

مقدمه

بارش نقش تاثیر گذاری بر منابع طبیعی و کشاورزی دارد (آیوآد، ۱۹۸۳). مطالعه در ارتباط با بارش می تواند ویژگی های اقلیمی، تغییرات زمانی و مکانی آن و تاثیراتی که بر سیلاب ها، خشکسالی و زمین لغزش ها را دارد، آشکار نماید (بوشاند، ۱۹۸۲). تحقیقات ساین (۲۰۰۳) نشان داد که بهترین راه جهت بازسازی نواقص آماری بسته به الگوی بارش و زون اقلیمی هر منطقه دارد. استفاده از تصاویر راداری جهت تدقیق نقشه های همبارش در مناطقی که دچار کمبود ایستگاه می باشد نیز توسط محققین بسیار از جمله ویلانیری و کلاسجویسکی (۲۰۰۹)، شارمن و همکاران (۲۰۰۷)، گودنوف و گلوب (۲۰۰۹)، جوریسک و همکاران (۲۰۰۷) پیشنهاد شده است. در تحقیقی که توسط لینچ و اسکولز (۱۹۹۵) صورت گرفت جهت تعیین نقشه همبارش در حوضه آبخیز از تعدادی ایستگاه محدود و روش های مختلف درونیابی (روش معکوس فاصله، کریجینگ، تیسن و شفر) استفاده نمودند. سپس با استفاده از ایستگاههای محدود خود نقشه های تهیه شده با هر روش را صحت سنجی نمودند نتایج نشان داد که نه تنها دقت و میزان خطای برآوردی در انتخاب بهترین روش مهم است بلکه وقت گیر بودن هر روش نیز باید در تهیه نقشه همبارش در شرایط یکسان بودن دقت مد نظر قرار گیرد. در تحقیقی که توسط سیلوا و همکاران (۲۰۰۷) صورت گرفت ابتدا به زون بندی اقلیمی منطقه ای در اسپانیا پرداخته و سه زون اقلیمی مرطوب، نیمه خشک و خشک را جداسازی کردند سپس به سه روش معکوس فاصله، کریجینگ و شفر به تهیه نقشه همبارش در یک دوره آماری ۲۷ ساله تهیه شد. آماره های خطای مطلق، استاندارد و ضریب تعیین محاسبه شد نتایج نشان داد که روش مجذور عکس فاصله در هر سه زون اقلیمی در شرایط کمبود داده دقیق ترین نقشه همبارش را تولید می کند. اردین (۲۰۱۰) با استفاده از روش کریجینگ و تصاویر راداری نقشه همبارش در بخش هایی از حوضه آبخیز در کشور سوئیس را تهیه نمود نتایج این تحقیق نشان داد که تصاویر ماهواره ای در تدقیق نقشه های همبارش بسیار مفید خواهد بود. هدف از تحقیق حاضر تدقیق نقشه همبارش در حوضه های آبخیز کم داده به کمک گرادیان ارتفاع-بارش و تهیه لایه های خطا در حوضه آبخیز تفت-دهشیر می باشد.

مواد و روش ها

معرفی منطقه مطالعاتی - تحقیق حاضر بر روی حوضه آبریز تفت

تدقیق نقشه همبارش در حوضه های آبخیز کم داده به کمک گرادیان ارتفاع-بارش و تهیه لایه های خطا (مطالعه موردی حوضه آبخیز تفت-دهشیر در استان یزد)

سمانه پورمحمدی^{۱*} و محمد مهدی جوادیان زاده^۲

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۲

چکیده

مدیریت صحیح و پایدار منابع آب در حوضه های آبخیز در گرو مطالعه و اطلاع از وضعیت منطقه می باشد. مقدار بارش جزء پارامتر اصلی و تاثیر گذار در تمامی ابعاد اکولوژیکی، زیست محیطی و هیدرولوژیکی در حوضه های آبخیز می باشد، بنابراین داشتن اطلاعات کافی و دقیق از بارش منطقه به منظور مدیریت بهینه و پایدار حوضه های آبخیز ضروری می باشد. از سوی دیگر کمبود ایستگاههای بارانسنج کافی در حوضه آبخیز و در مواردی فقدان آن، موجب کاهش دقت نتایج تحقیقات و مطالعات می شود. بنابراین هدف از تحقیق حاضر تهیه نقشه دقیق همبارش حوضه آبخیز تفت-دهشیر می باشد. حوضه آبخیز تفت-دهشیر در استان یزد واقع شده است و ایستگاه بارانسنج به تعداد کافی در حوضه وجود ندارد. در این تحقیق به منظور تهیه نقشه همبارش از روش گرادیان ارتفاع-بارش استفاده شد و با تهیه نقشه های اختلاف بارش (خطا)، نقشه های همبارش تهیه شده تدقیق شدند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با استفاده از گرادیان بارش-ارتفاع و اعمال نقشه های اختلاف بارش می توان نقشه های همبارش بسیار دقیق در حوضه های آبخیز کم داده یا فاقد داده تهیه نمود.

