

Research Paper

Evaluation of Soil Salinity, Actual Evapotranspiration and Soil Moisture Using Remote Sensing (Case Study: Herat Dry Region)

Fatemeh Firoozi¹, Hossein Malakinezhad ^{2*}, Nooralah Nikpur³

1-Post-doctorate, Department of Natural resources, University of Yazd, Iran.

2-Professor, Department of Natural resources, University of Yazd, Iran.

3-Expert in Geomorphology, Faculty of Geography and Environmental Planning, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, Iran.

Received: 2020/12/19

Revised: 2021/01/21

Accepted: 2021/09/04

Use your device to scan and read the article online



DOI:

10.30495/wej.2021.26859.2286

Keywords: Vegetation index, soil salinity, soil moisture, arid and semi-arid region, actual evapotranspiration

Abstract

Introduction: Many factors are involved in agricultural development such as climatic conditions, soil moisture, evapotranspiration and etc. For their effectiveness, it is necessary to examine the key parameters. Timely and accurate monitoring of these committees with the help of satellite imagery is a necessity in this regard. Herat plain is one of the plains where soil salinity and lack of moisture has led to a critical situation of gardens and agricultural lands.

Methods: In this research, we have tried to study soil salinity, soil moisture and actual evapotranspiration using the MODIS sensor data for the four months of February, May, August and November 2017.

Findings: The first stage of vegetation survey shows 0.4 in May (growing season). While the maximum land surface temperature was recorded in August (54 ° C) and May (45.15 ° C). Then, in the next step, using the results of two indicators of vegetation and land surface temperature, the humidity of the area is investigated by TVDI. The humidity of the region was divided into five classes from zero to 0.5, which indicates the low soil moisture and dryness in the Herat plain. Finally, due to the dryness of the area and to verify the TVDI method, field soil samples were taken from different parts of Herat and especially its agricultural lands to estimate the soil salinity (EC, PH and soil moisture). The results showed that the soil moisture content of the samples at a depth of 5 cm above the ground varies between 0 and 0.3. Also, out of 12 soil samples, 6 samples have saline soils and one sample has saline-acid soils. Of course, it is also important to note that some of the agricultural lands whose soils are in the saline group are dry and left to their own devices.

Finally, the study of actual evapotranspiration with the SEBAL algorithm showed that in this region, despite the lack of moisture, actual evapotranspiration is very high, especially in the hot month of August.

Citation: Citation: Firoozi F, Malakinezhad H, Nikpur N. Evaluation of soil salinity, actual evapotranspiration and soil moisture using remote sensing (Case study: Herat dry region). Water Resources Engineering Journal. 2023; 15(55): 35-52

Corresponding author: Hossein Malakinezhad

Address: Department of Natural resources, University of Yazd, Yazd, Iran.

Tell: +98 9131563063

Email: hmalekinezhad@yazd.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Land surface indices, including land cover, land surface temperature, and humidity, are important parameters in the physical processes of atmospheric interaction and energy flows at regional and global scales. Soil surface moisture is highly variable both spatially and temporally, although direct soil moisture measurement and monitoring are accurate, but this method is relatively complex, time-consuming and costly, and is performed on a discrete and point-by-point basis. It does not help measure soil moisture on a large scale. On the other hand, knowledge of large-scale soil moisture levels with the appropriate spatial and temporal resolution is necessary to improve and predict hydrological and climate models. There are different ways to calculate soil moisture using satellite imagery. Examples include optical, micro, and radio electromagnetic sensing. Recently, a land surface drought index (temperature and vegetation drought index) has been developed based on the experimental parameter of the relationship between LST and NDVI. This indicator reflects the surface of the earth and heat, which is known as the triangular method.

Materials and Methods

To estimate the soil moisture of a region, two different remote sensing products are needed, namely the Normalized Vegetation Difference Index (NDVI) and the Land Surface Temperature (LST). Therefore, to estimate and estimate soil moisture and finally to study its temporal and spatial variations in Herat, Yazd province, two types of MODIS Satellite Products (MOD13A3) for Normalized Vegetation Difference Index (NDVI) and (MOD11A1) Was used for ground surface temperature (LST) for four months (August, February, November and May) in 2017. Then the actual moisture

content of the soil surface layer was obtained by sampling the surface of the study area and simultaneously passing the satellite through the area. Twelve points were selected from different applications and the weight values of the 5 cm layer of soil at each point were determined by direct thermal-weight method, which is an accurate method for calibrating other soil moisture measurement tools. This method is based on harvesting and drying them in the oven at 105 ° C for 24 hours. And finally, the SEBAL method was used to calculate the actual evapotranspiration.

Findings

Maps of Herat vegetation dynamics show that May has the highest vegetation month (0.4) and February (0.2) the lowest vegetation cover. Most vegetation levels are concentrated in the forests and agricultural lands and gardens in the west and north to the south of the central region. In the next step, when considering the surface temperature, the lowest surface temperature corresponded to areas with vegetation cover. The maximum surface temperature was also recorded in August and May. Then, using two layers of vegetation and ground surface temperature, the moisture content of the area was investigated by triangular method. The humidity of the region is divided into five classes from zero to 0.5, with the lowest humidity in the range (0-1) in the eastern half of the region. The spread of this floor in the warm August is more than other months. In contrast, TVDI is higher throughout the central and western part of the region, where the shadi Forest, agricultural land and orchards are located on the floor (0.4-0.5). Since Herat region has desert and semi-desert climate, soil moisture content is not more than 0.5 and this low soil moisture level is indicative. Laboratory results also confirmed the lack of moisture in the area. Then, soil salinity and acidity were

measured. Six of the 12 samples were saline and one was saline-acidic. Finally, the study of actual evapotranspiration with the SEBAL algorithm showed that in this region, despite the lack of moisture, actual evapotranspiration is very high, especially in the hot month of August.

Discussion

The results showed that soil moisture was divided into five classes from zero to 0.5, which had the lowest moisture content between (0.1), located in the eastern half of the region. The spread of this floor in the warm August is more than in other months of the year. However, TVDI is higher in the north-south-central and western part of the region, where the Happiness Forest, agricultural land, and orchards are located and are on the floor (0.4-0.5). Then, soil samples were taken from different areas of Herat city and the samples were analyzed in the laboratory. Laboratory results showed that soil moisture content at 5 cm depth was between 0 and 0.3. Examination of the salinity and acidity of the soil in the laboratory showed 12 samples, 6 saline samples, and one saline-acid sample. This reflects soil salinity in some fields of the Herat plain. It is also important, of course, that some of the agricultural lands whose soils are in the saline group have been abandoned. Finally, the calculation of evapotranspiration in the region showed that despite the lack of humidity in Herat region, the rate of evapotranspiration is high, especially in winter and spring. Finally, it can be stated that real humidity and evapotranspiration monitoring through satellite images in order to check humidity changes and evapotranspiration can be a suitable alternative to direct humidity sampling.

Conclusion

Finally, it can be stated that real humidity and evapotranspiration monitoring through

satellite images in order to check humidity changes and evapotranspiration can be a suitable alternative to direct humidity sampling.

Funding

No funding.

Authors' contributions

Design and conceptualization: Hossein Malakinezhad.

Methodology and data analysis: Fatemeh Firoozi, Nooralah Nikpur

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

ارزیابی وضعیت شوری خاک، تبخیر و تعرق واقعی و رطوبت خاک با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: منطقه خشک هرات)

فاطمه فیروزی^۱، حسین ملکی نژاد^{۲*}، نورالله نیک پور^۳

۱-دانشجوی پسا دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۲-دانشیار گروه منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۳-دکتر، ژئومورفولوژی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

چکیده

مقدمه: در توسعه کشاورزی، عوامل زیادی مانند شرایط آب و هوایی، رطوبت خاک، تبخیر و تعرق و... دخالت دارند که برای تأثیر آن‌ها لازم است به بررسی پارامترهای کلیدی پرداخته شود. پایش بهنگام و دقیق این کمیت‌ها به کمک تصاویر ماهواره‌ای یک ضرورت در این زمینه محسوب می‌شود. دشت هرات، یکی از دشتهایی است که در آن، شوری خاک و کمبود رطوبت منجر به بحرانی گردیدن وضعیت باغات و زمین‌های کشاورزی شده است.

روش: در این تحقیق سعی شده است با استفاده از داده‌های سنجنده مودیس برای چهار ماه فوریه، می، اگوست و نوامبر در سال ۲۰۱۷ به مطالعه شوری خاک، رطوبت خاک و میزان تبخیر و تعرق واقعی بررسی شود.

