



جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۴۰۳، دوره ۷، شماره ۲، صص ۱۹۲-۱۷۹

بررسی ارتباط بین عوامل ژئومورفیک با رطوبت خاک در حوضه آبریز سفارود، استان گیلان

طیبه بابایی اولم*

۱. دانشجوی دکتری، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی، اردبیل، ایران.

Tayebe.babae.13665@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۱

چکیده

رطوبت خاک یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد گیاهان و سایر موجودات زنده است. هدف از این کار تحقیقی بررسی نقش عوامل دخیل در میزان رطوبت خاک حوضه آبخیز سفارود است. بدین سبب در محیط برنامه نویسی گوگل ارث انجین با فراخوانی داده‌های ماهواره‌ای، نقشه‌های کاربری اراضی برای ۴ کلاس اصلی حوضه مذکور ترسیم گشت سپس وضعیت پوشش گیاهی (NDVI)، میانگین دما، تبخیر و بارش بررسی و در نهایت نقشه رطوبت خاک ترسیم شد. نتایج نشان داد نیمه شرقی حوضه مذکور شرایط متفاوتی نسبت به غرب آن داشته بدین ترتیب که در نیمه شرق حوضه مورد مطالعه عمده مناطق را نواحی جنگلی با ۲۳۹ کیلومترمربع پوشش داده و به سمت غرب حوضه از تراکم آن کاسته شده است این وضعیت برای پوشش گیاهی نیز صادق بود و بیشینه تنوع پوشش گیاهی در نیمه شرقی حوضه و نواحی مرکزی آن به میزان ۰/۵۵ مشاهده شد. وضعیت میانگین دما نشان داد قسمت شرقی حوضه مورد مطالعه از بیشینه دمایی با ۱۲/۰۴ درجه سانتی‌گراد برخوردار بوده و به سمت غرب حوضه از میزان دما کاسته شده است. تبخیر شدید از سطح گیاهان در شرق حوضه به علت دمای زیاد و پوشش گیاهی انبوه وضعیت تبخیر آب در این مناطق را به بیشینه خود رسانده و با افزایش بخار آب و پیوستن آن به ابر تغییرات بارش نیز تا ۳+ میلی‌متر افزایش داشته است. همه این عوامل باعث شده رطوبت خاک در نیمه شرقی و بخصوص در شمال شرق حوضه مذکور افزایش یابد و مقدار آن به ۱۸/۱۲ میلی‌متر برسد برعکس در نیمه غربی حوضه و شمال غرب آن کمینه رطوبت خاک به مقدار ۱۲/۶۲ میلی‌متر مشاهده شد. لازم به ذکر است همه عوامل رابطه مستقیمی با رطوبت خاک نشان دادند و از بین عوامل یادشده به ترتیب بخار آب با ضریب تبیین R^2 ، ۰/۴۸، بارش ۰/۴۱، دما ۰/۲۲ و پوشش گیاهی ۰/۱۱ درصد بیش‌ترین نقش را در رطوبت خاک داشته‌اند. کلیدواژه‌ها: پوشش گیاهی، دما و بارش، بخار آب، رطوبت خاک، سفارود.



مقدمه

حوضه آبخیز سامانه یا سیستم باز می‌باشد که دارای ورودی‌های متعددی من جمله انرژی خورشیدی و نزولات جوی بوده و با انجام فرآیندهایی بر روی آن‌ها، خروجی‌هایی از قبیل آب‌نمود رسوب و تولیدات گیاهی را ایجاد می‌نماید. فرآیند تولید خروجی‌ها متأثر از ویژگی‌های داخلی سیستم از جمله ویژگی‌های زمین‌شناسی، فیزیوگرافی، بهره‌برداری از اراضی و پوشش گیاهی می‌باشد. در این راستا اندازه‌گیری داده‌ها، گام اولیه برای پیش‌برد برنامه‌های سازمانی است که حوضه‌های آبخیز نیز از این مسئله مستثنی نیستند. با توجه به شرایط موجود در بسیاری از حوضه‌های آبخیز کشور از لحاظ کمبود آمار و پیچیدگی زیاد اکوسیستم‌های هیدرولوژیکی و عدم امکان شناخت کامل آن‌ها، استفاده از روش‌هایی که بتوان به کمک آن‌ها در حوضه‌های فاقد آمار یا دارای آمار ناقص، به بررسی و تحلیل اثر متقابل فرایندهای هیدرولوژیکی پرداخت، از اهمیت قابل توجهی برخوردار است (امامی فر و همکاران، ۱۳۹۵). از طرفی دیگر خاک به عنوان مخزنی از آب و مواد غذایی، بستر رشد گیاهان بوده و اساساً حاصل‌خیزی خاک تا حد زیادی به میزان دسترسی گیاه، به آب و مواد غذایی مورد نیاز وابسته است (Li et al., 2016; Khellouk et al., 2020). رطوبت خاک به عنوان یک ویژگی مهم در درک تغییرات آب و هوایی و مدیریت منابع آب در مقیاس محلی و جهانی عمل می‌کند (Szabo et al., 2019). پیش‌بینی دقیق رطوبت در حوضه آبخیز، در تدوین روش‌های مناسب جهت کنترل خشکسالی، رواناب، میزان آب قابل دسترس گیاه، تبخیر و تعرق و مدیریت منابع آب بسیار مفید است. میزان رطوبت در سطح خاک و عمق مؤثر ریشه، متأثر از میزان بارندگی، نفوذ و تبخیر و تعرق است که برخی از مهمترین پدیده‌های چرخه هیدرولوژیکی هستند (Zhang et al., 2019). رطوبت خاک نقش مهمی در فرآیندهای اکوسیستم از جمله چرخه‌های انرژی، آب و کربن ایفا می‌کند. بنابراین، تعیین مقدار رطوبت خاک برای ارزیابی میزان تبادلات انرژی بین هوا و خاک مقدار آلودگی، رژیم حرارتی خاک، و پوشش گیاهی نیز ضروری است (جوادی و همکاران، ۱۴۰۰). در مناطق کوچک، از مشاهدات میدانی برای تهیه نقشه‌های رطوبت خاک با کیفیت بالا استفاده می‌شود، اما چنین رویکردی برای نقشه‌برداری در مقیاس منطقه‌ای بسیار سخت و پرهزینه است. با توجه به کمبود ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری در حوضه‌های آبخیز، به ویژه در مناطق کوهستانی، برآورد آن اغلب با خطا همراه است (Fatholomi et al., 2021). در حال حاضر، از روش‌های مختلف سنجش از دور (RS)، برای نقشه‌برداری رطوبت استفاده می‌شود (Zhang et al., 2019; Zaman et al., 2016). تاکنون مطالعات زیادی در مورد ارتباط عوامل ژئومورفیک و رطوبت خاک در داخل و خارج کشور انجام شده است. برای مثال، Ahmed و همکاران (۲۰۱۱)، به ارزیابی روش‌های مختلف سنجش از دور در پیش‌بینی رطوبت خاک پرداختند و پژوهش‌های زیادی را در زمینه افزایش اطلاعات در مورد ارتباط رطوبت خاک با پوشش خاک و گیاه بررسی کردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که داده‌های حاصل از سنجنده‌های غیرفعال سنجش از دور با RMSE برابر $1/83$ و ضریب همبستگی ۹۶ درصد از لحاظ دقت قرار دارند. Albergel و همکاران (۲۰۱۳)، به پایش چند دهه تغییرات رطوبت خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تجزیه و تحلیل مجدد آن با تغییرات سطح در کل کره زمین پرداختند و چنین گزارش نمودند که نتایج مدل‌های شبیه‌سازی‌کننده عوارض سطح زمین، پویایی تغییرات رطوبتی را به صورت رضایت بخش ثبت نموده‌اند. همچنین بیان کردند که نتایج حاصل از تجزیه

