

بررسی تأثیر متغیرهای مورفومتری حوضه بر روی دبی حداکثر سیل در حوضه آبریز رودخانه چالوس با استفاده از روش های آماری و مدل های ریاضی

علی مقیمی^{۱*}، سیدرضا موسوی حرمی^۲، احمد معتمد^۳، حسن احمدی^۴

۱- دانش آموخته دوره دکتری تخصصی زمین شناسی، رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی واحد علوم و تحقیقات.

۲- استاد گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه زمین شناسی واحد علوم تحقیقات

۴- استاد گروه آبخیز داری دانشگاه تهران

(*عهده دار مکاتبات - moghimi_ali2@yahoo.com)

چکیده

در این بررسی سعی شده است احتمال وقوع سیلاب با دوره بازگشت معین در حوضه آبریز رودخانه چالوس محاسبه گردد. سپس روابط همبستگی بین و دبی سیل با متغیرهای مورفومتری حوضه آبریز مذکور بر اساس انتخاب توزیع آماری مناسب برای تخمین و پیش بینی سیل بصورت مدل های ریاضی تعیین گردد. بر اساس این مطالعات، مشخص گردید، تابع توزیع لگاریتم پیرسون تیپ III مناسب ترین تابع توزیع آماری منطقه برای داده های آماری ایستگاه های حوضه و محاسبه دبی حداکثر سیلاب در حوضه آبریز چالوس می باشد. همچنین مشخص گردید پارامترهای مختلف مورفومتری حوضه نظیر مساحت زیر حوضه، طول آبراهه ها، تراکم زهکش، شیب زیر حوضه ها و فراوانی آبراهه ها روابط معنی داری را با حداکثر و دبی سیلاب در حوضه، بصورت مدل های خطی و غیر خطی نشان می دهند، که می تواند در تخمین و پیش بینی سیل در هر یک از زیر حوضه های حوضه آبریز چالوس نقش مهمی ایفا نماید.

واژگان کلیدی: دبی حداکثر سیل، توزیع های آماری متغیرهای مورفومتری، لوگ پیرسون تیپ ۳، مدل های ریاضی، داده های آماری.

۱- مقدمه

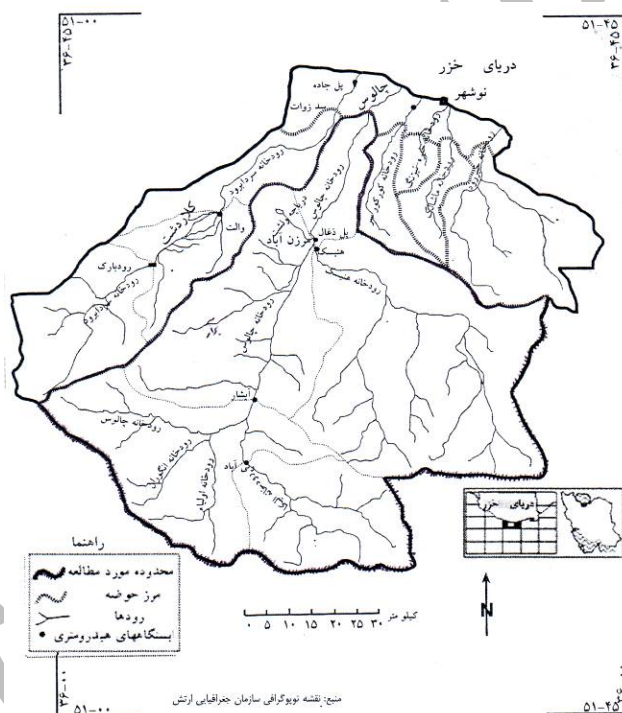
از بین خطرات طبیعی که زندگی انسان ها را تهدید می کند، سیل یکی از مهمترین و مخرب ترین آن ها محسوب می شود (پاسیون^۱، ۱۹۹۹). ویژگی ها و پیش بینی های وقوع این پدیده در کشور ما شناخته شده است. متأسفانه تعداد و حجم سیلاب های اتفاق افتاده در ایران، روند افزایشی داشته است. در چهل سال گذشته بیش از ۳۷۰۰ واقعه مهم سیل در کشور ثبت شده است، که ۵۲٪ آن مربوط به دهه اخیر بوده است (شریفی و نوروزی، ۱۳۸۱). منطقه مورد مطالعه بخش وسیعی از جنوب شهرستان های نوشهر و چالوس در شمال ایران را شامل می شود. در بخش ساحلی محدوده مورد مطالعه، شهرستان های نوشهر و چالوس واقع شده اند. این نقاط طی سال های گذشته تحت تاثیر سیلاب های ویرانگر و مخرب بوده اند (سیلاب های مهر ۱۳۷۳ و ۱۳۸۲). با توجه به این که طرح های مهار سیل بر مبنای پیش بینی دبی سیلاب با دوره های بازگشت معین است، لذا می توان به روش های مختلفی این پیش بینی را انجام داد، که از جمله آن می توان به "روش تحلیل منطقه ای سیل" اشاره نمود (مهدوی و هاشمی، ۱۳۷۶).

به طور کلی استفاده از این روش، در حوضه‌ها و یا مناطقی که فاقد آمار سیل هستند و یا آمار ایستگاه‌های سنجش و دبی سیل، کوتاه مدت باشند، کاربرد وسیعی دارد (ثروتی و همکاران، ۱۳۸۵).

توماس وینسون (۱۹۹۸) با استفاده از پارامترهای جریان رودخانه‌ای و مشخصه‌های حوضه‌های آبریز به بررسی مهم‌ترین عوامل فیزیکی و اقلیمی موثر در مدل‌های منطقه‌ای سیلاب پرداخته‌اند (موسوی، ۱۳۷۹). در این مطالعه ضمن بررسی دبی پیک سیلاب با دوره‌های بازگشت آن، از روابط همبستگی بین دبی با دوره‌های مختلف و پارامترهای مورفومتری همچون مساحت، شیب، تراکم زهکش، طول آبراهه و غیره استفاده شده است.

۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در دامنه شمالی البرز میانی و در جنوب دریای خزر در طول جغرافیایی بین $51^{\circ}00'$ شرقی تا $51^{\circ}35'$ شرقی و عرض جغرافیایی $36^{\circ}08'$ شمالی تا $36^{\circ}43'$ شمالی واقع است. حوضه آبریز رودخانه چالوس از غرب به حوضه آبریز رودخانه سردآبرود و از شرق به حوضه آبریز رودخانه کورکورسر و از جنوب به حوضه آبریز رودخانه کرج و از شمال به دریای مازندران منتهی می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز رودخانه چالوس

۳- اندازه‌گیری و مشاهده

برای بررسی میزان تاثیر خصوصیات مورفومتری حوضه آبریز رودخانه چالوس، ابتدا حوضه آبریز را با توجه به موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری به زیر حوضه‌های کوچکتر تقسیم می‌نمائیم (شکل ۱).

بر این اساس، حوضه آبریز رودخانه چالوس به چهار زیر حوضه به شرح ذیل تقسیم می‌شود: (۱) زیرحوضه الیکا، دونا و کندوان (۲) زیر حوضه الیت (دلیر) (رودخانه‌های اولیا، انگوران و چالوس) (۳) زیر حوضه کجور رودخانه هنیسک (۴) زیر حوضه برآر.

سپس ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه شناسایی، و آن‌هایی که آمار دبی حداکثر لحظه‌ای مطمئنی داشته‌اند، انتخاب گردیده‌اند. بنابراین از آمار دبی ایستگاه‌های هیدرومتری ولی آباد، آبشار (معین دره)، هنیسک و پل زغال استفاده گردید (جدول ۱).

۴- روش و محاسبه

در این مطالعه، دوره آماری ۳۰ ساله منتهی به سال آبی ۸۶-۸۷ انتخاب شد. پس از تهیه و تکمیل داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌ها، با استفاده از توزیع آماری پیرسون تیپ III دبی حداکثر سیلاب سالانه ایستگاه‌های هیدرومتری با دوره‌های برگشت مختلف محاسبه شد (جدول ۲). سپس با استفاده از نرم افزارهای Arc GIS, Arc View مشخصات و پارامترهای مورفومتری زیر حوضه‌ها و کل حوضه محاسبه گردید (جداول ۳ و ۴). و در ادامه، تجزیه و تحلیل همبستگی‌های بین حداکثر سیلاب سالانه با دوره‌های برگشت مختلف و پارامترهای مورفومتری حوضه، با استفاده از نرم افزار Spss 15 انجام پذیرفت.