واژه های کلیدی: همبارش، لایه های خطا، گرادیان ارتفاع-بارش، حوضه آبخیز

۱- دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری موسسه تحقیقات آب ایران (محقق مرکز ملی باروری ابرها)، نویسنده مسئول،

Email: s.poormohammadi@yahoo.com

۲- مدیر عامل شرکت سهامی آب منطقه ای یزد و دکتری عمران آب دانشگاه خواجه نصیر.

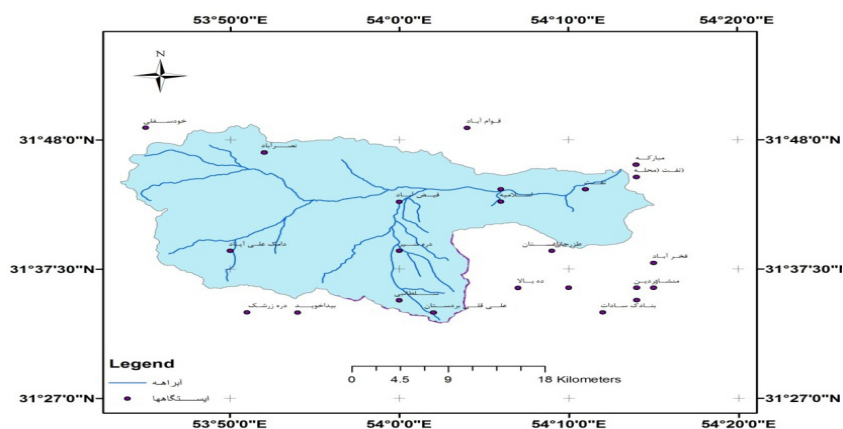
و سرانجام دشتها میزان بارندگی کمتر گشته و در مجاورت کویرها و کفه‌های کویری ابرکوه به حداقل می‌رسد. در شکل ۱ و ۲ حوضه آبخیز تفت-دهشیر به همراه پراکنش ایستگاههای بارانسنج در داخل و اطراف حوضه را نمایش می‌دهد.

در جدول ۱ نیز نام و مشخصات ایستگاههای بارانسنج مستقر در حوضه آبخیز و اطراف آن ارائه شده است.

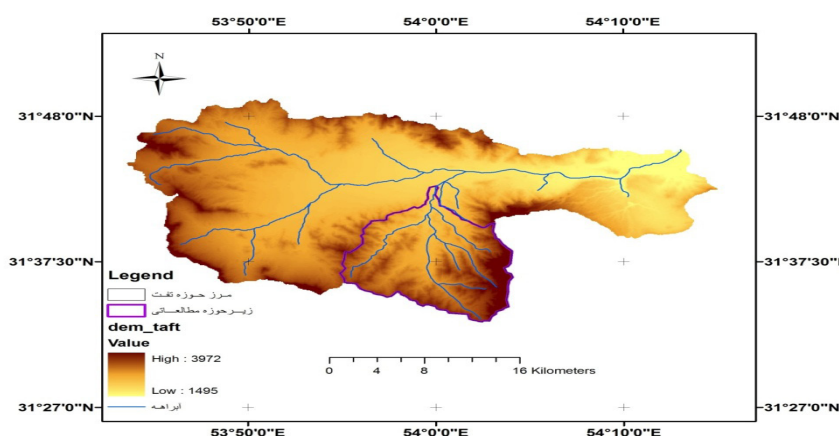
روش تحقیق

در شکل ۳ شمایی از تحقیق حاضر نمایش داده شده است. در این تحقیق از تمامی ایستگاههای بارانسنج موجود در منطقه مطالعاتی و اطراف حوضه آبخیز جهت تهیه نقشه همبارش تدقیق شده استفاده شد. به این منظور در ابتدا تست‌های همگنی و آزمون کفایت داده ها بر روی تمامی ایستگاهها بررسی شد سپس دوره آماری مشترک تعیین و برای تعداد محدودی ایستگاه تطویل داده صورت گرفت تا در صورت امکان بتوان از تمامی ایستگاههای در دسترس به منظور

