19th Iranian Soil Science Congress
02-04 December, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

بازسازی داده‌های بارندگی و برآورد داده‌های برف در حوضه معرف و زوجی خامسان با هدف برآورد فرسایندگی باران–برف

زینب عسکریان چایجان[۱]، حسین اسدی[۲*]، یحیی پرویزی[۳]

۱- دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

* ho.asadi@ut.ac.ir

۳- استاد گروه پژوهشی مهندسی حفاظت خاک و آب، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران

چکیده

دسترسی به داده‌های دقیق برای مطالعات هیدرولوژی، فرسایش خاک و هواشناسی ضروری است. هدف از این پژوهش، بازسازی داده‌های مفقود بارندگی و برف در حوضه خامسان (زیرحوضه سیروان، مساحت ۴۳۳۷ هکتار) جهت برآورد فرسایندگی کل (برف و باران) طی دوره ۱۵ ساله (۱۴۰۱-۱۳۸۷) بود. داده‌های ایستگاه خامسان با استفاده از روش «نسبت نرمال» و اطلاعات ایستگاه‌های سنندج و کامیاران بازسازی شد. میانگین بارندگی سالانه حوضه ۴۷۰ میلی‌متر محاسبه شد که با گزارش منابع طبیعی کردستان (۴۰۰ میلی‌متر) همخوانی دارد. میانگین بارش برف سالانه ۴۰ سانتی‌متر بود که کاهش آن در پایان دوره، احتمالاً ناشی از گرمایش جهانی است. ویژگی‌های برف با استفاده از سامانه Google Earth Engine (GEE) و داده‌های دما برای شناسایی روزهای ذوب برف محاسبه شد. الگوی بارش حوضه خامسان از الگوی ایستگاه‌های مجاور پیروی می‌کند. روش نسبت نرمال و محاسبات مبتنی بر GEE با کارایی بسیار بالا، بازسازی دقیق نواقص آماری را ممکن ساخت. نتایج این مطالعه منجر به برآورد بهتر و دقیق‌تر فرسایندگی کل حوزه با میانگین ۴۴۱ مگاژول میلی‌متر در هکتار ساعت سال شد. این داده‌ها می‌توانند برای انجام مطالعات هیدرولوژی و تهیه‌ی نقشه‌های فرسایش خاک با مدل‌های همچون RUSLE مورد استفاده قرار گیرند.

واژگان کلیدی: آب معادل برف، داده‌های هواشناسی، نسبت نرمال، فرسایش خاک.