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه آبریز چالوس

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)
ولی آباد	۵۱°، ۱۸'	۳۶°، ۱۴'	۱۷۵۰
آبشار (معین دوره)	۵۱°، ۱۵'	۳۶°، ۲۰'	۸۵۰
هنیسک	۵۱°، ۲۰'	۳۶°، ۳۰'	۳۵۰
پل ذغال	۵۱°، ۱۹'	۳۶°، ۳۶'	۳۰۰

جدول ۲: دبی حداکثر سالانه ایستگاه‌های هیدرومتری با دوره‌های برگشت (T) بر حسب m^3/s

نام ایستگاه (زیر حوضه)	QT ₂	QT ₃	QT ₅	QT ₁₀	QT ₂₅	QT ₅₀	QT ₁₀₀	QT ₂₀₀
ولی آباد (کندوان، دونا-لیکا)	۱۶/۲	۲۱/۹۴	۳۰/۳۱	۴۴/۶۲	۷۰/۷۲	۹۷/۸۹	۱۳۳/۶۹	۱۸۰/۷۸
آبشار (الیت - دلیر)	۴۷/۵۱	۵۶/۲۶	۶۶/۷۲	۸۱/۰۱	۱۰۰/۹۱	۱۱۷/۱۴	۱۳۴/۶۱	۱۵۳/۵۲
هنیسک (کجور)	۱۰/۶۵	۱۳/۶۱	۱۷/۰۴	۲۱/۴۸	۲۷/۱۹	۳۱/۴۸	۳۵/۸۷	۴۰/۰۹
پل ذغال (برآر رود)	۶۵/۷۳	۸۵/۳۶	۱۰۹/۶۴	۱۴۸/۷۴	۲۰۵/۸	۲۶۰/۰۷	۳۲۴/۵	۴۰۰/۹۸
کل حوضه	۶۷/۰۳	۸۷/۴۹	۱۱۷/۱۳	۱۶۴/۳۹	۲۴۳/۵۹	۳۲۰/۳۷	۴۱۶/۴۶	۵۳۷/۳۴

جدول ۳: خصوصیات مورفومتری زیر حوضه‌های حوضه آبریز رودخانه چالوس

نام زیر حوضه	مساحت (km ²)	شیب (ناخالص)	ارتفاع مستقیم (متر)	طول آبراهه حوضه	(شاخص) تراکم زهکش	درجه آبراهه اصلی در خروجی
کندوان و دونا-لیکا	۱۹۸	۱۸/۰۱	۲۹۸۰	۸۵/۱۵۷	۰/۱۴	۶
الیت - دلیر	۳۹۵	۶/۴۱	۲۲۱۳	۸۵/۱۱۳	۰/۴۲۵	۳
کجور	۶۱۸	۸/۰۹	۲۲۷۵	۱۰۴/۵۰۱	۰/۱۲۹	۶
برآر رود	۳۲۹	۴/۳۴	۱۸۷۷	۳۲/۶۱۴	۰/۲۷۵	۳
کل حوضه	۱۶۴۶/۶۹۵	۴/۳۲	۲۱۳۲/۹	۴۰۱/۷۲۸	۰/۲۴۳	۶

جدول ۴: مقایسه بین مساحت، طول آبراهه‌ها، رتبه رود و تراکم زهکش در زیر حوضه‌های رودخانه چالوس

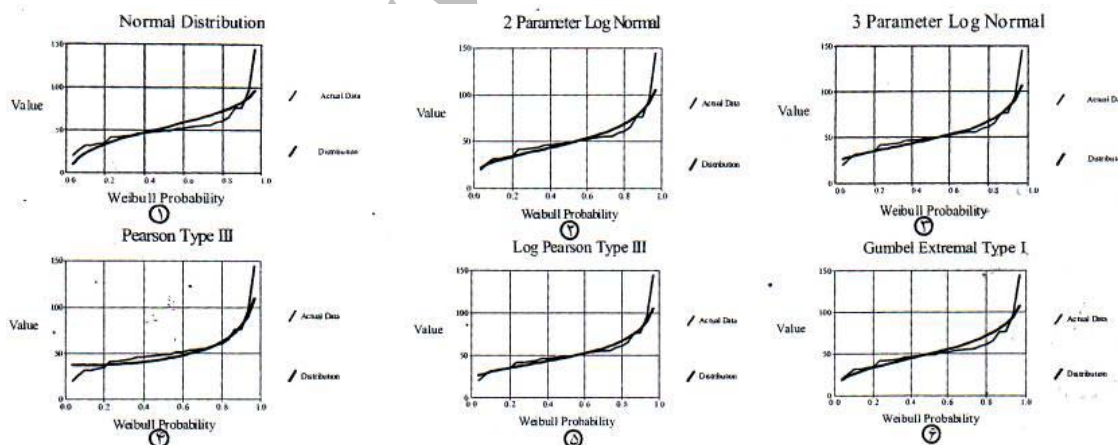
نسبت شاخه Rb	تراکم زهکش	طول آبراهه (km) و رتبه رود (درجه آبراهه)						طول آبراهه در زیر حوضه‌ها (km)	مساحت (km ²)	نام زیر حوضه
		۶	۵	۴	۳	۲	۱			
۲/۲۸۵	۰/۱۴۶	۰/۶۱۴	۳/۲۳۳	۴/۸۶۹	۷/۲۸۴	۱۱/۸۴۹	۵۷/۳۰۸	۸۵/۱۵۷	۱۹۸	کندوان و دونا-لیکا
۳/۵۱	۰/۴۲۵	-	-	-	۱۳/۹۷۱	۱۰/۵۷۷	۶۰/۵۶۵	۸۵/۱۱۳	۳۹۵	الیت-دلیر
۲/۵۲	۰/۱۳۹	۴/۵۰۷	۱/۸۲۰	۴/۴۱۸	۷/۸۲۷	۱۹/۰۲۰	۶۷/۱۳۸	۱۰۴/۵۰۱	۶۱۸	کجور
۲/۶۸	۰/۲۷۵	-	-	-	۴/۸۹۳	۵/۲۱۸	۲۲/۵۰۳	۳۲/۶۱۴	۳۲۹	برآر
۲/۴۹	۰/۲۴۳	۵/۱۲۱	۵/۰۵۳	۹/۲۸۷	۳۳/۹۷۵	۷۰/۹۹	۱۳۰۲ ۲۷۷	۴۰۱/۷۲۸	۱۶۴۶/۶۹۵	کل حوضه

۵- بحث

۵-۱- انتخاب مناسب ترین توزیع آماری جهت استفاده در محاسبه حداکثر دبی سیل با دوره‌های

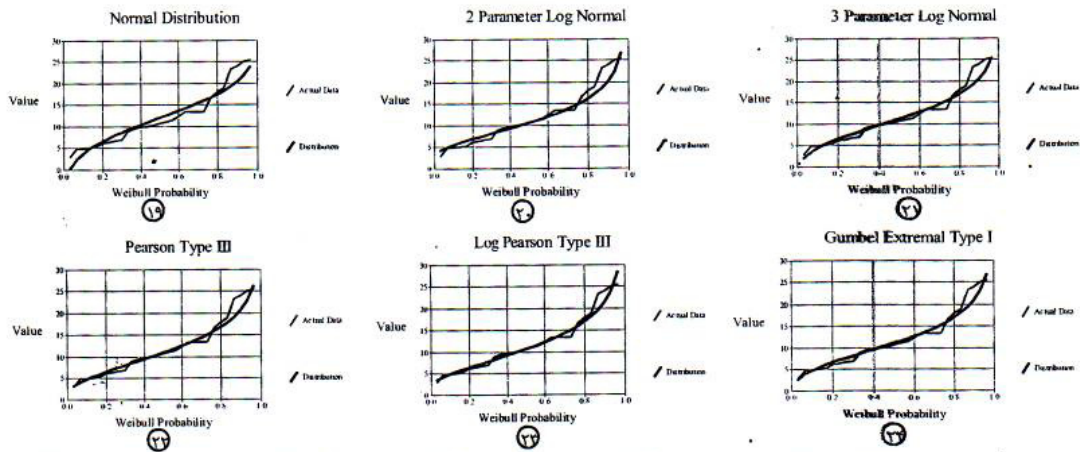
بازگشت معین :

برازش داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌ها با توزیع‌های مختلف آماری نشان داده شده است (ثروتی و همکاران) (اشکال ۲ و ۳ و ۴). نمودارهای مذکور شامل دو منحنی تجربی (واقعی یا مشاهده‌ای) و توزیع (احتمال) تئوری می‌گردد. انطباق منحنی تئوری با داده‌های تجربی اهمیت زیادی در انتخاب بهترین توزیع آماری دارد (Quadra et al., 2008; Hongming et al., 2007; Boni et al., 1999). همچنین بررسی‌های انجام شده، نشان می‌دهد که در توزیع لگاریتم پیرسون تیپ III منحنی توزیع (تئوری) با منحنی تجربی مطابقت بیشتری، نسبت به سایر توزیع‌ها نشان می‌دهد. بنابراین توزیع آماری لگاریتم پیرسون تیپ III به عنوان مناسب‌ترین توزیع برای آمارهای موجود در ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه، در نظر گرفته می‌شود (ثروتی و همکاران، ۱۳۸۵). با استفاده از توزیع مذکور، و دبی حداکثر سالیانه با دوره‌های بازگشت معین، برای ایستگاه‌های هیدرومتری محاسبه شد (جدول ۲).

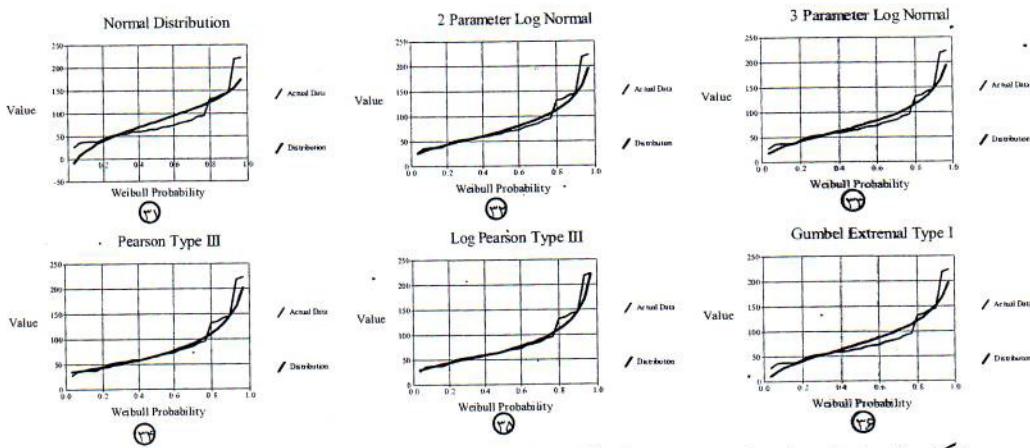


شکل ۲: برازش داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه آشبار با توزیع‌های آماری