یافته: مرحله اول بررسی پوشش گیاهی نشان می‌دهد در ماه می (فصل رشد) ۰/۴ را نشان می‌دهد. در حالیکه حداکثر دمای سطح زمین نیز در ماه اگوست (۵۴ درجه سانتی‌گراد) و می (۴۵/۱۵ درجه سانتی‌گراد) به ثبت رسیده است، سپس در مرحله بعد با استفاده از نتایج دو شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین به بررسی رطوبت منطقه با روش مثلثی پرداخته شده است. رطوبت منطقه به پنج طبقه از صفر تا ۰/۵ تقسیم‌بندی شد، که نشان‌دهنده کم بودن رطوبت خاک و خشکی در دشت هرات می‌باشد. در نهایت به دلیل خشک بودن منطقه و برای صحت سنجی روش مثلثی، برداشت میدانی نمونه‌های خاک از نقاط مختلف شهر هرات و بخصوص زمین‌های کشاورزی آن برای برآورد میزان شوری خاک (EC, PH) و رطوبت خاک) صورت گرفت.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که میزان رطوبت خاک در عمق ۵ سانتی‌متری سطح زمین بین ۰ تا ۰/۳ متغیر می‌باشد. همچنین از ۱۲ نمونه خاک، ۶ نمونه دارای خاک شور و یک نمونه دارای خاک شوری-اسیدی می‌باشند. البته این نکته هم حائز اهمیت است که برخی از زمین‌های کشاورزی که خاک آن‌ها در گروه شور قرار گرفته است، خشک و به حال خود رها شده‌اند. در نهایت بررسی میزان تبخیر و تعرق واقعی با الگوریتم سبال نشان داد که در این منطقه با وجود کمبود رطوبت، تبخیر بخصوص در ماه گرم اگوست بسیار بالا می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۳۰

تاریخ داوری: ۱۳۹۹/۱۱/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۴

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



DOI:

10.30495/wej.2021.26859.2286

واژه‌های کلیدی:

کشاورزی، چاه آب، احساس تضاد، مدیریت تعارض.

* نویسنده مسئول: حسین ملکی نژاد

نشانی: دانشکده منابع طبیعی یزد، دانشگاه یزد، ایران.

تلفن: ۰۹۱۳۱۵۶۳۰۶۳

پست الکترونیک: hmalekinezhad@yazd.ac.ir

مقدمه

کاهش عملکرد گیاهان در اثر تنش رطوبتی که به شدت، مدت و زمان آن بستگی دارد در بسیاری از پژوهش‌ها گزارش شده و تجربه معمول کشاورزان در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (۸).

برآورد میزان رطوبت خاک یکی از جنبه‌های مهم مدیریت دقیق آبیاری محصولات می‌باشد. میزان رطوبت خاک بر چندین عامل مانند پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق و رشد محصولات تأثیر می‌گذارد (۲۶).

رطوبت سطح خاک هم از لحاظ مکانی و هم زمانی بسیار تغییرپذیر است، اگرچه اندازه‌گیری و پایش زمینی مستقیم رطوبت خاک دقیق می‌باشد اما این روش نسبتاً پیچیده، زمان‌بر و هزینه‌بر بوده و از طرفی به صورت نقطه‌ای و گسسته انجام می‌پذیرد و به اندازه‌گیری رطوبت سطح خاک در مقیاس وسیع کمک نمی‌کند (۲۷، ۳۴). از طرفی دیگر آگاهی از میزان سطح رطوبت خاک در مقیاس بزرگ با قدرت تفکیک مکانی و زمانی مناسب برای بهبود و پیش‌بینی مدل‌های هیدرولوژیک و اقلیمی لازم و ضروری است (۲۳). یکی از مهمترین کاربردهای بالقوه ارزیابی رطوبت خاک تهیه اطلاعات مربوط به تنش آبی برای تصمیم‌گیری در مورد نیاز آبی و تخمین عملکرد محصولات است (۳۰). برآورد فضایی رطوبت خاک معمولاً مبتنی بر درون‌یابی یا مدل‌سازی عوامل محیطی مانند آب و هوا، توپوگرافی، کاربری اراضی، خاک و پوشش گیاهی می‌باشد (۱۱). داده‌های سنجش از دور با تنوع فضایی و زمانی و در دسترس بودن دارای پتانسیل مناسبی در ارزیابی رطوبت خاک هستند (۲۲). روش‌های متفاوتی برای محاسبه رطوبت خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد. از آن جمله می‌توان به استفاده از ابزارهای سنجش با کمک امواج نوری (۳۱، ۳۲)، میکرو (۳۸، ۲۸) و الکترومغناطیس رادیویی (۲۸) اشاره کرد. اخیراً یک شاخص خشکی سطح زمین (شاخص خشکی دما و پوشش گیاهی) براساس پارامتر تجربی رابطه بین LST و NDVI تهیه شده است (۳۷، ۴۲). در واقع این شاخص بازتاب سطح زمین و حرارت را در اختیار دارد (۳۷). مدل مثلی یا دوزنقه‌ای (TVDI) اولین بار توسط پرایس در سال ۱۹۹۰ ارائه شد و سپس توسط سایر محققین توسعه یافت (۴، ۱۹). این روش بر پایه رابطه فیزیکی بین نمایه گیاهی و دمای سطح زمین است که به شکل یک نمودار پراکنش نقطه‌ای نمایش داده می‌شود و در آن از مفهوم فضای مثلی یا دوزنقه‌ای برای استخراج رطوبت خاک استفاده می‌شود (۴). این روش به عنوان رایج‌ترین روش سنجش از دور حرارتی شناخته شده است (۹). محققین مختلفی از ترکیب شاخص‌های گیاهی و رطوبتی مختلف و دمای سطح زمین برای ارزیابی رطوبت سطح خاک استفاده کرده‌اند. گوتز (۱۴) یک همبستگی منفی معنی‌دار بین NDVI و LST در چند مقیاس گزارش داد. این به خاطر تغییرات وسیع در پوشش گیاهی و رطوبت خاک است که نشان می‌دهد دمای سطح به سرعت با تنش آب افزایش می‌یابد. بهبهانی و همکاران (۲) با استفاده از تصاویر مودیس و با بهره‌گیری از داده‌های روزانه هواشناسی در فصل رشد (فروردین - مرداد) گیاهان مرتعی استان خراسان، در سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۳ توسط مدل‌های رگرسیون خطی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج همبستگی متوسطی را بین رطوبت خاک و NDVI هم‌زمان و تأخیری

در طول فصل رشد نشان داد. هونگ (۱۷) با تهیه یک سری زمانی ۳۱ ساله (۲۰۱۱-۱۹۸۱) از شاخص خشکی گیاه-دما (TVDI) بر اساس دو پایگاه داده‌ای سنجش از دور یعنی (NOAA/AVHRR) و (EOS/MODIS) (به بررسی روند تغییرات شدت خشکسالیهای کشاورزی در منطقه هوانگ-هوای-های چین پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که خشکسالی‌های کشاورزی در این منطقه از چین دارای یک روند کاهشی معنادار بوده که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ۵۵/۱۳ درصد از زمین‌های کشاورزی را شامل می‌شود و آغاز این روند نیز از اواخر قرن بیستم و اوایل قرن بیست و یکم شدت بیشتری به خود گرفته است. رشد و نمو پوشش گیاهی دائماً تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی قرار دارد. به طوریکه تنش‌های محیطی نیز از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد محصولات در جهان هستند (۱۰). تنش‌های محیطی به‌طورکلی حدود ۷۱ درصد، عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهند که در این میان اثر دمای بالا ۱۵ درصد، دمای پایین ۴۰ درصد، تنش خشکی ۱۷ درصد و تنش شوری ۲۰ درصد، افت عملکرد برآورد شده است (۳۵). از طرف دیگر خشکی نیز یکی از عوامل محدودکننده و تهدیدی برای تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی می‌باشد. میزان کاهش عملکرد ناشی از تنش رطوبتی به ژئو تیپ، مرحله نمو گیاه، شدت و مدت کمبود آب بستگی دارد. اما اثرات منفی این تنش در طی گلدهی، تشکیل بذر و پرشدن عملکرد بیشتر می‌باشد (۳۹). گیاهان با کاهش پارامترهای رشد، بستن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز با تنش آبی مقابله می‌نمایند (۷). که این موارد بر میزان تبخیر و تعرق گیاه نیز اثر می‌گذارد. تبخیر و تعرق که شامل تبخیر آب از سطح خاک و تعرق پوشش گیاهی می‌باشد، نشان‌دهنده یک روند اساسی از چرخه هیدرولوژیک و یک عنصر کلیدی مدیریت منابع آب، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک بشمار می‌رود (۱۲). همچنان که گفته شد تبخیر و تعرق یکی از عوامل مهم در چرخه هیدرولوژیک و ازجمله عوامل تعیین‌کننده معادلات انرژی در سطح زمین و توازن آب می‌باشد و برآورد آن در زمینه‌های مختلف مانند هیدرولوژیک، کشاورزی، مدیریت جنگل و مرتع و مدیریت منابع آب مورد نیاز است (۲۴). به طور کلی ۶۴ درصد از بارش‌ها به دلیل تبخیر و تعرق از سطح زمین از دسترس خارج می‌شود. در حقیقت تبخیر و تعرق ایجادکننده ارتباط بین المان‌های مهم کره زمین و اتمسفر محسوب می‌شود (۴۱). استان یزد به ویژه منطقه هرات آن که یکی از مناطق پسته خیز کشور است دارای ریزش‌های اندک جوی همراه با تبخیر و تعرق شدید، رطوبت نسبی بسیار ناچیز همراه با گرمای زیاد و نوسانات شدید دمایی است که این منطقه را به عنوان یکی از مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران مرکزی معرفی کرده است (۱۵). در این مطالعه قصد بر این است که با استفاده تصاویر ماهواره‌ای مودیس و مطالعه میدانی، شوری خاک، رطوبت خاک و تبخیر و تعرق طی یک دوره زمانی یک ساله، در منطقه خشک هرات مورد بررسی قرار گیرد. تا مناطق تحت تأثیر شوری و کمبود رطوبت در منطقه شناسایی و در راستای مقابله با آن برنامه‌ریزی در آینده صورت گیرد.

