

اصلاح مقادیر بارش ایستگاهی با استفاده از تخمین ماهواره‌ای به روش تلفیق وضعیت در حوضه آبریز کشان

تارا صالحی پور باورصاد، حیدر زارعی، محمدامین مداح
دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهیدچمران اهواز

چکیده: مطالعه و شناسایی دقیق بارش‌های سنگین یا حدی منجر به سیل از آنجایی که عامل بروز خسارات سنگین هستند، لازم و ضروریست. روش معمول و سنتی اندازه‌گیری میزان بارش که مورد تایید سازمان هواشناسی جهانی است، اندازه‌گیری به صورت نقطه‌ای بوده که متکی بر مطالعات میدانی می‌باشد. اما به دلیل وجود محدودیت‌های اساسی نظیر تعداد محدود آن‌ها، عدم پراکندگی مناسب و عدم وجود در مناطق صعب العبور استفاده از آن‌ها در سطح جهان بسیار محدود است. از آنجایی که ماهواره‌ها به عنوان ابزاری غیر زمینی، مناطق وسیع‌تری را پوشش می‌دهند توانسته‌اند به نحو احسن محدودیت‌های موجود در باران سنج‌ها را مرتفع سازند اما به دلیل خطای بالا نیاز به اصلاح دارند، ازین رو برآورد توزیع مکانی بارندگی، با ترکیب اطلاعات حاصل از سنجنده‌های مختلف، مورد توجه قرار گرفته است. هدف از انجام این پژوهش برآورد و تدقیق توزیع مکانی بارش‌های سنگین با استفاده از ترکیب داده‌های بارش ایستگاه زمینی و ماهواره‌ای به روش ترکیب وضعیت (CM) در سطح حوضه‌ی آبریز کشکان است. چهار رویداد شدید بارشی مختلف طی ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۸، انتخاب شد. براساس تجزیه و تحلیل‌های آماری صورت گرفته بین مقادیر بارش ماهواره‌ی GPM و بارش شبکه مشاهده‌ای زمینی و همچنین بارش سطح به دست آمده به روش تلفیق وضعیت با بارش مشاهده‌ای شبکه‌ای زمینی، به طور متوسط به ترتیب با مقدار $RMSE$ ۷/۰۷ و $۴/۶۸$ دقت خوبی دارند. نتایج نشان دهنده این است میانگین بارش دست آمده از روش تلفیق وضعیت به داده‌های مشاهداتی زمینی شباهت بیشتری دارد.

واژه‌های کلیدی: بارش سنگین، سیل، بارش ایستگاه زمینی، توزیع مکانی، بارش ماهواره‌ای، روش تلفیق وضعیت، حوضه کشکان

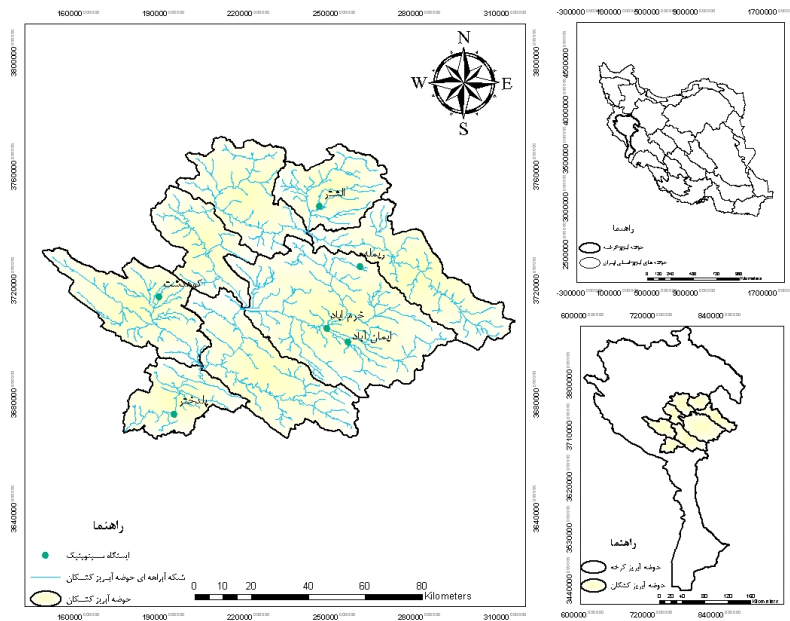
کد موضوع بندی ریاضی (۲۰۱۰): 62M30, 62M11

