

## اثرات تغییرات بارندگی بر روی جریانات آبهای سطحی و دائمی استان تهران (مطالعه موردی رودخانه جاجرود)

دکترعلیرضا شکبیا

استادیار، گروه GIS و سنجش از راه دور، دانشگاه شهید بهشتی

دکتربتول باهک

استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری

زری منوریان\*

کارشناس ارشد، اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی

چکیده

یکی از اثرات احتمالی تغییرات اقلیمی، بررسی میزان تاثیر تغییرات بارندگی بر مقادیر رواناب های سطحی در یک منطقه مطالعاتی می باشد. بر این اساس در این تحقیق جهت مطالعه تاثیر این دو پارامتر، حوضه آبخیز جاجرود انتخاب گردید. ابتدا داده های مربوط به باران و رواناب از طریق روشهای آماری متداول مورد آزمون همگنی قرار گرفته، سپس دوره آماری مشترک مشخص گردید. جهت بررسی پراکندگی داده ها، متغیرهای آماری

\* E-mail: . monavarianz@yahoo.com

متعددی چون واریانس، انحراف معیار و... محاسبه گردید. همچنین از طریق محاسبه میانگین متحرک، دوره های کم آبی و پرآبی و به تبع از آن میزان رواناب های حاصله در دو دوره مذکور، مورد بررسی قرار گرفت و نهایتاً به واسطه برازش توزیع های مختلف مقادیر دبی و بارندگی در دوره های بازگشت مختلف محاسبه گردیده است. در بررسی میزان شکل ارتباط بین دو متغیر بارندگی و دبی از معادله همبستگی مشترک رگرسیون استفاده گردید.

نتایج این تحقیق وجود دوره های کم آبی و پر آبی را در منطقه مطالعاتی نشان داد، با این تفاوت که فاصله زمانی حاکمیت دوره های کم آبی نسبت به دوره های پر آبی بیشتر بوده است. همچنین در نتایج این تحقیق ارتباط معنی داری بین بارندگی و دبی در منطقه مطالعاتی مشاهده گردید. ضریب همبستگی و میزان  $R^2$  برای حوضه رودخانه جاجرود به ترتیب  $0/797$  و  $0/636$  می باشد.

**کلمات کلیدی:** باران، رواناب، تغییرات اقلیمی، روشهای آماری، جاجرود، مدل رگرسیون

## ۱. مقدمه

در ارتباط با پارامترهای رواناب و بارندگی مطالعات گسترده ای در سطح جهان و ملی انجام شده است و هر کدام متناسب با هدفی که داشته اند از مدل‌های مختلفی استفاده نموده اند و به طور کلی در اکثر مطالعات تحقیقاتی نشان داده شده که با تغییر در میزان بارندگی، عناصر هیدرولوژیکی از جمله رواناب های سطحی دستخوش تغییر شده اند. متناسب با مثبت و منفی بودن تغییرات در بارندگی میزان حجم آبهای سطحی روندی کاهشی یا افزایشی داشته است. البته این شرایط در زمانی صادق است که فقط به پارامتر بارندگی و رواناب اشاره شود.

رجر<sup>۱</sup> (۱۹۸۹)، با استفاده از مدل‌های SimHYD و AWBM در منطقه استرالیا به این نتیجه رسیده است که اگر بارندگی تغییر نماید دو برابر رواناب تغییر می کند.

برانسون و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۷۲)، معتقدند که ریزشهای جوی در مقایسه با سایر ویژگی های آبخیز تاثیر بیشتری بر رواناب آن دارد و مهمترین علت تفاوت جریان آب در مناطق

<sup>۱</sup> - Reger

<sup>۳</sup> - Nej et al

<sup>۲</sup> - Branson et al

<sup>۴</sup> - Begin

مختلف می باشد. در ایجاد رواناب از یک بارندگی، شدت بارندگی مهمتر از میزان آن است بطوری که یک باران شدید در مقایسه با بارانی هم مقدار و حتی بیشتر، لکن با شدتی کمتر از آن ممکن است رواناب بیشتری ایجاد کند.

نج و همکاران<sup>۳</sup> (۱۹۸۱)، با مطالعه روی هشت حوضه آبخیز به وسعت ۵۹ تا ۱۶۹۲۰ کیلومتر مربع، واقع در عربستان سعودی نشان داده اند که در هر آبخیز با افزایش میزان سالانه ریزشهای جوی، مقدار رواناب نیز فزونی می یابد.

بیگین<sup>۴</sup> (۱۹۸۱)، رابطه ای بین دبی و شیب را در ۳۵۲ رودخانه با مقادیر میانگین سالانه دبی از ۰/۰۵ تا ۹۰۰ هزار فوت مکعب بر ثانیه مورد مطالعه قرار داده است. در تحقیقات وی مشاهده می شود که رودخانه های پرشیب درمقایسه با انواع کم شیب از آبدهی بیشتری برخوردارند.

رضانی و عبدالهی<sup>(۱۳۸۲)</sup>، در بررسی باران و رواناب حوضه ی آبریز شهرک ماسوله گیلان بیان نموده اند، شرایط توپوگرافی و فیزیوگرافی حوضه باعث شده اند تا میزان رواناب حوضه در حد بالایی قرار گیرد. همچنین تخریب پوشش گیاهی حوضه شامل جنگلها و مراتع که بر اثر بی توجهی صورت پذیرفته خود عاملی در کاهش رواناب محسوب می گردند در طی سالهای گذشته و احداث راههای متعدد که عموماً از میان جنگلها و مراتع می گذرند و قطع درختان جنگلی جهت ساختن خانه ها، گاوسراها، صنایع دستی و تخریب اراضی موضعی بر اثر چرای مفرط از جمله عواملی هستند که در تشدید رواناب حوضه نقش دارند.

پژوهشکده هواشناسی تهران (۱۳۸۱) در گزارش نهایی پروژه آشکارسازی تغییر اقلیم در ایران به بررسی (آشکارسازی تغییرات اقلیمی در ایران) که از سال ۱۳۷۸ آغاز گردیده، پرداخته است و حاصل کار را پس از بررسی های اولیه درگزارشی تحت عنوان زمینه تغییرات اقلیمی هر ایستگاه بصورت نقطه ای بیان نموده و به یک جمع بندی کلی رسیده است. هدف از تهیه این گزارش، ارائه نتایج بدست آمده از تحلیل آماری پارامترهای

اقليمی ایستگاههای هواشناسی کشور جهت آشکار سازی تغییرات اقلیمی با توجه به وضعیت ایستگاهها می باشد.



نقشه ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز رودخانه جاجرود

هدف از مقاله حاضر نیز بررسی تاثیر بارندگی بر روی دبی رودخانه جاجرود می باشد. چنانچه در پیشینه تحقیق ذکر شد خصوصیات جغرافیایی و فیزیوگرافی حوضه بر میزان رواناب موثرند بدین منظور مختصری

از هر دو مورد ذکر می گردد. حوضه آبریز رودخانه جاجرود با مختصات جغرافیایی " ۴۲/۹ تا ۵۱° ۲۳' تا ۵۱° ۵۰' ۹" طول شرقی و " ۳۹/۴ تا ۳۵° ۴۶' ۳۷" عرض شمالی از زیرحوضه های ایران مرکزی می باشد. از شمال و شمال شرق به حوضه آبریز دریای خزر، از شرق به حوضه آبریز سد لار، و از غرب به حوضه آبریز رودخانه کرج، و از جنوب به حوضه آبریز گاوخونی محدود می شود. رودخانه های آن از نوع رودخانه های دائمی هستند و اسامی برخی از آنها عبارتند از: گرمابدر، لالون، شمشک، شکراب، میگون، امامه، افجه، لواسان و آهار.