مقدمه

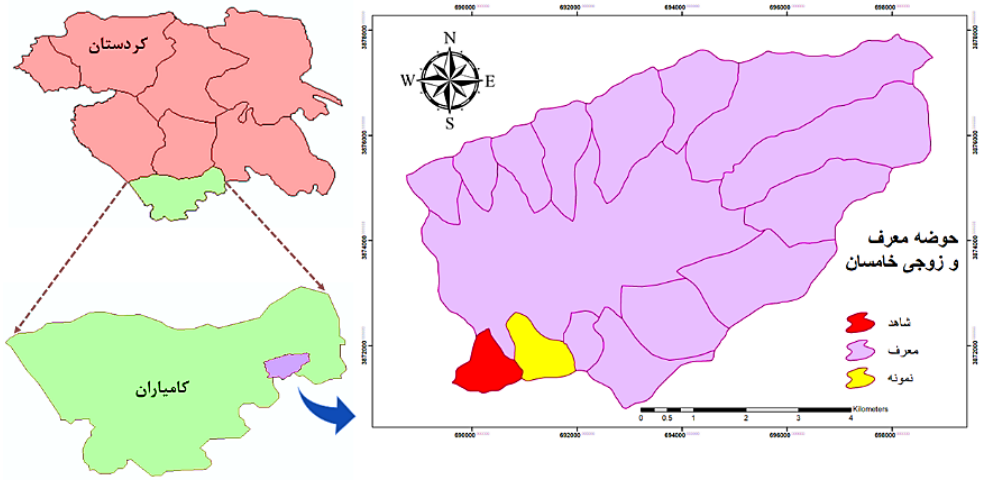
دسترسی به داده‌های دقیق بارش برای مطالعات هیدرو-اقلیمی همچون برآورد فرسایندگی باران-برف و تحقیقات مرتبط ضروری است. فرسایندگی باران-برف توان این عوامل در ایجاد فرسایش خاک است و یکی از ورودی‌های مهم مدل‌های خانواده USLE است. نواقص داده‌ها، ناشی از خرابی دستگاه‌ها یا خطاهای ثبت، کیفیت تحلیل‌ها را کاهش می‌دهد. از این‌رو، بازسازی این داده‌ها با روش‌هایی مانند روش نسبت نرمال، روش وزن‌دهی فاصله معکوس، رگرسیون خطی و کریجینگ انجام می‌شود. روش نسبت نرمال، که اولین بار توسط Paulhus و Kohler (1952) ارائه شد، به همبستگی بالا (معمولاً بیش از ۰/۵) بین ایستگاه هدف و ایستگاه‌های مجاور وابسته است. در مطالعه‌ای Mahanta و همکاران (2021) نشان داده‌اند که این روش، به‌ویژه برای ایستگاه‌های کوهپایه‌ای، داده‌هایی با کم‌ترین خطا و قابل مقایسه با داده‌های واقعی تولید می‌کند.

علاوه بر بارندگی، داده‌های برف نیز به‌عنوان جزء کلیدی در چرخه هیدرولوژی و مدیریت منابع آب اهمیت دارند. پیش‌بینی پوشش برف برای درک تغییرات رواناب ناشی از ذوب آن ضروری است. از آنجا که ایستگاه‌های برف‌سنجی در بسیاری از مناطق وجود ندارند، فناوری سنجش از دور و به‌طور خاص سامانه Google Earth Engine (GEE) به یک ابزار قدرتمند و ضروری برای براورد برف تبدیل شده است. این سامانه با دسترسی به آرشیو عظیم و رایگان تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم‌های پردازشی، امکان محاسبه دقیق و سریع ویژگی‌های برف مانند عمق برف، سطح پوشش برف (به هکتار) و ارتفاع آب معادل را حتی در مناطق غیرقابل دسترس فراهم می‌کند. مطالعات زیادی کارایی GEE را تأیید کرده‌اند. برای مثال، اصغری و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از GEE عمق برف را در حوضه لیقوان در استان آذربایجان شرقی با دقت قابل‌قبولی براورد کردند و ارتباط معناداری بین دما و عمق برف یافتند. همچنین ترابی پوده و همکاران (۱۳۹۹) با تحلیل بیش از ۷۰۰۰ تصویر در GEE، روند کاهشی پوشش برف در ۲۰ سال گذشته را که به احتمال زیاد ناشی از گرمایش جهانی و خشکسالی است، شناسایی کردند. Zhang و همکاران (2021) نیز با این سامانه کاهش ۱۱/۲۵ درصدی پوشش برفی در محدوده تاریم را گزارش کردند.