دهشیر استان یزد صورت گرفته است. مساحت این حوضه آبریز ۸۲۳/۷۳ کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاع متوسط این حوضه ۱۵۵۰ متر از سطح دریا می‌باشد. این حوضه آبریز در دامنه شیرکوه نسبت به یزد قرار گرفته و دارای تابستانهای ملایم تر و بارندگی بیشتری نسبت به سایر قسمت‌های استان می‌باشد. شرایط اقلیمی حاکم بر شهرستان تفت به علت وجود عوارض طبیعی گوناگون، متفاوت است. از یک طرف وجود ارتفاعات شیرکوه و از طرف دیگر مجاورت با کویر ابرکوه، شرایط متفاوتی را ایجاد نموده است. هر چند منطقه در قلمرو آب و هوای معتدله گرم فوق مداری قرار گرفته، اما وجود ارتفاعات بالای شیرکوه، بارندگی آن را نسبت به استان کویری یزد در وضعیت کاملاً متفاوتی قرار داده است. شیرکوه و دامنه‌های آن در روستاهای کوهپایه‌ای واقع در حوضه آبخیز نیز از مهمترین مناطق باران خیز استان است، هر چه از ارتفاعات فاصله بگیریم میزان بارندگی کاهش می‌یابد، به طوریکه از ارتفاعات تا دامنه‌ها و از دامنه‌ها تا کوهپایه‌ها



شکل ۱- پراکنش ایستگاههای هواشناسی حوضه آبریز تفت



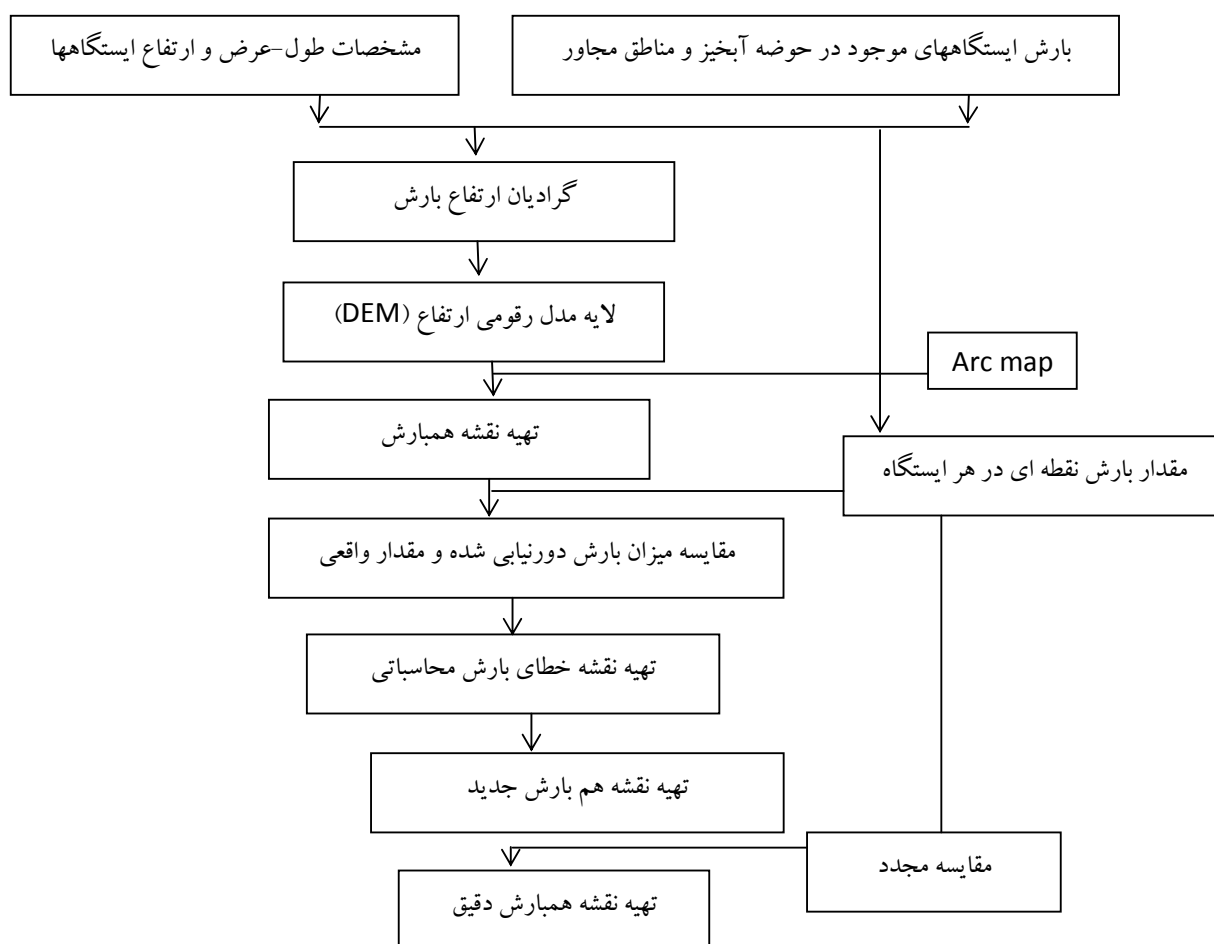
شکل ۲- مرز حوضه آبریز تفت-دهشیر به همراه نقشه راقمی ارتفاع و آبراهه‌های آن

داشت، لایه خطای دوم تهیه شد و در گام نهایی نقشه تدقیق شده همبارش برای حوزه آبخیز تفت دهشیر تهیه گردید. مراحل انجام تحقیق به اختصار در زیر بیان شده است.