مطالعات زمین شناسی حوضه نشان می دهد، بیشتر مساحت آن مربوط به سازند کرج در دوران سوم زمین شناسی می باشد. در لیتولوژی سازند کرج، بیشتر سنگها از نوع سنگهای آهکی، توفهای سبز رنگ، مواد رسوبی شیل و آهک می باشد و از خصوصیات این سازند شیب بسیار زیاد دامنه ها و پوشش گیاهی ضعیف می باشد. گسلهای اصلی و فرعی فراوان، زمین را به قطعات مختلف شکسته که حاصل فعالیت های دوران اول زمین شناسی است. به طور کلی زمین های دوران اول بر اثر فشارهای تکنوتیکی بر روی زمین های دوران سوم رانده شده اند و محل این راندگی با گسل مشاء فشم منطبق است.

اختلاف بارندگی، ارتفاع زیادو تشکیلات زمین شناسی، خاک و توپوگرافی حوضه موجب پیدایش تنوع گونه ای گیاهی خاصی درحوضه شده است.

در ارتباط با خصوصیات اقلیمی می توان به این موارد اشاره نمود:

**توده هوای سیبری** در پاییز وارد ایران می شود و بیشتر منشاء بارندگی های خزر از این توده هواست و توده هوای مدیترانه ای که در زمستان از طریق غرب و جنوب غرب وارد ایران می شود دربرخورد با این توده هوای سیبری یک جبهه وسیع را در کل ایران ایجادمی نماید. و ریزشهای وسیع زمستان را به دنبال دارد، می توان بارندگی های این زمان درحوضه را به این توده ها اختصاص داد.

**توده هوای جنب حاره:** در فصل گرم سال سیستم حاکم بر قسمت اعظم کشور ایران پرفشار جنب حاره است که از منطقه جنوب ایران تا پایین کوههای البرز درجایی که حوضه آبریز مورد مطالعه قرار دارند کشیده می شود.

**بادهای غربی:** در ایران عقب نشینی بادهای غربی تا عرضهای ۳۸ درجه است. از این رو بعضی از هواشناسان مانند بیروود معتقدند که بارندگی های تابستانی ارتفاعات ایران بخصوص مناطقی مانند آذربایجان و البرز که حوضه مورد مطالعه نیز در این قسمت واقع است بیشتر به دلیل نقش بادهای غربی است.

روش های مختلف تعیین اقلیم عموماً براساس بارندگی ودرجه حرارت می باشند. هر یک از این روشها نوع خاصی از تقسیم بندی را ارائه داده اند. از بین روشهای متداول، در این مقاله شرایط اقلیمی منطقه مطالعاتی دو روش آمبرژه، دومارتن مورد بررسی قرار می گیرد. در اقلیم نمای آمبرژه، زیرحوضه ها در اقلیم ارتفاعات، مرطوب سرد و خیلی مرطوب قرار دارند و در روش دومارتن، اکثر زیرحوضه ها مطابق در اقلیم بسیارمرطوب می باشد.



تصویر ۱- انحراف قسمتی از آب حوضه سد لار به سمت حوضه سد



تصویر ۲- نمایی از دریاچه سد لتیان

خصوصیات فیزیوگرافی حوضه های ابریز را می توان به دو گروه کلی تقسیم بندی کرد که عبارتند از: پستی و بلندی و نفوذپذیری. این دو ویژگی از عوامل موثر بر ایجاد رواناب و سیل می باشند. نمایه های پستی و بلندی حوضه شامل سطح، شیب، الگوی رودخانه ای و نمایه نفوذپذیری شامل توان جذب آب به داخل خاک و ذخیره رطوبت در آن می باشد. اما اگر بخواهیم عوامل موثر در هیدرولوژیک حوضه های ابریز را برشماریم بسیار زیاد خواهند بود و حداقل ۸ گروه مستقل زیر را می توانیم از یکدیگر متمایز سازیم.

- ۱- خصوصیات هندسی حوضه
- ۲- خصوصیات خاکهای حوضه
- ۳- پوشش گیاهی
- ۴- خصوصیات آب شناسی
- ۵- خصوصیات زمین شناسی
- ۶- آب و هوا
- ۷- بار رسوب
- ۸- عوامل انسانی.

هرچند عوامل ۲ تا ۸ در مورد یک حوضه اثرات بسیار بارزی بر حجم

رواناب و خصوصیات سیلابها دارد ولی ویژگیهای هندسی حوضه ها نیز در آبدهی حوضه ها موثر است.

الگوی حوضه آبریز رودخانه جاجرود در رودخانه های اصلی به دلیل ساختمان زمین شناسی به صورت موازی بوده و الگوی تخلیه رواناب آن نیز از همین خاصیت پیروی می کند و شبکه زهکش ها در سطح حوضه به شکل نیمه موازی می باشد، اما در زیر حوضه های آن به صورت درختی می باشد.

در حوضه آبریز جاجرود دربالای روستای نیکنام ده قسمتی از آب حوضه سد لار را به سمت حوضه سد لتیان جهت رفع کمبود آب در شهرتهران، منحرف نموده اند.

تغییرات افزایش بارندگی گاهی سبب بروز سیلابهایی می شود همچنین در جهت نزولی سبب کاهش رواناب، اختلال در کشاورزی، آب شرب، ... می گردد. واقع شدن این حوضه در استان تهران و تامین بخش از آب شرب شهر تهران از این حوضه و پیش بینی سالهای کم آبی و پرآبی در آینده در جایگاه خاصی قرار دارد.

هدف کلی از این مطالعه بررسی وضعیت باران رواناب و نوسان آنها در رابطه با تغییرات اقلیمی در حوضه آبخیز رودخانه جاجرود می باشد. از دیگر اهداف مترتب بر این مطالعه بررسی تغییرات روانابهای سطحی در ارتباط با تغییرات بارندگی و تعیین روند تغییرات، بررسی سهم باران در رواناب و ارائه مدل جهت پیش بینی واکنش منطقه مطالعاتی نسبت به تغییرات آینده باران می باشد.

## ۲. داده ها و روش ها

جهت بدست آوردن خصوصیات فیزیوگرافی حوضه ابتدا نقشه توپوگرافی حوضه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تهیه گردید. سپس در نرم افزار GIS رقومی شده و محدوده حوضه آبریز و زیرحوضه های آن مشخص و کلیه خصوصیات فیزیوگرافی از قبیل مساحت، محیط، طول آبراهه اصلی، حداکثر و حداقل ارتفاع، تعداد آبراهه ها، نسبت انشعابات، شیب و .... محاسبه گردید. باتوجه به آمار ایستگاههای هیدرومتری در جدول (۱) ابتدا داده های بارندگی و دبی مورد بررسی قرار گرفته و یک پایه زمانی مشترک بین دبی و باران برای آن در نظر گرفته شد. ایستگاههای رودک و لتیان به دلیل داشتن آمار دبی در سنوات بیشتر انتخاب گردیده اند.