۱ مقدمه

از جمله پدیده‌های جوی که منجر به بروز خسارت جانی و مالی می‌شود، بارش سنگین یا بارش حدی هستند. از آنجایی که کشور ایران دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است، وقوع این نوع بارش‌ها، منجر به جاری شدن سیل در مدت زمان کوتاه و خسارت‌های سنگینی که جبران آن در کوتاه مدت امکان پذیر نیست شده (مصطفائی و همکاران، ۱۳۹۴). از این رو در دسترس نبودن شبکه متراکم و همگن ایستگاه‌های باران‌سنجی در کشورهای درحال توسعه، تحلیل و بررسی این گونه وقایع را با مشکل مواجه کرده است (بیتو و جبرمیکال، ۲۰۱۱). امروزه مقادیر بارش ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا، یک منبع جایگزین مناسب برای انجام مطالعات مختلف اقلیمی و هیدرولوژیکی در مناطق فاقد آمار و مناطق با عدم توزیع یکنواخت ایستگاه‌ها است. اما عدم قطعیت سیستماتیک در مقادیر بارش تخمینی علی‌رغم پوشش مناسب زمانی و مکانی آن‌ها توسط سنجنده‌های ماهواره‌ای محققان صنعت آب را به ایجاد شیوه‌های نوینی وا داشته تا بلکه به کمک تلفیق داده‌های بارش ایستگاهی (زمینی) و ماهواره‌ای، تصویر واضح‌تری از توزیع مکانی بارش در سطح حوضه آبریز مورد نظر تهیه کنند (کیم و همکاران، ۲۰۰۷). در مطالعه‌ای برای برآورد سیلاب در رودخانه Imjin-Ganwha کشور چین، جهت اصلاح و ارزیابی بارش‌ها از روش ترکیب به روش تلفیق وضعیت داده‌های بارش نقطه‌ای زمینی و راداری پرداختند. نتایج نشان داد برآورد بارش به روش تلفیق وضعیت نتایج بهتری را ارائه می‌دهد (پیگنان و همکاران، ۲۰۱۵). برای برآورد یک بارش زمینه، با استفاده از ترکیب داده‌های سنجش از دور و بارش‌های زمینی به روش تلفیق وضعیت، یک روش جدید برای ترکیب داده‌ها پیشنهاد کردند. اسکندری و همکاران (۱۳۹۴) برای اصلاح و بهبود عملکرد داده‌های بارش در سطح حوضه آبریزمند واقع در ایران از ۳ روش مختلف، ترکیب وضعیت، (CM) روش ترکیب وضعیت مرتبط با اریبی (BFCM) و روش ترکیب وضعیت متوسط (MCM) جهت ترکیب داده‌های بارش ایستگاهی و ماهواره‌ای برای بدست آوردن مقادیر بارش منطقه‌ای به این نتیجه رسید که تلفیق به روش ترکیب وضعیت نتایج مناسب‌تری را ارائه می‌دهد. با توجه به اهمیت مقدار و توزیع داده‌های بارش در سطح و محدود بودن تعداد ایستگاه‌های زمینی بارش حوضه آبریز کشکان، تا کنون در این حوضه اقدامی برای ترکیب داده‌های بارش زمینی و ماهواره‌ای صورت نگرفته است. لذا در این تحقیق برای ترکیب، اصلاح و افزایش دقت داده‌های بارش در سطح حوضه از روش تلفیق وضعیت استفاده شده است.