و تحلیل نشان داد که همبستگی مجموعه داده‌های رطوبت سطحی برگرفته‌شده از داده‌های ماهواره با داده‌های زمینی در طول دوره مطالعاتی نسبتاً ثابت می‌باشند و به ترتیب همبستگی بالا در مناطق نیمه خشک و همبستگی پایین در مناطق استوایی و عرض‌های جغرافیایی بالا ملاحظه شد. Escorihuela and Quintana-Segu (۲۰۱۶)، به مقایسه نتایج سه مجموعه داده سنجنش از دوری، AMSR-E ASCAT و SMOS و مجموعه داده‌های شبیه‌سازی رطوبت خاک در یک مقیاس محلی و منطقه‌ای اقدام کردند و بیان داشتند که نتایج آن‌ها به شدت متأثر از نرمال‌سازی داده‌های مورد استفاده در فرآیند مدل‌سازی می‌باشد. بنابراین اثرات آن‌ها باید به دقت مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. مقایسه نتایج نشان داد که همبستگی خوبی بین همه داده‌های رطوبت خاک با LSM3 در سری‌های زمانی شبیه‌سازی‌شده در مناطق صاف آبیاری‌نشده که در فاصله زیادی نسبت به دریا واقع شده‌اند وجود دارد. Das و همکاران (۲۰۱۸)، در پژوهشی به بررسی داده‌های حاصل از پروژه SMAP با قدرت تفکیک مکانی 3 و 9 کیلومتر با چندین الگوریتم جایگزین و داده‌های برداشت‌شده از هسته سایت‌های اعتبارسنجی CVS کالیبراسیون زمینی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که الگوریتم‌های جایگزین نسبت به CVS نتایج آماری مناسب‌تری را ارائه کرده‌اند. Santi و همکاران (۲۰۱۸)، در پژوهشی به پایش میزان رطوبت خاک بر اساس ادغام داده‌های میکروویو برگرفته شده از SMAP و AMSR2 پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که خطای رادار-رادار-رادار-رادار SMAP با میانگین ضریب همبستگی بیش از 0/75 و میانگین ریشه مربعات خطای برابر 0/03 در دو مدار صعودی و نزولی نزدیک بود. در ایران نیز ولی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲)، ارزیابی عملکرد مدل SWAT در برآورد رطوبت خاک در حوضه آبخیز نومل را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که نتایج نشان داد که مقدار r-factor در اکثر زیرحوضه‌ها کمتر از ۱ و در کل حوضه ۱/۰۱ و مقدار p-factor در زیرحوضه‌ها بین ۵۰-۹۹ درصد و در کل حوضه ۹۰ درصد بودند. این مقادیر بیانگر واسنجی خوب رطوبت در حوضه و عدم قطعیت کم پیش‌بینی‌ها است. ضریب 2 br بعد از واسنجی ۵۸ درصد بوده است که نشان‌دهنده دقت قابل قبول واسنجی مدل در حوضه است. امامی‌فر و همکاران (۱۳۹۵)، با هدف تخمین خصوصیات رطوبتی خاک در مقیاس حوضه آبخیز، به عنوان متغیرهای ورودی مدل‌سازی هیدرولوژیکی با استفاده از نقشه‌های کوچک مقیاس خاک‌شناسی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که نقشه حاصله متناسب با فیزیک حاکم بر محدوده‌های مورد مطالعه در جهت رسیدن به کل رطوبت قابل دسترس می‌باشد و نقش اثر متقابل شیب حوضه، کاربری اراضی موجود در آن، و همچنین تاثیر میزان رطوبت گنجایش زراعی و نقطه پژمردگی دائم که از نقشه خاک‌شناسی استخراج شده بود، بر میزان کل رطوبت قابل دسترس به خوبی مشهود است. حاجی‌ملکی و همکاران (۱۳۹۹)، به منظور اعتبارسنجی داده‌های رطوبت خاک سطحی ماهواره SMAP در کاربری‌های مختلف در حوضه سیمینه-زرنه (بوکان) را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که داده‌های رطوبت خاک ماهواره SMAP با مقدار RMSD بین ۰/۱۸ تا ۰/۳۳ سانتی‌متر و ubRMSE بین ۰/۱۷ تا ۰/۳۳ سانتی‌متر کارایی بهتری را در تطابق با داده‌های زمینی نشان می‌دهند. در بین بازه‌زمانی cm. مورد مطالعه، ۳ جولای بیشترین همبستگی و ۱۳ سپتامبر کمترین مقدار RMSD را داشتند. در ۳ آوریل که پوشش گیاهی به مرور در حال رشد است، کمترین میزان RMSD و بیش‌ترین مقدار همبستگی مربوط به کاربری کشاورزی دیم بود. در ۳ جولای بیشترین همبستگی در تمام کاربری‌ها قابل مشاهده بوده و