جهت بررسی بارندگی و دبی به صورت ماهانه و سالانه، آمار سالهای ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۰ استفاده گردید (یک دوره آماری ۳۰ ساله). جهت مقایسه داده های بارندگی و رواناب به دلیل نیاز دما در محاسبه رواناب و موجود نبودن آن در همه سالها از داده های سالهای ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۳ استفاده گردید و داده های بارندگی و رواناب در یک دوره ۱۷ ساله مورد مطالعه قرار گرفت. پس از بررسی داده ها و تعیین داده های پرت آزمون اوت لایر انجام گرفته و داده های پرت از زنجیره داده ها خارج گردید. در ادامه باید همگنی داده ها بازبینی شود که بدین منظور از آزمون جریم مضاعف و آزمون توالی یا دنباله ها استفاده گردید. جهت بازسازی نواقص آماری از روش ایستگاههای معرف که دارای آمارهای همگن می باشند، استفاده گردید.

سپس با استفاده از همبستگی خطی و تناسب، آمار ماهانه را برای ایستگاه ناقص در سال آماری بازسازی می نماییم. همچنین داده های آماری بارندگی و دبی از نظر مقدار نیز مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا میانگین داده ها و پس از آن شاخص بارندگی ودبی برای سالهای خشکسالی و ترسالی بررسی گردید.

جهت مشاهده پراکندگی آماری داده ها از واریانس، انحراف معیار، دامنه تغییرات، چولگی و ضریب تغییرات استفاده گردید. سالهای پرآبی و کم آبی از طریق متحرک ۵ ساله و شاخص پراکندگی مشخص شده و جهت محاسبه مقدار بارندگی ودبی در دوره های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله توزیع های آماری در نرم افزار Hyfa محاسبه و بهترین توزیع را برای آن در نظر گرفتیم. در نرم افزار Minitab سطوح اطمینان جهت داده های موجود در ضریب اطمینان ۹۵ و ۹۹ در صد محاسبه گردید.

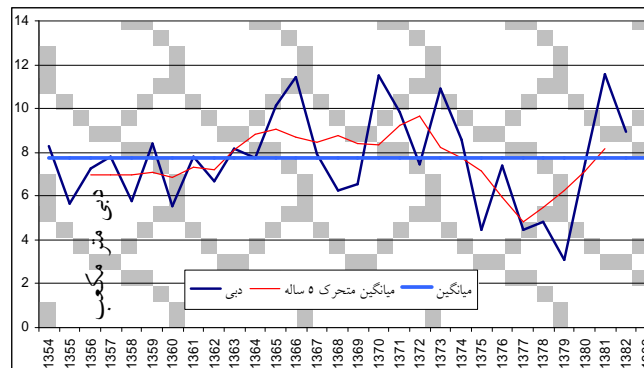
نمودارهای مقایسه ای بین باران و دبی روزانه سال ۱۳۸۰، بارندگی و دبی ماهانه ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۳، بارندگی و دبی سالانه طی سالهای ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۰، بارندگی و رواناب سالانه طی سالهای ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۳، دامنه تغییرات روزانه باران و دبی طی سالهای ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۰، بارندگی و میانگین دمای ماهانه طی سالهای ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۳ رسم گردید.



جدول ۱- مشخصات ایستگاههای باران سنجی، تبخیرسنجی و هیدرومتری حوضه آبریز رودخانه جاجرود (سدلتیان)

ردیف	نام رودخانه	نام ایستگاه	کد ایستگاه	نوع اطلاعات و سالهای آماری موجود در بانک						مساحت			
				باران سنجی	تبخیرسنجی	تعداد سالهای آماری موجود	هیدرومتری	تعداد سالهای آماری موجود	طول		عرض		
1	امامه	کمرخانی	41-115	21	....	....	....	25	1353-78	37	1890	51-33	35-52
2	جاجرود	رودک	41-117	37	....	....	....	48	1335-83	416	1690	51-33	35-51
3	جاجرود	لتیان	41-119	37	1346-78	32	....	59	1324-83	710	1560	51-41	35-47
4	فشم	زیریل	41-155	....	....	....	....	12	1352-64	162	1950	51-33	35-55
5	آهار	اوشان	41-157	....	....	....	....	20	1351-71	94	1900	51-31	35-54
6	کندرود	نچارکلا	41-159	....	....	....	....	27	1351-78	59	1700	51-38	35-49
7	افچه	نارون	41-161	29	....	....	....	24	1354-78	1150	1750	51-40	35-50
8	لوارک	علی آباد	41-163	....	....	....	....	25	1352-77	103	1600	51-41	35-48
9	امامه	باغ تنگه	41-165	....	....	....	....	24	1354-78	16	2210	51-36	35-54
10	کندرود	کند سفلی	41-211	33	1350-83	....	....	5	1359-64		1830	51-39	35-51
11	جاجرود	شمشک	41-242	25	1353-78	....	....	....	....		2590	51-30	36-00
12		کلک چال	41-254	9	1369-78	....	....	....	....		2300	51-27	35-51
13	جاجرود	گرماپدر	41-262	29	1349-78	....	....	....	....		2500	51-39	35-59
14	جاجرود	لالون	41-264	6	1349-55	....	....	....	....		2500	51-35	36-00
15	جاجرود	آهار	41-270	34	1349-83	....	....	....	....		2100	51-28	35-56
16	جاجرود	لواسان بزرگ	41-282	32	1351-83	....	....	....	....		2200	51-47	35-49
17	آب میگون	فشم	41-291	32	1351-83	....	....	....	....		2060	51-35	35-58
18		رودبار قصران	41-320	33	1350-83	....	....	....	....		1900	51-32	35-52
19	جاجرود	نیکنام ده	41-322	26	1352-78	....	....	....	....		1900	51-43	35-49
20	جاجرود	امامه	41-772	23	1348-71	1	1348-49	....	....		1890	51-35	35-54
21	جاجرود	افچه	41-774	32	1351-83	....	....	....	....		1790	51-42	35-51
22	جاجرود	راحت آباد	41-776	23	1348-71	1	1348-49	....	....		2450	51-37	35-54
23	جاجرود	حمامک	41-834	18	1360-78	....	....	....	....		1150	51-46	35-52
24	جاجرود	برگ جهان	41-921	10	1368-78	....	....	....	....		2000	51-45	35-51
	ایستگاه سنوئیتیک	شمال تهران	40-751	16	1367-82	16	1367-82	16	....		1538	51-37	35-47