در مرحله پیش‌پردازش، با یک سری عملیات بر روی داده‌های خام (قبل از هرگونه پردازش بصری یا رقمی)، خطاهای رادیومتری، اتمسفری، هندسی و غیره موردتوجه قرار گرفتند. پس از انجام تصحیحات بر روی تصاویر مودیس، با استفاده از مرز منطقه محدوده مورد مطالعه کلیپ شد و سپس به بررسی رطوبت خاک و تبخیر و تعرق واقعی از منطقه پرداخته شد. که در زیر به ترتیب نحوه محاسبه هر شاخص بیان شده است:

محاسبه رطوبت خاک:

برای برآورد و تخمین رطوبت خاک یک منطقه به شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و دمای سطح زمین (LST) نیاز است. لذا در همین راستا برای برآورد و تخمین رطوبت خاک و در نهایت بررسی تغییرات زمانی و فضایی آن در دشت هرات از دو نوع تولیدات سنجنده مودیس ماهواره ترا با نام های (MOD13A3) برای شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و (MOD11A1) برای دمای سطح زمین (LST) در چهار ماه (فوریه، می، اگوست و نوامبر) سال ۲۰۱۷ استفاده شد. قدرت تفکیک فضایی این دو محصول ۱ کیلومتر و قدرت تفکیک زمانی آن‌ها به ترتیب ۳۰ روزه و ۱ روزه می‌باشد. از آنجا که باید مقیاس زمانی داده های مورد استفاده با هم تطابق داشته باشند، مقادیر روزانه دمای سطح زمین با عملیات میانگین‌گیری به مقادیر ۳۰ روزه تبدیل و سپس تمامی تصاویر برای منطقه مورد مطالعه موزائیک و با سیستم مختصات جهانی مرکاتور معکوس با استفاده از روش نمونه‌برداری نزدیک‌ترین همسایه ژئو رفرنس شدند (۱۶، ۴۰). بعد از انجام تمامی تصحیحات مورد نظر، شاخص خشکی دمایی- گیاهی (TVDI) برای منطقه مورد مطالعه محاسبه شد. اساس این شاخص بر این اصل استوار است که هر منطقه‌ای می‌تواند هم دارای بخش‌های فاقد پوشش گیاهی و هم دارای بخش‌های پوشیده از پوشش گیاهی مترکم باشد و از طرفی دیگر رطوبت خاک آن نیز می‌تواند از شرایط کاملاً خشک تا شرایط کاملاً مرطوب تغییر کند، بر این اساس نموداری ارائه شده است که بر روی آن نمودار داده های دمای سطح زمین (LST) و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) قرار داده شده اند. بر روی این نمودار، نقطه ای که این دو مقدار به همدیگر برخورد می‌کنند در نهایت شکل مثلث یا دوزنقه به خود می‌گیرند (شکل ۲) که تعیین کننده میزان رطوبت می‌باشد (۴). شاخص خشکی دمایی- گیاهی (TVDI) مقادیری بین صفر در لبه مرطوب و یک در لبه خشک دارد و به صورت زیر تعریف می‌شود (۱۸).

$$\text{TVDI} = \frac{T_s - T_{s\min}}{T_{s\max} - T_{s\min}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$T_{s\max} = \alpha + b \times \text{NDVI} \quad \text{رابطه (۲)}$$

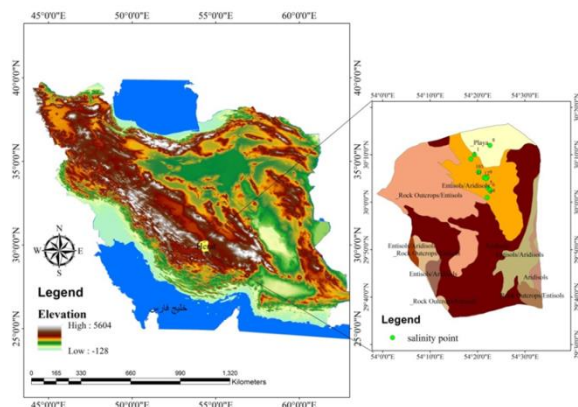
$$T_{s\min} = \alpha + b \times \text{NDVI} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که $T_{s\max}$ و $T_{s\min}$ به ترتیب کمینه و بیشینه حرارت سطح زمین زمانی که NDVI برابر یک مقدار خاص باشد را نشان می‌دهد. α و b پارامترهایی هستند که لبه خشک و α و b پارامترهایی هستند که لبه مرطوب را معرفی می‌کنند که از برازش یک خط رگرسیونی بر داده‌های دمایی و پوشش گیاهی این لبه‌ها به دست می‌آیند.

در نهایت این مطالعه دارای چند محدودیت اصلی می‌باشد. اولین محدودیت، عدم امکان برآورد دیگر پارامترهای مربوط به آزمایش خاک به علت در دسترس نبودن دستگاه‌های مورد نیاز و وجود تنها یک ایستگاه هواشناسی در محدوده مورد مطالعه می‌باشد.

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان خاتم به مرکزیت شهر هرات تنها شهرستانی در استان یزد است که هنوز هم اقتصاد آن به صورت کامل به زندگی کشاورزی و دامپروری وابسته است. وجود دشت‌های مناسب موجب گردیده است که کشاورزی منطقه، همچنان از رونق برخوردار باشد (۲۵). منطقه مورد مطالعه دارای اقلیمی بیابانی و نیمه بیابانی، آب و هوای گرم و درجه تبخیر بالا است. میانگین بارندگی سالیانه بیش از ۱۰۰ میلی‌متر و در دامنه‌های آن تا ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. از نظر عوارض زمینی کشیدگی کوه‌های زاگرس در بخش غربی شهر، قرارگیری اراضی شور وسیع در بخش شمال شرقی و وجود رودخانه‌های بوانات و خوانسار که اعظم منابع آب سطحی در حوضه آبریز منطقه هرات می‌باشند، قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و نقاط برداشت شده

روش و داده‌های مورد استفاده

پژوهش حاضر از نظر روش به دو مرحله تقسیم می‌شود. که مرحله اول با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و مرحله دوم بازدید میدانی از منطقه می‌باشد.

در این مطالعه برای بررسی میزان رطوبت خاک و تبخیر و تعرق واقعی دشت هرات از داده‌های ماهواره‌ای مودیس استفاده شده است. برای این کار از تصاویر ماهواره‌ی مودیس سنجنده ترا (تصاویر فوریه، می، اگوست و اکتبر سال ۲۰۱۷) استفاده شده است. بعد از اخذ داده‌های موردنظر از سایت (<https://earthexplorer.usgs.gov>) و تشکیل بانک اطلاعاتی، مراحل تصحیحات و تجزیه و تحلیل با کمک نرم‌افزارهای GIS و ENVI بر روی آن‌ها اعمال شد.