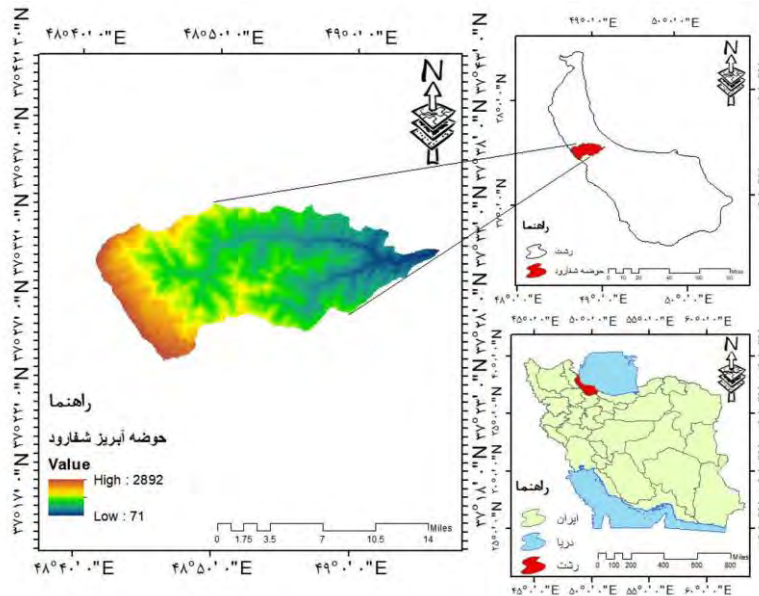
در بین آنها کاربری دیم‌زار دارای بیشترین همبستگی بود. جوادی و همکاران (۱۴۰۰)، برآورد تغییرات مکانی رطوبت خاک با بهره‌گیری از روش جنگل تصادفی و ویژگی‌های محیطی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای در حوضه مرغاب خوزستان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد نتایج میانگین تغییرات رطوبت خاک از لایه اول تا لایه چهارم به ترتیب ۲/۲، ۳/۲۴، ۳/۴۱ و ۴/۶ درصد مشاهده گردید. در عمق سطحی (۰/۵ سانتیمتر) ویژگی‌های بیوفیزیک ارتباط بیشتری با تغییرات مکانی رطوبت خاک از خود نشان دادند و در اعماق پایین‌تر، ویژگی‌های توپوگرافی اهمیت بالاتری را نشان دادند. پرویزی و همکاران (۱۴۰۱)، جهت پایش و تعیین هم‌روندی تغییرات رطوبت خاک با پدیده خشکیدگی جنگل‌های بلوط استان کرمانشاه را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصل از پردازش داده‌های رطوبت خاک نشان داد که جنگل‌های منطقه مورد مطالعه بیشتر در نواحی با رطوبت خاک متوسط قرار گرفته‌اند. همچنین در منطقه مورد مطالعه کمینه مقدار رطوبت خاک طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ ثبت شده است. بررسی تغییرات مکانی و زمانی سبزیگی و شادابی جنگل‌های منطقه مورد مطالعه در ارتباط با مقادیر رطوبت خاک ثبت شده در اعماق ۰ تا ۲ متری زمین (۰-۱۰، ۱۰-۴۰، ۴۰-۱۰۰ و ۱۰۰-۲۰۰ سانتی متری) طی دوره ۱۵ ساله نشان داد که در بیشتر سال‌ها، همراه با افزایش و یا کاهش رطوبت خاک، مقدار سبزیگی جنگل‌های منطقه نیز افزایش و یا کاهش پیدا کرده است. لطفعلی‌زاده لاهرودی (۱۴۰۲)، با هدف بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که نتایج بررسی تغییرات کاربری اراضی نشان داد که در طول دوره آماری مورد مطالعه کاربری‌های کشاورزی و باغات، مناطق مسکونی و مناطق آبی روند افزایشی داشته‌اند و در هر دوره بر مساحت آن‌ها افزوده شده است. در مقابل مساحت اراضی بایر و مراتع روند کاهشی را نشان می‌دهند. به طوری که مساحت اراضی کشاورزی و باغات و مناطق مسکونی در سال ۱۹۹۵ به ترتیب ۷۳/۱۸۸۰۲ و ۵۶/۲۷۸۴ هکتار بوده است که این میزان در سال ۲۰۲۱ به ۸۱/۱۹۷۳۸ و ۶۱/۵۷۳۵ هکتار رسیده است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی ارتباط عوامل ژئومورفیک با رطوبت خاک در حوضه آبخیز شفارود در استان گیلان می‌باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
 رتال جامع علوم انسانی

روش تحقیق

موقعیت جغرافیایی

حوضه شفارود با مساحتی معادل ۳۵۰ کیلومتر مربع در غرب استان گیلان و شرق ارتفاعات تالش بین نصف النهار ۴۸ درجه و ۶ دقیقه و ۳۰ ثانیه الی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه و ۰۰ ثانیه طول شرقی و مدار ۳۷ درجه ۲۵ دقیقه و ۰۰ ثانیه الی ۳۷ درجه و ۳۴ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته است. این حوضه از سمت شمالی به حوضه رودخانه پیلمبرا از سمت شرق به جاده سراسری انزلی - آستارا و از غرب به حوضه آبخیز شاهرود در استان اردبیل و از جنوب و جنوب غربی به حوضه چاف رود محدود می‌شود (شهماری اردجانی، ۱۳۸۸). در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه مورد مطالعه در سطح کشور و استان گیلان ارائه شده است.



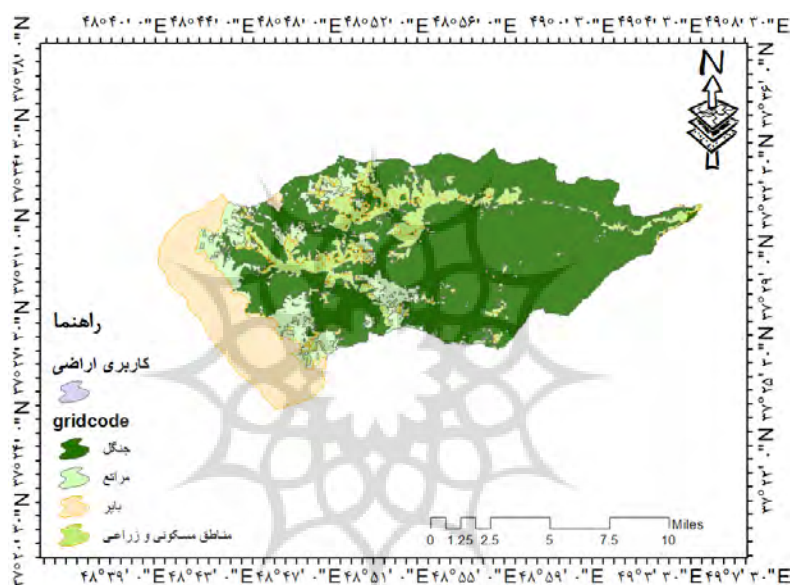
شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز شفارود در سطح کشور و استان گیلان (منبع: نویسنده، ۱۴۰۲)