## ۳. یافته ها و نتایج

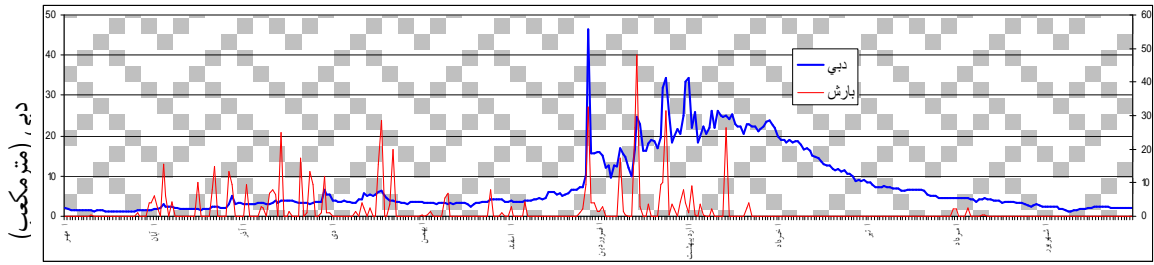


نمودار ۵- میانگین متحرک ۵ ساله دبی ایستگاه رودک

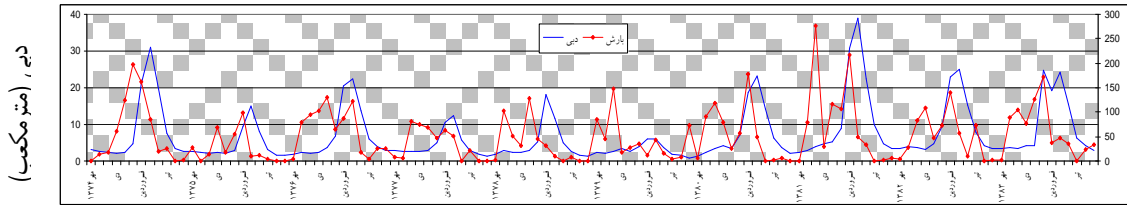
مقدار باران و دبی در دوره های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله با استفاده از توزیع های آماری در نرم افزار Hyfa محاسبه از بین توزیع ها، توزیع های آماری مورد قبول در جدول ۵ ارائه گردیده است. مطابق با جدول شماره ۵ توزیع LOG-NORMAL-3 در بارندگی ایستگاه رودک، توزیع NORMAL در بارندگی لتیان و دبی رودک و توزیع LOG-PEARSON-3 در دبی لتیان از میان سایر توزیع ها پذیرفته شده و انتظار می رود داده های ذکر شده، در دوره های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله تکرار شوند.

جدول ۵- تواتر بارندگی ودبی سالانه ایستگاه های، رودک و لتیان

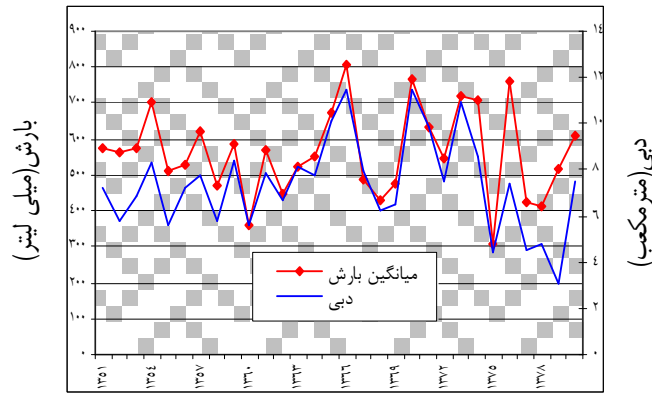
دوره بازگشت نام ایستگاه	۲	۵	۱۰	۲۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	نوع توزیع	نوع تواتر
رودک ۱۱۷-۴۱	۵۶۹.۴۳	۶۸۷.۲۷	۷۵۳.۶۵	۸۱۱.۱۱	۸۲۸.۳۲	۸۷۸.۷۸	۹۲۵.۷۳	LOG-NORMAL-3	بارندگی
لتیان ۱۱۹-۴۱	۴۱۹.۸۱	۴۹۳.۷۹	۵۳۲.۴۶	۵۶۴.۴	۵۷۳.۷۱	۶۰۰.۳۵	۶۲۴.۳۱	NORMAL	
رودک ۱۱۷-۴۱	۷.۶۴۵	۹.۳۹۳	۱۰.۳۰۷	۱۱.۰۶۱	۱۱.۲۸۱	۱۱.۹۱	۱۲.۴۷۶	NORMAL	دبی
لتیان ۱۱۹-۴۱	۶.۳۰۴	۹.۶۲۴	۱۱.۰۷۴	۱۲.۰۲۲	۱۲.۲۵۱	۱۲.۷۹۲	۱۳.۱۳۹	LOG-PEARSON-3	



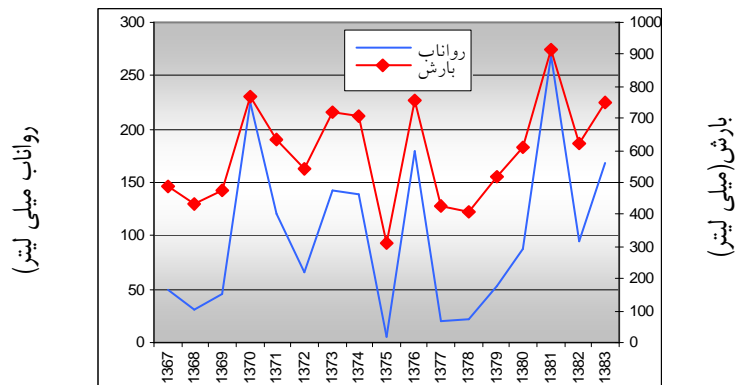
نمودار ۶- رابطه بارندگی و دبی روزانه سال ۱۳۸۰ ایستگاه رودک



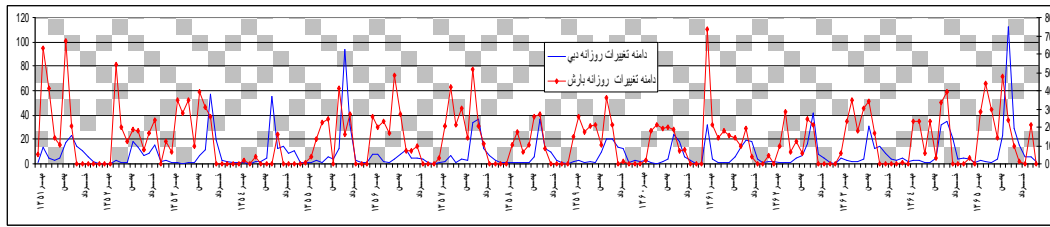
نمودار ۷- رابطه بارندگی و دبی ماهانه سالهای ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۳ ایستگاه رودک



نمودار ۸- رابطه بارندگی و دبی سالانه ایستگاه رودک

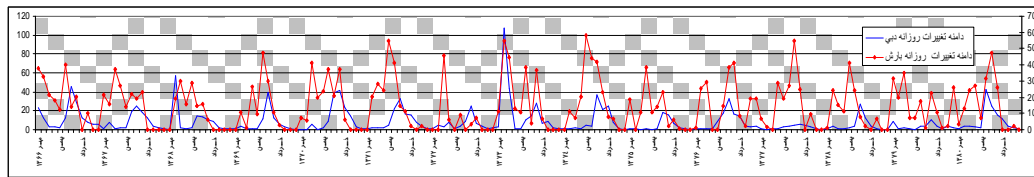


نمودار ۹- رابطه بارندگی و رواناب سالانه ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۳ ایستگاه رودک