۲ محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر حوضه آبریز رودخانه کشکان است که یکی از زیرحوضه‌های مهم حوضه آبریز کرخه است. حوضه آبریز کرخه در غرب کشور در مناطق میانی و جنوب غرب کشور و در مناطق میانی و جنوب غربی رشته کوه‌های زاگرس قرار گرفته است. این حوضه به لحاظ تقسیم بندی کلی هیدرولوژی ایران، قسمتی از حوضه آبریز خلیج فارس به‌شمار می‌رود. حوضه کرخه حدود ۹ درصد از مساحت کشور دربر گرفته است و مساحت این حوضه ۳۳۷،۵۱ کیلومتر مربع می‌باشد (شریفی، ۱۳۹۲). حوضه آبریز مورد مطالعه از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده ۴۷ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. حوضه ی کشکان به لحاظ تقسیمات سیاسی تماماً در استان لرستان قرار گرفته و شهرستان‌های خرم‌آباد، الشتر، کوهدشت و پلدختر با مساحتی حدود ۳۳ درصد از کل استان عمدتاً در قالب حوضه مزبور گسترش یافته‌اند. این حوضه آبریز با مساحت ۹،۵۳۳/۸۰ کیلومتر مربع در ناحیه جنوب غربی ایران واقع شده‌است و هفت شاخه آبراهه اصلی همیشگی و چندین شاخه فصلی، شبکه زهکشی آن را تشکیل داده‌اند. حداقل ارتفاع این حوضه از سطح دریا آزاد ۵۲۲ متر حداکثر ارتفاع ۳۵۰۳ متر است (مهدی‌نسب، ۱۳۹۰).



شکل ۱: نقشه زیرحوضه‌های اصلی ایران و حوضه آبریز مورد مطالعه (کشکان)

جدول ۱: اطلاعات ۴ رویداد انتخابی سیل در حوضه آبریز کشکان

نام واقعه	سال آبی	تاریخ
واقعه شماره ۱	۹۳ - ۹۴	۱۳۹۳/۰۷/۲۸
واقعه شماره ۲	۹۴ - ۹۵	۱۳۹۴/۰۹/۱۱
واقعه شماره ۳	۹۷ - ۹۸	۱۳۹۷/۰۲/۰۸
واقعه شماره ۴	۹۷ - ۹۸	۱۳۹۷/۰۲/۱۹

۳ مواد و روش ها

نرم افزار ArcGIS در واقع یک نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی است. از این نرم افزار برای جمع‌آوری، ذخیره، بازیابی و تجزیه و تحلیل اطلاعات با حجم زیاد و همچنین برای برقراری ارتباط بین اطلاعات جغرافیایی (نقشه) و اطلاعات غیر جغرافیایی (جدول اطلاعاتی)، ایجاد امکانات تجزیه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی با استفاده از اطلاعات غیرجغرافیایی و ... استفاده می‌شود (جبری و حسان، ۲۰۲۰). آمار و اطلاعاتی که در این پژوهش استفاده شده‌اند، شامل مقادیر بارش ۶ ساعته ایستگاه‌های سینوتیک الشتر، ریمله، خرم‌آباد، ایمان‌آباد، کوه‌دشت و پلدختر که از سایت سازمان هواشناسی کشور به نشانی <https://www.irimo.ir/> تهیه شده‌اند. همچنین از داده‌های ساعتی بارش ماهواره ای GPM با وضوح زمانی نیم ساعته، مکانی $1^\circ \times 1^\circ$ و با پوشش تقریباً جهانی از سایت ناسا به نشانی <https://disc.gsfc.nasa.gov/> تهیه شده‌اند. همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است در این پژوهش چهار واقعه بارش سنگین به شرح زیر انتخاب شده است. در ابتدا جهت درک صحیح از توزیع مکانی بارش در سطح حوضه‌ی آبریز کشکان، بارش‌های اندازه‌گیری شده نقطه‌ای (ایستگاه‌های سینوتیک در سطح حوضه) با استفاده از کریگینگ که یک روش زمین آماری است میان‌یابی شده و همچنین داده‌های شبکه‌بندی شده‌ی ماهواره‌ی GPM بر مبنای میان‌یابی داده‌های سلولی برای سلول‌های دربرگیرنده ایستگاه‌های باران سنجی نقطه‌ای زمینی با استفاده از همین روش میان‌یابی شد. در نتیجه نقشه بارش در سطح حوضه کشکان برای هر دو نوع