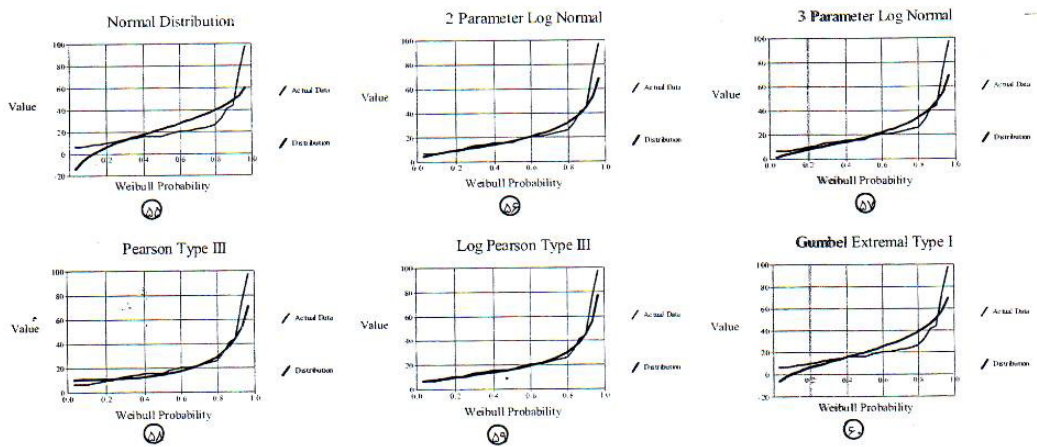
(نرمال، لوگ نرمال دو متغیر، لوگ نرمال سه متغیر، پیرسون تیپ سه، لوگ پیرسون تیپ سه و گمبل)



شکل ۳: برازش داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه هنیسک با توزیع‌های آماری (نرمال، لوگ نرمال دو متغیر، لوگ نرمال سه متغیر، پیرسون تیپ سه، لوگ پیرسون تیپ سه و گمبل)



شکل ۴: برازش داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه پل ذغال با توزیع‌های آماری (نرمال، لوگ نرمال دو متغیر، لوگ نرمال سه متغیر، پیرسون تیپ سه، لوگ پیرسون تیپ سه و گمبل)



شکل ۵: برازش داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه ولی آباد با توزیع‌های آماری (نرمال، لوگ نرمال دو متغیر، لوگ نرمال سه متغیر، پیرسون تیپ سه، لوگ پیرسون تیپ سه و گمبل)

۵-۲- بررسی روابط همبستگی بین دبی های حداکثر سیل با دوره های بازگشت معین و پارامترهای

مورفومتریک حوضه:

جهت این بررسی، ابتدا داده‌ها Replace missing شده‌اند، یعنی از روی داده‌های مجاور near by شده‌اند، سپس مشخص گردید که رابطه رگرسیون مناسبی بین داده‌ها وجود دارد.

۵-۲-۱- رابطه بین دبی های حداکثر سیل و تراکم زهکش

الف- دبی های حداکثر سیل با دوره برگشت ۲ سال (QT_2) با تراکم زهکش، رابط خطی ندارد. $R^2 = 0/52$ ، در سطح اعتماد بیشتر از ۰/۱)، اما رابطه غیر خطی دارد ($R^2 = 0/84$ در سطح اعتماد ۰/۰۷). بنابراین مدل S بهترین

$$L_n(QT_2) = \left(\frac{1}{D}\right) \times (-0/33) + 4/96 \quad \text{مدل محسوب می گردد (شکل ۶-الف):}$$

$QT_2 =$ دبی سالیانه با دوره برگشت ۲ سال

D: تراکم زهکش

ب- دبی های حداکثر سیل با دوره بازگشت سه سال (QT_3) با تراکم زهکش، رابطه خطی ندارد $R^2 = 0/59$ در سطح اعتماد بیشتر از ۰/۱) اما رابطه غیر خطی دارد ($R^2 = 0/84$ و در سطح اعتماد ۰/۰۲). بنابراین مدل S بهترین مدل در

$$L_n(QT_3) = \left(\frac{1}{D}\right) \times (-0/29) + 5/018 \quad \text{این مورد می باشد (شکل ۶-ب):}$$

$QT_3 =$ دبی حداکثر سیل با دوره برگشت سه سال

D = تراکم زهکش

رابطه دبی های حداکثر سیل با دوره های بازگشت پنج (۵) سال (QT_5) و تراکم زهکش، مانند سایر دبی ها، مدل خطی جواب نمی دهد و از بین مدل های غیر خطی، مدل S بهترین مدل محسوب می گردد ($R^2 = 0/81$ در سطح

$$L_n(QT_5) = \left(\frac{1}{D}\right) \times (-0/293) + 5/42 \quad \text{اعتماد ۰/۰۳) (شکل ۶-ج):}$$

د- دبی های حداکثر سیل با دوره های برگشت ۱۰ سال (QT_{10})، ۲۵ سال (QT_{25})، ۵۰ سال (QT_{50}) ۱۰۰

سال (QT_{100}) و تراکم زهکش، نیز روابط خطی مناسبی را نشان نمی دهند اما (QT_{200}) رابطه خطی مناسبی ($R^2 = 0/78$) و در سطح اعتماد ۰/۰۶) برای دبی های سیل ۲۰۰ ساله تعریف می شود (شکل های ۶-د، ۶-ه، ۶-و، ۶-ز، ۶-ح).

$$L_n(QT_{10}) = \left(\frac{1}{D}\right) \times (-0/288) + 5/517 \quad \text{(۱) مدل S برای } QT_{10}$$

$$L_n(QT_{25}) = \left(\frac{1}{D}\right) \times (-0/285) + 5/827 \quad \text{(۲) مدل S برای } QT_{25}$$

$$L_n(QT_{50}) = \left(\frac{1}{D}\right) \times (-0/283) + 6/048 \quad \text{(۳) مدل S برای } QT_{50}$$

$$L_n(QT_{100}) = \left(\frac{1}{D}\right) \times (-0/283) + 6/258 \quad \text{(۴) مدل S برای } QT_{100}$$

$$L_n(QT_{200}) = \left(\frac{1}{D}\right) \times (690/134) + 36/868 \quad \text{(۵) مدل S برای } QT_{200}$$

از مدل های فوق به این نتیجه می رسیم که دبی های حداکثر سیل یک رابطه مستقیم با تراکم زهکش دارند یعنی یک رابطه نزدیکی بین مورفولوژی حوضه و خصوصیات هیدرولوژیکی آن وجود دارد. بنابراین زیر حوضه الیت (دلیر) با تراکم زهکش بیشتر، دارای دبی حداکثر سیل بیشتر و زیر حوضه های کجور، کندوان و دونا و الیکا با تراکم زهکش کمتر دارای دبی حداکثر سیل کمتری هستند.

با توجه به اینکه زیر حوضه الیت (دلیر) دارای بیشترین تراکم زهکش می‌باشد (جدول ۳)، بنابراین پیشی بینی می‌شود، این زیر حوضه نقش موثرتری در تولید سیلاب نسبت به سایر زیرحوضه‌ها ایفا نماید. از این نظر زیر حوضه کجور و برآر دارای اهمیت کمتری هستند.

۵-۲-۲- رابطه بین دبی حداکثر سیل و طول آبراهه‌ها

با توجه به اینکه دبی حداکثر سیل با دوره‌های بازگشت مختلف تابعی از طول آبراهه هستند (Chow et al., 1988; Fuller, 2008)، بنابراین می‌توان برای هر یک از دبی‌های فوق، (با توجه به مقدار R^2 بیشتر از ۰/۸۷ در سطح اعتماد کوچکتر از ۰/۰۵) یک مدل مناسب ارائه نمود (شکل‌های ۷-الف، ۷-ب، ۷-ج، ۷-د، ۷-ه، ۷-و، ۷-ز، ۷-ح).

$$QT_{\tau} = 91/084 + (L_D) \times (-0/73)$$

$$QT_{\tau} = 118/267 + (L_D) \times (-0/963)$$

$$QT_{\sigma} = 129/679 + (L_D)^2 \times (-0/006) + (L_D) \times (-0/4)$$

$$QT_{\sigma} = 206/8816 + (L_D) \times (-1/73)$$

$$QT_{\tau_0} = 251/526 + (L_D)^2 \times (-0/01) + (L_D) \times (-1/064)$$

$$QT_{\tau_0} = 315/295 + (L_D)^2 \times (-0/014) + (L_D) \times (-1/229)$$

$$QT_{\tau_{..}} = 456/5 + (L_D) \times (-3/89)$$

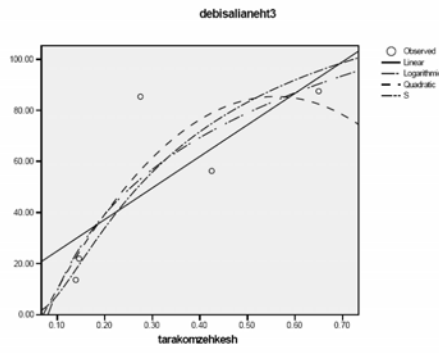
$$QT_{\tau_{..}} = 464/79 + (L_D)^2 \times (-0/029) + (L_D) \times (-1/001)$$

با استفاده از مدل‌های فوق به این نتیجه می‌رسیم که دبی حداکثر سیل رابطه عکس با طول آبراهه‌ها در حوضه آبریز چالوس دارد، بنابراین طبق جدول ۴، زیر حوضه الیت (دلیر) با داشتن کمترین طول آبراهه، بیشترین دبی سیل را خواهد داشت، زیر حوضه کجور، با دارا بودن بیشترین طول آبراهه، کمترین دبی سیل را خواهد داشت.