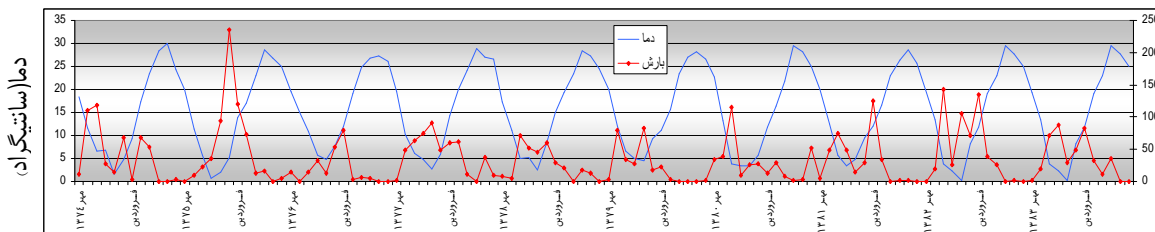
دب، (متر مکعب)

نمودار ۱۰- رابطه دامنه تغییرات روزانه بارندگی با دامنه تغییرات روزانه دبی سالهای ۱۳۵۱ تا ۱۳۶۵ ایستگاه رودک



دب، (متر مکعب)

نمودار ۱۱- رابطه دامنه تغییرات روزانه بارندگی با دامنه تغییرات روزانه دبی سالهای ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰ ایستگاه رودک



دماسانیتگراد)

نمودار ۱۲- رابطه بارندگی و میانگین دمای سالانه ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۳ ایستگاه لتیان

نمودار(۶) رابطه بارندگی و دبی روزانه سال ۱۳۸۰ ایستگاه رودک را نشان می دهد. چنانچه مشاهده می گردد در ماههای اسفند، اریبهشت و فروردین بیشترین بارش را در رودک داریم.

- دبی غیر از بارندگی حاصل ذوب برف در منطقه، خارج شده آبهای زیر زمینی به صورت چشمه می باشد از اینرو در زمانهایی که باران در منطقه وجود ندارد دبی همچنان بدلیل دائمی بودن رودخانه مشاهده می گردد. ولیکن با وجود باران منحنی دبی بعد از بارندگی صعود می نماید و این رابطه مستقیم بین دبی و بارندگی را بیان می نماید.

نمودار (۷) رابطه بارندگی و دبی ماهانه را در سالهای ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۳ در ایستگاه رودک نشان می دهد. با نگاهی دقیق به نمودار مشخص می شود که بعد از اوج باران اوج دبی مشاهده می شود و منحنی دبی سیر صعودی می گیرد. بیشترین میزان دبی در ماههای فروردین و اردیبهشت مشاهده می گردد که این مطلب می تواند به دلیل افزایش دما و ذوب برفها هم باشد ولیکن با بارش نیز ارتباط مستقیم دارد. نکته دیگری که از این نمودار دریافت می شود روند افزایش باران و دبی در سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۳ می باشد و می توان گفت در این سالها بارندگی سیر صعودی داشته و جزء سالهای پربابی محسوب می شوند. چنانچه در نمودارهای(۶) الی (۹) مشاهده می گردد بارندگی با رواناب و دبی رابطه مستقیم دارد و با افزایش بارندگی میزان دبی نیز بطور محسوسی تغییر می کند. این رابطه در رواناب کاملتر است.

با مشاهده نمودارهای (۱۰) و (۱۱) نتایج زیر قابل استحصال است.

- دامنه تغییرات روزانه بارندگی نسبت به دبی از نوسان بیشتری برخوردار است.
- پس از اوج منحنی دامنه تغییرات روزانه بارندگی، منحنی دامنه تغییرات روزانه بارندگی اوج می گیرد.
- بیشترین دامنه تغییرات بارندگی در ماههای سرد سال صورت می پذیرد.
- همزمان یا بعد از اوج منحنی دامنه تغییرات روزانه بارندگی با اوج منحنی دامنه تغییرات روزانه دبی مواجه می شویم. که این نکته خود همبستگی داده ها را بیان می نماید.

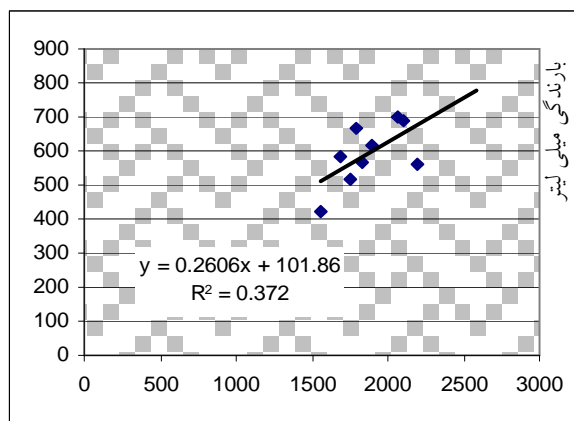
- همبستگی بین داده ها بر اساس مدل‌های آماری محاسبه شده، رابطه معنی دار و مستقیمی را نشان می دهد.
- نمودار (۱۲) رابطه بارندگی و میانگین دمای سالیانه را در سالهای ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۳ در ایستگاه لتیان نشان می دهد.
- چنانچه در این نمودار مشاهده می شود حداقل میانگین دما در سالهای ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۰ از دمای صفر درجه سانتیگراد فاصله گرفته و می توان گفت افزایش دما را در منطقه داشته ایم.
- در این سالها با افزایش دما با کاهش بارندگی روبرو می شویم و این رابطه معکوس بین باران و دما در رابطه مدت آماری که در جدول ۶ آمده است، به خوبی نشان داده شده است.
- تغییرات دما نسبت به تغییرات بارندگی بسیار ناچیز است و خط منحنی دما در نمودار تقریباً یکنواخت می باشد ولیکن تغییرات بارش بسیار نامنظم است که این ناشی از خصوصیات و ماهیت بارندگی (پراکندگی) می باشد.

جدول ۶- همبستگی بین پارامترهای اقلیمی و دبی ایستگاه رودک

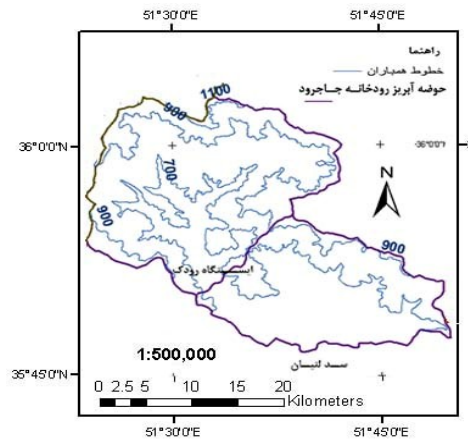
تعداد سال آماری	ضریب همبستگی	ضریب تعیین R2	معادله همبستگی	داده‌ها
۱۷	-۰.۲۶۴	۰.۰۷۰	$۱۹۰۸.۱x + ۰.۴۱۷۱y = -$	بارش - تبخیر و تعرق
۱۷	-۰.۲۶۶	۰.۰۷۱	$۱۶.۰۰۳x + ۰.۰۰۱۳y = -$	بارش - دما
۱۷	-۰.۴۴۵	۰.۱۹۸	$۱۶.۲۸۷x + ۰.۱۳۵۱y = -$	دما - دبی
۱۷	-۰.۵۸۶	۰.۳۴۳	$۱۷.۴۲x + ۰.۰۰۵۹y = -$	تبخیر - تعرق و دبی
۳۰	۰.۷۹۷	۰.۶۳۶	$۰.۰۸۹۹x - ۰.۰۱۳۳y =$	بارش - دبی

منفی بودن شیب خط در معادلات نشانه معکوس بودن ضریب همبستگی است در نتیجه با افزایش یک پارامتر، پارامتر دیگر کاهش پیدا می کند. و در جدول (۶) فقط بارش و دبی همبستگی مستقیم دارند و با افزایش بارش انتظار می رود میزان دبی نیز افزایش پیدا کند چنانچه در نمودارهای (۶) الی (۱۱) مشاهده نمودیم.

