

# مدل سازی تولید رواناب حوضه آبریز رودخانه کشکان

## بر اساس روش های آماری

### Modeling the Production of Runoff in Kashkan River Catchment Based on the Statistical Methods

Hosain Negaresh<sup>1</sup>, Taghi Tavousi<sup>2</sup>, Mehdi Mehdinasab<sup>3</sup>

Accepted: 23/07/2014

Received: 29/10/2012

حسین نگارش<sup>۱</sup>، تقی طاوسی<sup>۲</sup> مهدی مهدی نسب<sup>۳\*</sup>

پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۱

دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۸

#### چکیده

با تمام اهمیتی که آب در اقتصاد ایران دارد، هر ساله سیلاب حجم زیادی از آبها و خاکهای حاصلخیز کشور را از دسترس خارج نموده و به کویرها، دریاچه ها و دریاها انتقال می دهد. استفاده از مدل های مختلف تجربی موجود در برآورد رواناب با مشکلات فراوان همراه بوده است. به همین دلیل روش تحلیل منطقه ای در برآورد دبی با دوره های بازگشت معین با استفاده از ویژگی های فیزیوگرافی و اقلیمی کاربرد گسترده ای دارد. ارزیابی مدل های هیدرولوژیکی حوضه های آبریز که به شیوه های مختلف انجام می شود، منجر به کالیبره شدن مدل و افزایش قابلیت اعتماد به مقادیر حاصل از مدل می گردد. در این پژوهش از داده های بارش و دبی در مقیاس ماهانه و ویژگی های فیزیوگرافی ۵ زیرحوضه رودخانه کشکان که دارای پراکندگی مناسبی در سطح حوضه می باشند، از طریق رگرسیون چند متغیره به مدل سازی تولید رواناب مبادرت گردیده است. نتایج رگرسیون چند متغیره برای مدل سازی تولید رواناب نشان می دهد که عوامل تعیین کننده بر میزان دبی در دوره های بازگشت مختلف در حوضه آبریز رودخانه کشکان، فاکتورهای حداکثر بارش ماهانه، مساحت، زمان تمرکز، ضریب فشردگی و حداکثر ارتفاع حوضه می باشند. که در این بین دو متغیر، بیشینه بارش ماهانه و ضریب فشردگی دارای بیشترین تاثیر مثبت در افزایش تولید رواناب هستند.

#### Abstract

Given the great importance of the water in the economics of Iran, flood water demises a huge volume of water and fertile soils into the deserts, lakes, and seas. Using the various existing experimental models in estimating the runoff has always been accompanied by difficulties. For this reason, the regional analysis method in estimating Debi with certain return periods and using climatic and physiographic features has a wide application. The evaluation of hydraulic method of Runoff Rivers, which is done in various ways, culminates in the calibration of the model and the reliable increase in the amounts taken from the model. In this study, the rainfall data and the Debi in the monthly scale and the physiographic features of 5 subrunoff of Kashkan river, which are appropriately spread, have been used to present a model for the production of runoff. The results of multivariable's regression for the modeling of the production runoff showed that the determining factors on Debi amount in the various return periods in Kashkan river runoff are monthly rainfall maximum factors, space, focusing time, compaction correlation, and the utmost river height. Among which the two variables, monthly rainfall history and compaction correlation, have the highest positive effects on the increase of runoff production.

**Keywords:** Runoff modeling, Kashkan river, floodwater, regression model, multivariable regression.

**واژگان کلیدی:** مدل سازی رواناب، حوضه آبریز کشکان، سیلاب، مدل

رگرسیونی، رگرسیون چند متغیره.

1. Associate professor, Department of Geography & Environmental Planning, Sistan va Balochestan University. (negaresh\_h@yahoo.com)

2. Associate professor, Department of Geography & Environmental Planning, Sistan va Balochestan University. (tavousi\_taghi@yahoo.com)

3.\* MSc of Geography, Education, Payame Noor University. (mehdi\_4531@yahoo.com)

۱. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی دانشگاه سیستان و بلوچستان. (negaresh\_h@yahoo.com)

۲. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی دانشگاه سیستان و بلوچستان. (tavousi\_taghi@yahoo.com)

۳\*. کارشناسی ارشد جغرافیا و مدرس دانشگاه پیام نور (نویسنده مسئول). (mehdi\_4531@yahoo.com)