در برخی مواقع به‌علت خرابی دستگاه‌های اندازه‌گیری و ثبت نشدن آمار، نواقص آماری در داده‌های هواشناسی وجود دارد. از این‌رو بازسازی داده‌های از دست رفته به ویژه در ایستگاه‌های تحقیقاتی، جهت ارائه آمار دقیق و تحلیل‌های صحیح، ضروری است. تلفیق روش‌های سنتی بازسازی داده‌های بارندگی (مانند نسبت نرمال که به دلیل سادگی و کارایی پرکاربردترین روش است) با فناوری‌های نوین پردازش در فضای ابری مانند GEE، راهکاری جامع و دقیق برای غلبه بر چالش نواقص آماری و دستیابی به درک بهتری از ویژگی‌های هیدرو-اقلیمی، به‌ویژه در مناطق فاقد ایستگاه، فراهم می‌کند. همچنین به دلیل نبود ایستگاه برف‌سنجی در اکثر مناطق، برآورد ویژگی‌های برف جهت محاسبات آماری حائز اهمیت است. هدف از پژوهش حاضر، با بازسازی داده‌های بارندگی و محاسبه ویژگی‌های رخداد برف در حوضه خامسان با هدف برآورد فرسایندگی باران در یک دوره ۱۵ ساله (۱۴۰۱-۱۳۸۷) به منظور بهره‌برداری در مطالعات و تحقیقات مرتبط با حوضه معرف و زوجی خامسان بود.

مواد و روش‌ها

حوضه معرف و زوجی خامسان جزء زیرحوضه‌های آبخیز سیروان و یکی از ۱۳ حوضه معرف و زوجی کشور می‌باشد که جهت پایش فرسایش و حفاظت خاک توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور ایجاد شده است. انتخاب این حوضه به‌منظور بازسازی و تکمیل اطلاعات، از جهت ارزش بالای آن ضروری می‌باشد. حوضه معرف خامسان با مساحت ۴۳۳۷ هکتار، بین طول شرقی "۸,۴'۴°۴۷ تا "۳۶'۱۰°۴۷ و عرض شمالی "۳۶,۳'۵۷°۳۴ تا "۳۴,۴'۱°۳۵ واقع شده است (شکل ۱) (اداره کل منابع طبیعی استان کردستان، ۱۳۹۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز معرف و زوجی خامسان

ارتفاع حوضه خامسان بین ۱۵۷۲ تا ۲۳۸۰ متر از سطح دریا متغیر است. میانگین دمای سالانه آن ۱۱,۱ درجه سلسیوس و میانگین بارندگی سالانه ۴۰۰ میلی‌متر است. این حوضه دارای دو واحد ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه و تپه‌ماهور است و خاک‌های آن عمدتاً در رده‌های Entisols و Inceptisols طبقه‌بندی می‌شوند. بر اساس تقسیم‌بندی سازمان حفاظت خاک

آمریکا (SCS)، خاک‌های این منطقه از نظر توانایی ایجاد رواناب به چهار گروه هیدرولوژیکی A، B، C و D تقسیم می‌شوند (اداره کل منابع طبیعی استان کردستان، ۱۳۹۱).

در این پژوهش، به‌منظور بازسازی داده‌های مفقود بارندگی ایستگاه هواشناسی حوضه معرف و زوجی خامسان در یک دوره آماری ۱۵ ساله (۱۴۰۱-۱۳۸۷)، از داده‌های دو ایستگاه سینوپتیک سنندج و کامیاران استفاده شد. روش مورد استفاده برای بازسازی ۳۴ داده گمشده از مجموع ۱۸۰ داده ماهانه (۱۸/۹ درصد)، روش نسبت نرمال (رابطه‌ی ۱) بود. روش نسبت نرمال در مواردی که اختلاف بارندگی سالانه ایستگاه هدف با ایستگاه‌های معیار بیش از ۱۰ درصد باشد، اعمال می‌شود (Te Chow et al., 1988).

$$P_x = \frac{1}{n}\left[\frac{N_x}{N_A}P_A + \frac{N_x}{N_B}P_B + \cdots + \frac{N_x}{N_n}P_n\right] \quad (1)$$

که در آن، N_x بارندگی در دوره آماری مورد نظر در ایستگاه فاقد داده، n تعداد ایستگاه شاخص مجاور، $N_A,N_B,...,N_n$ مقدار بارندگی در مدت زمان مورد مطالعه در ایستگاه‌های معیار و همزمان با داده‌های موجود در ایستگاه مورد نظر و $P_A,P_B,...,P_n$ داده‌های موجود در ایستگاه‌های معیار در دوره فاقد داده است.