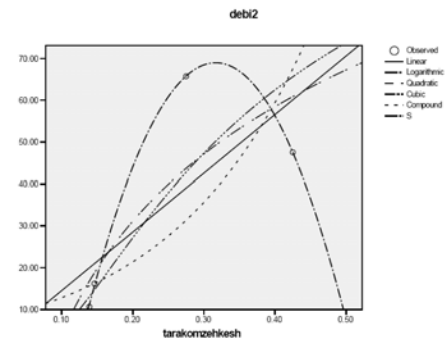
۵-۲-۳- رابطه بین دبی حداکثر سیل و مساحت (A)

یکی از پارامترهای ژئومورفولوژیکی (مورفومتری) که در خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه آبریز موثر است، مساحت می‌باشد (Hancock et al 2001; Vishwas, 2007). در نتیجه می‌توان مساحت را به عنوان یک متغیر مستقل که کنترل کننده دبی حداکثر سیل در حوضه آبریز می‌باشد، در نظر گرفت (ثروتی و همکاران، ۱۳۸۵). بنابراین با اندازه‌گیری مساحت مناطق فاقد آمار، می‌توان دبی متوسط سیل را محاسبه نمود (جدول ۵). اساس انتخاب نوع مدل در این روابط، بزرگترین R^2 (ضریب تعیین) و کوچکترین P مقدار (سطح اعتماد) می‌باشد. بررسی مدل‌های فوق نشان می‌دهد، یک رابطه معکوس بین دبی حداکثر سیل و مساحت در حوضه آبریز چالوس وجود دارد (شکل‌های ۸-الف، ۸-ب، ۸-ج، ۸-د، ۸-ه، ۸-و، ۸-ز، ۸-ح).

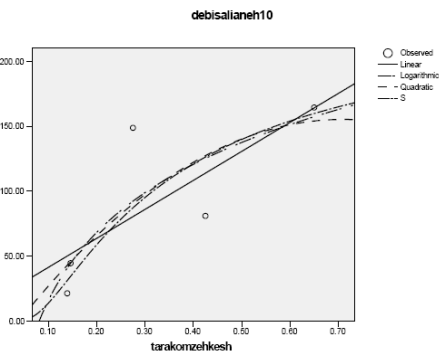
با توجه به این که آبراهه‌های درجه ۱ دارای مساحت زهکشی بیشتری هستند. بنابراین دبی سیلاب در آن‌ها، کمتر بوده، آبراهه‌های درجه‌های ۵ و ۶ دارای مساحت زهکش کمتری هستند، در نتیجه دبی سیلاب در آن‌ها که اغلب در خروجی زیر حوضه‌ها قرار دارند) بیشتر است. از طرف دیگر، زیر حوضه کجور با بیشترین مساحت، دارای دبی سیلاب کمتر و زیر حوضه‌های برآر و الیت (دلیر) با کمترین مساحت، پتانسیل ایجاد بیشترین دبی سیلاب را خواهند داشت (جدول ۴).



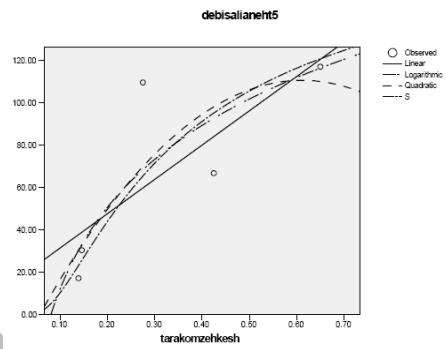
ب



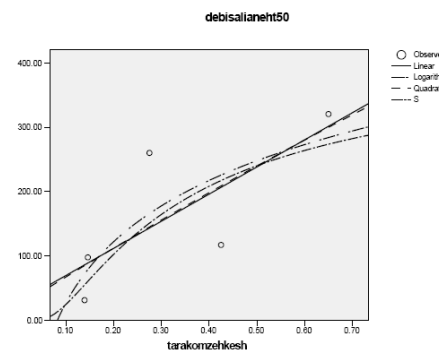
الف



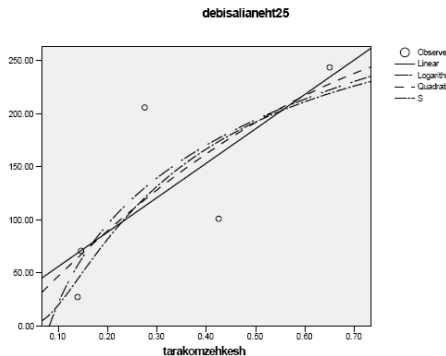
د



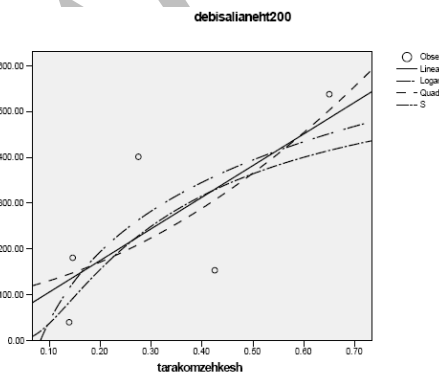
ج



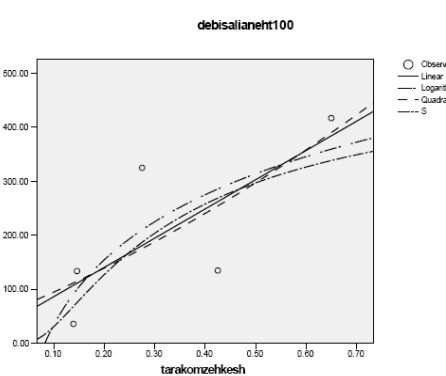
و



ه

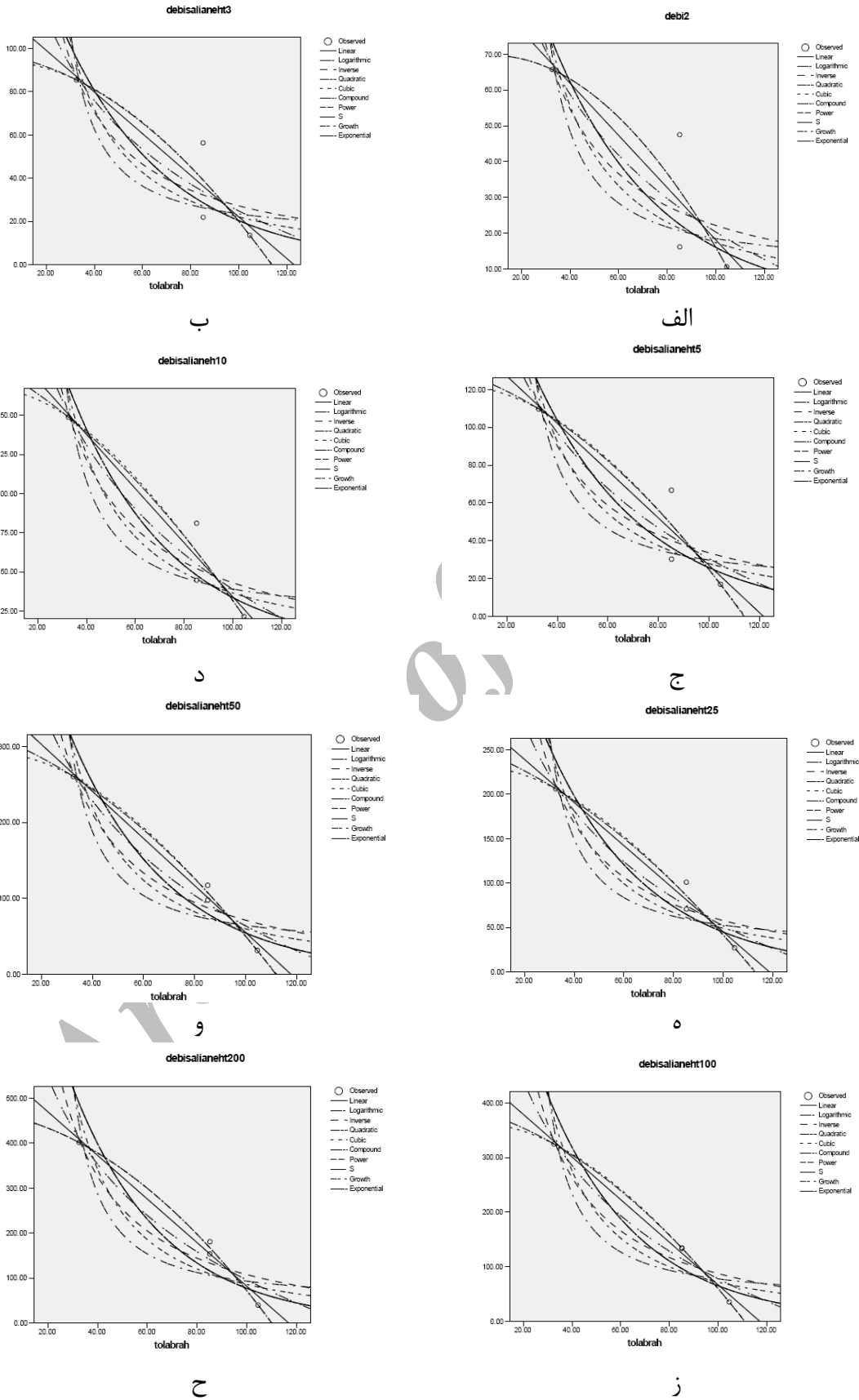


ح



ز

شکل ۶: روابط غیر خطی (مدل S) بین دبی های حداکثر سیل با دوره های بازگشت معین و تراکم زهکش



شکل ۷: روابط خطی و غیرخطی (مدل درجه دوم) بین دبی‌های حداکثر سیل با دوره‌های بازگشت معین و طول آبراهه‌ها

۵-۲-۴- رابطه بین دبی حداکثر سیل و شیب زیر حوضه

بررسی‌های انجام شده بر روی رابطه بین شیب و درجه آبراهه‌ها در حوضه آبریز چالوس نشان می‌دهد، آبراهه‌های با درجه ۳، ۴ و ۵ در شیب کمتر جریان دارند و آبراهه‌های درجه ۱ و ۲ در شیب بیشتری جریان دارند. با توجه به این‌که آبراهه‌های درجه ۱ و ۲ مساحت زهکشی بیشتری را دارا هستند، در نتیجه تولید سیل در آن کمتر و آبراهه‌های درجه ۳، ۴ و ۵ با شیب کمتر دبی سیلاب بیشتری را تولید می‌نمایند. بنابراین در حوضه آبریز چالوس، بین دبی حداکثر سیلاب و شیب زیر حوضه یک رابطه معکوس وجود دارد (جدول ۶).