## مقدمه

با تمام اهمیتی که آب در اقتصاد ایران دارد، هر ساله سیلاب حجم زیادی از آبها و خاکهای حاصلخیز کشور را از دسترس خارج نموده و به کویرها، دریاچه ها و دریاها انتقال می دهد علیرزاده (۱۳۸۸). افزایش برای تقاضای آب در مناطق مختلف بویژه در نواحی خشک و نیمه خشک، نیاز به مدیریت بهینه منابع آب را پیش از بیش نشان می دهد قنبرپور و همکاران (۱۳۸۷). آب سطحی که نتیجهٔ پاسخ های بارش - رواناب در یک حوضه می باشد، منبع بالقوه ای است که اگر به طور صحیح مدیریت شود، می تواند برای تأمین تقاضا مفید واقع گردد. از این رو برآورد رواناب حاصل از بارش های جوی، پایه و مبنای مطالعات بسیاری از طرح های مختلف توسعه و بهره برداری از منابع آب را تشکیل می دهد سوری نژاد (۱۳۸۱). مسئلهٔ برآورد رواناب سطحی در حوضهٔ آبریز رودخانه ها، موضوع پیچیده است که اطلاعات، فهم و دانش بشری از قوانین فیزیکی حاکم بر آن بعضاً از دیدگاه فرمول های ریاضی محدود می باشد. عوامل متعددی در بروز سیل در مناطق موثر است، از جمله این عوامل می توان به خصوصیات توپوگرافیک، مورفولوژی رودخانه، دینامیک بارش و فعالیت های بشری اشاره نمود بروکس (۲۰۰۳). برای تحلیل منطقه ای سیلاب روش های مختلفی ارائه شده است که سیل نمایه، روش توزیع منطقه ای و همبستگی چند متغیره (استخراج رابطه همبستگی بین سیل با دوره های بازگشت مختلف، عوامل اقلیمی و فیزیوگرافی حوضه ها) از این جمله هستند. ارزیابی مدل های هیدرولوژیکی حوضه های آبریز که به شیوه های مختلف انجام می شود، منجر به کالبره شدن مدل و افزایش قابلیت اعتماد به مقادیر حاصل از مدل می گردد. از اواسط قرن نوزدهم میلادی تا کنون، روش های تجربی و مدل های هیدرولوژیکی مختلفی برای برآورد و محاسبه رواناب سطحی تهیه شده است سینگ (۱۹۸۸). لوگان و تونگ (۱۹۸۵) در راستای دست یابی به مدل برآورد دبی

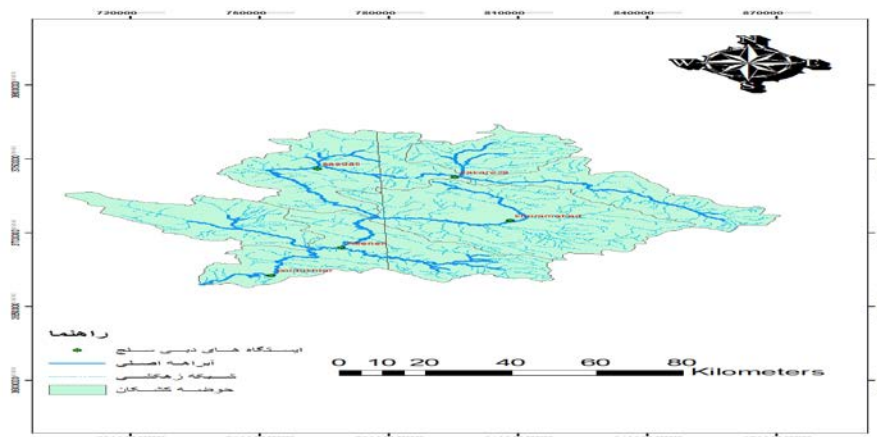
جریان متوسط سالیانه در ۱۵ حوضه آبخیز نیوزلند، از پارامتر مساحت و طول آبراهه اصلی و متغیر بارندگی متوسط سالیانه استفاده نمودند. هیس و استامی (۱۹۹۳) برای تحلیل منطقه ای سیلاب رودخانه های ایالت جورجیای آمریکا از آمار ۴۲۶ ایستگاه موجود در منطقه استفاده نمودند، آنها در این بررسی با استفاده از روش تحلیل رگرسیون خطی چند متغیره بین پارامتر های فیزیکی و اقلیمی حوضه آبخیز با دبی های سیلابی حاصل از توزیع احتمالی پیرسون تپ ۳، مدل های برآورد دبی سیلاب منطقه ای را ارائه کردند، هم چنین این تحقیق نشان داد که سطح حوضه معنی دارترین متغیر مرتبط با دبی سیلابی می باشد. در ایران نیز قاسم پور (۱۳۷۴) مدل های منطقه ای برآورد دبی حداکثر لحظه ای سیلاب سالانه با دوره های بازگشت ۵ تا ۲۰۰ ساله برای منطقه غرب مازندران را از طریق رگرسیون چند گانه، با روش های پیش رو و پس رو بین دبی با دوره های بازگشت مختلف به عنوان متغیر وابسته و خصوصیات فیزیوگرافی به عنوان متغیر مستقل را ارائه نمود، نتایج ایشان نشان داد که مساحت مهمترین پارامتر موثر در تولید سیلاب بوده است. داودی راد و مهدوی (۱۳۷۸) برای ارائه مناسبترین مدل تخمین سیلاب در حوضه دریاچه نمک از طریق داده های ۲۳ ایستگاه آبسنجی، زمین شناسی و مورفولوژی ۶ عامل را انتخاب نموده که این عوامل ۹۲ درصد تغییرات را در داده های اصلی تبیین می نمایند. مرید و ریاضتی (۱۳۸۲) در پژوهشی به مقایسه مدل های تحلیل منطقه ای سیلاب و بارش - رواناب در شرق استان هرمزگان اقدام نمودند و نتایج حاصل آنها نشان داد که روش GEV از میان روش های آماری و مدل HEC-1 نتایج مطلوبی را داشته اند. فضل اولی و همکاران (۱۳۸۵) در مطالعه ای به تعیین روابط پیش بینی رواناب در حوضه های آبریز معرف امامه و کسلیان بر اساس روش های آماری پرداخته اند و نتایج آنها بیانگر، خطای استاندارد تخمین در رابطه بهینه پیش بینی رواناب در حوضه امامه برابر با ۰/۲۴۸ میلیمتر و برای حوضه آبریز