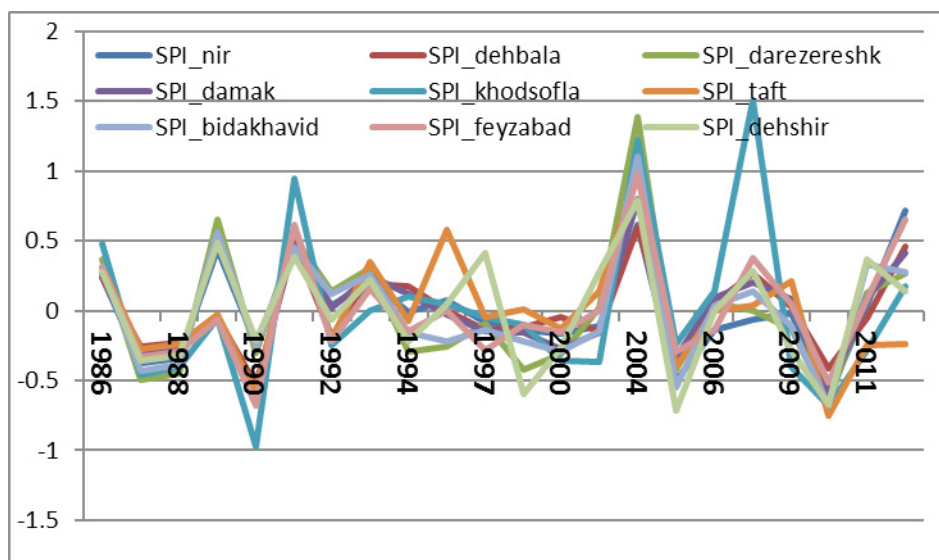
جدول ۱- نام ایستگاه‌های بارانسنج و دوره آماری آنها

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	دوره آماری	ارتفاع
1	نیر	بارانسنج	1991-2013	2407
2	تفت	بارانسنج	1991-2013	1540
3	فیض آباد	بارانسنج	1991-2013	1953
4	اسلامیه	بارانسنج	1979-2013	1751
5	بیداخوید	بارانسنج	1993-2013	2386
6	باغستان	بارانسنج	1992-2013	2177
7	دره زرشک	بارانسنج	1990-2013	2388
8	خودسفلی	بارانسنج	1991-2013	2498
9	دامک علی آباد	بارانسنج	1990-2013	2295
10	ده بالا	بارانسنج	1988-2013	2606
11	دهشیر	بارانسنج	1991-2013	1833

تهیه نقشه همبارش استفاده شود. پس از آماده سازی داده‌های بارش، ابتدا شاخص خشکسالی SPI برای تمامی ایستگاهها محاسبه گردید. سالهای خشک و تر مشترک برای تمامی ایستگاهها جدا شدند. در مرحله بعد با استفاده از مشخصات ارتفاعی ایستگاهها سه نوع گرادیان ارتفاع بارش برای منطقه مطالعاتی رسم شد (سال-تر-سال خشک و میانگین بارش). در گام بعدی بهترین معادله گرادیان بین ایستگاهها انتخاب شد و برای دو گزینه دیگر تست گردید. سپس به کمک نقشه مدل رقومی ارتفاع، نقشه همبارش اولیه با استفاده از معادله گرادیان ارتفاع-بارش منتخب تهیه گردید. در گام بعد به کمک داده‌های بارش در هر ایستگاه و داده بارش تولیدی در نقشه در محل ایستگاهها، دقت نقشه تولیدی بررسی و لایه خطای اول تهیه گردید. لایه خطا در واقع همان اختلاف مقدار بارش واقعی و بارش تولید شده در نقشه می باشد، که توسط تکنیک درونیابی به نقشه تبدیل شده است، در مرحله بعد با لایه خطای ایجاد شده نقشه همبارش تصحیح گردید و مجدداً داده‌های بارش هر ایستگاه با داده‌های نقشه اصلاحی مقایسه گردید و به علت اینکه هنوز اختلاف اندکی بین داده‌های واقعی بارش و داده‌های بارش از نقشه اصلاح شده وجود



شکل ۳- فلوچارت مراحل مختلف تحقیق



شکل ۴- شاخص خشکسالی SPI در تمامی ایستگاههای بارانسنج

نتایج

تعیین شاخص خشکسالی SPI و جداسازی سالهای تر و خشک: شکل ۴ شاخص خشکسالی SPI در تمامی ایستگاهها را نمایش می دهد. بر همین اساس، سال ۲۰۰۴ به عنوان سال ترسال در تمامی ایستگاهها و سال ۲۰۱۰ به عنوان سال خشک انتخاب شد.