میزان CN منطقه را با استفاده از گزارشات هیدرولوژی زیر حوضه ها از طریق میانگین وزنی محاسبه نموده و مقدار آن برای زیر حوضه رودک ۸۰ و حوضه آبریز سد لتیان ۷۷ در نظر گرفته شد. ضریب رواناب در زیر حوضه رودک ۲/۳۶، ضریب نگهداشت ۱۳۶/۷-، ارتفاع رواناب ۱۱.۹۶ اینچ و حجم رواناب ۱۲۷۵۹۰۸۵۵ میلیون متر مکعب، حجم آب جاری شده ۶۳۳۶۰۸۵۵ میلیون متر مکعب، ارتفاع آب جاری شده ۱۴۸۵۰۹ سانتیمتر به طور میانگین می باشد. با استفاده از معادله گرادیان بارش خطوط هم باران رسم نموده (نقشه شماره ۷)، چنانچه مشاهده می گردد با افزایش ارتفاع میزان بارندگی نیز افزایش پیدا می کند. سپس میزان بارندگی و حداکثر تواتر بارندگی در هریک از زیرحوضه ها محاسبه گردید (جدولهای شماره ۷ و ۸).



نمودار ۱۳- گرادیان بارش در حوضه آبخیز رودخانه جاجرود



نقشه ۷- خطوط هم باران درحوضه آبریز جاجرود

جدول ۷- محاسبه میانگین بارش و حجم بارش درواحدهای هیدرولوژیکی حوضه آبریز رودخانه جاجرود

نام واحد هیدرولوژیک	ارتفاع متوسط وزنی (m)	مساحت	معادله گرادیان بارش	میانگین بارش میلی متر	حجم بارش میلی متر مکعب
L1	۲۸۰۳	۸۲	$y = 0.2606x + 101.86$	۸۳۲	۶۸۱۰۸
L2	۲۶۸۱	۹۸	$y = 0.2606x + 101.86$	۸۰۱	۷۸۴۴۰
L3_1	۲۲۸۴	۴۳	$y = 0.2606x + 101.86$	۶۹۷	۳۰۱۷۴
L3_2	۱۹۳۱	۷۱	$y = 0.2606x + 101.86$	۶۰۵	۴۳۱۱۷
L4	۱۹۱۲	۲۱	$y = 0.2606x + 101.86$	۶۰۰	۱۲۸۷۹
L5	۲۳۲۸	۵۲	$y = 0.2606x + 101.86$	۷۰۹	۳۶۵۲۱
L6	۲۴۶۳	۳۴	$y = 0.2606x + 101.86$	۷۴۴	۲۵۵۲۹
L7	۲۳۷۱	۳۵	$y = 0.2606x + 101.86$	۷۲۰	۲۴۹۲۱
L8	۲۳۸۹	۶۲	$y = 0.2606x + 101.86$	۷۲۴	۴۴۸۱۷
L9	۲۶۸۲	۳۷	$y = 0.2606x + 101.86$	۸۰۱	۲۹۶۶۳
L10	۲۹۳۴	۱۶۷	$y = 0.2606x + 101.86$	۸۶۶	۱۴۴۲۷۰
رودک	۲۷۶۲	۴۲۶.۶۴	$y = 0.2606x + 101.86$	۸۲۱.۶۴	۳۵۰۵۴۳.۳۰
کل حوضه	۲۵۵۳	۷۰۱.۷۲	$y = 0.2606x + 101.86$	۷۶۷.۱۷	۵۳۸۳۳۹.۸۰



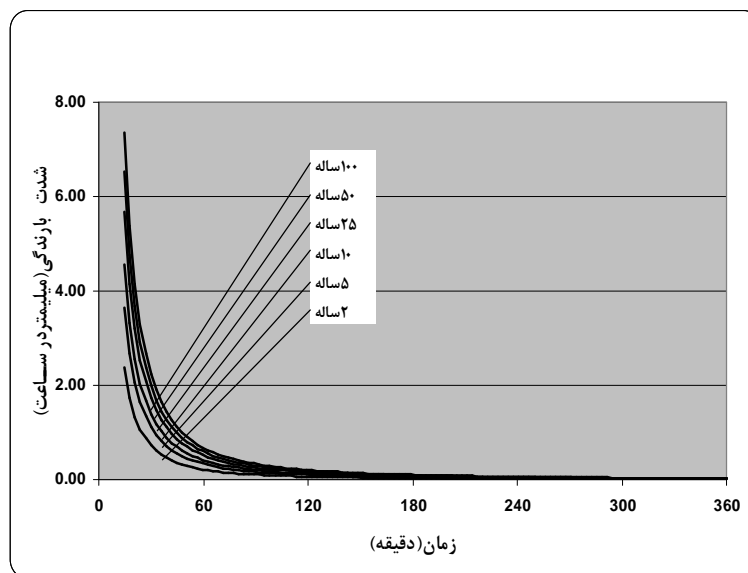
جدول ۸- تواتر حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته در واحدهای هیدرولوژیکی حوضه آبریز رودخانه جاجرود

دوره بازگشت نام واحد هیدرولوژیکی	ارتفاع متوسط وزنی (m)	۲	۵	۱۰	۲۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
L1	۲۸۰۳	۴۸	۷۱	۸۹	۱۱۰	۱۱۸	۱۴۲	۱۷۰
L2	۲۶۸۱	۴۷	۶۸	۸۶	۱۰۵	۱۱۲	۱۳۴	۱۶۰
L3_1	۲۲۸۴	۴۴	۶۲	۷۴	۸۹	۹۴	۱۰۹	۱۲۷
L3_2	۱۹۳۱	۴۰	۵۶	۶۵	۷۴	۷۷	۸۷	۹۸
L4	۱۹۱۲	۴۰	۵۵	۶۴	۷۳	۷۶	۸۶	۹۶
L5	۲۳۲۸	۴۴	۶۲	۷۶	۹۰	۹۶	۱۱۲	۱۳۱
L6	۲۴۶۳	۴۵	۶۵	۷۹	۹۶	۱۰۲	۱۲۱	۱۴۲
L7	۲۳۷۱	۴۵	۶۳	۷۷	۹۲	۹۸	۱۱۵	۱۳۴
L8	۲۳۸۹	۴۵	۶۳	۷۷	۹۳	۹۸	۱۱۶	۱۳۶
L9	۲۶۸۲	۴۷	۶۸	۸۶	۱۰۵	۱۱۲	۱۳۵	۱۶۰
L10	۲۹۳۴	۵۰	۷۳	۹۳	۱۱۵	۱۲۴	۱۵۰	۱۸۱
رودک	۲۷۶۲	۴۸	۷۰	۸۸	۱۰۸	۱۱۶	۱۴۰	۱۶۷
کل حوضه	۲۵۵۳	۴۶	۶۶	۸۲	۱۰۰	۱۰۶	۱۲۶	۱۴۹

مقادیر شدت و مدت با استفاده از فرمولهای رایج محاسبه و منحنی آن در دوره های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله رسم گردید.