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر سعی شد عواملی را که در رطوبت خاک حوضه آبخیز شفارود ایفای نقش دارد مورد بررسی قرار بگیرد. در این راستا از محیط کدنویسی سامانه گوگل ارث انجین برای نشان دادن وضعیت عواملی هم‌چون کاربری اراضی، پوشش گیاهی (NDVI)، بخار آب، دما و بارش در سال ۲۰۲۰ و هم‌چنین رطوبت خاک حوضه مذکور استفاده شد بدین‌ترتیب با فراخوانی داده‌های ماهواره سنتینل ۲ و سنتینل ۱ (باند VV و VH) نقشه کاربری اراضی برای ۴ کلاس اصلی شامل (نواحی جنگلی، مناطق بایر، مراتع و مناطق مسکونی و زراعی) ترسیم گشت. برای نمایش شاخص NDVI از باند [SR-B[1-7] داده‌های مربوط به ماهواره لندست ۸، بهره برده شد و نقشه پوشش گیاهی حوضه مربوطه ترسیم گشت. سپس مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی مؤثر در رطوبت خاک بررسی شد لذا با داده‌های باند LST شب مربوط به ماهواره مودیس (MOD11A2)، وضعیت میانگین دما نمایش داده شد و با استفاده از داده‌های ماهواره CHIRPS (باند precipitation) وضعیت آنومالی بارش مورد بررسی قرار گرفت. تبخیر نیز از دیگر عواملی هست که نقش پررنگی در رطوبت خاک می‌تواند داشته باشد لذا برای نمایش وضعیت بخار آب از داده‌های مربوط به ماهواره FLADS (باند evap-tavg) استفاده شد و در آخر وضعیت رطوبت خاک با استفاده از فراخوانی باند SSM مربوط به ماهواره SMAP برای حوضه آبخیز شفارود ترسیم گشت. برای این‌که نقش و میزان ارتباط هر یک از عوامل یادشده با رطوبت خاک بررسی شود مقادیر خروجی تصاویر رستری هر یک از عوامل در محیط ArcGIS استخراج گردیدند و در اکسل به همبستگی این عوامل با رطوبت خاک پرداخته شد.

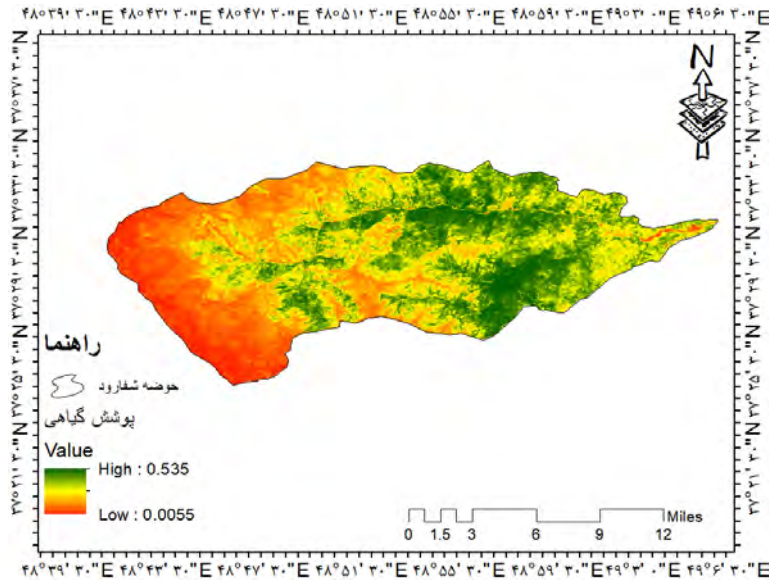
نتایج

در شکل (۲) نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز سفارود در سال ۲۰۲۰ نمایش داده شده است. همان‌طور که مشخص است ۴ کلاس اصلی بیش‌ترین مساحت تحت پوشش را در اختیار داشته و قسمت عمده حوضه آبخیز سفارود را نواحی جنگلی با مساحت ۲۳۹ کیلومترمربع پوشش داده و بعد از آن مناطق بایر، مناطق مسکونی و زراعی و مراتع در رتبه‌های بعدی با مساحت به ترتیب ۶۰، ۵۰ و ۳۷ کیلومترمربع در اختیار داشته‌اند. هر چه به سمت شرق حوضه مذکور پیش می‌رویم اقلیم متبوع‌تر شده و بر تنوع و پوشش جنگلی افزوده شده است و بر عکس در نیمه غربی حوضه عکس این قضیه حاکم است. لازم به ذکر است ضریب کاپای تصویر ترسیم‌شده ۹۲٪ و دقت کلی تصویر ۹۴٪ برآورد گردید.



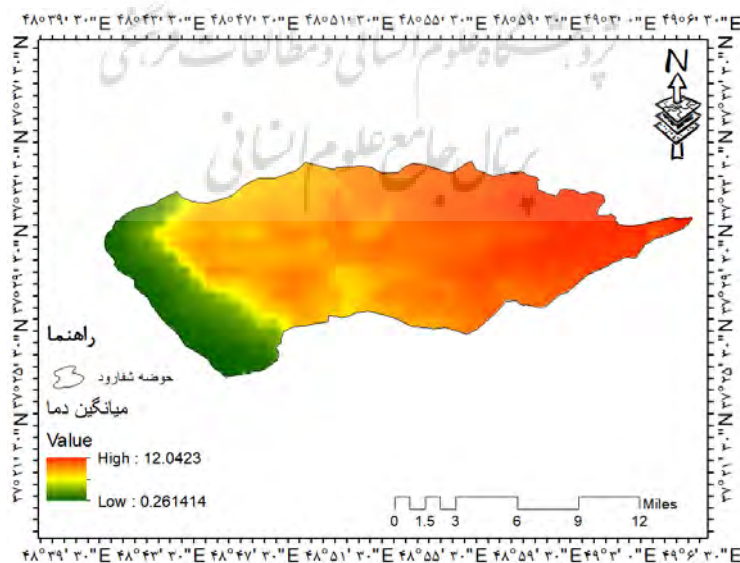
شکل ۲: نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز سفارود در سال ۲۰۲۰ (منبع: نویسنده، ۱۴۰۲)

پوشش گیاهی با کاهش تبخیر و جلوگیری از فرسایش خاک در حفظ رطوبت خاک نقش مهمی دارد. نقشه پوشش گیاهی یا همان شاخص NDVI حوضه آبخیز سفارود برای سال ۲۰۲۰ در شکل (۳) توسط داده‌های ماهواره لندست ۸ ترسیم گشته است. وضعیت تراکم پوشش گیاهی با جزئیات بهتری در کل حوضه مشخص می‌نماید نیمه شرقی حوضه آبخیز یادشده و نواحی مرکزی آن بیشینه تنوع پوشش گیاهی را به میزان ۰/۵۵ در بر داشته جایی که پوشیده از جنگل بوده و هر چه به سمت غرب حوضه یعنی مناطق بایر و عاری از درختان پیش می‌رویم از تراکم پوشش گیاهی کاسته شده و در نهایت مقدار آن به ۰/۰۰۵ رسیده است و هیچ پوشش گیاهی رویت نمی‌شود.