گرادیان ارتفاع-بارش

بارش سالانه: از مجموع ۹ ایستگاه بارانسنج موجود در منطقه مطالعاتی (در تعیین دوره آماری مشترک ۳ ایستگاه بارانسنج که دارای قدمت کمی بودن و تطویل داده‌های آنها از نظر علمی صحیح نبود حذف شدند)، ۶ ایستگاه انتخاب شد و ۳ ایستگاهی که رابطه مناسبی بین ارتفاع و بارش آنها نبود، حذف گردید. ایستگاههای منتخب شامل: نیر، ده بالا، دامک، بیداخوید، ده بالا و دهشیر و ایستگاههای حذف شده شامل: دره زرشک، خودسلفی و تفت می باشد. شکل ۵ گرادیان ارتفاع-بارش با ۶ ایستگاه منتخب را نشان می دهد، همانطور که در شکل نمایش داده شده است میزان همبستگی بین ارتفاع و بارش، ۹۷٪ می باشد.

سال تر: با توجه به انتخاب سال ۲۰۰۴ به عنوان سال تر نیز گرادیان ارتفاع-بارش بین ۶ ایستگاه برقرار گردید. شکل ۶ گرادیان-ارتفاع بارش برای سالهای تر را نشان می دهد. میزان همبستگی بین ارتفاع و بارش سال تر (۲۰۱۰)، ۸۹٪ می باشد.

سال خشک: در شکل ۷ گرادیان ارتفاع-بارش سال خشک ایستگاههای منتخب در حوضه آبریز تفت-دهشیر نمایش داده شده است. همانطور که ذکر شد، داده‌های بارش مربوط به سال ۲۰۱۰ می باشد که سال خشکسال بوده که با توجه به رابطه بارش و ارتفاع این سال همبستگی ۷۲٪ دیده می شود.

تست گرادیان: پس از تعیین رابطه گرادیان بارش برای سه حالت (بارش سالیانه، بارش در سال خشک و بارش در سال تر)، بهترین رابطه گرادیانی که مربوط به میانگین سالانه بود انتخاب گردید، و

آزمون کفایت داده‌ها: این آزمون بیانگر این است که آیا طول دوره آماری انتخابی برای تجزیه و تحلیل کفایت می کند یا خیر و به عبارتی دیگر حداقل طول دوره آماری مورد نیاز چند سال باید باشد. طبق پیشنهاد «ماکوس»^۱ این حداقل از رابطه زیر بدست می آید.

$$y = [4.3t \log_0 R]^2 + 6 \quad (1)$$

در این رابطه:

y = حداقل قابل قبول تعداد داده‌ها برای تجزیه و تحلیل (تعداد سالهای آماری)

t = استیودنت در سطح اعتماد ۹۰ درصد به ازای درجه آزادی (۶- y)

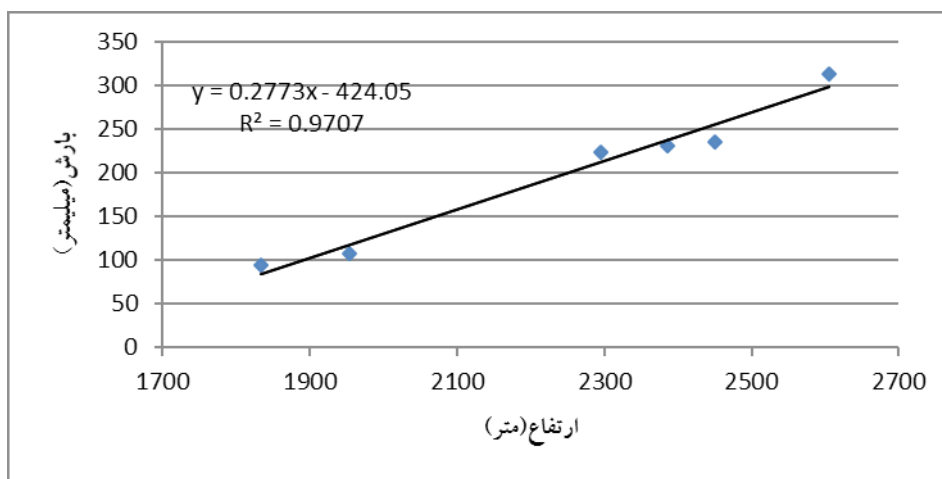
R = نسبت مقدار متغیر در دوره برگشت ۱۰۰ سال به مقدار آن در دوره برگشت ۲ سال بر اساس داده‌های موجود.

آزمون همگنی داده‌ها: برای انجام آزمون همگنی داده‌ها دو روش وجود دارد که به نامهای روش جرم مضاعف و روش آزمون توالی می باشد در این تحقیق از روش جرم مضاعف برای بررسی همگنی ایستگاهها استفاده گردید.