برای برآورد داده‌های برف، که اندازه‌گیری مستقیم آن در حوضه به دلیل نبود ایستگاه برف‌سنجی میسر نبود، از سامانه GEE استفاده شد. با کدنویسی در این سامانه، مقادیر میانگین بارش برف، ارتفاع آب معادل برف (بر حسب میلی‌متر) و سطح پوشش برف روزانه (بر حسب هکتار) حوضه معرف و زوجی خامسان استخراج گردید. همچنین، از داده‌های دمای ایستگاه خامسان برای شناسایی روزهای دارای پدیده ذوب برف با استفاده از معیار دمای پایه حوضه بهره گرفته شد. دمای هوا از مهمترین شاخص‌ها در مقدار ذوب برف می‌باشد که در محاسبات مربوط به آن از این شاخص استفاده می‌شود، به گونه‌ای که روزهای دمای بالای صفر درجه سلسیوس را دارند مبنای پیش‌بینی سیلاب‌های ناشی از ذوب برف در ارتفاعات هستند (فتاحی، ۱۳۷۷).

پس از مرحله بازسازی داده‌ها، تجزیه و تحلیل نهایی انجام گرفت. در این مرحله، الگوی بارش حوضه خامسان با الگوی بارش در ایستگاه‌های سنندج و کامیاران برای هر سال مقایسه شد، تا همگونی و صحت داده‌های بازسازی‌شده ارزیابی گردد. علاوه بر این، دقت مقادیر بارش برف محاسبه‌شده توسط GEE با مقادیر گزارش‌شده از ایستگاه‌های سنندج و کامیاران مورد سنجش قرار گرفت تا اعتبار روش‌های مبتنی بر سنجش از دور نیز تأیید شود. در نهایت از داده‌های بازسازی‌شده جهت برآرد فرسایندگی کل (مجموع فرسایندگی باران و رواناب ناشی از ذوب برف) حوضه خامسان برای انجام مطالعات مربوط به فرسایش خاک استفاده شد. فرسایندگی باران و رواناب ناشی از ذوب برف، با روش Wischmeier و Smith (1978) محاسبه شد.

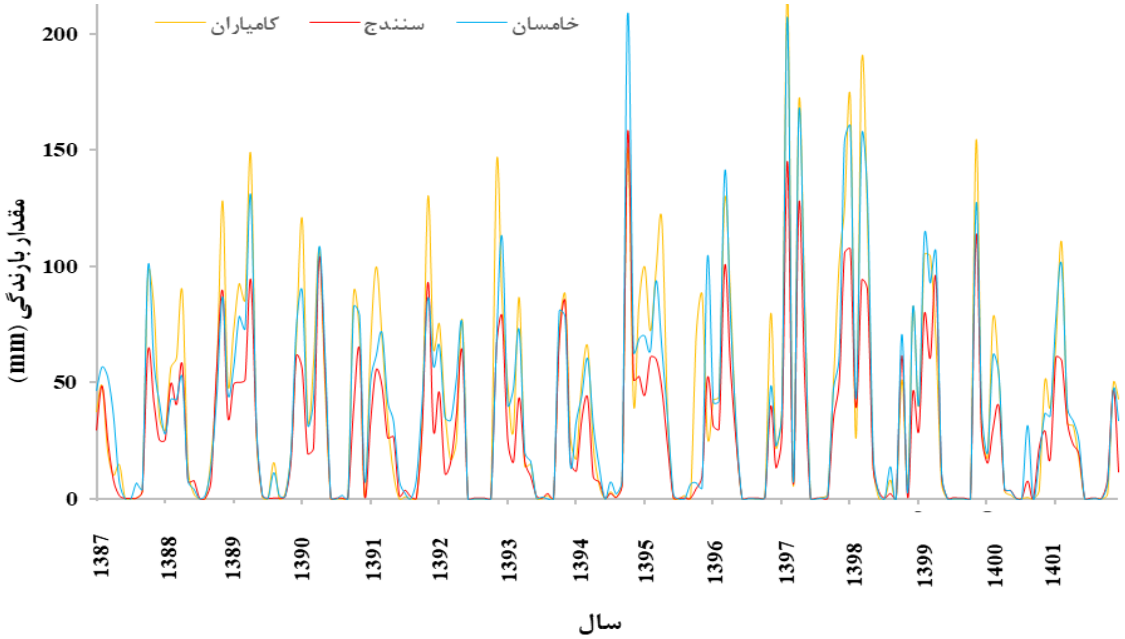
از روش‌های نقشه‌بردار زوایه طیفی[1] (SAM) و شباهت کوسینوسی[2] برای محاسبه میزان شباهت بین نمودار بارندگی ماهانه بازسازی شده در حوزه خامسان با ایستگاه‌های سنندج و کامیاران استفاده شد. مقادیر روش SAM بین ۳٫۱۴۲ - ۰ تغییر می‌نمایند که مقادیر کمتر نشان دهنده شباهت بالا و مقادیر بزرگتر شباهت کم بین دو نمودار را نشان می‌دهد. در روش شباهت کسینوسی، مقدار شباهت بین ۱-۰ تغییر می‌نماید که مقادیر کوچکتر شباهت کمتر و مقادیر برزگتر شباهت بیشتر بین دو متغییر را نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

