عوامل در مناطق شمال و شمال شرقی و همچنین جنوب شرقی شهرستان نسبت به سایر نقاط تأثیر بیشتری گذاشته‌اند.



شکل شماره ۳. نقشه نهایی پوشش گیاهی



شکل شماره ۴. نقشه نهایی دمای سطح زمین

برحسب اشکل شماره ۳ و ۴، در اکثر مناطقی که دمای کمتری مشاهده می‌گردد، پوشش گیاهی انبوه‌تر به وجود آمده است. میزان همبستگی پوشش گیاهی مقدار ۰.۷۷- را نشان می‌دهد که بیانگر رابطه مستقیم و معکوس بین پوشش گیاهی و دما می‌باشد. تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی در طی ۲۰ سال برای منطقه مورد مطالعه گسترده بوده است، به طوری که مناطق فاقد پوشش گیاهی تا حدودی کاهش و همچنین، پوشش گیاهی غنی افزایش یافته است دلیل این می‌تواند سیاست‌های حفاظتی مراتع و جنگلداری باشد. بیشترین افزایش مساحت در اراضی با پوشش گیاهی غنی صورت گرفته است. از بررسی دمای سطح زمین در شهرستان مراوه تپه با تصاویر لندست این نتیجه حاصل شد که دمای سطح افزایش یافته است. دامنه اختلاف دمایی بیش از سه درجه (از ۲.۸۵- تا ۰.۹۶+ درجه سانتی‌گراد) متفاوت بوده و بیشترین میزان کاهش دما در مناطق جنوب غربی و منتهی به مرکز شهرستان مشاهده می‌شود. در اثر عوامل خشکسالی هیدرولوژیکی در طی یکی دو سال گذشته در منطقه و شرایط اقلیمی ناشی از کاهش بارندگی، افزایش دمای هوا، زادآوری و رشد گیاه در مناطق شمالی و شرقی کاهش یافته است. لذا در اثر عدم پوشش گیاهی مناسب، پوشش گیاهی در کاهش دمای سطح زمین منطقه مورد مطالعه موثر نمی‌باشد. متوسط مقدار شاخص پوشش گیاهی نرمال شده از سال ۲۰۰۰ با مقدار ۰.۲۵ درصد روندی صعودی را به خود گرفت که تا سال ۲۰۲۰ ادامه داشت، به طوری که مقدار پوشش در این سال به ۰.۴۰ درصد افزایش یافت. اما در سوی دیگر، متوسط دمای سطح زمین کاملاً سیر صعودی داشته است. با توجه به نتایج، بیشترین همبستگی منفی بین پوشش زراعی و دمای سطح زمین به دست آمد که برابر با ۰.۳۶- بود. علت این همبستگی بالا را می‌توان به انبوهی و تراکم پوشش گیاهی در مناطق زراعی ربط داد. همبستگی منفی پایین بین پوشش طبیعی و دمای سطح زمین نیز حاکی از تراکم پایین پوشش گیاهی در عرصه‌های مرتعی و جنگلی است.

جدول ۲. مقادیر SPI در طول بازه زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۹

نام ایستگاه	شاخص	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
مراوه تپه	یک ماهه	۰.۲	۰.۴۶	۰.۴۹	۰.۷	۰.۹۱	۱.۲۹	۱.۳۵	۱.۰۸	۰.۸۲	۰.۴۹	۰.۳۷	۰.۱۶
	سه ماهه	۰.۶۴	۰.۵۱	۰.۳۹	۰.۵۶	۰.۷۲	۱	۱.۲	۱.۲۴	۱.۰۹	۰.۸۱	۰.۵۷	۰.۳۵
	شش ماهه	۰.۶۳	۰.۷۴	۰.۸۲	۰.۷۲	۰.۶۵	۰.۷۲	۰.۹۱	۱.۰۱	۱.۰۵	۱.۰۱	۰.۹۳	۰.۷۵
	دوازده ماهه	۰.۷۵	۰.۷۹	۰.۷۹	۰.۷۸	۰.۸۵	۱.۰۳	۱.۱۵	۱.۱۶	۱.۰۹	۰.۹۴	۰.۸۱	۰.۷۴

جدول ۳. مقادیر SPI پیشبینی شده برای بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۴۴