بحث و نتایج

نتایج نقشه های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین

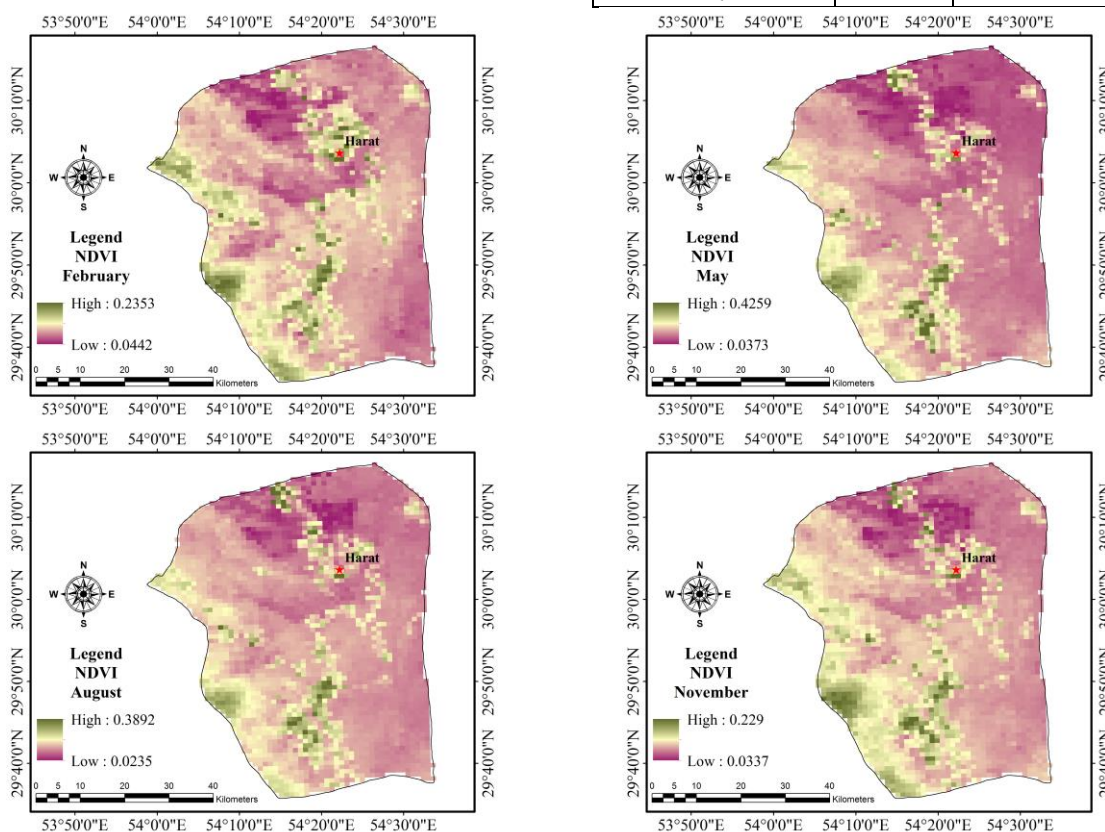
نقشه های پویایی پوشش گیاهی دشت هرات (شکل ۴) به روشنی تغییرات درون سالانه پوشش گیاهی را به تصویر کشیده است. بیشترین سطح پوشش گیاهی در جنگل، زمین های کشاورزی و باغات در غرب و ناحیه مرکزی منطقه تمرکز یافته اند. ماه می دارای حداکثر پوشش گیاهی (۰/۴) و ماه فوریه کمترین میزان پوشش گیاهی (۰/۲) را به خود اختصاص داده است.

در مرحله بعد بررسی دمای سطح زمین نشان داد، حداکثر دمای سطح زمین در مناطق بایر و لخت، مناطق شهری و پلایا متمرکز شده است و کمترین دمای سطح زمین با مناطقی دارای پوشش گیاهی، منطبق بوده است. حداکثر دمای سطح زمین در ماه اگوست (۵۴) درجه سانتی گراد) و می (۴۵/۱۵) درجه سانتی گراد) و کمترین میزان دمای سطح زمین در ماه فوریه (۲۸/۸۵) درجه سانتی گراد) به ثبت رسیده است (شکل ۵).

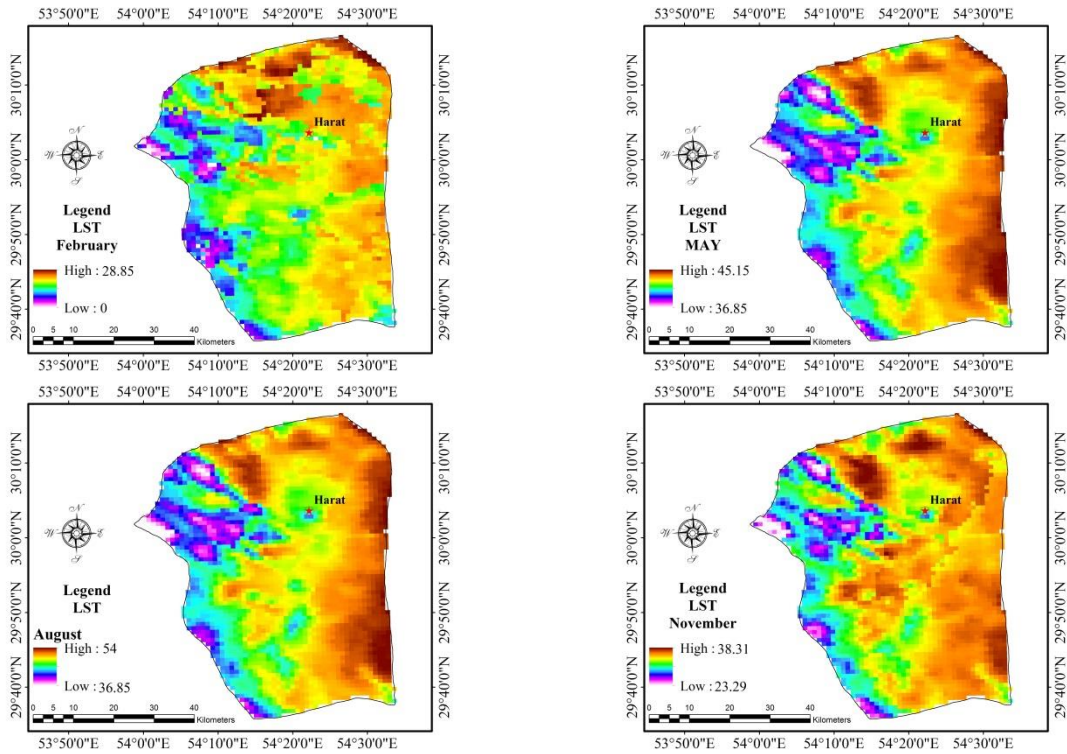
با استفاده از روش وزنی مبتنی بر برداشت خاک و خشک کردن خاک درون آون ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت به بررسی رطوبت خاک پرداخته شد (۶) و در نهایت با استفاده از روش عصاره گیری به بررسی میزان شوری خاک نمونه ها پرداخته شد. خاکهای متأثر از نمک به صورت زیر طبقه بندی شدند (جدول ۱).

جدول شماره ۱- تقسیم بندی خاک ها بر اساس هدایت الکتریکی (EC) آنها (۱).