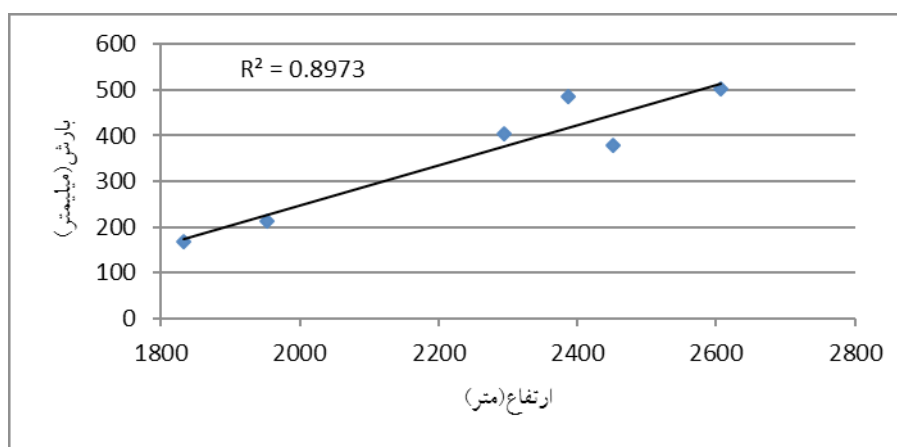
بازسازی نواقص آماری: جهت بازسازی نواقص آماری و تطویل داده‌های ایستگاههای ناقص از ایستگاههای همگن مجاور استفاده گردید و داده‌ها به صورت ماهانه و سالانه تطویل گردید. تعیین ایستگاههای مناسب از طریق همبستگی بین آنها مشخص گردید.

تعیین شاخص خشکسالی SPI و جداسازی سالهای تر و خشک: جهت تعیین میانگین بارش حوضه آبریز از گرادیان ارتفاع-بارش استفاده شد. به این منظور ابتدا با استفاده از شاخص خشکسالی SPI سالهای تر و خشک در تمامی ایستگاهها تعیین گردید. سال تر و خشک مشترک بین تمامی ایستگاهها مشخص شد، ایستگاههایی که همبستگی مناسب داشتند انتخاب و دو ایستگاهی که رابطه رگرسیونی مناسبی با سایر ایستگاهها نداشتند، حذف گردید.

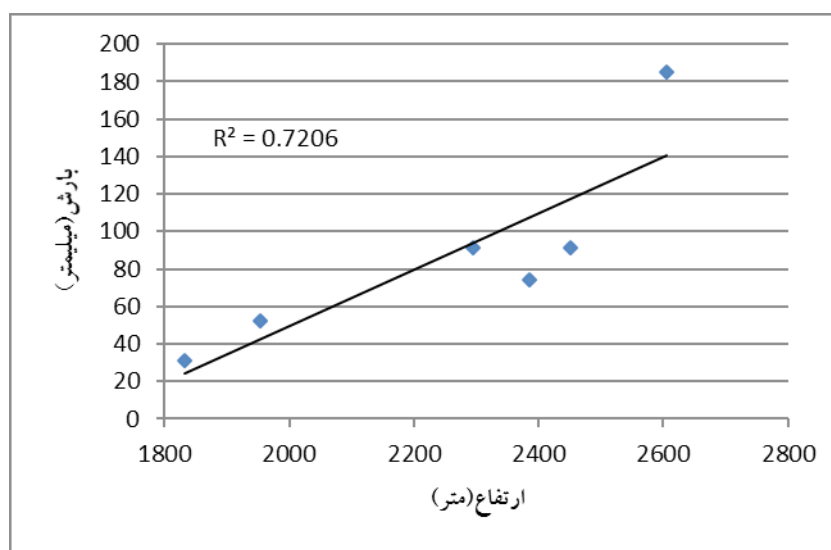
1-Mackus



شکل ۵- گرادیان ارتفاع-بارش سالانه ایستگاههای منتخب در حوضه آبریز تفت- دهشیر



شکل ۶- گرادیان ارتفاع-بارش سال تر ایستگاههای منتخب در حوضه آبریز تفت- دهشیر



شکل ۷- گرادیان ارتفاع-بارش سال خشک ایستگاههای منتخب در حوضه آبریز تفت- دهشیر

با بارش اولیه) را نشان می دهد. طبق مقایسه صورت گرفته بین داده های بارش ایستگاه و نقشه همبارش محاسبه شده از رابطه گرادیانی، خطای برآورد شده بین ۶- تا ۲۵ میلیمتر در حوضه آبخیز