نام ایستگاه	شاخص	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
مراوه تپه	۱	-۰.۸۳	-۱.۱۷	-۰.۳۷	-۰.۱۳	۰.۲۶	-۰.۴۱	۰.۳۶	-۰.۹۵	-۱.۰۲	۰.۴۱	-۰.۱۳	-۱.۵۱
	۳	-۰.۶۸	-۰.۸۴	-۱.۰۹	-۰.۷۳	-۰.۱۵	-۰.۱۷	-۰.۰۱	-۰.۶۷	-۱.۱۳	-۰.۷۷	-۰.۴۱	-۰.۲۷
	۶	-۰.۸۱	-۱.۴۶	-۱.۰۴	-۰.۹	-۰.۴۲	-۰.۷۴	-۰.۵۸	-۰.۳۷	-۰.۷۱	-۰.۵۹	-۰.۵۹	-۰.۷۵
	۱۲	۰.۱۹	-۰.۱۹	-۰.۳۳	-۰.۸۹	-۰.۸۹	-۱.۰۷	-۱.۰۶	-۱.۱۱	-۰.۹	-۰.۷۴	-۰.۵۱	-۰.۸

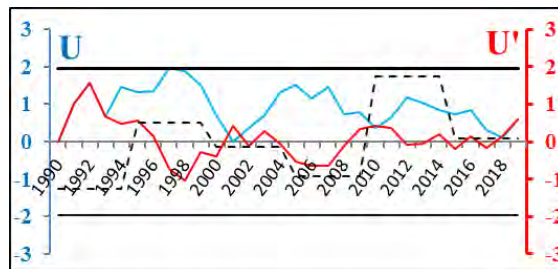
جدول ۴. معادلات انجام شده جهت برآورد تبخیر و تعرق سطح زمین

تبخیر و تعرق پتانسیل به روش تجربی ترنت وایت								
برآورد تبخیر و تعرق	a	مجموع ضریب ثابت		حذف دماهای		مجموع بارش	متوسط دما	ماه ها
		Nm	I	Im	صفر و زیر صفر			
۹۰۴۸	۲۰۵	-۰.۸۰	۹۳.۷۷	۲۰.۸	۸.۱۰	۳۰.۲۰	۸.۱۰	ژانویه
۱۲۰۴۶	۲۰۵	-۰.۸۱	۹۳.۷۷	۲۰.۵۲	۹.۲۰	۱۸.۴۰	۹.۲۰	فوریه
۲۳۰۴۹	۲۰۵	۱.۰۲	۹۳.۷۷	۳.۳۹	۱۱.۲۰	۴۰.۹۰	۱۱.۲۰	مارس
۵۷۰۵۵	۲۰۵	۱.۱۳	۹۳.۷۷	۶.۱۰	۱۶.۵۰	۴۰.۷۰	۱۶.۵۰	آوریل
۱۱۵۰۲۷	۲۰۵	۱.۲۸	۹۳.۷۷	۹.۲۹	۲۱.۸۰	۲۵.۰۰	۲۱.۸۰	مه
۱۷۶۰۱۶	۲۰۵	۱.۲۹	۹۳.۷۷	۱۲.۶۳	۲۶.۷۰	۱۶.۱۰	۲۶.۷۰	ژوئن
۲۱۴۰۹۱	۲۰۵	۱.۳۱	۹۳.۷۷	۱۴.۴۷	۲۹.۲۰	۲۱.۶۰	۲۹.۲۰	ژولای
۲۰۸۰۲۸	۲۰۵	۱.۲۱	۹۳.۷۷	۱۴.۹۹	۲۹.۹۰	۲۷.۱۰	۲۹.۹۰	اگوست
۱۳۵۰۵۶	۲۰۵	۱.۰۴	۹۳.۷۷	۱۲.۲۱	۲۶.۱۰	۳۰.۰۰	۲۶.۱۰	سپتامبر
۷۳۰۹۵	۲۰۵	-۰.۹۴	۹۳.۷۷	۸.۴۱	۲۰.۴۰	۴۰.۳۰	۲۰.۴۰	اکتبر
۲۸۰۷۳	۲۰۵	-۰.۷۹	۹۳.۷۷	۴.۷۵	۱۴.۰۰	۴۸.۹۰	۱۴.۰۰	نوامبر
۱۴۰۲۶	۲۰۵	-۰.۷۵	۹۳.۷۷	۲.۹۴	۱۰.۲۰	۳۱.۶۰	۱۰.۲۰	دسامبر
۱۰۷۰۳۱						۳۷۰.۸۰	۱۸.۶۱	مجموع