جدول ۹- مقادیر شدت، مدت و فراوانی رگبارها کوتاه مدت در واحد هیدرولوژیکی لتیان

زمان دقیقه	دوره بازگشت (سال)					
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
۱۵	۲.۳۹	۳.۶۸	۴.۵۷	۵.۷۱	۶.۵۵	۷.۳۹
۳۰	۱.۱۹	۱.۸۴	۲.۲۹	۲.۸۵	۳.۲۸	۳.۷۰
۴۵	۰.۳۹	۰.۶۰	۰.۷۵	۰.۹۴	۱.۰۷	۱.۲۱
۶۰	۰.۲۴	۰.۳۷	۰.۴۶	۰.۵۸	۰.۶۷	۰.۷۵
۹۰	۰.۱۲	۰.۱۹	۰.۲۴	۰.۲۹	۰.۳۴	۰.۳۸
۱۲۰	۰.۰۸	۰.۱۲	۰.۱۵	۰.۱۸	۰.۲۱	۰.۲۴
۱۸۰	۰.۰۴	۰.۰۶	۰.۰۷	۰.۰۹	۰.۱۱	۰.۱۲
۲۴۰	۰.۰۲	۰.۰۴	۰.۰۵	۰.۰۶	۰.۰۶	۰.۰۷
۳۰۰	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۳	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۰۵
۳۶۰	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۴



نمودار ۱۴- نمودار شدت، مدت و فراوانی رگبارها کوتاه مدت در واحد هیدرولوژیک لتیان (میلیمتر در ساعت) با استفاده از معادله همبستگی داده های بارندگی ودبی طی سالهای ۱۳۵۱ الی ۱۳۸۰ دبی را مجدداً برای این سالها از طریق مدل رگرسیونی محاسبه می نماییم. داده های فوق در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ معنی دار می باشند. (جدول ۱۰)

جدول ۱۰- نتایج آزمون T-Test با ضریب اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ ایستگاه رودک

سطوح اطمینان	میانگین دبی مشاهده شده	میانگین دبی استخراج شده از مدل	T-Value	DF	T محاسبه شده با سطح اطمینان
۹۵٪	۷.۳۷	۷.۳۹	-۰.۰۲	۵۶	۲.۰۰۰
۹۹٪	۷.۳۷	۷.۳۹	-۰.۰۲	۵۶	۲.۶۶۰

با توجه به جدول ۱۰ نتیجه می گیریم بین داده های استخراج شده از مدل رگرسیون و داده های مشاهده شده، بر اساس آزمون T-Test با سطح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ اختلافی وجود ندارد و برحسب ضرورت می توان از داده مدل شده استفاده نمود. لذا از مدل رگرسیون برای پیش بینی سه سال آینده (۱۳۸۳-۱۳۸۱) استفاده نموده و نتیجه آن در جدول (۱۱) ذکر شده است.

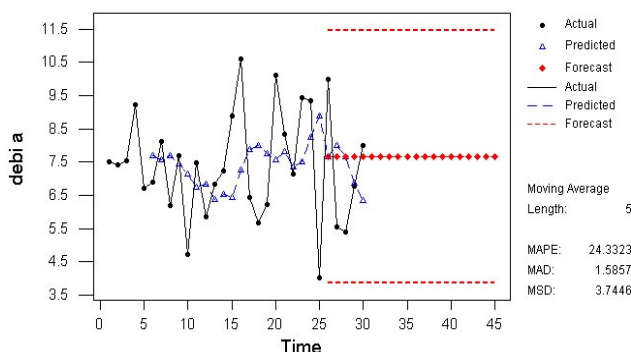
جدول ۱۱- پیش بینی دبی با استفاده از مدل رگرسیون در ایستگاه رودک درسالهای ۱۳۸۱-۱۳۸۳

سال	بارش آمارى (میلی لیتر)	دبی مشاهده شده (مترمکعب)	دبی استخراج شده از مدل (مترمکعب)
۱۳۸۱	۹۱۴	۱۱.۵۳۷	۱۲.۰۶۶۳
۱۳۸۲	۶۲۲.۵	۸.۹۲۲	۸.۱۸۹۳۵
۱۳۸۳	۷۵۲	۹.۶۹۵	۹.۹۱۱۷

این مدل با توجه به نتیجه ضریب اطمینان قابل پذیرش است، و دبی ها را با اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ می توان پذیرفت.

نمودار ۱۵ داده های استخراج شده از مدل را همراه با نمودار متحرک ۵ ساله برای ۲۰ سال آینده از سال ۱۳۶۵ به بعد پیش بینی نموده است. در نمودار داده های استخراج شده از مدل سیر صعودی دارند.

Moving Average



نمودار ۱۵- میانگین متحرک ۵ ساله برای داده های استخراج از مدل ایستگاه رودک به همراه روند تغییرات

#### ۴. جمع بندی و پیشنهادات

- پس از بررسی خصوصیات فیزیوگرافی و جغرافیایی و پارامترهای اقلیمی، و علی رغم بالا بودن تبخیر در منطقه نهایتاً به این نتیجه رسیدیم که پارامترهای اقلیمی نقش مهمتری را در روند تغییرات دبی دارند.

- تغییرات بارندگی و رواناب با پارامترهای خاصی در ارتباط است، از جمله تغییرات کاربری زمین. از تصاویر ماهواره ای می توان تغییرات کاربری زمین را مشاهده

نمود. سپس این تغییرات را با تغییرات بارندگی و رواناب مقایسه نمود. روشی که من انجام داده وابسته به داده های آماری می باشد و حال اگر تغییراتی در منطقه صورت گرفته باشد به عنوان مثال جنگلهای انبوه تبدیل به جنگل های تنک و مرتع شده باشد مسلماً بر روی خروجی رواناب تاثیراتی را داشته ، لذا باید رابطه تغییرات کاربری زمین با تغییرات رواناب مورد بررسی قرار گیرد.

- در این تحقیق تغییرات بارندگی از طریق داده های ثبت شده و براساس بارندگی های ۳۰ ساله مورد بررسی قرار گرفته در صورتی که بخواهیم دقت کار بیشتر باشد از خروجی بارندگی که از مدل های تغییرات بارندگی <sup>۱۱</sup> RCM حاصل می شود، که در مقیاس ناحیه ای بکار گرفته می شوند.

- در مواردی که میزان همبستگی بین بارش و دبی کم است، احتمال می رود به عوامل دیگری همچون: زمین شناسی، جنس سنگها، جوان بودن تشکیلات زمین شناسی، شیب زیاد ، کم بودن فاصله یک بارش تا بارش دیگر، عدم وجود پوشش گیاهی مناسب، کم بودن عمق خاک، وجود گسل های فراوان در منطقه مربوط باشد.