داده ایجاد شد. در این روش برای بیان تغییرات مکانی از تغییرنا استفاده می‌شود و خطای مقادیر پیش بینی شده را حداقل می‌کند. روش عمومی محاسبه کریگینگ بر اساس رابطه ۱.۳ است (فتحی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳).

$$z(x_t) = \sum_{i=1}^n w_i z(x_i), \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (1.3)$$

که در آن $z(x_t)$ مقدار مجهول در نقطه x_t فاکتور وزنی نمونه‌ها، $z(x_i)$ مقادیر نمونه‌های اندازه‌گیری شده و n تعداد نمونه‌هاست.

۱.۳ روش ترکیب وضعیت

برای اصلاح و تدقیق مقادیر بارش از روش تلفیق وضعیت^۱ که با استفاده از داده‌های شبکه‌ای ماهواره‌ای خطای مربوط به کریگینگ در ایستگاه‌های باران سنجی را برآورد و اصلاح می‌کند، استفاده شده است. فرمول نهایی مقادیر تلفیق وضعیت با ۲.۳ بیان می‌شود.

$$CM = S(S) - K_{S(g)} + K_{G(g)} \quad (2.3)$$

که در آن، $S(S)$ داده‌های شبکه‌ای خام ماهواره‌ای، $K_{S(g)}$ داده‌های درونیابی شده ماهواره‌ای، و $K_{G(g)}$ داده‌های درونیابی شده ایستگاه‌های زمینی هستند. جدول ۲ پارامترهای آماری داده‌های شبکه‌ای میانجی شده در هر کدام از بارش‌های سنگین منتخب را نشان می‌دهد. پس از بررسی مقادیر بارش اندازه‌گیری شده توسط ایستگاه باران‌سنجی در سطح حوضه آبریز حوضه کشکان در طول سال‌های آماری مورد مطالعه تعداد ۴ واقعه بارش در سال ۹۸-۹۳ به عنوان بارندگی‌های سنگین به منظور بررسی هدف مطالعه انتخاب شد. به همین منظور نیز مقایسه توزیع مکانی بارش برای مقادیر بارش ماهواره‌ای^۲، کریگینگ ایستگاه‌های باران‌سنجی^۳ و بارش ترکیب شده به روش CM در هر یک از وقایع مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. طور کلی روش ترکیب وضعیت نتایج قابل قبولی را ارائه می‌دهد. هم روند داده‌های بارش ماهواره‌ای دارای مقادیر کم برآورد و داده‌های درونیابی شده و ترکیب شده دارای یک روند صعودی و بیش برآوردی هستند. برای تعیین دقت، روش‌های مختلف مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرند (اکبری و همکاران، ۱۳۹۴). در این تحقیق برای ارزیابی میزان دقت و انتخاب بهترین روش، از آنالیز و معیارهای آماری مختلفی مانند میانگین خطای مطلق، (MAE) میانگین خطای انحراف (MBE) و ریشه میانگین مربعات خطا، (RMSE) و نیز شاخص‌های دیگری نظیر شاخص درصد خطای اریبی (PBIAS)، واریانس و ضریب همبستگی استفاده می‌شود.

$$\begin{aligned} MAE &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - Z(x_i)| \\ MBE &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z^*(x_i) - Z(x_i)) \\ RMSE &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z^*(x_i) - Z(x_i))^2}{n}} \\ PBAIS &= \frac{\sum_{i=1}^n (Z^*(x_i) - Z(x_i))}{\sum_{i=1}^n Z(x_i)} \times 100 \end{aligned} \quad (3.3)$$

که در رابطه بالا $Z^*(x_i)$ مقدار برآورد شده X_i ، $Z(x_i)$ مقدار مشاهده شده X_i و n تعداد داده‌ها است.