در این‌جا نیز، برای انتخاب نوع مدل که در آن شیب زیر حوضه بعنوان متغیر مستقل کنترل کننده دبی حداکثر سیل محسوب می‌گردد، بزرگترین R^2 (ضریب تعیین) و کوچکترین P -مقدار مدنظر می‌باشد. بررسی مدل‌های فوق، وجود رابطه معکوس بین حداکثر دبی سیل و شیب زیر حوضه را تأیید می‌نماید (شکل‌های ۹-الف، ۹-ب، ۹-ج، ۹-د، ۹-ه، ۹-و، ۹-ز، ۹-ح). همچنین به این نتیجه می‌رسیم که زیر حوضه الیت (دلیر) و برآر با شیب ناخالص کمتر، دارای دبی حداکثر سیلاب بیشتر و زیرحوضه‌های کندوان دونا و الیکا با شیب ناخالص بیشتر دارای دبی حداکثر سیلاب کمتر می‌باشند.

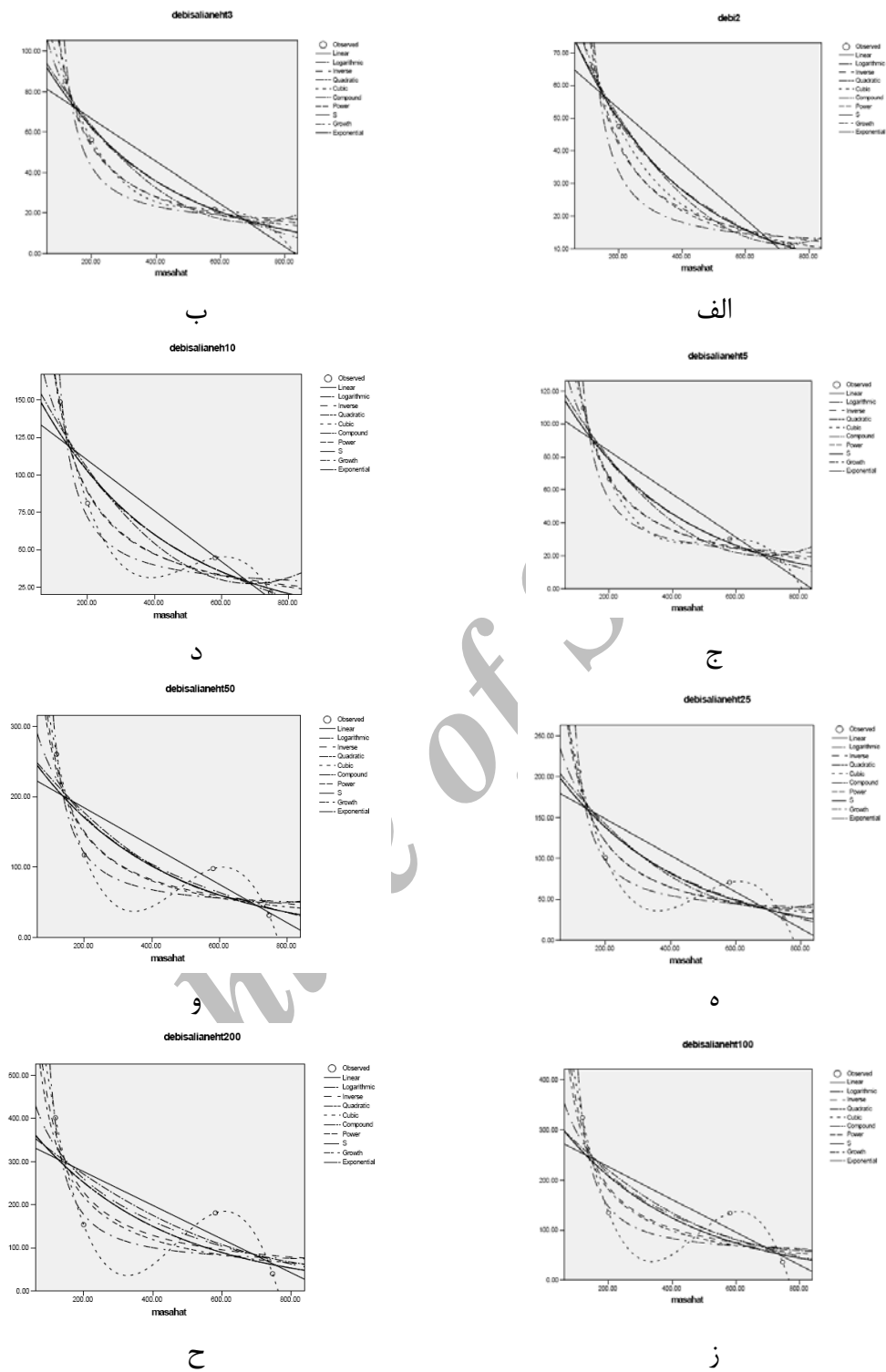
جدول ۵: رابطه دبی حداکثر سیل و مساحت حوضه، در حوضه آبریز رودخانه چالوس

متغیر وابسته	متغیر مستقل	مدل خطی	مدل لگاریتمی	مدل معکوس	مدل درجه دوم سوم	مدل ترکیب غیر خطی	S مدل	بزرگترین R^2 (نوع مدل)	کوچکترین P مقدار (نوع مدل)	مدل انتخابی
دبی حداکثر سیل ساله ۲	مساحت	$R^2=0.970$ $P=0.002$	$R^2=0.987$ $P=0.001$	$R^2=0.977$ $P=0.001$	$R^2=0.991$ $P=0.004$	$R^2=0.987$ $P=0.001$	$R^2=0.983$ $P=0.005$	$R^2=0.989$ $P=0.001$	$R^2=0.991$ $P=0.001$	$L_1(QT) = 0.88/10 + 0.49(D)$
دبی حداکثر سیل ساله ۳	مساحت	$R^2=0.973$ $P=0.002$	$R^2=0.989$ $P=0.001$	$R^2=0.984$ $P=0.004$	$R^2=0.987$ $P=0.007$	$R^2=0.981$ $P=0.004$	$R^2=0.981$ $P=0.004$	$R^2=0.991$ $P=0.001$	$R^2=0.994$ $P=0.001$	$L_1(QT) = 1.09/10 + 0.49(D)$
دبی حداکثر سیل ساله ۵	مساحت	$R^2=0.989$ $P=0.005$	$R^2=0.992$ $P=0.008$	$R^2=0.989$ $P=0.004$	$R^2=0.994$ $P=0.004$	$R^2=0.987$ $P=0.006$	$R^2=0.991$ $P=0.004$	$R^2=0.999$ $P=0.001$	$R^2=0.999$ $P=0.001$	$QT_1 = 0.716/10 + 0.1(1/10)$
دبی حداکثر سیل ساله ۱۰	مساحت	$R^2=0.981$ $P=0.008$	$R^2=0.982$ $P=0.008$	$R^2=0.987$ $P=0.004$	$R^2=0.987$ $P=0.007$	$R^2=0.983$ $P=0.006$	$R^2=0.988$ $P=0.005$	$R^2=0.987$ $P=0.001$	$R^2=0.987$ $P=0.001$	$QT_2 = \frac{1}{4} \times (1000) + 0.500$
دبی حداکثر سیل ساله ۲۵	مساحت	$R^2=0.977$ $P=0.006$	$R^2=0.986$ $P=0.004$	$R^2=0.983$ $P=0.007$	$R^2=0.981$ $P=0.007$	$R^2=0.986$ $P=0.006$	$R^2=0.982$ $P=0.004$	$R^2=0.983$ $P=0.001$	$R^2=0.983$ $P=0.001$	$QT_3 = \frac{1}{4} \times (1000) + 0.500$
دبی حداکثر سیل ساله ۵۰	مساحت	$R^2=0.972$ $P=0.005$	$R^2=0.98$ $P=0.001$	$R^2=0.988$ $P=0.005$	$R^2=0.984$ $P=0.005$	$R^2=0.98$ $P=0.003$	$R^2=0.985$ $P=0.004$	$R^2=0.988$ $P=0.001$	$R^2=0.988$ $P=0.001$	$QT_4 = \frac{1}{4} \times (1000) + 0.500$
دبی حداکثر سیل ساله ۱۰۰	مساحت	$R^2=0.976$ $P=0.008$	$R^2=0.982$ $P=0.004$	$R^2=0.983$ $P=0.007$	$R^2=0.987$ $P=0.006$	$R^2=0.983$ $P=0.006$	$R^2=0.986$ $P=0.004$	$R^2=0.983$ $P=0.001$	$R^2=0.983$ $P=0.001$	$QT_5 = \frac{1}{4} \times (1000) + 0.500$
دبی حداکثر سیل ساله ۲۰۰	مساحت	$R^2=0.976$ $P=0.007$	$R^2=0.98$ $P=0.001$	$R^2=0.987$ $P=0.005$	$R^2=0.981$ $P=0.007$	$R^2=0.986$ $P=0.006$	$R^2=0.982$ $P=0.004$	$R^2=0.987$ $P=0.001$	$R^2=0.987$ $P=0.001$	$QT_6 = \frac{1}{4} \times (1000) + 0.500$