جدول ۵. مقادیر ضریب اصلاحی (Nm)

مقادیر ضریب اصلاحی (Nm) برای عرض های شمالی مختلف جغرافی در ماه های سال												
عرض	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
۰	۱.۰۴	۰.۹۴	۱.۰۴	۱.۰۱	۱.۰۴	۱.۰۱	۱.۰۴	۱.۰۴	۱.۰۱	۱.۰۴	۱.۰۱	۱.۰۴
۱۰	۱.۰۰	۰.۹۱	۱.۰۳	۱.۰۳	۱.۰۸	۱.۰۶	۱.۰۸	۱.۰۷	۱.۰۲	۱.۰۲	۰.۹۸	۰.۹۹
۲۰	۰.۹۵	۰.۹۰	۱.۰۳	۱.۰۵	۱.۱۳	۱.۱۱	۱.۱۴	۱.۱۱	۱.۰۲	۱.۰۰	۰.۹۳	۰.۹۴
۳۰	۰.۹۰	۰.۸۷	۱.۰۳	۱.۰۸	۱.۱۸	۱.۱۷	۱.۲۰	۱.۱۴	۱.۰۳	۰.۹۸	۰.۸۹	۰.۸۸
۳۵	۰.۸۷	۰.۸۵	۱.۰۳	۱.۰۹	۱.۲۱	۱.۲۱	۱.۲۳	۱.۱۶	۱.۰۳	۰.۹۷	۰.۸۶	۰.۸۵
۴۰	۰.۸۴	۰.۸۳	۱.۰۳	۱.۱۱	۱.۲۴	۱.۲۵	۱.۲۷	۱.۱۸	۱.۰۴	۰.۹۶	۰.۸۳	۰.۸۱
۴۵	۰.۸۰	۰.۸۱	۱.۰۲	۱.۱۳	۱.۲۸	۱.۲۹	۱.۳۱	۱.۲۱	۱.۰۴	۰.۹۴	۰.۷۹	۰.۷۵
۵۰	۰.۷۴	۰.۷۸	۱.۰۲	۱.۱۵	۱.۳۳	۱.۳۶	۱.۳۷	۱.۲۵	۱.۰۶	۰.۹۲	۰.۷۶	۰.۷۰

بر حسب جداول ۲ و ۳ میتوان چنین نتیجه گرفت درجات خفیف تا بسیار شدید خشکسالی دراز مدت، بسیاری از مناطق شهرستان را فرا خواهد گرفت و شدت خشکسالی و فراوانی خشکسالی در بیشتر ماه های سال که از آب و هوای خشک و نیمه خشک برخوردار است در مناطق مرکزی شهرستان بیشتر رخ خواهد داد. به عبارت دیگر، مناطق مختلف شهرستان استعداد متفاوتی نسبت به خشکسالی دارند که علت آن به دلیل کوهستانی بودن و تنوع گونه های گیاهی همچنین بالا بودن میانگین ریزش نزولات جوی می باشد.



شکل ۵. بررسی روند و نقاط جهش سری زمانی بارندگی در ایستگاه مراوه تپه

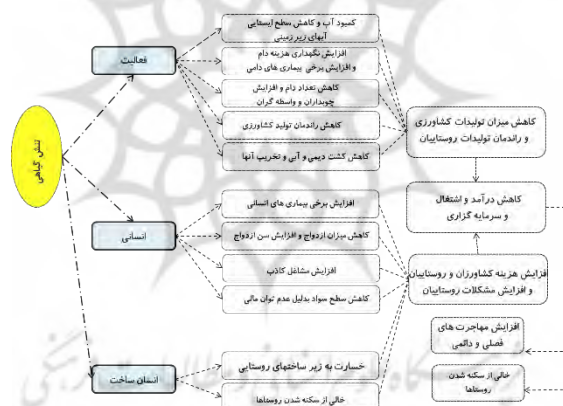
بر حسب آمار ایستگاه سینوپتیکی مراوه تپه می توان چنین نتیجه گرفت که یک جهش با حاکمیت روند منفی در پارامتر بارندگی رخ داده است به عبارتی روند کاهشی دارد. که این روند با تغییرات شیب نسبتا زیاد حاکی از کاهش میزان بارندگی در منطقه مورد نظر است. به نوعی