حداکثر و عرض مستطیل معادل حوضه ها است. صلواتی و همکاران (۱۳۸۹) به مدل سازی تولید رواناب بر اساس متغیرهای فیزیوگرافی و اقلیمی در حوضه های آبخیز استان کردستان پرداختند و نتایج بدست آمده آنها بیانگر تغییرپذیری متغیرها و اهمیت آنها در تعیین دبی با دوره های بازگشت در ماه های مختلف داشت.

### ویژگی های جغرافیایی حوضه آبریز کشکان

حوضه آبریز کشکان از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده ۴۷ درجه، ۱۲ دقیقه تا ۴۸ درجه، ۵۹ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه، ۸ دقیقه تا ۳۴ درجه، ۲ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. در این حوضه هفت شاخه آبراهه اصلی همیشگی و چندین شاخه ادواری، شبکه زهکشی آن را تشکیل داده اند (شکل یک). بر اساس روش دومارتن، ضریب خشکی (I) برای حوضه آبریز رودخانه کشکان برابر با ۱۷/۶ می باشد که این حوضه را در محدوده اقلیم نیمه خشک قرار می دهد. از لحاظ سازندهای زمین شناسی حدود ۵۷ درصد، سازندهای این حوضه از رسوبات آبرفتی جدیدتر، مشترک آسماری- شهبازان، امیران و سنگ آهکی با ضخامت عظیم تشکیل شده است. از لحاظ درصد پراکنش کاربری اراضی، حوضه دارای ۴۵/۷۶ جنگل، ۱۳/۲۴ مرتع، ۳۹/۹۶ کشاورزی و ۱/۰۴ اراضی انسان ساخت می باشد مهدی نسب (۱۳۹۰).