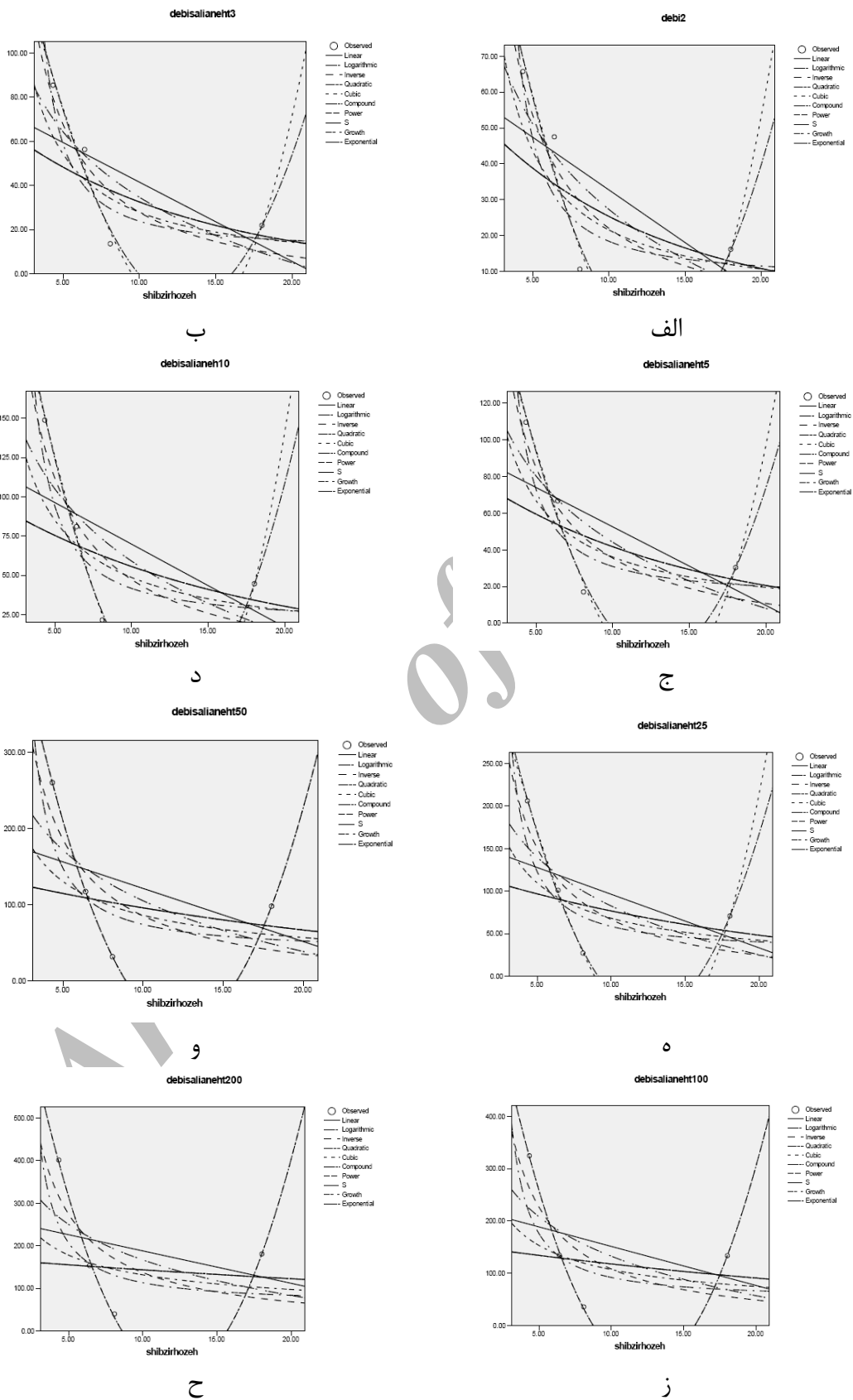
جدول ۶: رابطه دبی حداکثر سیل و شیب زیرحوضه، در حوضه آبریز رودخانه چالوس

متغیر وابسته	متغیر مستقل	مدل خطی	مدل لگاریتمی	مدل معکوس	مدل درجه دوم یا سوم	مدل ترکیب غیر خطی	S مدل	بزرگترین R^2 (نوع مدل)	کوچکترین P مقدار (نوع مدل)	مدل انتخابی
دبی حداکثر سیل ساله ۲	شیب زیرحوضه	$R^2=0.962$ $P=0.002$	$R^2=0.921$ $P=0.001$	$R^2=0.976$ $P=0.002$	$R^2=0.919$ $P=0.008$	$R^2=0.956$ $P=0.004$	$R^2=0.917$ $P=0.001$	$R^2=0.919$ $P=0.001$	$R^2=0.928$ $P=0.001$	$QT_1 = 160/10 + 1/100 \times 100 + 10/100$
دبی حداکثر سیل ساله ۳	شیب زیرحوضه	$R^2=0.943$ $P=0.004$	$R^2=0.965$ $P=0.002$	$R^2=0.976$ $P=0.002$	$R^2=0.985$ $P=0.001$	$R^2=0.932$ $P=0.004$	$R^2=0.978$ $P=0.002$	$R^2=0.985$ $P=0.001$	$R^2=0.921$ $P=0.001$	$QT_2 = 110/10 + 1/100 \times 100 - 20/100$
دبی حداکثر سیل ساله ۵	شیب زیرحوضه	$R^2=0.939$ $P=0.007$	$R^2=0.957$ $P=0.004$	$R^2=0.974$ $P=0.004$	$R^2=0.988$ $P=0.001$	$R^2=0.927$ $P=0.007$	$R^2=0.957$ $P=0.002$	$R^2=0.988$ $P=0.001$	$R^2=0.913$ $P=0.001$	$QT_3 = 280/10 + 1/100 \times 100 - 16/100$
دبی حداکثر سیل ساله ۱۰	شیب زیرحوضه	$R^2=0.933$ $P=0.008$	$R^2=0.951$ $P=0.004$	$R^2=0.976$ $P=0.004$	$R^2=0.995$ $P=0.001$	$R^2=0.919$ $P=0.005$	$R^2=0.951$ $P=0.002$	$R^2=0.995$ $P=0.001$	$R^2=0.909$ $P=0.001$	$QT_4 = 280/10 + 1/100 \times 100 - 16/100$
دبی حداکثر سیل ساله ۲۵	شیب زیرحوضه	$R^2=0.925$ $P=0.006$	$R^2=0.942$ $P=0.004$	$R^2=0.973$ $P=0.004$	$R^2=0.998$ $P=0.001$	$R^2=0.911$ $P=0.006$	$R^2=0.94$ $P=0.006$	$R^2=0.998$ $P=0.001$	$R^2=0.912$ $P=0.001$	$QT_5 = 244/10 + 1/100 \times 100 - 41/100$
دبی حداکثر سیل ساله ۵۰	شیب زیرحوضه	$R^2=0.919$ $P=0.006$	$R^2=0.935$ $P=0.004$	$R^2=0.977$ $P=0.004$	$R^2=0.999$ $P=0.001$	$R^2=0.906$ $P=0.007$	$R^2=0.933$ $P=0.002$	$R^2=0.999$ $P=0.001$	$R^2=0.913$ $P=0.001$	$QT_6 = 280/10 + 1/100 \times 100 - 122/100$
دبی حداکثر سیل ساله ۱۰۰	شیب زیرحوضه	$R^2=0.914$ $P=0.007$	$R^2=0.929$ $P=0.005$	$R^2=0.975$ $P=0.004$	$R^2=0.999$ $P=0.001$	$R^2=0.903$ $P=0.007$	$R^2=0.926$ $P=0.002$	$R^2=0.999$ $P=0.001$	$R^2=0.932$ $P=0.001$	$QT_7 = 187/10 + 1/100 \times 100 - 107/100$
دبی حداکثر سیل ساله ۲۰۰	شیب زیرحوضه	$R^2=0.909$ $P=0.008$	$R^2=0.922$ $P=0.005$	$R^2=0.973$ $P=0.004$	$R^2=0.999$ $P=0.001$	$R^2=0.906$ $P=0.007$	$R^2=0.921$ $P=0.002$	$R^2=0.999$ $P=0.001$	$R^2=0.906$ $P=0.001$	$QT_8 = 110/10 + 1/100 \times 100 - 199/100$

X = شیب زیر حوضه



شکل ۸: روابط غیرخطی (مدل ترکیبی و معکوس) بین دبی‌های حداکثر سیل با دوره‌های بازگشت معین و مساحت



شکل ۹: روابط غیر خطی (مدل درجه دوم و سوم) بین دبی‌های حداکثر سیل با دوره‌های بازگشت معین و شیب زیرحوضه