می‌توان نوع تغییر اقلیم نسبی را مشاهده کرد. این تغییر اقلیم نسبی در منطقه را ما با بارش نزولات جوی ناگهانی به صورت رگباری و ایجاد سیلاب در شهرستان‌های گمیشان، آق قلا و بندر ترکمن، گنبد کاووس و مراوه تپه به وضوح شاهد بوده‌ایم. در ادامه بر طبق جدول شماره --- در ایستگاه مراوه تپه بیشینه میانگین ماهانه بارندگی به ترتیب مربوط به ماه‌های مارس، فوریه، آوریل، دسامبر، نوامبر و ژانویه با مقدار ۴۹/۸ میلیمتر، ۴۵/۲ میلیمتر، ۴۳/۸ میلیمتر، ۳۷/۱ میلیمتر، ۳۵/۷ میلیمتر و ۳۴/۸ میلیمتر همچنین بیشینه میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای، آگوست، سپتامبر و آوریل با میانگین ۴۶۳/۵ میلیمتر، ۴۵۰ میلیمتر، ۳۶۵/۳ میلیمتر، ۳۶۲/۹ میلیمتر و ۲۴۱/۵ میلیمتر محاسبه شده است. این نمودار سه نوع مختلف از تغییرات را نشان دهند:

تغییرات ناگهانی: اگر محل برخورد دو منحنی $U - U'$ در داخل محدوده بحرانی ۱.۹۶ (مثبت- منفی) باشد و منحنی U از محدود بحرانی خارج شود و دوباره به داخل محدوده برگردد، تغییرات از نوع ناگهانی خواهد بود.

روند: اگر منحنی U پس از خروج از محدوده معنی داری دوباره به داخل محدوده برگردد روند معنی دار خواهد بود. به طرف مقادیر مثبت روند مثبت و به طرف مقادیر منفی روند منفی خواهد بود.

بدون تغییر: اگر دو منحنی ذکر شده در داخل محدوده بحرانی با هم برخورد کنند و از محدوده بحرانی خارج نشوند و یا هیچ تلاقی نباشد، هیچ گونه تغییر و روند معنی داری مشاهده نمی‌شود. در جمع بندی کلی آنالیز پارامترهای منطقه میتوان اذعان نمود که اقلیم منطقه روند افزایش دما و گرم شدن نسبی را سپری می‌کند. با توجه به نتایج پارامترهای مورد سنجش واقع شده میتوان نتیجه گرفت که تنش‌های گیاهی رخ داده بیشتر در ماه‌های شهریور، تیر، مرداد، اردیبهشت و مهر ماه رخ نمون کرده است. همچنین با توجه به همین موضوع می‌توان گفت که با افزایش دما از مقدار رطوبت نسبی هوا کاسته شده و بنابراین، مسلم است که با کاهش رطوبت نسبی از مقدار بارش‌ها نیز تا حدودی کاسته می‌شود، این موضوع را به وضوح در ماه‌های سرد سال می‌توان دید. همچنین با توجه به کوهستانی بودن منطقه و افزایش دما تا حدودی نوع بارش نیز تغییر خواهد کرد. به‌طور کلی در ایستگاه مورد مطالعه ۸۵ درصد روند مشاهده شد. از آنجاکه تغییر اقلیم پدیده‌ای بسیار پیچیده است و نیاز به مطالعات جامعی دارد.



شکل ۶. مدل مفهومی تاثیر تنش گیاهی مبتنی بر خشکسالی بر جوامع محلی پهنه مورد مطالعه