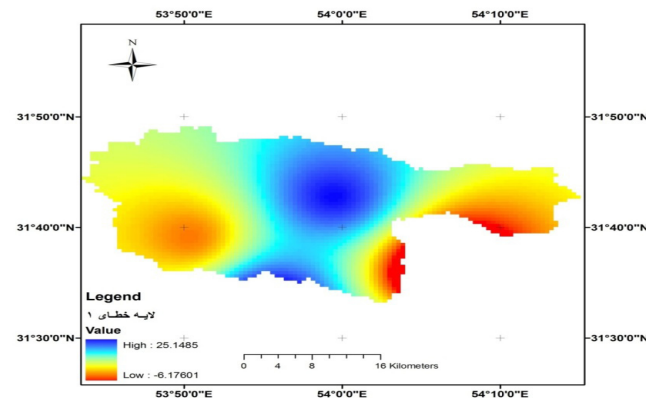
رابطه گرادیان ارتفاع-بارش منتخب، برای سالهای تر و خشک نیز تست گردید و نتایج همبستگی آن در جدول ۲ ارائه شده است. شکل ۸ لایه هم خطای اول (مقادیر اختلاف بارش ایستگاهی

می باشد. این میزان خطا در قسمت‌های مرکزی حوضه آبخیز که تعداد ایستگاه کمتری را شامل شده است، بیشتر می باشد. در شکل ۹ لایه هم خطای دوم (مقادیر اختلاف بارش ایستگاهی با بارش تهیه شده در نقشه اصلاحی) مشاهده می شود. مقادیر اختلاف بین بارش ثبت شده در ایستگاههای بارانسنج و بارش محاسبه شده از رابطه گرادیانی پس از یک بار اصلاح و با در نظر گرفتن نقشه خطای اول، به حداقل رسیده به طوریکه اختلاف مقادیر بین ۱- تا ۱۱ میلیمتر می باشد. شکل ۱۰ نقشه همبارش تدقیق شده نهایی را نشان می دهد.

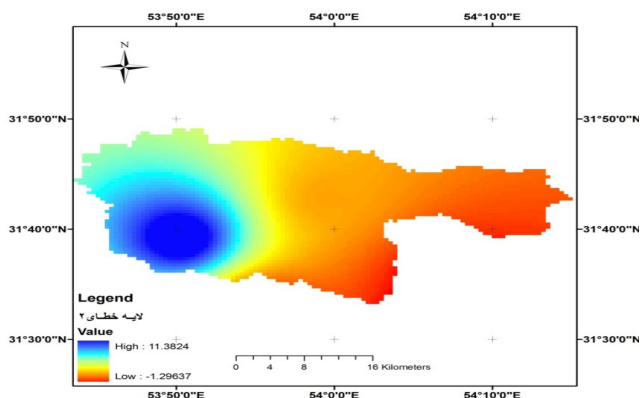
همانطور که در نقشه مشخص می باشد و با مقایسه ای که با نقشه مدل رقومی ارتفاع منطقه صورت می گیرد متوجه می شویم که رابطه گرادیان بارش- ارتفاع با در نظر گرفتن لایه خطا توانسته است به خوبی و دقت بالا، نقشه همبارش حوضه آبخیز تفت-دهشیر را تهیه کند. همانگونه که مشاهده می شود بیشترین میزان بارش در ارتفاعات و سرشاخه ها (۶۴۹ میلیمتر) و کمترین میزان بارش در قسمت‌های خروجی حوضه آبخیز کمترین میزان بارش (۶۵ میلیمتر) می باشد.

جدول ۲- میزان بارش برآورد شده از رابطه گرادیانی بارش-ارتفاع در سال تر و خشک

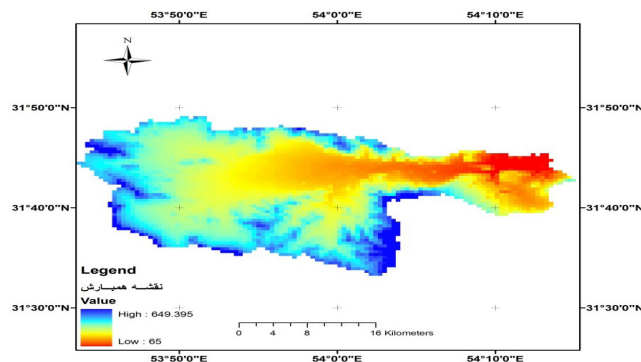
نام ایستگاه	بارش سال تر (میلیمتر)	بارش سال خشک (میلیمتر)	میانگین بارش سالیانه (میلیمتر)	بارش بدست آمده از معادله گرادیان ارتفاع-بارش (میلیمتر)
نیر	379	91	235	255
ده بالا	502	185	314	298
دامک	403	91	224	212
بیداخوید	484	74	230	237
فیض آباد	212	52	107	117
دهشیر	168	31	93	84
همبستگی	94/0	84/0	97%	1



شکل ۸- لایه هم خطای اول (مقادیر اختلاف بارش ایستگاهی با بارش اولیه)



شکل ۹- لایه هم خطای دوم (مقادیر اختلاف بارش ایستگاهی با بارش تهیه شده در نقشه)



شکل ۱۰- نقشه همبارش تدقیق شده نهایی

mountainous region, ERAD 2010 - THE SIXTH EUROPEAN CONFERENCE ON RADAR IN METEOROLOGY AND HYDROLOGY.