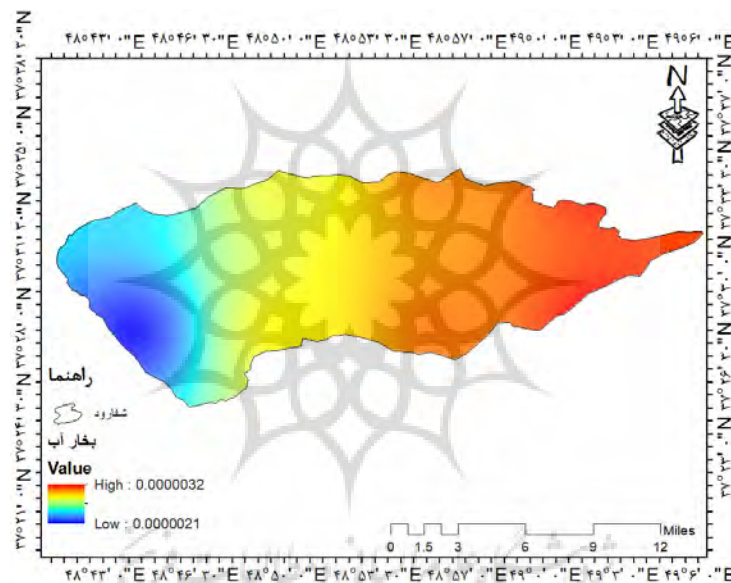
شکل ۳: نقشه پوشش گیاهی (NDVI) حوضه آبخیز شفارود در سال ۲۰۲۰ (منبع: نویسنده، ۱۴۰۲)

پارامتر دما در مناطق مختلفی می‌تواند با تشدید تبخیر در میزان رطوبت خاک نقش مؤثری داشته باشد. در شکل (۴) نقشه میانگین دمای سال ۲۰۲۰ برای حوضه آبخیز شفارود نمایش داده شده است. با دقت در نقشه مزبور متوجه می‌شویم قسمت شرقی حوضه مورد مطالعه از بیشینه دمایی با حداکثر ۱۲/۰۴ درجه سانتی‌گراد برخوردار بوده است و می‌توان گفت تبخیر و تعرق از سطح گیاهان و درختان در این مناطق همانند گلخانه‌ای عمل نموده و مانع از خروج انرژی گرمایی خورشیدی از سطح زمین شده و در نهایت در جو باقی مانده و منجر به شرجی شدن هوا در این نواحی شده است اما در نواحی غربی حوضه روی مناطق بایر شرایط متفاوت بوده و کم‌ترین میزان دما یعنی ۰/۲۶ درجه سانتی‌گراد را شاهد هستیم.



شکل ۴: نقشه میانگین دمای حوضه آبخیز شفارود در سال ۲۰۲۰ (منبع: نویسنده، ۱۴۰۲)

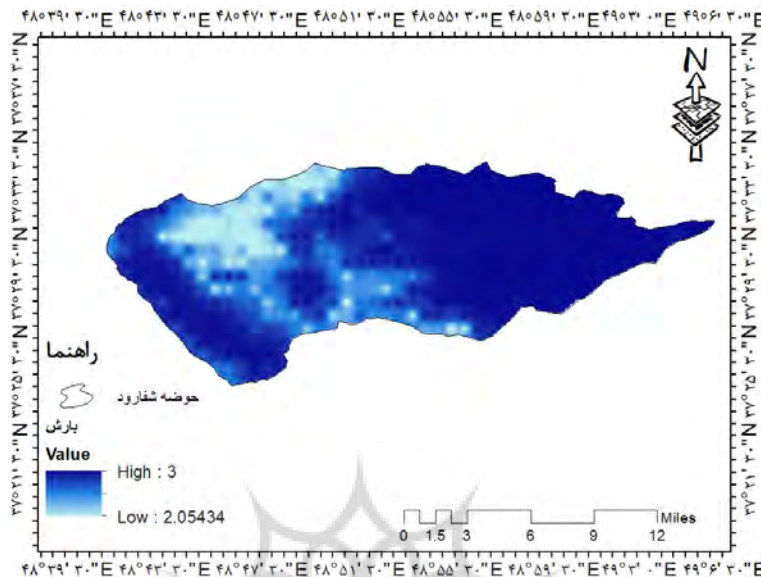
بخار آب نقش مهمی در چرخه آب و تأمین رطوبت خاک ایفا می‌کند بدین ترتیب که آب از سطح زمین تبخیر می‌گردد مولکول‌های آب به ابر پیوسته و سبب ریزش‌های بارش می‌شود. در شکل نقشه بخار آب حوضه آبخیز شفارود در سال ۲۰۲۰ نمایش داده شده است. همان‌طور که پیش‌تر ذکر گردید در شرق حوضه مورد مطالعه میانگین دما به حداکثر خود رسیده و همین عامل باعث افزایش تبخیر از سطح گیاهان و درختان می‌گردد لذا در این تصویر کاملاً مشخص است که شرایط بخار آب موجود در شرق حوضه مورد بررسی متفاوت از غرب آن بوده و بخار آب در شرق حوضه به بیشینه خود رسیده و در هر ثانیه میزان 0.0000032 کیلوگرم در یک مترمربع آب تبخیر گشته است. با توجه به این‌که در غرب حوضه از مقدار دما و تراکم پوشش گیاهی کم شده از میزان تشدید بخار آب نیز کاسته شده است که در شکل (۵) ارائه شده است.