در شکل ۲ روند تغییرات بارندگی ماهانه در سه ایستگاه خامسان، سنندج و کامیاران برای دوره ۱۵ ساله مورد مطالعه آمده است. مقدار شاخص SAM برای ایستگاه سنندج، ۰/۱۹۴ و کامیاران، ۰/۲۹۲. شاخص شباهت کسینوسی برای ایستگاه سنندج، ۰/۹۸۱ و ایستگاه کامیاران، ۰/۹۵۷ بدست آمد. بر طبق نتایج دو روش ذکر شده، الگوی روند بارندگی ایستگاه خامسان از الگوی بارندگی هر دو ایستگاه سینوپتیک مخصوصا ایستگاه سنندج پیروی می‌کند و تطابق بسیار بالایی بین آنها وجود دارد. بر این اساس، روش نسبت نرمال می‌تواند با کارایی بسیار بالایی برای بازسازی نواقص آماری داده‌های بارندگی در

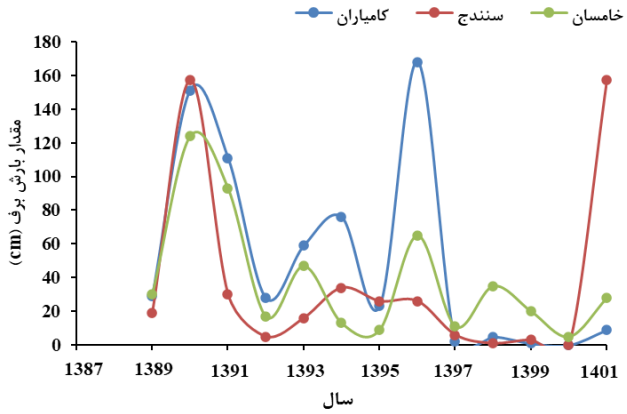
[1] Spectral Angle Mapper
[2] Cosine Similarity

حوضه خامسان استفاده شود. لوک‌زاده (۱۳۸۳) در اغلب موارد بررسی شده برتری روش آماری نسبت نرمال را جهت بازسازی داده‌های ناقص تائید کرده است. رضازاده‌جودی و ستاری (۱۳۹۵) نیز عملکرد روش‌های مختلف در بازسازی داده‌های بارش ماهانه را ارزیابی کردند. نتایج حاکی از آن بود که از میان روش‌های کلاسیک آماری بررسی شده روش نسبت نرمال و روش انتساب چندگانه دقیق‌تر هستند و خطای کمتری را از خود نشان دادند.