طی گفتگو با جوامع محلی و مطالعات اسنادی، میدانی نویسندگان به علت اجرای سیاست‌های جزء ۱ بند الف ماده ۲۷ قانون برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در این مناطق و پهنه‌های دیگر به این نتیجه رسیده‌اند که در سالهای اخیر به دلیل بروز خشکسالی بسیاری از مناطق جمعیتی دچار بحران کم آبی شده و مسلماً اثرات ناگواری را ایجاد نموده است نتایج کلی به دست آمده حاکی از آن است که خشکسالی در همه ابعاد سه گانه (اقتصادی، اجتماعی و محیطی) تأثیرات منفی عمیقی بر جوامع محلی بجا گذاشته است و مشکل اساسی زمانی رخ داده است که با توجه به این خشکسالی، نهادها و مسئولین امر به بحث اثرات این خشکسالی بر ابعاد زندگی روستائیان اقدام نکرده‌اند. شکل (۶) نشان می‌دهد که تأثیرات بهره‌برداری از گیاهان زراعی و غیر زراعی با ایجاد فرصت‌های شغلی در بعد اقتصادی زندگی جوامع محلی مؤثر است، به طوری که علاوه بر تأثیر اقتصادی که می‌تواند بخشی از هزینه‌های جوامع محلی را جابگو باشد، همچنین می‌تواند در بعد اجتماعی نیز مؤثر واقع گردد. الگوی فوق نشان می‌دهد خسارات ناشی از تنش گیاهی در منطقه می‌تواند منجر به کاهش درآمد و پس‌انداز، تغییر در ساختار شغلی مردم روستایی، افزایش تمایل به مهاجرت از روستا، کاهش مشارکت و روابط اجتماعی کاهش دام‌ها و تولیدات کشاورزی، کم شدن تنوع گیاهی و مشکلات زیست محیطی، خالی شدن روستا از جمعیت و تبعات امنیتی شود. بنابراین بر اساس این الگو می‌توان گفت که مدیریت و بررسی تنش گیاهی در بعد فضایی و رویکرد استراتژیک در ابتدا ضمن ایجاد زیرساخت‌های فنی، نهادی و خدمات در مناطق جمعیتی پهنه مورد مطالعه زمینه‌ساز جلوگیری از تنش‌های گیاهی شده که با ایجاد دانش‌های نوین در کشاورزی و آموزش و ترویج‌های لازم به کشاورزان و روستائیان منطقه و تبیین الگوهای موفق می‌تواند صورت بپذیرد.

۵. نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، می‌توان چنین نتیجه گرفت که دمای سطح زمین نسبت به دوره‌های پیشین افزایش یافته که علت آن می‌تواند تغییرات حاصل از کاربری و پوشش گیاهی یا تابش‌های جوی و همچنین آتش‌سوزی‌های رخ داده و حذف مناطق جنگلی و گسترش کاربری مسکونی و رخ داد خشکسالی دوره‌ای در منطقه و عدم ریزش‌های جوی کافی دانست. بیشتر کاربری‌های منطقه دارای کاربری کشاورزی بوده و چون برای تامین آب موجود گیاهان کاشت شده از آب‌های ذخیره شده زیرزمینی استفاده می‌شود کم کم از حجم این آب‌ها کاسته شده و سطح زمین دچار اختلال می‌شود و در نهایت باعث گرم شدن دمای سطح شهرستان مراوه تپه می‌شود. همچنین نتایج این تحقیق مشخص کرد که پارامتر پوشش گیاهی همسو و دمای سطحی زمین در جهت مخالف با تبخیر و تعرق تغییر می‌کند. به طوری که در مناطق با پوشش گیاهی خوب و متراکم و دمای سطح زمین کم، تبخیر و تعرق بیشتر از مناطق دیگر است. در جهت مخالف بودن دما با NDVI درست شبیه انتخاب پیکسل سرد و گرم می‌باشد در آن موقع نیز برای انتخاب پیکسل سرد از پیکسل‌هایی با دمای کم و NDVI زیادتر استفاده شد. بنابراین باید در انتخاب پیکسل سرد و گرم دقت بیشتری ارائه کرد که تغییر در پیکسل سرد و گرم بر نتایج مدل سبال موثر خواهد بود بخصوص به دلیل اینکه هر پیکسل تصاویر مودیس مساحتی در حدود 100 هکتار را شامل می‌شود ممکن است قسمتی از پیکسل سرد مناطق بدون پوشش گیاهی و با دمای زیاد و پیکسل گرم مناطقی با پوشش گیاهی مناسبتر را شامل شود که این سبب می‌شود تبخیر و تعرق بیشتر یا کمتر برآورد شود همچنین این تحقیق، سال‌هایی که تبخیر و تعرق و نیازآبی در مقایسه با سایر سال‌ها برای یک روز خاص بیشتر بوده و سال‌هایی که گیاهان به دلایل مختلف دچار تنش ناشی از کمبود تبخیر و تعرق شده‌اند را مشخص نمود دلایل پایین بودن دما در اراضی پوشش گیاهی منطقه می‌تواند عوامل همچون (میزان رطوبت در این اراضی بدلیل آبیاری به‌طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر است، فعالیت‌های بیولوژیکی پوشش گیاهی در این اراضی باعث دمای پائین آن شده‌اند، رفتار طیفی پوشش گیاهی در مقایسه با خاک لخت کاملاً متفاوت است) سطح خاک منطقه هر چقدر خشک باشد زودتر از یک خاک مرطوب گرم می‌شود بدلیل اینکه گرمای ویژه آب بیشتر از خاک است در ضمن باتوجه به اینکه ظرفیت نگهداری رطوبت بین عناصر خاک باهم متفاوت است بنابراین دمای خاک در سطح هر یک از آنها موثر است.