شکل ۵: نقشه بخار آب حوضه آبخیز شفارود در سال ۲۰۲۰ (منبع: نویسنده، ۱۴۰۲)

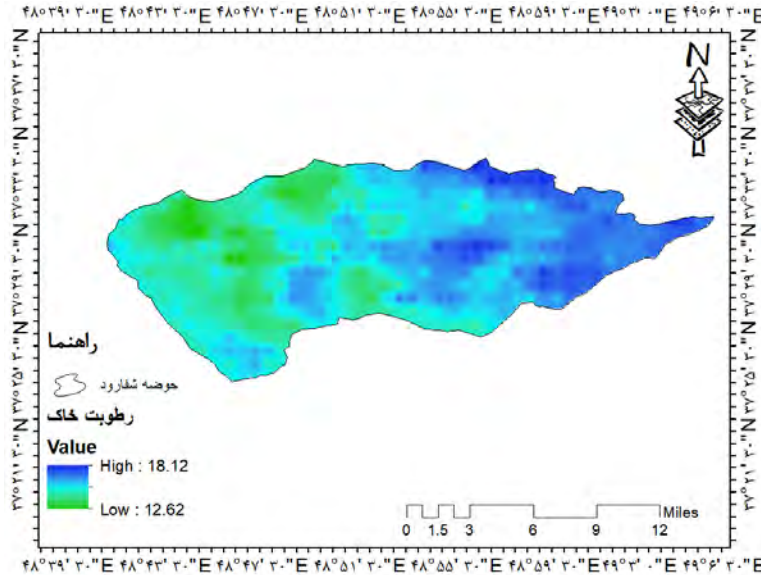
بارش نیز از جمله عوامل اقلیمی می‌باشد که در میزان رطوبت خاک نقش مهمی را ایفا می‌کند بدین ترتیب که در نواحی پربارش انتظار حاصلخیزی خاک بیش‌تر بوده و بر عکس در نواحی کم باران رطوبت خاک به نوعی خیلی کم می‌باشد. در شکل (۶) نقشه آنومالی بارش حوضه آبخیز شفارود در سال ۲۰۲۰ نشان می‌دهد بخش‌هایی از مرکز و شمال‌غرب حوضه کمینه بارشی را در اختیار داشته و تغییرات آن $+2/05$ میلی‌متر بوده است اما نیمه شرقی و حتی غرب حوضه از بیشینه تغییرات با $+3$ میلی‌متر افزایش بارش روبرو بوده است. در مناطق پربارشی که پوشش گیاهی بیش‌تر و شیب منطقه کم باشد نگاه داشت آب در خاک زیاد می‌شود و در نهایت منجر به حاصلخیزی خاک و رطوبت زیاد آن می‌شود این

وضعیت در شرق حوضه صادق است اما اگر منطقه بایر و شیب آن زیاد باشد بارش‌ها نیز بدون نفوذ در خاک به صورت رواناب جریان پیدا می‌کنند که در غرب حوضه مورد مطالعه چنین وضعیتی حاکم است.

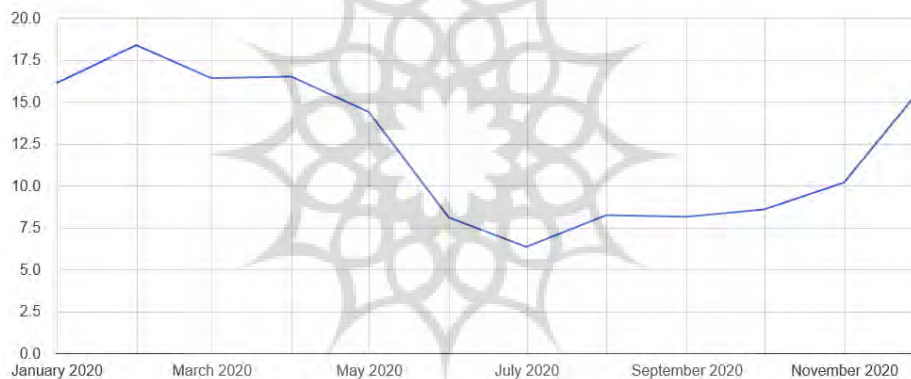


شکل ۶: نقشه آنومالی بارش حوضه آبخیز شفارود در سال ۲۰۲۰

نقشه رطوبت خاک حوضه آبخیز شفارود در سال ۲۰۲۰ در شکل (۷) به تصویر کشیده شده است. با توجه به این شکل در می‌یابیم نیمه شرقی حوضه آبخیز شفارود با نیمه غربی آن وضعیتی متفاوت از هم داشته و بیشینه رطوبت خاک در نیمه شرقی و بخصوص در شمال شرق حوضه مذکور متمرکز یافته و مقدار آن به ۱۸/۱۲ میلی‌متر رسیده است این مناطق عمدتاً پوشیده از جنگل و پوشش گیاهی متراکم بوده که از تبخیر آب جلوگیری نموده و رطوبت خاک را حفظ کرده است. برعکس در نیمه غربی حوضه و شمال غرب آن کمینه رطوبت خاک را مشاهده می‌کنیم که مقدار آن به ۱۲/۶۲ میلی‌متر رسیده است این مناطق عمدتاً نواحی عاری از پوشش گیاهی بوده، هم‌چنین مقدار کم بارش و دیگر عوامل باعث تبخیر بیش تر آب از سطح خاک شده و رطوبت خاک کاهش یافته است. در شکل (۸) روند متوسط ماهانه رطوبت خاک حوضه آبخیز شفارود در سال ۲۰۲۰ ترسیم گشته است و دید خوبی نسبت به فراز و فرود آن در ماه‌های مختلف سال می‌دهد. این تصویر مشخص می‌نماید بیش‌ترین میزان رطوبت خاک در ماه فوریه رخ می‌دهد و در ماه جولای به کمینه خود می‌رسد.