¹ Conditional Merging Technique

² GPM Rainfall

³ Gauge Rainfall

جدول ۲: داده‌های شبکه‌ای درون‌یابی شده به روش Kriging در هر واقعه

نام واقعه	مدت بارش	نوع داده	Min	Max	Avg	St.D
واقعه اول	۶ ساعت	Gauge	۲۰	۷۲	۳۴/۳۳	۱۸/۱۹
		Kriging – gauge	۲۲/۵۸	۴۶/۲۸	۳۳/۸۷	۴/۶۷
		GPM	۳/۹۸	۳۹/۶۵	۱۸/۰۶	۹/۰۵
		Kriging – GPM	۶/۴۲	۱۹/۱۷	۱۳/۰۲	۳/۱۳۸
		CM	۱۳/۶۳	۵۶/۹۷	۳۸/۹۹	۸/۷۷
واقعه دوم	۶ ساعت	Gauge	۲۱	۴۰	۲۸/۱۶	۵/۸۷
		Kriging – gauge	۲۵	۳۱/۳	۲۸/۰۵	۰/۸۵
		GPM	۱۵/۸۲	۲۳/۲۴	۱۹/۰۱	۲/۲۲
		Kriging – GPM	۱۷/۵۲	۱۹/۸۲	۱۹/۱۳	۰/۴۶
		CM	۸/۸۷	۳۴/۵۷	۲۷/۶۱	۴/۱۹
واقعه سوم	۱۲ ساعت	Gauge	۵/۷	۵۸	۳۱/۲۶	۱۸/۵۶
		Kriging – gauge	۲۲/۰۱	۴۲/۹۶	۳۲/۸۶	۸/۲۴
		GPM	۲۶/۵۳	۵۱/۳۹	۴۰/۲۵	۸
		Kriging – GPM	۲۷/۴۲	۵۲/۸	۴۳/۰۴	۶/۹۰
		CM	۳/۰۵	۶۵/۹۳	۳۲/۳۳	۱۳/۹۸
واقعه چهارم	۶ ساعت	Gauge	۱۲	۲۷	۱۶	۵/۶۹
		Kriging – gauge	۱۱/۵	۲۵/۶۸	۱۷/۱۲	۴/۰۳
		GPM	۰/۱	۲۶/۲۱	۶/۴۷	۵/۵۷
		Kriging – GPM	۰/۰۲	۲۶/۵۵	۹/۷۹	۷/۵۴
		CM	۱/۸۸	۲۶/۲۸	۱۳/۷	۵/۷۲

جدول ۳: تجزیه و تحلیل آماری از مقایسه روش‌های مورد استفاده با داده‌های مشاهداتی

نام واقعه	نوع پارامتر	MAE	MBE	RMSE	PBIAS
واقعه اول	CM	۱۳/۸۳	-۰/۵۱	۶/۹۴	-۱/۴۸
	GPM	۲۲/۰۰	۲۲/۰۰	۱۱/۳۲	۱۷۸/۴۹
واقعه دوم	CM	۳/۹۴	۰/۳۳	۱/۹۱	۱/۲۱
	GPM	۹/۱۵	۹/۱۵	۴/۱۷	۴۸/۱۲
واقعه سوم	CM	۱۶/۰۰	-۵/۸۱	۸/۸۵	-۱۵/۶۸
	GPM	۱۶/۵۱	-۸/۹۹	۸/۸۳	-۲۲/۳۴
واقعه چهارم	CM	۱/۷۳	-۰/۰۷	۰/۹۹	-۰/۴۸
	GPM	۷/۳۴	۷/۳۴	۳/۹۶	۸۴/۹۶