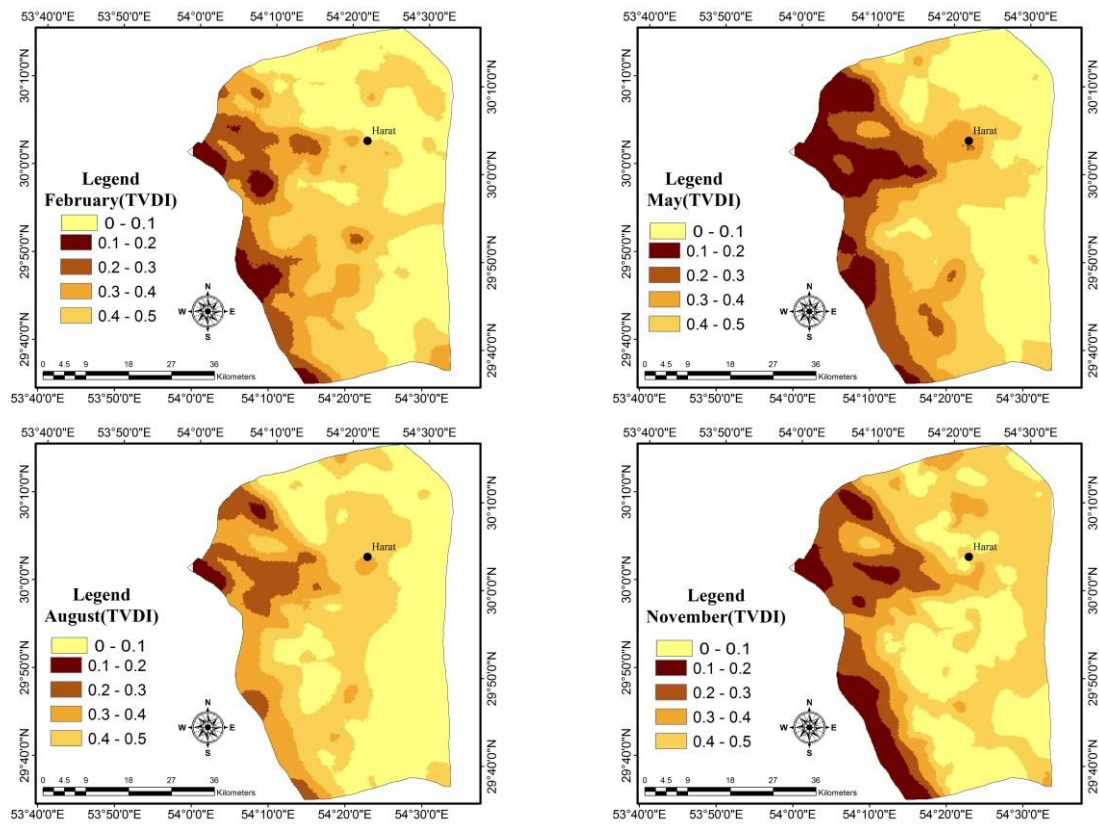
هدایت الکتریکی عصاره خاک بر حساب ds/m^{-1}	نوع خاک	واکنش گیاهان
کمتر از ۴	غیر شور	قابل رویش برای اکثر گیاهان
۴ - ۸	شوری کم	کاهش محصول گیاهان حساس به شوری
۸ - ۱۶	شوری متوسط	کاهش زیاد محصول اکثر گیاهان
۱۶ - ۳۲	شوری زیاد	فقط گیاهان مقاوم به شوری رشد نرمال دارند
بیشتر از ۳۲	شوری خیلی زیاد	اغلب گیاهان مزوفیت در این شوری کاهش محصول دارند



شکل ۴- نقشه پوشش گیاهی (NDVI) منطقه مورد مطالعه.



شکل ۵- نقشه دمای سطح زمین (به درجه سانتی گراد) منطقه مورد مطالعه.



شکل ۶- نقشه رطوبت خاک با استفاده از روش TVDI.

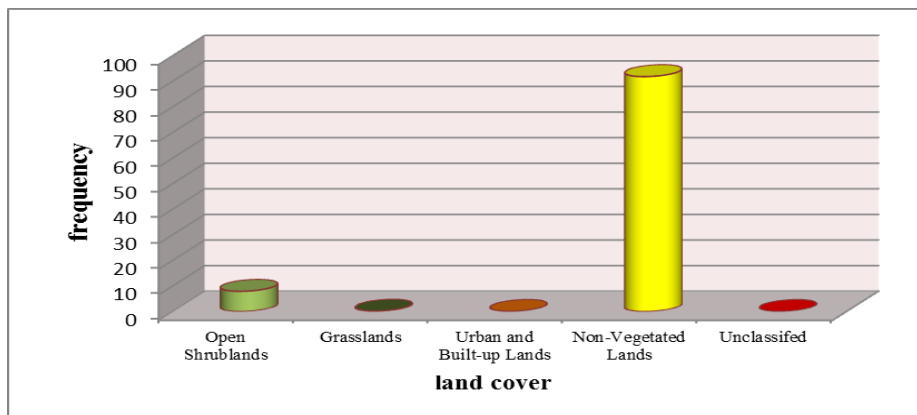
بیابانی است، میزان رطوبت خاک بیشتر از ۰/۵ مشاهده نشد و این میزان رطوبت گویای خشکی منطقه می‌باشد.

همچنین در شکل (۷) با استفاده از لایه کاربری اراضی مودیس درصد کاربری‌های مختلف استخراج شد، ۸۵ درصد زمین‌های بایر، ۱۳ درصد shrub land و یک درصد چمنزارها دشت هرات را پوشش می‌دهد.

در نهایت به دلیل خشک بودن منطقه و برای صحت‌سنجی روش مثلثی، برداشت میدانی نمونه‌های خاک از کاربری‌های مختلف دشت هرات (زمین‌های کشاورزی، باغات، پلایا و ...) آن صورت گرفت.

رطوبت خاک با استفاده از روش (TVDI)

سپس با استفاده از دو لایه پوشش گیاهی و دمای سطح زمین به بررسی رطوبت منطقه با روش مثلثی پرداخته شد. با توجه به شکل (۶) رطوبت منطقه به پنج طبقه از صفر تا ۰/۵ تقسیم بندی شد که کمترین میزان رطوبت در محدوده بین (۰-۰/۱) در نیمه شرقی منطقه واقع شده است. در ماه آگوست گسترش بیشتری نسبت به ماه‌های دیگر داشته است. میزان رطوبت خاک در سراسر قسمت مرکزی و غرب منطقه به دلیل گسترش زمین‌های کشاورزی و باغات میزان (۰/۴-۰/۵) را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه منطقه هرات دارای اقلیمی بیابانی و نیمه

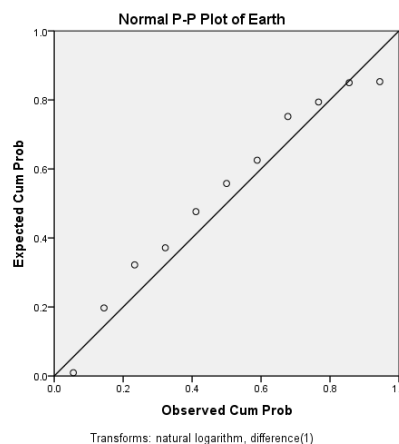
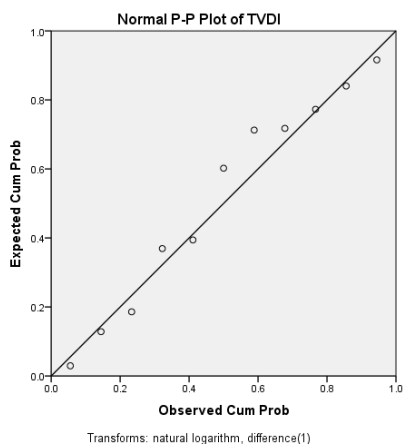


شکل ۷- نمودار کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه.

رطوبت همین نقاط از نقشه TVDI نیز استخراج و مقایسه شد. برای پردازش داده‌ها ابتدا با استفاده از روش pp plot توزیع نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۸). در پایان رابطه رگرسیونی برای نقاط نیز محاسبه گردیده است (شکل ۹). رابطه رگرسیونی یک رابطه صد در صدی نیست اما می‌توان بیان کرد که با احتمال قابل قبولی می‌توان پیش بینی رطوبت سطح خاک از روی روش مثلثی با روش آماری رگرسیون خطی انجام داد.

بررسی نمونه‌های خاک برداشت شده در آزمایشگاه

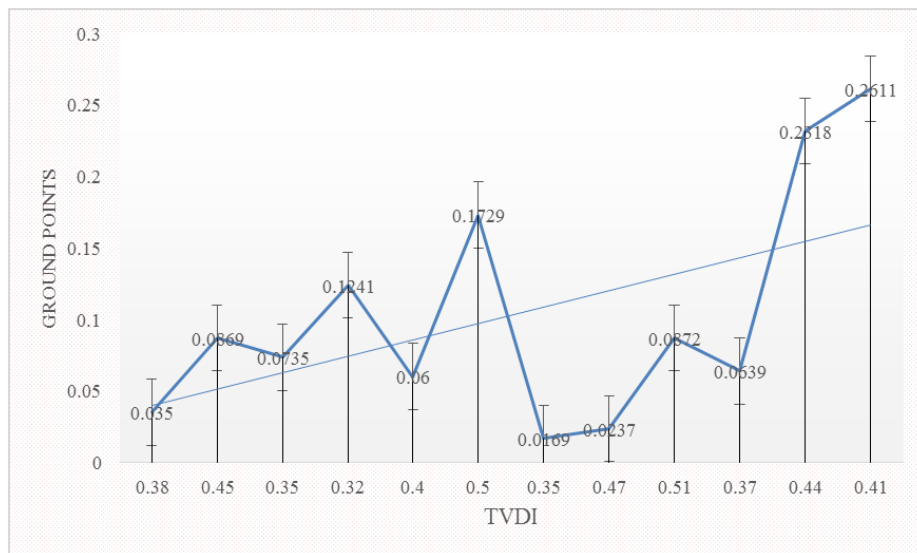
نتایج آزمایشگاه نشان داد که میزان رطوبت خاک نمونه‌ها در عمق ۵ سانتی متری سطح زمین بین ۰ تا ۰/۳ متغیر بوده است. این نتیجه نشان می‌دهد گیاه در شرایط کمبود رطوبت به تولید ریشه روی آورده و بیشتر فعالیت زیستی خود را صرف تجمع ماده خشک در ریشه به جای اندام هوایی کرده است (۲۹). با توجه به اینکه نمونه‌های خاک از باغات، زمین‌های کشاورزی، پلایا و زمین بایر گرفته شده است، میزان



شکل ۸- نمودار PP PLOT رطوبت خاک (سطح زمین و TVDI).