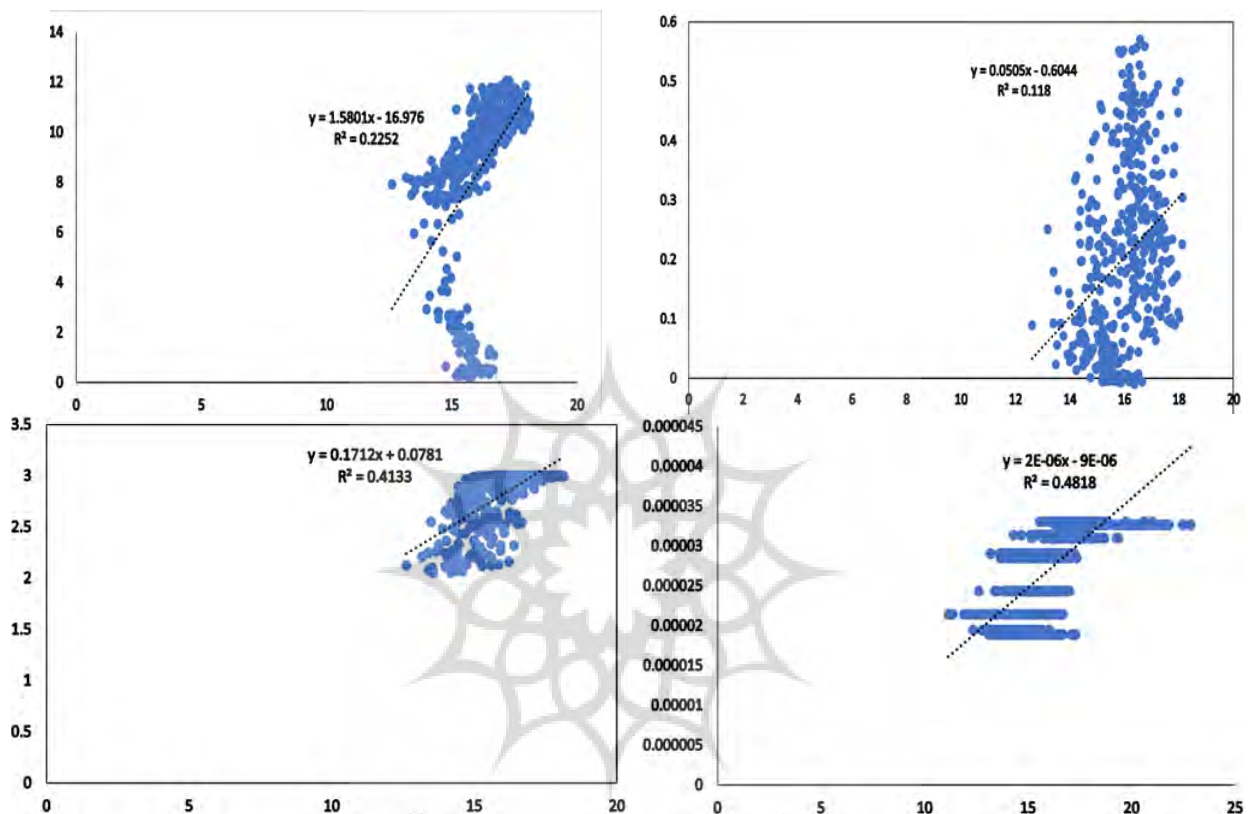
شکل ۷: نقشه رطوبت خاک حوضه آبخیز شفارود در سال ۲۰۲۰ (منبع: نویسنده، ۱۴۰۲)



شکل ۸: روند ماهانه رطوبت خاک حوضه آبخیز شفارود در سال ۲۰۲۰ (منبع: نویسنده، ۱۴۰۲)

در شکل (۹) الف، همبستگی پوشش گیاهی با رطوبت خاک حوضه مذکور بررسی شده که در آن محور افقی مربوط به مقادیر رطوبت خاک و محور عمودی مربوط به مقادیر پوشش گیاهی می‌باشد و نشان داده شده که رابطه مستقیمی بین این دو پدیده برقرار بوده و با توجه به ضریب تبیین R^2 ، ۰/۱۱ درصد رطوبت خاک حوضه متأثر از پوشش گیاهی بوده است. در شکل ب، همبستگی عامل دما با رطوبت خاک مورد بررسی قرار گرفته است که در آن محور افقی مربوط به رطوبت خاک و محور عمودی مربوط به مقادیر میانگین دما بوده است. همان‌طور که مشخص است این عامل نیز رابطه مستقیمی با رطوبت خاک داشته و ۰/۲۲ درصد رطوبت خاک منطقه مورد مطالعه متأثر از پارامتر دما بوده است. در شکل ج، همبستگی بخار آب با رطوبت خاک مورد مطالعه قرار گرفته و در آن محور عمودی مربوط به مقادیر بخار آب بوده و محور افقی معرف رطوبت خاک می‌باشد. همان‌طور که مشخص است بین این دو پدیده رابطه مستقیمی حاکم بوده و با افزایش بخار آب موجود در جو بر رطوبت خاک افزوده شده و بالعکس. هم‌چنین می‌توان ادعان نمود این پارامتر ۰/۴۸

درصد از رطوبت خاک حوضه مورد بررسی را تبیین نموده و بیشترین نقش را در بین عوامل مورد بررسی از آن خود کرده است. سرانجام ارتباط تغییرات بارش با رطوبت خاک حوضه مذکور در شکل د، نمایش داده شده و مشخص است که مؤلفه بارش ۰/۴۱ درصد از علت رطوبت خاک حوضه مورد مطالعه را تبیین نموده و بعد از بخار آب بیشترین نقش را داشته است.



شکل ۹: الف) همبستگی پوشش گیاهی با رطوبت خاک، ب) همبستگی میانگین دما با رطوبت خاک، ج) همبستگی بخار آب با رطوبت خاک، د) همبستگی آنومالی بارش با رطوبت خاک

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر سعی شد ارتباط عوامل ژئومورفیک با رطوبت خاک حوضه آبخیز سفارود مورد بررسی قرار بگیرد. وضعیت رطوبت خاک حوضه آبخیز سفارود نشان داد بیشینه رطوبت خاک در نیمه شرقی و بخصوص در شمال شرق حوضه مذکور جایی که عمدتاً پوشیده از جنگل و پوشش گیاهی بوده متمرکز یافته و مقدار آن به ۱۸/۱۲ میلی متر رسیده است و برعکس در نیمه غربی حوضه و شمال غرب آن که عمدتاً نواحی عاری از پوشش گیاهی و کم بارش بوده کمینه رطوبت خاک حاکم بوده و مقدار آن به ۱۲/۶۲ میلی متر رسیده است هم چنین روند ماهانه این پدیده نشان داد در ماه فوریه بیشترین رطوبت خاک و در ماه جولای کمترین میزان رطوبت خاک در حوضه مورد مطالعه مشاهده می شود. وضعیت