- تکامل شبکه رودخانه، کوتاه بودن فاصله مرکز ثقل تا خروجی رواناب، قرار گرفتن بیشترین مساحت حوضه در شیب های بالای ۳۰ درجه، نزدیک بودن شکل حوضه به حالت دایره و... از جمله عواملی است که سرعت تخلیه رواناب را افزایش می دهد. رابطه مستقیم نزدیک به کامل بین داده های بارندگی و دبی نشان می دهد که در منطقه مطالعاتی میزان نفوذ آب در سطح حوضه بسیار کم است از اینرو اقداماتی جهت حفظ رواناب و نفوذ آن در حوضه باید صورت پذیرد.

- باتوجه به وضعیت نفوذپذیری واحد های سنگی و آبرفتی حوضه می توان گفت که منطقه مورد مطالعه از پتانسیل سیل خیزی زیادی برخوردار است و حجم زیادی از نزولات آسمانی بصورت رواناب از حوضه ها خارج می گردد بنابراین کنترل و استحصال رواناب مذکور بسیار ضروری است و بایستی با عملیات اجرایی مناسب نسبت به این امر اقدام نمود. از جمله عملیات آبخیزداری (کرت بندی) ، جلوگیری از چرای بی رویه، عملیات حفاظت خاک، فنس کشی در پایین دست توده های سنگی آسیب پذیر، احداث بندهای گابیونی بهممن گیر در دره های مستعد بهممن، پیشنهاد احداث فنس های

<sup>۱۱</sup> -Regional Climate Model

فولادی از جنس ریلهای قطار در سطوح شیبدار بهمن خیز، بهبود وضعیت مراتع با طرح های بذر پاشی، نهالکاری، درختکاری، بانکت بندی، کپه کاری می تواند در هرز رواناب موثر باشد.

- بهبود وضعیت کشت و بهره برداری نحوه استفاده از اراضی علی الخصوص زراعت نیز از عوامل مهم تشدید فرسایش در حوضه ها می باشد. در این خصوص زراعت در اراضی شیبدار، شخم در جهت شیب و روش های آبیاری از مهمترین عوامل تشدید فرسایش می باشد لذا در این خصوص نیز پیشنهاد اصلاح شخم در اراضی شیب دار در سطح ۵۰ هکتار، تراس بندی در اراضی آبی در سطح ۴۵ هکتار مطرح می گردد.

- نتایج حاصل از مطالعات پایه و نیز کسب اطلاعات میدانی مشخص نمود که منطقه مورد مطالعه از پتانسیل آبی مناسبی برخوردار می باشد. لزوم احداث تاسیسات مناسب جهت استفاده از این منابع آبی را آشکار می سازد. در این راستا سد لتیان زمینه را برای این امر مهیا ساخته است. همچنین با توجه به رسوب زایی منطقه که در مطالعه فرسایش حدود ۳۶۰۰۰ هزار تن در سال برآورد گردیده، و با توجه به اهمیت بحث فرسایش که سایر مسائل و مشکلات نظیر سیل، تخریب و کاهش تولید مراتع و... همه تحت تاثیر آن می باشد برنامه های کنترلی باید مد نظر قرار گیرد.

- جهت حفظ رواناب اگرطرحی صورت پذیرد که میزان تبخیر را تغییر دهد این امر موجب تغییر در اکوسیستم می شود لذا هر نوع تغییر در اجرای چرخه هیدرولوژی باید با احاطه کامل و مطالعه گسترده صورت پذیرد.

- تعداد کم ایستگاههای هیدرومتری و تبخیر سنجی در حوضه های کرج و جاجرود یکی از مشکلات این تحقیق می باشد. برای بدست آوردن نتایج دقیق تر لازم است که آمار ایستگاههای بیشتری استفاده شود لذا در پیشنهاد می شود که تعداد این ایستگاهها را در سطح حوضه بیشتر شود.

## ۵. منابع

- ۱- رفاهی حسینی، ۱۳۷۸، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم
- ۲- علیجانی بهلول، ۱۳۸۵، آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور
- ۳- علیزاده امین، ۱۳۸۲، هوا و اقلیم شناسی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
- ۴- علیزاده امین، ۱۳۸۱، حوضه آبریزو خصوصیات فیزیکی آنها، ماهنامه تخصصی مهندسی رودخانه، ش ۵
- ۵- علیزاده امین، ۱۳۸۳، اصول هیدرولوژیکی کاربردی، دانشگاه امام رضا (ع)
- ۶- فتوحی رجبعلی، ۱۳۸۳، جزوه واحد درسی اردوی هیدروگرافی
- ۷- کاویانی محمدرضا، علیجانی بهلول، ۱۳۷۸، میانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت
- ۸- گزارشهای سنتز و تلفیق زیر حوضه های شمشک ، آهار، افجه، گرمابدر وزارت جهاد کشاورزی
- ۹- نادر صفت محمدحسین، ۱۳۸۱، ژئومورفولوژی، جزوه درسی واحدهای ژئومورفولوژی
- ۱۰- محمدی حسین، ۱۳۸۵، جزوه واحد درسی نواحی اقلیمی ایران
- ۱۱- مهدوی محمد، ۱۳۸۵، هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، ج ۱
- ۱۲- مهدوی محمد، ۱۳۸۶، هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، ج ۲
- ۱۳- مهندسین مشاور دشت سبز فلات، گزارشهای هیدرولوژی آهار، شمشک ، گرمابدر، افجه، امامه، لوارک، خیزرودبار و قوچک رودک، وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۲
- ۱۴- موحد دانش علی اصغر، ۱۳۷۳، هیدرولوژی آبهای سطحی، انتشارات سمت، چاپ اول
- ۱۵- وحیدی اصل محمد قاسم، ۱۳۸۲، آمارو احتمال در جغرافیا(۱)، انتشارات پیام نور
- 16- Azagra , E , 1998. Rainfall Runoff in the Guadalupe River Basin / Center for Research in water Resources , Austin ,Texas.
- 17- Bertoni j.C,C E Tucci and Rabin Thomas Clarke. 1992. Rainfall- based real flood forecasting. Journal, Hydrology.
- 18- HEC, 1969 "A pilot Application of weather Rader-Based Runoff Forecasting, Salt River Basin, MO," U.S. Army Corps of ENGINEERS Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.
- 19- Hydrology Journal.1992 . A rainfall-runoff model for small watershed.
- 20- Gournal, hydrology.1992.Rainfall forecosthng in space and time using.

- 21- Keit J.B. 2000. Rainfall runoff Modeling. University, K.
- 22- Maidment, D.R. 1992. Grid-based Computation of Runoff : A preliminary Assessment, Hydrology Engineering Center, US Army Corps of Engineers, Davis, CA.
- 23- Peters, J.C. and D.J Easton. 1996. Runoff Simulation Using Radar Rainfall data. Water Resources Bulletin of a American Water Resources Association, 32, 753-760.

## سایر منابع

- نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح
- تصاویر ماهواره‌ای از انتشارات مرکز سنجش از دور ایران
- نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ از سازمان زمین شناسی
- نقشه گسل‌های استان تهران ۱:۲۸۰۰۰۰ از شرکت تماب
- نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان تهران ۱:۲۵۰۰۰۰ از موسسه تحقیقات آب و خاک
- فایل رقومی پوشش گیاهی ۱:۲۵۰۰۰۰ از شرکت تماب
- داده های آماری بارش، دبی، دما و تبخیر ایستگاههای حوضه شرکت تماب
- داده های آماری ایستگاه شمال تهران سازمان هواشناسی کشور