شکل ۲- روند تغییرات بارندگی ماهانه در سه ایستگاه خامسان، سنندج و کامیاران در سال‌های مختلف مورد مطالعه

همان‌گونه که در بخش مواد و روش‌ها بیان شد، میزان بارش برف در حوضه خامسان با GEE براورد شد. در شکل ۳ الگوی بارش برف سالانه در سه ایستگاه خامسان (برآوردی)، سنندج و کامیاران در دوره ۱۵ ساله (۱۴۰۱-۱۳۸۷) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر برآورد شده از الگوی دو ایستگاه مجاور تبعیت می‌کند و این موضوع می‌تواند صحت برآورد سامانه GEE را تائید کند. اصغری و همکاران (۱۴۰۰) به اندازه‌گیری عمق برف و ارزیابی ارتباط مؤلفه دما با ویژگی‌های برف در حوضه آبخیز لیقوان پرداختند. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش قابلیت سامانه GEE در محاسبه عمق برف تائید شد.



شکل ۳- الگوی بارش برف سالانه در سه ایستگاه خامسان، سنندج و کامیاران در دوره آماری مورد مطالعه.

پس از بازسازی داده‌ها و براورد میزان برف، میزان بارندگی برف سالانه و ارتفاع آب معادل برف برای دوره آماری ۱۵ ساله محاسبه شد (جدول ۱). میانگین بارندگی حوضه خامسان در یک دوره ۱۵ ساله، ۴۷۰ میلی‌متر بود. میانگین ۱۵ ساله ارتفاع بارش برف نیز ۴۰ سانتی‌متر محاسبه شد که کاهش آن در سال‌های اخیر، احتمالاً ناشی از تغییر اقلیم است. این داده‌ها با

استفاده از روش نسبت نرمال و سامانه GEE بازسازی و استخراج شدند. همچنین میانگین فرسایندگی کل حوضه خامسان برای دوره مورد مطالعه ۴۴۱ مگاژول میلی‌متر در هکتار ساعت سال برآورد شد (جدول ۱).

جدول ۱- مجموع مقادیر بارندگی سالانه، میانگین ارتفاع آب معادل برف، بارش برف، دمای هوا در روزهای برفی و مقدار فرسایندگی کل حوضه خامسان در دوره آماری ۱۳۸۷ تا ۱۴۰۱.

سال	ارتفاع آب معادل برف (mm)	مقدار بارندگی (mm)	بارش برف (cm)	دمای هوا (درجه سلسیوس)	تعداد روزهای وقوع ذوب برف	فرسایندگی کل (MJ mm ha^{-1} h^{-1} y^{-1})
۱۳۸۷	۴۵/۰۴	۴۰۹	۴۵	۳/۴۴	۱۹	۲۷۰/۴۹
۱۳۸۸	۴۹/۴۶	۳۶۹	۶۵	۴/۷۴	۱۲	۲۰۴/۸۳
۱۳۸۹	۴۲/۰۰	۴۷۹	۳۰	۶/۵۸	۴۳	۶۸۵/۹۸
۱۳۹۰	۹۱/۰۰	۵۰۶	۱۲۴	۲/۶۳	۱۶	۵۲۹/۱۶
۱۳۹۱	۲۶۲/۵۵	۴۶۳	۹۳	۴/۰۸	۳۸	۶۳۹/۶۹
۱۳۹۲	۳۹/۸۵	۴۴۳	۱۷	۴/۶۱	۳۷	۴۱۳/۸۵
۱۳۹۳	۱۴۵/۱۳	۳۷۲	۴۷	۳/۸۵	۴۲	۴۹۱/۶۱
۱۳۹۴	۴۹/۵۳	۵۴۱	۱۳	۲/۸۹	۳۴	۲۴۸/۷۵
۱۳۹۵	۳۰/۵۹	۴۵۲	۹	۴/۰۹	۲۹	۳۸۵/۷۰
۱۳۹۶	۱۷۵/۹۹	۴۰۶	۶۵	۳/۱۵	۲۵	۴۹۲/۶۸
۱۳۹۷	۱۱/۳۴	۷۶۲	۱۱	۲/۸۶	۱۷	۶۴۲/۹۰
۱۳۹۸	۹۴/۰۰	۶۸۰	۳۵	۳/۲۱	۳۴	۶۳۴/۱۲
۱۳۹۹	۴۱/۱۲	۵۲۸	۲۰	۳/۳۴	۲۵	۴۷۶/۸۹
۱۴۰۰	۳/۱۷	۲۶۴	۵	۲/۴۲	۱۵	۱۷۸/۷۲
۱۴۰۱	۲۷/۰۰	۳۶۴	۲۸	۶/۵۸	۴۳	۳۲۸/۵۴