پیشنهادات:

- گسترش و بکارگیری روش‌های سنجش از دوری و مقایسه آنها با روش‌های پایه هواشناسی جهت بهبود عملکرد مطالعه خشکسالی، پوشش گیاهی و تبخیر و تعرق در مناطقی که از ایستگاه‌های سینوپتیکی بهره‌مند نیستند.
- بررسی روند تغییرات اقلیمی جهت پیشبینی طول دوره‌های خشکسالی
- بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS در پهنه بندی خشکسالی، دمای سطح زمین و پوشش گیاهی به منظور کاهش هزینه‌های ثانویه.
- آموزش و ترویج جوامع محلی در ارتباط با اثرات زیانبار خشکسالی، تغییرات پوشش گیاهی و رخداد های دمایی و کمک به بهبود عملکرد با برنامه‌ریزی دقیق و متنوع در پهنه مورد مطالعه.

۶. منابع

۱. اکبری، م؛ سیف، ز و زارع ابیانه، ح (۱۳۹۰)، برآورد میزان تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل در شرایط اقلیمی مختلف با استفاده از سنجش از دور، فصلنامه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، مهر و آبان، دوره ۲۵، شماره چهار، صص ۸۴۴-۸۳۵.
۲. اکبری، ا، ابراهیمی، م، نژادسلیمانی، ح، فیضی‌زاده، ب، (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، ۱۷۰-۱۵۱.
۳. امینی‌بازبایی، س؛ زارع‌ابیانه، ح و اکبری، م، (۱۳۹۳)، برآورد دما و شاخص پوشش گیاهی سطح زمین با استفاده از داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: استان همدان)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره سه، صص ۳۴۸-۳۳۳.
۴. جهانبخش، س، زاهدی، م و ولیزاده کامران، خ (۱۳۹۰)، محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از روش سبال و درخت تصمیم در محیط GIS RS، در بخش مرکزی منطقه مراغه، جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۶، شماره ۳۸، صص ۱۹.
۵. شایان، س، شریفی کیا، م، ناصری، ن (۱۳۹۶)، تحلیل خشکسالی رودخانه مرزی الوند با استفاده از داده‌های سنجش از دور. پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۷ (۳): ۵۵-۶۹.
۶. سواری، م، برفی‌زاده، ل، اسدی، ز (۱۴۰۰)، آثار سرمایه اجتماعی بر دستیابی به امنیت غذایی در شرایط خشکسالی نمونه پژوهش: سکونتگاه‌های روستایی شهرستان دورود. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۳۲ (۴): ۲۸-۱.
۷. علیزاده، ا (۱۳۸۵)، رابطه آب و خاک و گیاه، دانشگاه امام رضا(ع). انتشارات آستان قدس رضوی ۶ ۳۱۹-۳۲۵.
۸. علیانی، م. (۱۳۹۸). بررسی نقش عوامل طبیعی در پراکنش و استقرار سکونتگاه‌های روستایی شهرستان زنجان. مهندسی جغرافیایی سرزمین، ۵ (۵): ۴۵-۵۷.