4. Goudenhoofdt E., Delobbe L, 2009: Evaluation of radar-gauge merging methods for quantitative precipitation estimates. *Hydrology and Earth System Sciences*, 13, 195–203

5. Jurczyk A., Osrodka K., Szturc J., 2007: Research studies on improvement in real-time estimation of radar-based precipitation in Poland. *Meteorology and Atmospheric Physics*, DOI 10.1007/s00703-007-0266-3

6. Lynch SD and RE Schulze, 1995, *TECHNIQUES FOR ESTIMATING AREAL DAILY RAINFALL* proceedings.esri.com/library/userconf/proc95/to250/p241.html.

7. Silva R. P. De, N.D.K. Dayawansa and M. D. Ratnasiri, 2007, A COMPARISON OF METHODS USED IN ESTIMATING MISSING RAINFALL DATA, *The Journal of Agricultural Sciences*, 2007, vol.3, no.2

8. Schuurmans J. M., Bierkens M. F. P., Pebesma E. J., Uijlenhoet R., 2007: Automatic prediction of high-resolution daily rainfall fields for multiple extents: The potential of operational radar. *Journal of Hydrometeorology*, 8, 1204–1224

نتیجه گیری

نتایج تحقیق فوق نشان داد که به نظر می رسد گرادیان ارتفاع-بارش که از داده های بارش میانگین تهیه شده است ضریب تعیین بالاتری نسبت به گرادیان ارتفاع-بارش در سالهای تر و خشک دارد و از سوی دیگر گرادیان ایجاد شده توسط ارتفاع و بارش میانگین در سالهای تر و خشک نیز به خوبی صدق می کند. از نتایج دیگر این تحقیق آنکه در حوضه های آبخیز کم داده می توان با تکنیک های رفع خطا، نقشه همبارش را با دقت بالایی تولید نمود. با توجه به اینکه در کشور ما در بسیاری از حوضه های آبخیز با کمبود داده بارش روبرو هستیم و از طرف دیگر مطالعات هیدرولوژی و منابع آب حوضه ها وابسته به میزان بارش منطقه می باشد لذا پیشنهاد می شود روش ارائه شده در این تحقیق در سایر حوضه های آبخیز تست و پس از صحت سنجی کاربردی شود. با توجه به منابع اشاره شد، استفاده از تصاویر راداری نیز می تواند در تدقیق نقشه های همبارش کمک شایانی نماید، لذا پیشنهاد می شود در تحقیقات بعدی از تصاویر راداری در کنار روش معرفی شده در این تحقیق استفاده شود. تقدیر و تشکر: این مقاله برگرفته از بخشی از طرح تحقیقاتی "بررسی کمی و کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی تحت تاثیر فناوری باروری ابرها در حوضه آبریز تفت و دهشیر" مصوب شده در شرکت آب منطقه ای یزد می باشد.

منابع

1. Ayoade, J O. 1983. *Introduction to Climatology for the Tropics*. John Wiley and Sons: New York.
2. Buishand T A. 2003. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*. 58: 11-27.
3. ErdinRebekka, Christoph Frei1, Ioannis Sideris2, Hans-Rudolf Kuensch3, 2010, Testing geostatistical combination methods for QPE in a

*Abstract***Rainfall map precision in the watershed with missing data using precipitation and altitude gradient and p error layers of
(case study: Taft-Dehshir catchment in Yazd province)**S. poormohammadi^{1*} and M.M. Javadianzade²

Received: 2016/02/07 Accepted: 2017/01/31

Sustainable management water resources in watershed need to study the status of the region. The precipitation is main parameters affecting all aspects of ecological, environmental and hydrological basins, so having adequate and accurate rainfall in order to watershed sustainable manage is essential. On the other hand shortage of sufficient rain gauge stations in the watershed and in some cases the lack of them, can reduce accuracy of research and studies results. Thus, the aim of this study is to provide accurate Isorain maps in Taft-Dehshir Basin. Taft-Dehshir basin is located in Yazd province and there are not enough meteorological stations in the basin. In this study, in order to preparing the rainfall map was used gradient height-precipitation method and with rain differences maps (error), Precision Isorain maps were produced. The results showed that using with precipitation and altitude gradient and taking into precipitation difference maps can provide very Precision Isorain maps in watersheds with missed and lacked data.

Keywords: Isorain map, Errors layers, Precipitation and altitude gradient, Watershed

1. PhD in watershed science and engineering and research expert of National Cloud Seeding Research Center, Corresponding Author, Email:s. poormohammadi@yahoo.com

2. PhD in watershed science and engineering and research expert of National Cloud Seeding Research Center, Corresponding Author, Email:s. poormohammadi@yahoo.com