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این مطالعه اصلاح و تدقیق عملکرد داده‌های بارش در سطح حوضه کشکان با استفاده از ترکیب داده‌های بارش زمینی و ماهواره‌ای به کمک روش‌های زمین‌آماري و روش ترکیب وضعیت می‌باشد. براساس تجزیه و تحلیل‌های آماری صورت گرفته مقدارخطای میانگین مربعات بارش برآورد شده توسط ماهواره (GPM) و تلفیق (CM وضعیت)

به ترتیب معادل ۷/۰۷ و ۴/۶۸ است. همچنین نتایج نشان داد که مقادیر بدست آمده بارش منطقه‌ای از روش ترکیب وضعیت (CM) نتایج مناسب تری را ارائه می‌دهد. به طوریکه مقادیر بارش ترکیب شده، مقادیر بارش ایستگاه زمینی را حفظ کرده و توزیع مکانی بارش را در سطح حوضه نسبت به بارش ماهواره‌ای بهبود بخشیده است.

مراجع

- مصطفائی، ح.، علیجانی، ب.، و سلیقه، م.، (۱۳۹۴)، تحلیل سینوپتیکی بارش‌های شدید و فراگیر در ایران، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴، ۶۵-۷۶.
- اسکندری، ع.، زارعی، ح.، آخوند علی، ع.م.، و هوشمند، ع.، (۲۰۲۰)، ارزیابی روش‌های ترکیب داده‌های اندازه‌گیری شده زمینی و ماهواره‌ای در تصحیح و بهبود عملکرد داده‌های بارش در سطح حوضه (مطالعه موردی: حوضه آبریزمند)، علوم و مهندسی آبیاری.
- شریفی، م.، (۱۳۹۲)، مطالعات آمایش استان خوزستان، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران. جلد هفتم.
- مهدی نسب، م.، (۱۳۹۰)، مدل‌سازی بارش رواناب حوضه آبریز رودخانه کشکان بر اساس مدل‌های آماری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- فتحی‌زاده، ح.، کریمی، ح.، و تازه، م.، (۱۳۹۳)، بررسی الگوریتم‌های مختلف زمین آماری جهت پهنه‌بندی بارش سالیانه استان ایلام، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۳۵، ۱۳۹-۱۵۴.
- اکبری، م.، مصطفائی، ح.، و محمدزاده، ت.، (۱۳۹۴)، ارزیابی خطا و سنجش کارایی روش‌های درونیابی در برآورد داده‌های دما و بارش، اولین کنفرانس بین‌المللی علوم جغرافیایی، موسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی، شیراز.
- Bitew, M. M., & Gebremichael, M. (2011), Assessment of Satellite Rainfall Products for Stream-flow Simulation in Medium Watersheds of the Ethiopian Highlands, *Hydrology and Earth System Sciences*, **15**, 1147-1155.
- Kim, B. S., Hong, J. B., Kim, H. S., & Yoon, S. Y. (2007), Combining Radar and Rain Gauge Rainfall Estimates for Flood Forecasting Using Conditional Merging Method, In World Environmental and Water Resources Congress 2007: Restoring Our Natural Habitat (pp. 1-16).
- Pignone, F., Rebora, N., & Silvestro, F. (2015), Modified Conditional Merging Technique: a New Method to Estimate a Rainfall Field Combining Remote Sensed Data and Raingauge Observations, In EGU General Assembly Conference Abstracts (p. 3013).
- Jabri, B., & Hessane, M. A. (2020), Production of a Curve Number map using GIS Techniques in the watershed of the high Sebou (Morocco), In E3S Web of Conferences (Vol. 150, p. 03003). EDP Sciences.