۹. کل کار حمزبی یزد، ح، کاوه، ف، قهرمان، ب و صدقی، ح (۱۳۹۱)، بررسی روند تغییرات سری زمانی تبخیر- تعرق ماهیانه گیاه مرجع با استفاده از روش پیشنهادی فائو پنمن- مانیتیس، مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران (واحد علوم و تحقیقات)، دوره ۱۳، شماره دو، صص ۴۳۳-۴۱۷.
۱۰. ناطقی، س، گوهردوست، آ، سلیمانی ساردو، ف (۱۴۰۱)، واکاوی اثر پوشش گیاهی بر وقوع پدیده گرد و غبار (مطالعه موردی: استان هرمزگان). پژوهش های فرسایش محیطی، ۱۲ (۲): ۶۰-۴۳.
۱۱. منتظری، م، کفایت مطلق، ا. (۱۳۹۷). واکاوی میانگین بلندمدت پوشش گیاهی ایران به کمک نمایه NDVI. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۹(۳)، ۱۴-۱.

12. Bandyopadhyay A., Bhadra A., Raghuwanshi N.S, and Singh R. (2010), Temporal trends in estimates of reference evapotranspiration over India, *Journal of Hydrologic Engineering*, 14(5):508-515.
13. Brown, I., Poggio, L., Gimona, A. et al (2011). Climate change, drought risk and land capability for agriculture: implications for land use in Scotland. *Reg Environ Change* 11, 503–518.
14. Bastiaanssen, W. G. M., Noordman, E. J., Pelgrum, M. H., Davids, G., Thoreson, B. P. and R. G. Allen. (2005), SEBAL model with remotely sensed data to improve water-resources management under actual field conditions. *J of Irrig and Drain, (ASCE)*:85(1): 85-93.
15. Garbrecht J., Van Liew M., and et al. (2013), Trends in precipitation, streamflow, and evapotranspiration in the Great Plains of the United States, *Journal of Hydrological Engineering*, 9 (5):360-367.
16. Merlin, O., Jacob, F., Wigneron, J., Walker, J., Chehbouni, G. (2010), Multidimensional disaggregation of land surface temperature using high-resolution red, near-infrared, shortwave-infrared and microwave L-band. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 1-16.
17. Offer, R., Qin, Zh, Derimian, Y, and Karnieli, A, (2014), Derivation of Land Surface Temperature for Landsat-8 TIRS Using a Split Window Algorithm, *sensor*, 14(4): 5768–5780.
18. Papadavid, G., Hadjimitsis, D.G., Toullos, L., and S. Michaelides. (2013), A modified SEBAL modeling approach for estimating crop evapotranspiration in semi-arid conditions. *Water resources management*. 27(9): 3493-3506.
19. R. Orimoloye, Johannes A, Belle, Olusola O. Ololade (2021). Drought disaster monitoring using MODIS derived index for drought years: A space-based information for ecosystems and environmental conservation, *Journal of Environmental Management Volume 284*, 15 April 2021, 112028.
20. Rajeshwari A, Mani N D, (2014), Estimation of Land Surface Temperature of Dindigul District Using Landsat 8 Data, *Ijret: International Journal of Research in Engineering and Technology*, Volume: 03 Issue: 05, May-2014, Available @ <http://www.ijret.org>.
21. Steele, D., Thoreson, B., Hopkins, D., Clark, B., Tuscherer, S., and R. Gautam. (2014), Spatial mapping of evapotranspiration over Devils Lake basin with SEBAL: application to flood mitigation via irrigation of agricultural crops. *Irrigation Science*. DOI: 10.1007/s00271-014-0445-1.
22. Tabari H., Marofi S., Aeni A., Hosseinzadeh Talaeae P., and Mohammadi K. (2011), Trend analysis of reference evapotranspiration in the western half of Iran, *Agr. Forest Meteorol*, 151 (2): 128-136.
23. Tucker, C.J. and B.Y. Choudhury. (1987), Satellite remote sensing of drought conditions. *Remote Sens. Environ*. 23:243-251.
24. Liu, Q., Zhang, S., Zhang, H., Bai, Y., & Zhang, J. (2019). Monitoring drought using composite drought indices based on remote sensing. *Science of The Total Environment*, 134585.
25. Zhang, P., Zhang, J., Chen, M., (2017). Economic impacts of climate change on agriculture: The importance of additional climatic variables other than temperature and precipitation, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol 83, Pp 8- 31.
26. FAO (2013). [Drought Facts-Food and Agriculture, www.fao.org](http://www.fao.org).
27. Zhang, A., Jia, G., (2013). Monitoring meteorological drought in semiarid regions using multi-sensor microwave remote sensing data, *Remote Sensing of Environment*, Vol 134, Pp 12-23.