جدول ۲- رابطه رگرسیون رطوبت خاک سطح زمین و TVDI.

شماره نقاط برداشت شده	TVDI(x)	نتایج آزمایشگاهی رطوبت
۱	۰/۳۸	۰/۰۳۵
۲	۰/۴۵	۰/۰۸۶
۳	۰/۳۵	۰/۰۷۳
۴	۰/۳۲	۰/۱۲
۵	۰/۴	۰/۰۶
۶	۰/۵	۰/۲
۷	۰/۳۵	۰/۰۲
۸	۰/۴۷	۰/۰۲۳
۹	۰/۵۱	۰/۰۸۷
۱۰	۰/۳۷	۰/۰۶۳
۱۱	۰/۴۴	۰/۲۳
۱۲	۰/۴۱	۰/۲۶

$$Y = 0.0114x + 0.0287$$


شکل ۹- نتایج مربوط به اندازه گیری رطوبت خاک به روش وزنی و مثلثی.

بودن محتوی رطوبت خاک در زمین‌های شور می‌تواند به رشد کمتر گیاه، کمتر بودن تبخیر و تعرق و همچنین تخریب ساختمان خاک در این مزارع منجر شود (۳۲). با توجه به اینکه پسته محصول عمده‌ی هرات می‌باشد و به شوری آب، خاک و خشکی مقاومت نسبی دارد، به عنوان مناسب‌ترین محصول باغی برای مناطق خشک توصیه شده است. اما به دلیل وجود خاک‌های شور و آب آبیاری با کیفیت نامناسب در مناطق پسته کاری، مشکلات تغذیه‌ای فراوانی به وجود آمده که باعث کاهش تولید پسته در این شرایط شده است (۳۶).

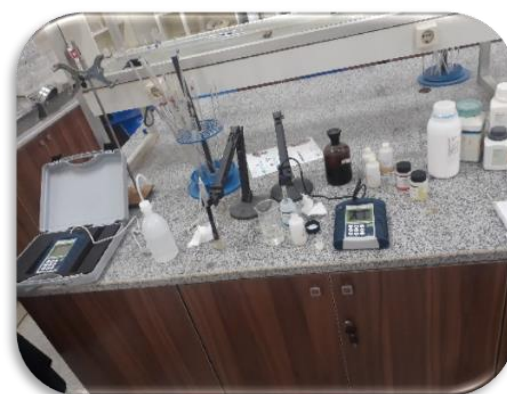
با توجه به اینکه شوری و اسیدی بودن خاک نیز از طریق کاهش پتانسیل اسمزی، باعث ایجاد اختلال در رشد و عملکرد گیاه می‌شود. در گام بعدی به بررسی میزان شوری خاک پرداخته شد. در این قسمت با استفاده از دستگاه عصاره‌گیری، عصاره تمام نمونه‌های خاک گرفته شد و سپس میزان شوری و اسیدی بودن خاک مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. طبق نظر براون و همکاران (۳) با کم شدن رطوبت خاک، غلظت نمک بین خاک و گیاه (تنش شوری) افزایش پیدا می‌کند و وقتی این دو تنش به طور همزمان افزایش پیدا کنند، اثر منفی یکدیگر را تقویت می‌کنند. از ۱۲ نمونه برداشت شده ۶ نمونه دارای خاک شور و یک نمونه شوری-اسیدی بوده است. این موضوع شوری خاک در برخی مزارع دشت هرات را نشان می‌دهد (جدول ۳) و از طرف دیگر بیشتر

جدول ۳- اطلاعات مربوط به نمونه های خاک و میزان EC و PH.

نقاط	EC (dSm ⁻¹)	PH	Soil type
۱	۱۱۷/۵	۸/۳۴	خاک شور
۲	۱۱۵	۸/۲۳	خاک شور
۳	۵/۷	۶/۹۶	خاک شور
۴	۲/۹	۸/۰۵	خاک غیرشور
۵	۲/۸	۷/۸۶	خاک غیرشور
۶	۱/۶	۸/۱۷	خاک غیرشور
۷	۷/۵	۷/۹۸	خاک شور
۸	۰/۵۵	۸/۲۳	خاک غیرشور
۹	۵/۸	۸/۰۴	خاک شور و اسیدی
۱۰	۳۴/۹	۸/۰۸	خاک شور
۱۱	۸/۵	۷/۹۸	خاک شور
۱۲	۲/۴	۷/۱۲	خاک غیرشور



دستگاه عصاره گیر.



تصویری از دستگاه PH و EC سنج.



شکل ۱۰- آماده سازی نمونه های برداشت شده از منطقه مورد مطالعه.

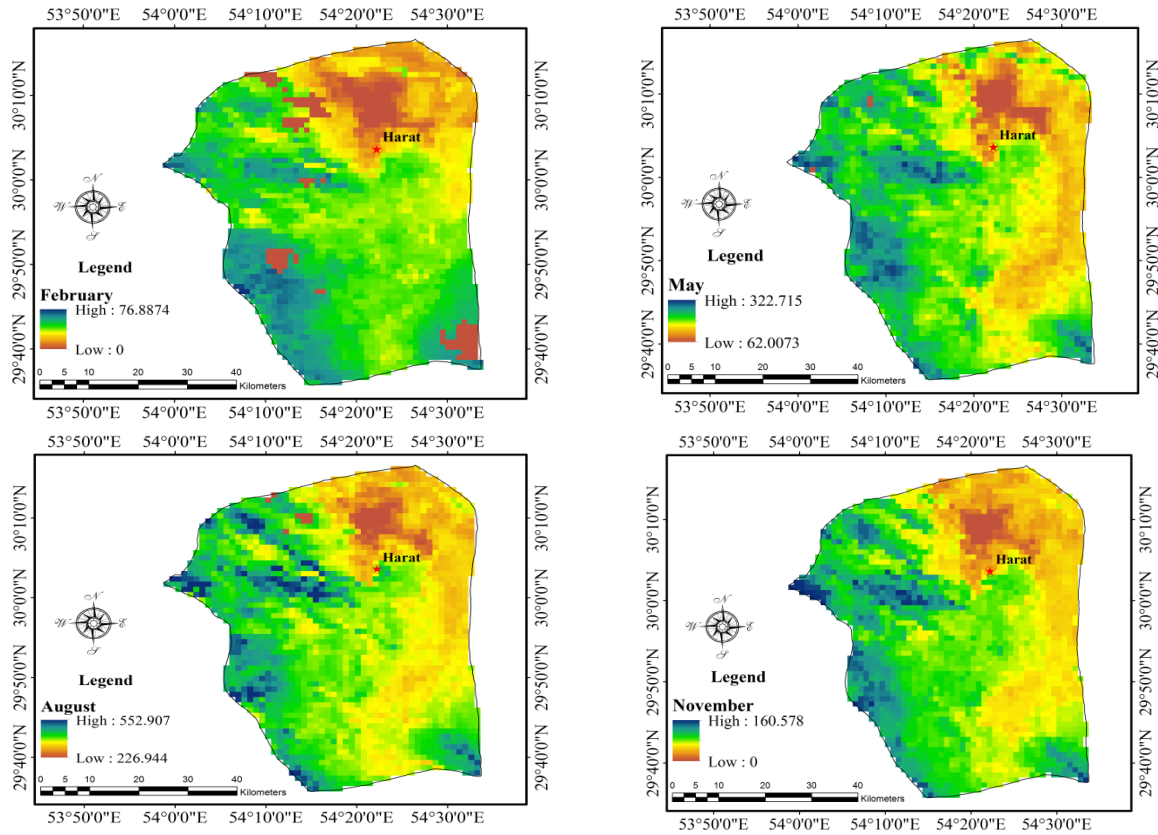
کاربری اراضی، نوع محصول و تاریخ شروع رشد و پایان فصل رشد می‌باشد. تغییرات زمانی تبخیر و تعرق به علت تغییرات دمای هوا و میزان تراکم پوشش گیاهی می‌باشد. همان طور که در نقشه‌های شکل (۱۱) قابل مشاهده است با نزدیک شدن به فصل بهار و تابستان به دلیل افزایش دما میزان تبخیر و تعرق بیشتر می‌شود. در ناحیه غربی و