نتیجه‌گیری

این مطالعه به‌منظور بازسازی داده‌های مفقود بارش و برآورد ویژگی‌های برف در حوضه معرف و زوجی خامسان انجام شد. نتایج نشان داد که روش نسبت نرمال با داشتن مقادیر شاخص SAM پایین (۰/۱۹۴ برای سنندج) و شباهت کسینوسی بالا (۰/۹۸۱ برای سنندج)، با دقت و کارایی بسیار بالایی قادر به بازسازی داده‌های بارندگی این حوضه است. همچنین، سامانه GEE به‌عنوان یک ابزار نوین، امکان برآورد قابل‌اطمینان پارامترهای برف از قبیل میانگین بارش برف و ارتفاع آب معادل را در منطقه‌ای فاقد ایستگاه برف‌سنجی فراهم کرد. بر این اساس، میانگین بارندگی سالانه حوضه ۴۷۰ میلی‌متر و میانگین بارش برف سالانه ۴۰ سانتی‌متر محاسبه شد که کاهش اخیر آن می‌تواند نشانه‌ای از تأثیرات تغییر اقلیم باشد. تلفیق این دو روش، بستری مناسب برای برآورد دقیق فرسایندگی کل حوزه با مقدار متوسط ۴۴۱ مگاژول میلی‌متر در هکتار ساعت سال ایجاد نمود. در نهایت، داده‌های بازسازی‌شده و نتایج حاصل از این پژوهش، پایه‌ای دقیق و علمی برای مطالعات آتی هیدرولوژی، برآورد فرسایش خاک با مدل‌هایی مانند RUSLE و مدیریت منابع آب در حوضه‌های مشابه فراهم می‌کند.

فهرست منابع

اداره کل منابع طبیعی استان کردستان (۱۳۹۱). مطالعات تفضیلی اجرایی آبخیزداری حوزه آبخیز خامسان، جلدچهارم: ارزیابی منابع و تناسب اراضی. ۷۲ ص.

اصغری سراسکانرود؛ صیاد صفری، شیوا و ملانوری، الهام (۱۴۰۰). اندازه‌گیری عمق برف و بررسی مؤلفه‌ی دما در ارتباط با ویژگی برف. مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک. ۲۸(۴)، ۱۷۸-۲,۶.

رضازاده‌جودی، ع. و ستاری، ت. (۲۰۱۶). ارزیابی عملکرد روش‌های مختلف در بازسازی داده‌های بارش ماهانه. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۴۲(۱۵)، ۱۷۶-۱۵۵.

فتاحی ، ابراهیم. (۱۳۷۷). مدل تحلیل کمی ذوب برف (مطالعه حوضه سد لتیان). پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده ادبیات و علوم انسانی گروه جغرافیا دانشگاه تربیت معلم.

قاجارنیا، نوید؛ لیاقت، عبدالمجید و دانشکار آراسته، پیمان. (۱۳۹۳). صحت سنجی داده‌های بارندگی ایستگاه‌های غیر ثبات سازمان هواشناسی و تماب در حوزه آبریز دریاچه اورمیه، نشریه حفاظن منابع آب و خاک، ۴(۱)، ۱۰۹-۹۱.