کاربری اراضی حوضه مذکور با ضریب کاپای ۹۲٪ و دقت کلی ۹۴٪ نشان داد نواحی جنگلی در نیمه شرقی حوضه گسترده شده و بیشترین وسعت را با مساحت ۲۳۹ کیلومترمربع تشکیل داده و بعد از آن مناطق بایر، مناطق مسکونی و زراعی و مراتع در رتبه‌های بعدی با مساحت به ترتیب ۶۰، ۵۰ و ۳۷ کیلومترمربع را در اختیار داشته‌اند. با توجه به وضعیت پوشش گیاهی مشخص شد نیمه شرقی حوضه مورد مطالعه و نواحی مرکزی آن بیشینه تنوع پوشش گیاهی را به میزان ۰/۵۵ داشته است و به سمت غرب حوضه یعنی مناطق بایر هیچ پوشش گیاهی مشاهده نشده و مقدار آن به ۰/۰۰۵ رسیده است هم‌چنین مشخص شد بین پوشش گیاهی و رطوبت خاک رابطه مستقیمی برقرار است و ۰/۱۱ درصد رطوبت خاک حوضه متأثر از پوشش گیاهی بوده می‌باشد. وضعیت میانگین دما نشان داد در قسمت شرقی حوضه مورد مطالعه بیشینه دمایی با حداکثر ۱۲/۰۴ درجه‌سنتی‌گراد به وقوع پیوسته است اما در نواحی غربی حوضه روی مناطق بایر کم‌ترین میزان دما یعنی ۰/۲۶ درجه سانتی‌گراد حاکمیت داشته و مشخص شد این عامل نیز رابطه مستقیمی با رطوبت خاک داشته و ۰/۲۲ درصد رطوبت خاک منطقه مورد مطالعه متأثر از پارامتر دما بوده است. برای وضعیت بخار آب این نتیجه به دست آمد که در شرق حوضه نسبت به غرب آن با توجه به دمای زیاد و تبخیر از سطح گیاهان، بخار آب نیز زیاد بوده و در هر ثانیه به میزان ۰/۰۰۰۰۰۳۲ کیلوگرم در یک مترمربع تبخیر صورت گرفته است این عامل بیش‌ترین ارتباط مستقیم را با رطوبت خاک داشته و ۰/۴۸ درصد از علت رطوبت خاک حوضه مورد مطالعه را تبیین نموده است. وضعیت آنومالی بارش نیز نشان داد بخش‌هایی از مرکز و شمال‌غرب حوضه کمینه بارشی را در اختیار داشته و تغییرات آن ۲/۰۵+ میلی‌متر بوده است اما نیمه شرقی و حتی غرب حوضه از بیشینه تغییرات با ۳+ میلی‌متر افزایش بارش روبرو بوده است بعد از بخار آب پارامتر بارش با ضریب R^2 ، ۰/۴۱ درصد بیش‌ترین نقش را در رطوبت خاک حوضه آبخیز سفارود داشته است.

منابع

- پرویزی، ی.، نوروزی، ع. ا.، میری، م. ۱۴۰۱. پایش و تعیین همروندی تغییرات رطوبت خاک با پدیده خشکیدگی جنگل‌های بلوط استان کرمانشاه، پنجمین کنفرانس ملی حفاظت خاک و آبخیزداری مخاطرات، حفاظت، احیا و بهره‌برداری پایدار حوزه‌حوزه‌های آبخیز با نگاه ویژه به منابع و اراضی رودخانه‌ای و ساحلی، تهران، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۲۷ و ۲۸ اردیبهشت.
- امامی‌فر، س.، داوری، ک.، انصاری، ح.، قهرمان، ب.، حسینی، س. م.، ناصری، م. ۱۳۹۵. تخمین خصوصیات رطوبتی خاک در مقیاس حوضه آبخیز، به عنوان متغیرهای ورودی مدل‌سازی هیدرولوژیکی با استفاده از نقشه‌های کوچک مقیاس خاک‌شناسی، مهندسی آبیاری و آب، ۶(۲۳): ۶۴-۴۹.
- ولی‌نژاد، ف.، قربانی، خ.، ذاکری‌نیا، م.، دهقانی، ا.، آبابایی، ب. ۱۳۹۲. ارزیابی عملکرد مدل SWAT در برآورد رطوبت خاک (مطالعه موردی: حوضه آبخیز نومل)، آب و توسعه پایدار، ۱(۱): ۵۷-۶۴.

- جوادی، پ.، اسدی، ح.، وظیفه دوست، م. ۱۴۰۰. برآورد تغییرات مکانی رطوبت خاک با بهره‌گیری از روش جنگل تصادفی و ویژگی‌های محیطی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای در حوضه مرغاب خوزستان، تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۲(۱۰): ۲۸۵۹-۲۸۷۴.
- شهرداری اردجانی، ر. ۱۳۸۸. معرفی پتانسیل‌های حوضه سفارود گیلان جهت توسعه اکوتوریسم، فصل‌نامه چشم‌انداز جغرافیایی، ۴(۸): ۱۲۳-۱۴۷.
- لطفعلی‌زاده لاهرودی، ع. ۱۴۰۲. بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، جغرافیا و روابط انسانی، ۶(۲): ۵۲-۶۶.

- **Das, N. N., Entekhabi, D., Dunbar, R. S., Colliander, A., Chen, F., Crow, W. & Cosh, M. H. 2018. The SMAP mission combined active-passive soil moisture product at 9 km and 3 km spatial resolutions. Remote Sensing of Environment, 211, 204-217.**
- **Albergel, C., Dorigo, W., Balsamo, G., Muñoz-Sabater, J., de Rosnay, P., Isaksen, L., and Wagner, W. 2013. Monitoring multi-decadal satellite earth observation of soil moisture products through land surface reanalyses. Remote Sensing of Environment, 138, 77-89.**
- **Ahmed, A., Zhang, Y., & Nichols, S. (2011). Review and evaluation of remote sensing methods for soilmoisture estimation. SPIE reviews, 2(1), 028001.**
- **Zhang, J., Zhou, L., Ma, R., Jia, Y., Yang, F., Zhou, H., & Cao, X. (2019). Influence of soil moisture content and soil and water conservation measures on time to runoff initiation under different rainfall intensities. CATENA, 182, 104172.**
- **Szabó, B., Szatmári, G., Takács, K., Laborczi, A., Makó, A., Rajkai, K., & Pásztor, L. (2019). Mapping soil hydraulic properties using randomforest-based pedotransfer functions and geostatistics. Hydrology and Earth System Sciences, 23(6), 2615-2635.**
- **Fatholouloumi, S., Vaezi, A. R., Alavipanah, S. K., Ghorbani, A., Saurette, D., & Biswas, A. (2021). Effect of multi-temporal satellite images on soil moisture prediction using a digital soil mapping approach. Geoderma, 385, 114901.**
- **Escorihuela, M. J., & Quintana-Seguí, P. (2016). Comparison of remote sensing and simulated soil moisture datasets in Mediterranean landscapes. Remote sensing of environment, 180, 99-114.**
- **Santi, E., Paloscia, S., Pettinato, S., Brocca, L., Ciabatta, L., & Entekhabi, D. (2018). Integration of microwave data from SMAP and AMSR2 for**

soil moisture monitoring in Italy. *Remote Sensing of Environment*, 212, 21-30.

- Khellouk, R., Barakat, A., Boudhar, A., Hadria, R., Lionboui, H., El Jazouli, A., & Benabdelouahab, T. 2020. Spatiotemporal monitoring of surface soil moisture using optical remote sensing data: a case study in a semi-arid area. *Journal of Spatial Science*, 65(3), 481-499.
- Zaman, M. R., Morid, S., Delavar, M. 2016. Evaluating climate adaptation strategies on agricultural production in the Siminehrud catchment and inflow into Lake Urmia, Iran using SWAT within an OECD framework. *Agricultural Systems*, 147, 98-110.