خروجی تبخیر و تعرق با الگوریتم سبال

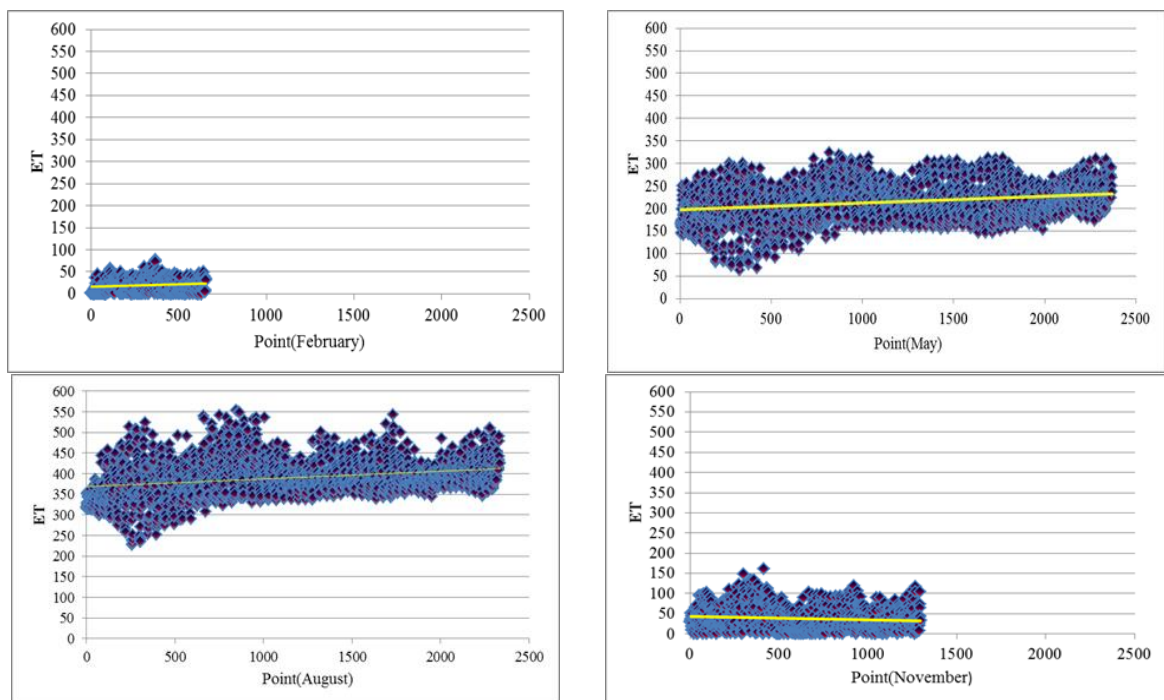
نتایج تبخیر و تعرق به دست آمده با استفاده از روش سبال مستخرج از تصاویر مودیس در تاریخ‌های مورد نظر در شکل (۱۱) ارائه شده است. نقشه‌های تهیه شده تغییرات زمانی و مکانی تبخیر و تعرق واقعی برآورد شده داخل منطقه را نشان می‌دهد. تغییرات مکانی به علت تنوع در

تبخیر و تعرق در ماه گرم اگوست ۵۵۲ میلی متر می‌باشد و حداقل میزان تبخیر و تعرق در ماه فوریه ۷۶ میلی متر بوده است.

شمال به جنوب منطقه مورد مطالعه به دلیل وجود باغات پسته، زمین‌های کشاورزی و جنگل که دارای شاخص گیاهی بالاتری هستند، تبخیر و تعرق در این نواحی متوسط رو به بالا می‌باشد. حداکثر میزان



شکل ۱۱- نقشه های تبخیر و تعرق با استفاده از الگوریتم سبال.



شکل (۱۲): نمودار پیکسلی داده تبخیر و تعرق واقعی با استفاده از روش سبال.

شوری خاک در برخی مزارع دشت هرات می‌باشد. البته این نکته هم حائز اهمیت است که برخی از زمین‌های کشاورزی که خاک آن‌ها در گروه شور قرار گرفته است، خشک و به حال خود رها شده‌اند. این موضوع نیز به افزایش زمین‌های بایر و غیر قابل استفاده در منطقه دلالت دارد که نیازمند مدیریت بیش از پیش در کاهش و جلوگیری از افزایش شوری خاک در مزارع می‌باشد. در نهایت محاسبه تبخیر و تعرق منطقه نشان داد با وجود کمبود رطوبت در منطقه هرات میزان تبخیر و تعرق بخصوص در فصل زمستان و بهار بالا می‌باشد. در نهایت می‌توان اظهار داشت پایش رطوبت و تبخیر و تعرق واقعی از طریق تصاویر ماهواره‌ای به منظور بررسی تغییرات رطوبتی و تبخیر و تعرق می‌تواند، جایگزین مناسبی برای نمونه برداری مستقیم رطوبت باشد.

حامی مالی

هزینه تحقیق حاضر توسط نویسندگان مقاله تامین شده است.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی: حسین ملکی نژاد؛ روش‌شناسی و تحلیل داده‌ها: فاطمه فیروزی و نورالله نیک پور

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

References

1. Alvipanah, S.K. 2013. Application of remote sensing in earth sciences (soil sciences). Tehran University Press. [In Persian].
2. Behbahani, S. M. R., Noroozi Aghdam, E., Rahimi Khoob, A., Aghighi, H. 2010. Assessing Surface Soil Moisture in Arid and Semiarid Rangelands Using NDVI and Meteorological Parameters. Iran Water Resources Research, 5:39-47.(Persian)
3. Brown, C.E., Pezeshki, S.R., DeLaune, R.D. 2006. The effects of salinity and soil drying on nutrient uptake and growth of *Spartina alterniflora* in a simulated tidal system. Environmental and Experimental Botany, 58: 140-148.
4. Carlson, T. N., Gillies, R. R., Perry, E. M. 1994. A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI

برای قابل درک بودن بیشتر تصاویر آن‌ها به صورت نمودار نمایش داده شد. نمودارها میزان پراکنش و روند تبخیر و تعرق را در هر ماه نشان می‌دهد. که بیشترین میزان تراکم نقاط در دو ماه آگوست و می بوده و در ماه فوریه کمترین تراکم را داشته است که دلیل آن به حداقل رسیدن سبزیگی در دشت هرات، تغییر زاویه خورشید و کاهش دمای هوا بوده است (شکل ۱۲).

نتیجه گیری

با توجه به اینکه بخش وسیعی از کشور ایران را مناطق خشک و نیمه خشک در بر گرفته است. به علت تبخیر فراوان و بارندگی کم، روز به روز رطوبت خاک این مناطق کاهش یافته و به شوری خاک افزوده می‌شود و چه بسا اکثر زمین‌های قابل کشت، بر اثر تجمع بیش از حد نمک غیرقابل استفاده می‌شوند. به دلیل اهمیت این موضوع بخصوص در مناطق خشک و بیابانی، به بررسی رطوبت و شوری خاک در دشت هرات پرداخته شد. نتایج نشان داد که رطوبت خاک به پنج طبقه از صفر تا ۰/۵ تقسیم بندی شده است که کمترین میزان رطوبت بین (۰-۰/۱) می‌باشد در نیمه شرقی منطقه واقع شده است. میزان رطوبت خاک در قسمت مرکز و غرب منطقه که جنگل، زمین‌های کشاورزی و باغات در طبقه (۰/۴-۰/۵) می‌باشد. مرحله بعد نمونه‌ها در آزمایشگاه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج آزمایشگاه نشان داد که میزان رطوبت خاک در عمق ۵ سانتی‌متری بین ۰ تا ۰/۳ بوده است. میزان رطوبت نمونه‌های خاک برداشت شده از باغات، زمین‌های کشاورزی، پلایا و زمین بایر، با میزان رطوبت همین نقاط در نقشه TVDI نیز با هم مقایسه گردید، که رابطه نرمال را نشان دادند. بررسی شوری و اسیدی بودن خاک در آزمایشگاه از ۱۲ نمونه برداشت شده، ۶ نمونه خاک شور و یک نمونه شوری-اسیدی را نشان می‌دهد. این موضوع بیان‌کننده

measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover. Remote sensing reviews, 9:161-173.