۵-۲-۵- رابطه بین دبی حداکثر سیل و تعداد آبراهه‌ها

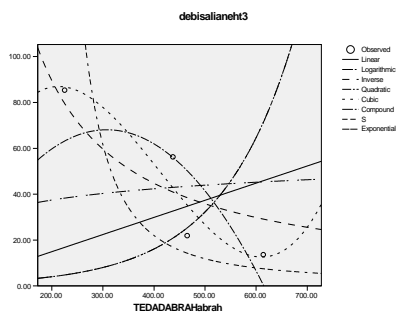
یکی دیگر از پارامترهای ژئومورفولوژیکی موثر در خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه آبریز، فراوانی آبراهه‌ها است (Chow et al, 1988 ; England, 2007 ; Fuller , 2008). از آنجائیکه مجموع تعداد آبراهه‌ها ($\sum N_u$) در زیر حوضه‌های مختلف متفاوت است، بنابراین می‌توان مجموع تعداد آبراهه‌ها را بعنوان یک متغیر مستقل که کنترل‌کننده دبی حداکثر سیل در زیر حوضه‌های حوضه آبریز است، در نظر گرفت (مهدوی و هاشمی، ۱۳۷۶). در نتیجه با داشتن تعداد آبراهه در هر زیر حوضه می‌توان حداکثر دبی سیل را در دوره‌های بازگشت معین پیش‌بینی نمود (جدول ۷). در اینجا نیز اساس انتخاب نوع مدل بزرگترین R^2 (ضریب تعیین) و کوچکترین P - مقدار می‌باشد. بررسی مدل‌های مذکور نشان می‌دهد، یک رابطه معکوس بین حداکثر سیل و تعداد آبراهه در حوضه آبریز چالوس وجود دارد (شکل‌های ۱۰-الف، ۱۰-ب، ۱۰-ج، ۱۰-د، ۱۰-ه، ۱۰-و، ۱۰-ز، ۱۰-ح). با توجه به مدل‌های مذکور زیرحوضه‌های الیت (دلیر) و برار، با داشتن $\sum N_u$ کمتر دارای بیشترین دبی سیلاب و زیر حوضه‌های کجور، کندوان، دوناولیکاو با داشتن $\sum N_u$ بیشتر، کمترین دبی سیلاب را خواهند داشت.

جدول ۷: رابطه دبی حداکثر سیل و تعداد آبراهه‌ها، در حوضه آبریز رودخانه چالوس

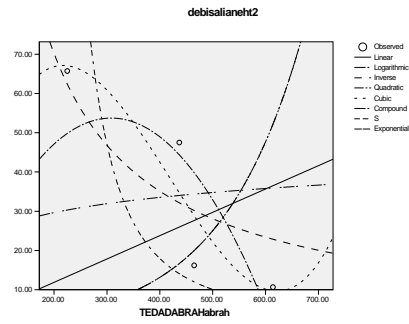
مدل انتخابی	بزرگترین R^2 (نوع مدل)	بزرگترین R^2 (نوع مدل)	مدل S	مدل ترکیبی غیر خطی	مدل درجه دوم نرم	مدل معکوس	مدل لگاریتمی	مدل خطی	متغیر مستقل	متغیر وابسته
$QT_1 = \frac{1}{\sum N_u} \times 14040$	$P = 0.11$ مدل معکوس	$R^2 = 0.91$ مدل معکوس	$R^2 = 0.76$ $P = 0.19$	$R^2 = 0.29$ $P = 0.18$	$R^2 = 0.817$ $P = 0.22$	$R^2 = 0.91$ $P = 0.11$	$R^2 = 0.801$ $P = 0.1$	$R^2 = 0.817$ $P = 0.09$	تعداد آبراهه	دبی حداکثر سیل ۲ ساله
$QT_2 = \frac{1}{\sum N_u} \times 17896$	$P = 0.08$ مدل معکوس	$R^2 = 0.93$ مدل معکوس	$R^2 = 0.747$ $P = 0.16$	$R^2 = 0.77$ $P = 0.05$	$R^2 = 0.869$ $P = 0.13$	$R^2 = 0.93$ $P = 0.08$	$R^2 = 0.860$ $P = 0.073$	$R^2 = 0.865$ $P = 0.07$	تعداد آبراهه	دبی حداکثر سیل ۳ ساله
$QT_3 = \frac{1}{\sum N_u} \times 22713$	$P = 0.06$ مدل معکوس	$R^2 = 0.94$ مدل معکوس	$R^2 = 0.736$ $P = 0.14$	$R^2 = 0.78$ $P = 0.047$	$R^2 = 0.913$ $P = 0.19$	$R^2 = 0.94$ $P = 0.06$	$R^2 = 0.907$ $P = 0.04$	$R^2 = 0.905$ $P = 0.04$	تعداد آبراهه	دبی حداکثر سیل ۵ ساله
$QT_4 = \frac{1}{\sum N_u} \times 31138$	$P = 0.05$ مدل معکوس	$R^2 = 0.95$ مدل معکوس	$R^2 = 0.773$ $P = 0.12$	$R^2 = 0.788$ $P = 0.045$	$R^2 = 0.959$ $P = 0.10$	$R^2 = 0.95$ $P = 0.05$	$R^2 = 0.956$ $P = 0.02$	$R^2 = 0.945$ $P = 0.02$	تعداد آبراهه	دبی حداکثر سیل ۱۰ ساله
$QT_5 = \frac{1}{\sum N_u} \times 41089$	$P = 0.04$ مدل معکوس	$R^2 = 0.95$ مدل معکوس	$R^2 = 0.78$ $P = 0.11$	$R^2 = 0.794$ $P = 0.042$	$R^2 = 0.941$ $P = 0.09$	$R^2 = 0.95$ $P = 0.04$	$R^2 = 0.949$ $P = 0.06$	$R^2 = 0.977$ $P = 0.01$	تعداد آبراهه	دبی حداکثر سیل ۲۵ ساله
$QT_6 = \frac{1}{\sum N_u} \times 52242$	$P = 0.04$ مدل معکوس	$R^2 = 0.958$ مدل معکوس	$R^2 = 0.768$ $P = 0.12$	$R^2 = 0.796$ $P = 0.042$	$R^2 = 1$ $P = 0.01$	$R^2 = 0.958$ $P = 0.04$	$R^2 = 0.948$ $P = 0.01$	$R^2 = 0.986$ $P = 0.07$	تعداد آبراهه	دبی حداکثر سیل ۵۰ ساله
$QT_{7..} = \frac{1}{\sum N_u} \times 64973$	$P = 0.04$ مدل معکوس	$R^2 = 0.955$ مدل معکوس	$R^2 = 0.745$ $P = 0.13$	$R^2 = 0.797$ $P = 0.042$	$R^2 = 0.946$ $P = 0.06$	$R^2 = 0.955$ $P = 0.04$	$R^2 = 0.945$ $P = 0.03$	$R^2 = 0.984$ $P = 0.08$	تعداد آبراهه	دبی حداکثر سیل ۱۰۰ ساله
$QT_{8..} = \frac{1}{\sum N_u} \times 80190$	$P = 0.05$ مدل معکوس	$R^2 = 0.949$ مدل معکوس	$R^2 = 0.711$ $P = 0.15$	$R^2 = 0.796$ $P = 0.042$	$R^2 = 0.980$ $P = 0.14$	$R^2 = 0.949$ $P = 0.05$	$R^2 = 0.979$ $P = 0.01$	$R^2 = 0.971$ $P = 0.01$	تعداد آبراهه	دبی حداکثر سیل ۲۰۰ ساله

۶- نتایج و پیشنهادها

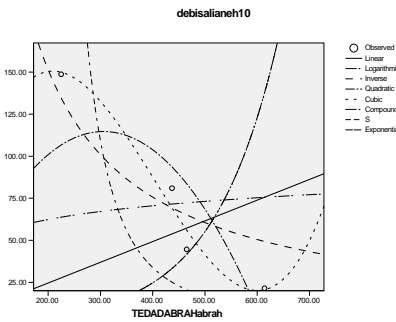
۱. تابع توزیع لگاریتم پیرسون تیپ III، مناسب‌ترین تابع توزیع آماری برای آمارهای موجود در ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه و همچنین محاسبه دبی حداکثر سیل با دوره‌های بازگشت معین محسوب می‌گردد.
۲. با توجه به معنی‌دار بودن رابطه دبی حداکثر سیل (با دوره‌های بازگشت مختلف) با تراکم زهکش در زیر حوضه‌ها ($R^2 = 0.84$) و در سطح اعتماد (0.04) می‌توان گفت اولاً رابطه بین دو متغیر مذکور غیر خطی بوده و بر اساس مدل‌های محاسبه شده با اندازه‌گیری تراکم زهکش در بخش‌های مختلف زیر حوضه، دبی حداکثر سیل محاسبه می‌گردد. ثانیاً زیر حوضه الیت (دلیر) با تراکم زهکش بیشتر، دارای دبی حداکثر سیل بیشتر و زیر حوضه‌های کجور، کندوان، دونا و الیکا با تراکم زهکش‌های کمتر، دارای دبی حداکثر سیل کمتری هستند.