لوک‌زاده، ص. (۱۳۸۳). ارزیابی چند روش مختلف بازسازی خلاهای آماری بارندگی در مقاطع زمانی مختلف در منطقه البرز مرکزی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، هواشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

Chow, V.T., Maidment, D.R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology, MacGraw-Hill. Inc., New York, 572.

Hagolle, O.M. and C. Huc. 2018. MAJA ATBD algorithm theoretical basis document. Approved by M. Dejus, CNES, Project Manager, Remote Sens, 37 p.

Kunkel, K.E., Vose, R. S., Stevens, L.E., Knight, R.W. (2015). Is the monthly temperature climate of the United States becoming more extreme? Geophysical Research Letters, 42, 629–636.

Mahanta, R., Saha, P., Rajesh, P.V., Nandy, S., Zahan, Y., Mahanta, A. (2021). Reconstruction of a long reliable daily rainfall dataset for the Northeast India for extreme rainfall studies. J. Earth Sci. Clim. Change, 12, 580.

Paulhus, J.L.H., Kohler, M.A. (1952). Interpolation of missing precipitation records. Monthly Weather Review, 80 129– 133.

Te Chow, V., Maidment, D. R., Mays, L.W. (1988). Applied hydrology.

Torabi Poodeh, H., Yousefi, H., Samadi, A., Arshia, A., Shamsi, Z., Yarahmadi, Y. (2021). Evaluation of snow cover changes trend using GEE and TFPW-MK test (Case Study: Marber Basin-Isfahan). Iranian journal of Ecohydrology. 8(1), 195-204.

Torabi Poodeh, H., Yousefi, H., Samadi, A., Arshia, A., Shamsi, Z., Yarahmadi, Y. (2021). Evaluation of snow cover changes trend using GEE and TFPW-MK test (Case Study: Marber Basin-Isfahan). Iranian journal of Ecohydrology. 8(1), 195-204.

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning (No. 537). Department of Agriculture, Science and Education Administration.

Zhang, J., Jia, L., Menenti, M., Zhou, J., Ren, S. (2021). Glacier area and snow cover changes in the range system surrounding tarim from 2000 to 2020 using google earth engine. Remote Sensing, 13(24), 5117.

Reconstruction of rainfall data and estimation of snow data in the paired and representative Khamesan watershed for estimation of rainfall-snow erosivity

Zeinab Askaria-Chaijan[1], Hossein Asadi[1*], Yahya Parvizi[2]

[1] Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.
[2] Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Abstract
Access to accurate data is essential for hydrological studies, soil erosion, and climatology. The objective of this research was to reconstruct missing rainfall and snow data in the Khamsan watershed (a sub-basin of Sirwan, area 4337 hectares) in order to estimate the total erosivity (rainfall and snowmelt) over a 15-year period (2008-2022). Data from the Khamsan station were reconstructed using the "Normal Ratio" method and data from the Sanandaj and Kamyaran stations. The average annual rainfall of the watershed was calculated to be 470 mm, which is consistent with the report from the Kurdistan Natural Resources Department (400 mm). The average annual snowfall was 40 cm, with its decrease at the end of the period likely due to global warming. Snow characteristics were calculated using the Google Earth Engine (GEE) system and temperature data to identify snowmelt days. The precipitation pattern of the Khamsan watershed follows the pattern of adjacent stations. The Normal Ratio method and GEE-based calculations enabled the highly efficient and accurate reconstruction of statistical gaps. The results of this study led to a better and more accurate estimation of the watershed's total erosivity, with an average of 441 MJ mm ha^{-1} h^{-1} y^{-1}. These data can be used for conducting hydrological studies and preparing soil erosion maps using models such as RUSLE.

Keywords: Snow equivalent water, meteorological data, normal ratio, soil erosion.