5. Carlson, T.N., Gillies, R.R., Schmugge, T.J. 1995. An Interpretation of Methodologies for Indirect Measurement of Soil-Water Content. Agricultural and Forest Meteorology, 77: 191-205.
6. Dadrasi Sabzevar, A. M., Akhondali, F., Radmanesh, A., Noorozi, A. A. 2017. Estimation of spatial distribution of soil surface moisture in arid and semi-arid regions using remote sensing data. Iranian Journal of Range and Desert Research, 24: 370-382.
7. Fabriiki Orang, S., Mehrabad Pourbanab S. 2017. Evaluation of changes in physiological and biochemical traits in ancestral and evolutionary wheat

- species under water stress. *Environmental tensions in agricultural sciences*, 4(2): 802-791. [In Persian].
8. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 185-212.
 9. Foroughi, H., Naseri, A.A., Boroomandnasab, S., Hamzeh, S., Scott, B.J. 2018. Presenting a New Method for Soil-moisture Estimation Using Optical Remotely-sensed Imagery. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 50: 641-652. (Persian)
 10. Franklin, P. R., Gardner, B., Mitchell, R. L. (2010). *Physiology of crop plants*. Scientific Press. 336pp.
 11. Friedl, M.A., Davis, F.W. 1994. Sources of variation in radiometric surface temperature over a tall grass prairie. *Remote Sensing of Environment*, 48: 1-17.
 12. GAO, Y., Long, D., Li, Z. 2008. Estimation of daily evapotranspiration from remotely sensed data under complex terrain over the upper Chao river basin in north China. *International Journal of Remote Sensing*, 11(1): 3295-3315.
 13. Ghassemi, F., Jakeman, A.J., Nix, H.A. 1995. Salinisation Of land and water resource. *Australia*, 1:28-35.
 14. Goetz, S. J. 1997. Multi-sensor analysis of NDVI, surface tempera and biophysical variables at a mixed grassland site. *International Journal of Remote Sensing*, 18: 71-94.
 15. Habibipour, A. 2011. Predicted drought in Yazd synoptic stations using the decision tree mode. Master's thesis, Yazd University.
 16. Hao, F., Zhang, X., Ouyang, W., Skidmore, A. K., Toxopeus, A. G. 2012. Vegetation NDVI Linked to Temperature in the Upper Catchments of Yellow River. *Environmental Modeling & Assessment*, 17: 389-398.
 17. Huang, Y., Tian, Q., Du, L., Sun, S. 2013. Analysis of Spatial-Temporal Variation of Agricultural Drought and Its Response to ENSO over the Past 30 Years in the Huang-Huai-Hai Region. *China Terr Atmos Ocean Sci*, 24: 745-759.
 18. Lalehzari, E., Abaspour, A. R. 2017. An Assessment of the Role of Large Reservoir Dams on Local Climate using Remote Sensing Techniques (Case Study: Baft Reservoir Dam). *GEJ*, 8: 35-43.
 19. Lambin, E.G., Ehrlich, D. 1996. The Surface Temperature-vegetation Index Space for Land Cover and Land-cover Change Analysis. *Int. J. Remote Sensing*, 17: 463-487.
 20. Lingtong, D., Song, N., Liu, K., Hou, J., Hu, Y., Zhu, Y., Wang, L., Guo, Y. 2017. Comparison of Two Simulation Methods of the Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) for Drought Monitoring in Semi-Arid Regions of China. *Remote sensing*, 9: 2-19.
 21. Mattia, F., Satalino, G., Pauwels, V.R.N., Loew, A. 2008. Soil moisture retrieval through a merging of multi-temporal L-band SAR data and hydrologic modeling. *Hydrology and Earth System Sciences*, 5:3479-3515.
 22. McVicar, T.R., Jupp, D.L.B. 1998. The current and potential operational use of remote sensing to aid decisions on drought exceptional circumstances in Australia: a review. *Agricultural System*, 57: 399-468.
 23. Metternicht, G. I., Zinck, J. A. 1996. Modeling salining-alkalinity classes for mapping salt-affected topsoils in the semi-arid valleys of Cochabama (Bolivia). *ITC Journal*, 1: 125-135.
 24. Mir Yaqubzadeh, M.H., Soleimani, K., Habib Nejadroshen, M., Shahidi, K., Abbaspour, K., Akhwan, S. 2013. Determining and evaluating actual evapotranspiration using remote sensing data; A case study of Tamr watershed, Golestan. *Irrigation and Water Engineering of Iran*, 15(1): 89-102. [In Persian].
 25. Moghimi, H., Zare Abadi Iqbal, M. 2014. Qualitative zoning of Herat aquifer (Yazd province) for agricultural uses using GIS First National Conference on Application of Advanced Spatial Analysis Models (Remote Sensing and GIS) in Land

- Preparation. Islamic Azad University of Yazd Iran, (Persian)
26. Mohamed, E.S., Abdelraouf Ali, M., Shirbeny, E.L., Abutaleb, K., Sameh, M. 2019. Mapping soil moisture and their correlation with crop pattern using remotely sensed data in arid region. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, doi.org/10.1016/j.ejrs.2019.04.003.
 27. Moran, M. S., Hymer, D. C., Qi, J., Sano, E. E. 2000. Soil moisture evaluation using multi-temporal synthetic aperture radar (SAR) in semiarid rangeland. Agricultural and Forest meteorology, 105:69-80.
 28. Moran, M.S., Peters-Lidard, C.D., Watts J.M., McElroy, S. 2004. Estimating soil moisture at the watershed scale with satellite-based radar and land surface models Can. Journal Remote Sens, 30: 805-826.
 29. Nowroozi, M., Tabatabaei, S. H., Nouri, R. 2018. Water use efficiency of wheat under simultaneous water and salinity stress conditions by using date palm leaves biochar. Soil and Water Sciences, 7: 20-36. (Persian)
 30. Penuelas, J., Filella, I., Biel, C., Serrano, L., Save, R. 1993. The reflectance at the 950-970mm region as an indicator of plant water status. International Journal of Remote Sensing, 14:1887-1905.
 31. Peters, A.J., Rundquist, D.C., Wilhite, D.A. 1991. Satellite detection of the geographic core of the 1988 Nebraska drought. Agricultural and Forest Meteorology, 57: 1-3.
 32. Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., Kazemeini, S. A., Dehghany, F. 2017. Effect of Irrigation Water Salinity on Soil Moisture and Salinity during Growing Season, Barley Yield and Its Water Productivity. Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences), 31:155-167. (Persian)
 33. Price, J.C. 1990. Using Spatial Context in Satellite Data to Infer Regional Scale Evapotranspiration. IEEE Transactions on Geoscience and Remote, 28: 940-948.
 34. Rahimzadeh-Bajgiran, P., Berg, A. A., Champagne, C., Omasa, K. 2013. Estimation of soil moisture using optical/thermal infrared remote sensing in the Canadian Prairies. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 83:94-103.
 35. Ranjbar Gholam, H., Pirste Anoushe, H. 2014. A look at salinity research in Iran with an emphasis on improving crop production. Journal of Agricultural Sciences of Iran, 17 (2):178-165 [In Persian].
 36. Ruiz, D., Martínez, V., Cerdá, A. 1997. Citrus response to salinity: Growth and nutrient uptake. Tree Physio, 17: 141-150.
 37. Sandholt, I., Rasmussen, K., Andersen, J. 2002. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. Remote Sensing of Environment, 79: 213-224.
 38. Scheftic, W. D., Cummins, K. L., Krider, E. P., Sternberg, B. K., Goodrich, D., Moran, S., Scott, R. 2008. Wide-area soil moisture estimation using the propagation of lightning generated low-frequency electromagnetic signals. 20th international lightning detection conference, 140-148.
 39. Spaeth, S.c., Randau, H.c., Sinclair, T.R., Vendeland, J.S. 1984. Stability of soybean harvest index. Agron Journal, 79:482-486.
 40. Stefanov, W. L., Netzband, M. 2005. Assessment of ASTER land cover and NDVI data at multiple scales for ecological characterization of an arid urban center. Remote Sensing of Environment, 99: 31-43.
 41. Su, H., Wood, E.F., Wojcik, R., McCabe, M. 2006. Sensitivity Analysis of Regional Scale Evapotranspiration Predictions to the Forcing Data. American Geophysical Union, Fall Meeting 2007, abstract #H31A-02.
 42. Tang, H., Li, Z. L. 2013. Quantitative Remote Sensing in Thermal Infrared: Theory and Applications. Springer Science & Business Media, 1:1-10.
 43. Wan, Z., Wang, P., Li, X. 2004. Using MODIS land surface temperature and normalized difference vegetation index products for monitoring drought in the

- southern Great Plains, USA. International Journal of Remote Sensing, 25: 61-72.
44. Wang, X., Xie, H., Guan, H., Zhou, X. 2007. Different responses of MODIS-derived NDVI to root-zone soil moisture in semi-arid and humid regions. Journal of Hydrology, 340:12 24.
45. Sanaei-Neja, S.H., Noori, S., Hashemi nia, M. 2011. Estimation of Evapotranspiration Using Satellite Image Data in Mashhad area. Journal water and soil, 25 (3): 540-547 [In Persian]