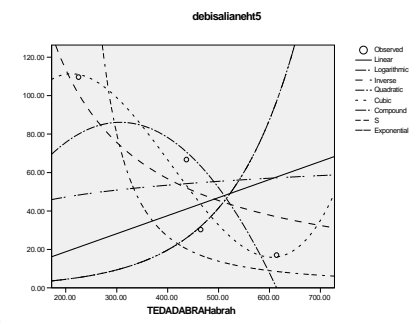
ب



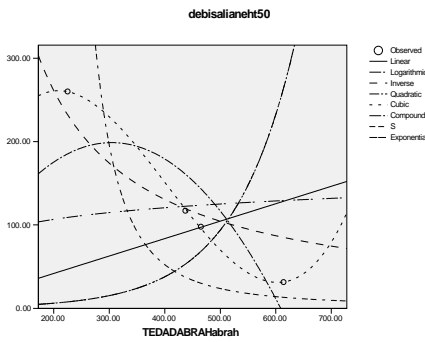
الف



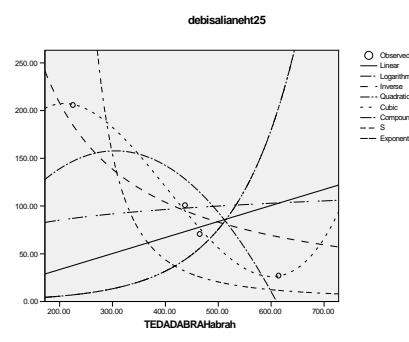
د



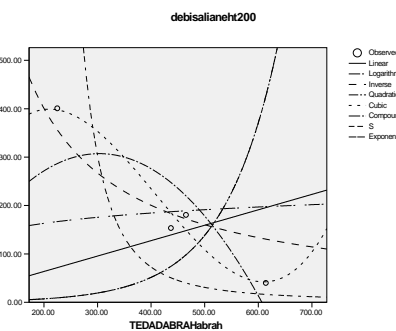
ج



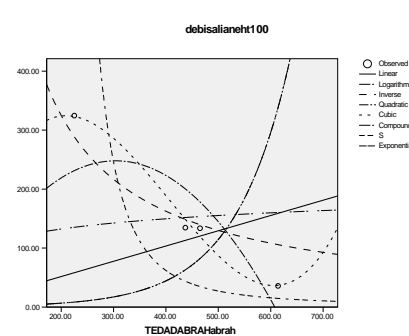
و



ه



ح



ز

شکل ۱۰: روابط غیر خطی (مدل درجه دوم و سوم) بین دبی‌های حداکثر سیل با دوره‌های بازگشت معین و شیب زیرحوضه

۳. نتایج حاصل از بررسی روابط بین متغیرهای دبی حداکثر سیل با دوره بازگشت معین (۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله) با طول آبراهه‌ها نشان می‌دهد که اولاً رابطه معنی‌دار بین پارامترهای مذکور ($R^2=0/95$) و در سطح اعتماد (۰/۰۵) بصورت مدل‌های خطی و غیر خطی (درجه دوم) وجود دارد. ثانیاً زیر حوضه الیت (دلیر) با داشتن کمترین طول آبراهه، بیشترین دبی سیل را خواهد داشت و زیر حوضه کجور با داشتن بیشترین طول آبراهه، دارای کمترین دبی سیل خواهد بود.
۴. بررسی‌های انجام شده بر روی تأثیر مساحت بر دبی حداکثر سیل با دوره‌های بازگشت معین در حوضه آبریز چالوس نشان می‌دهد، رابطه معنی‌داری بین متغیرهای مذکور ($R^2=0/85$) در سطح اعتماد (۰/۰۴) بصورت مدل‌های غیرخطی (معکوس و ترکیبی) وجود دارد. همچنین زیر حوضه‌های الیت (دلیر) و برار با کمترین مساحت، پتانسیل تولید بیشترین سیلاب و زیر حوضه کجور با بیشترین مساحت، دارای دبی سیلاب کمتر می‌باشد.
۵. مطالعه رابطه بین دبی حداکثر سیل با دوره‌های بازگشت معین و شیب زیر حوضه، نشان می‌دهد، اولاً رابطه معنی‌داری ($R^2=0/99$) و در سطح اعتماد (۰/۰۵) بین دو عامل فوق بصورت مدل‌های غیرخطی (درجه دوم) برقرار است. ثانیاً زیر حوضه‌های الیت (دلیر) و برار با شیب ناخالص کمتر دارای دبی حداکثر سیل بیشتر و زیر حوضه‌های کندوان، الیکا و دونا با شیب ناخالص بیشتر دارای دبی حداکثر سیلاب کمتری هستند.
۶. از آنجائیکه دبی حداکثر سیل با دوره‌های بازگشت مختلف با تعداد آبراهه‌ها در زیر حوضه‌ها ($R^2=0/93$) در سطح اعتماد (۰/۰۷) رابطه معنی‌داری دارند، بنابراین می‌توان عنوان نمود که اولاً رابطه بین دو متغیر مذکور خطی و غیرخطی (معکوس) است. بر اساس مدل‌های محاسبه شده با محاسبه تعداد آبراهه‌ها در زیر حوضه، دبی حداکثر سیل محاسبه می‌گردد. ثانیاً زیر حوضه الیت (دلیر) و برار با تعداد آبراهه $\sum N_{ii}$ کمتر، بیشترین دبی سیل و زیر حوضه کجور، کندوان، دونا و الیکا با تعداد آبراهه‌های $\sum N_{ii}$ بیشتر، دبی سیلاب کمتری خواهند داشت.
۷. نظریه این‌که دبی سیل با دوره‌های بازگشت بیش از ۱۰ سال، حجم سیلاب زیادتری تولید می‌کند، لذا پیشنهاد می‌گردد در پروژه‌های مرتبط با منابع آب به ویژه مهار سیل، ذخیره‌سازی و کاربری اراضی حواشی رودخانه‌ها و تعیین حریم آن‌ها و نیز فرسایش کناری مدنظر قرار گیرد.

۷- منابع

۱. افشار، ع.، ۱۳۷۹، هیدرولوژی مهندسی، مرکز دانشگاهی.
۲. ثروتی، م.ر.؛ جداری عیوضی، ج. و بزرگمهر، ک.، ۱۳۸۵، محاسبه و تحلیل دبی متوسط سیل با استفاده از روش تحلیل منطقه‌ای سیلاب در محدوده خیرود نوشهر تا سردآبرود چالوس، فصل‌نامه جغرافیایی سرزمین، علمی-پژوهشی، سال سوم، شماره ۱۰، صفحات ۴، ۵ و ۶.
۳. سازمان تحقیقات منابع آب (تماب)، ۱۳۸۲، آمار دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های هیدرومتری، پل ذغال، آبشار، هنیسک و ولی آباد.
۴. سازمان جغرافیایی ارتش، نقشه توپوگرافی ۵۰/۰۰۰: ۱ ورقه‌های نوشهر، چالوس، پول، مرزن آباد، شهرستانک، گاجره و آسارا.
۵. شریفی؛ ف. و نوروزی، غ.ر.، ۱۳۸۱، مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز، کلید توسط منابع زیستی مجله جنگل و مرتع، شماره ۵۶، صفحات ۵ و ۶.
۶. ضیایی، ح.ا.، ۱۳۸۰، اصول مهندسی آبخیزداری، انتشارات آستان قدس رضوی.
۷. علیزاده، ا.، ۱۳۷۷، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی.
۸. مهدوی، م.، ۱۳۷۷، هیدرولوژی کاربردی، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران.
۹. مهدوی، م.، ۱۳۷۸، هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۰. مهدوی، م.؛ هاشمی، ع.ا.، ۱۳۷۶، تعیین بده سیل از روی عوامل فیزیکی حوضه در استان سمنان، مجله پژوهش و سازندگی شماره ۳۶، صفحات ۸، ۹ و ۱۰.
۱۱. مهدوی، م.؛ شریفی، ف. و صمدی، ز.، ۱۳۸۳، اولویت‌بندی عوامل موثر بر سیل خیزی و آرایه مدل کمی با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی حوضه آبخیز کن)، مجله جنگل و مرتع، شماره ۶۵، صفحات ۷ و ۸.
۱۲. موسوی، ع.ا.، ۱۳۷۹، تهیه مدل برآورد سیل با استفاده از ویژگی‌های مورفومتری رودخانه‌های حوضه آبخیز دریاچه نمک، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.
13. Boni, G.; Ferraris, L; Roth, F.G. G. and Ruder, R., 2007, Flood probability analysis for ungauged water sheds by means of a simple distributed hydrologic model, *Advances in water Resource* volume 30, Issue 10, pages 2135 -2144.
14. Chow, V.T.; Maidment, D.R. and Mays, L.W., 1988, *Applied Hydrology*, Mc Graw- Hill company, 283 p.
15. Hongming He, Qian yu, Jie zhou, yong Q. Tian, Robert . chen, 2008, Modeling Complex flood flow evolution in the middle yellow River basin, *china Journal of Hydrology*, Volume 353, Issues 1-2, pages 76-92.
16. Ian C . Fuller 2008, Geomorphic impacts of a 100 year flood: kiwitea stream, Manawatu catchment, New Zealand, *Geomorphology*, Volume 98, Issues 1-2, pages 84-95.
17. Loczy, D.; Kis, E. and Schweitzer, F., 2009, "Local flood hazards assessed from channel morphometry along the Tisza River in Hungary", *Geomorphology*, volume 113, Issues 3-4, pages 200-205.
18. Shu, C. and Ouarda, T.B.M.J., 2008, Regional flood Frequency analysis at ungauged sites using the adaptive neuro-Fuzzy inference System, *Journal of Hydrology*, volume 342, Issues 1-2, pages 31-43.
19. John, F. England Jr. mark. velleux, pierrey. Julien, 2007, Two -dimensional Simulations of extreme floods on a large watershed, *Journal of Hydrology*, Volume 347, Issues 1-2, pages 229-241.
20. Juraj M.cunderlik, Taha B.M.J.ouarda, 2006, Regional flood – duration –frequency modeling in the changing Environment, *Journal of Hydrology*, Volume 318, Issues 1-4, pages 276-291.
21. Pacione, M., 1999, *Applied Geography, Principles and Practice*, Routledge 318p.
22. Singh, P.V., 1987, *Regional Flood Frequency Analysis*, Academic Publishing company, 185p.
23. Vishwas, S.K., 2007, Geomorphic effectiveness of extraordinary floods on three Large rivers of the Indian peninsula, volume 85, Issues 3-4, pages 306-316.
24. Yue, S.; Ouarda, T.B.M.J.; Bobee, B.; Legendre, P. and Bruneau, P., 1999, The Gumbel mixed Model for flood frequency analysis, *Journal of Hydrology*, Volume 226, Issues 1-2, pages 88 -100.