کسیلیان برابر با ۰/۲۰۵ میلیمتر بوده است. قهرودی تالی (۱۳۸۵) به ارزیابی مدل SCS-CN در تخمین رواناب حوضه آبریز سد امیر کبیر (کرج) پرداخته و به این نتیجه رسید که استفاده از مدل وزنی در محاسبه ی منحنی این امکان را فراهم می سازد که تمام عوامل موثر در تولید رواناب در نظر گرفته شود و در نتیجه تخمین درست تری از رواناب ناشی از بارندگی به دست آید. توکلی و رستمی نیا (۱۳۸۵) به ارائه مدل منطقه ای رگرسیونی برآورد سیلاب در حوضه های آبخیز استان ایلام بر اساس داده های بارش در دوره های بازگشت ۲ تا ۱۰۰ ساله و ۱۴ ویژگی فیزیوگرافی، ۱۱ زیرحوضه اقدام، و بر اساس آنالیز خوشه ای زیر حوضه ها را در سه گروه تقسیم بندی نمودند. آذری و همکاران (۱۳۸۷) به منظور اولویت بندی مشارکت زیر حوضه ها در دبی اوج و حجم رواناب، در حوضه آبخیز جاغرق از مدل HEC- HMS استفاده نمودند و نتایج آنها نمایانگر اولویت نخست در تولید و مشارکت سیلاب مربوط به زیرحوضه نزدیک نقطه خروجی حوضه می باشد. جوکار سرهنگی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از ویژگی های ژئومورفولوژی کمی، مورفومتری و با بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی به مدل سازی برآورد سیلاب در حوضه های آبی واقع در دامنه شمالی البرز مبادرت نمودند، نتایج پژوهش آنها نشان داد که دبی حداکثر لحظه ای بیشتر تابعی از مساحت حوضه، طول



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز رودخانه کشکان

## داده ها و روش شناسی

به علت وسعت بسیار زیاد حوضه آبریزکشکان و عدم کفایت داده ها از لحاظ طول دوره آماری، جهت انجام این تحقیق از داده های بارندگی و دبی پنج زیر حوضه رودخانه کشکان در طول دوره آماری ۱۳۹۰ تا ۱۳۶۰ استفاده شده است. ابتدا داده ها مورد نظر از بانک اطلاعات رایانه ای و دفاتر آمار سازمان آب منطقه ای استان لرستان گردآوری و در نرم افزار SPSS آزمون های آماری (همگنی داده ها و بازسازی داده های ناقص و آزمون کفایت داده ها) بر روی این داده ها صورت، سپس

همانطور که در مطالعات هیدرولوژیکی علاوه بر داشتن داده های طولانی مدت بارش، داده های بارش باید از توزیع نرمال تبعیت کنند و به همین دلیل غالباً داده های مورد استفاده را با یک توزیع آماری برازش می دهند. جهت تعیین بهترین تابع توزیع احتمال برای بارش ماههای مختلف در نرم افزار SPSS از آزمون One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test استفاده شده است در این آزمون داده های بارش سالیانه از توزیع نرمال تبعیت می کنند (جدول ۱).

جدول ۱. محاسبه توزیع نرمال داده های بارش سالیانه بر اساس آزمون K.S.

	خرم آباد	پلدختر	افرینه	کاکارضا	سیدعلی
تعداد داده ها	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹
میانگین داده ها	۴۷۶/۵	۳۹۵/۳	۴۷۵/۵	۵۰۶	۵۰۱
انحراف معیار داده ها	۱۱۵/۱۲	۱۲۷/۴	۱۳۷/۱	۱۴۳/۴	۱۷۰/۹
مطلق ترین مثبت انتهایی	۰/۰۹۵	۰/۱۵۱	۰/۰۸۳	۰/۱۱۹	۰/۱۰۶
مثبت انتهایی	۰/۰۹۵	۰/۱۵۱	۰/۰۸۳	۰/۱۱۹	۰/۱۰۶
اختلاف منفی	-۰/۰۹۳	-۰/۰۷۰	-۰/۰۶۳	-۰/۱۱۹	-۰/۰۹۶
کولموگروف اسمیرنوف Z	۰/۵۱۴	۰/۸۱۱	۰/۴۴۷	۰/۶۳۲	۰/۵۷۰
Asymp. Sig. (2-tailed)	۰/۹۴۵	۰/۵۲۶	۰/۹۸۸	۰/۸۲۰	۰/۹۰۱

آزمون داده ها: نرمال است

اهمیت متغیر در منطقه مورد مطالعه و در نهایت استفاده از متغیرهای مذکور در سایر تحقیقات پیشین بوده است. برای مدل سازی تولید رواناب از روش رگرسیون چند متغیره استفاده گردیده است.

خصوصیات فیزیکی حوضه به مجموعه پارامترهایی گفته می شود که مقایر آنها برای حوضه آبخیز نسبتاً ثابت است و در واقع نشان دهنده وضع ظاهری حوضه می باشند. پارامترهای فیزیکی از این نظر حائز اهمیت می باشند که میان آنها و رواناب حاصل از بارش های جوی روابطی وجود دارد. بنابراین مهمترین پارامترهای مورد نیاز با استفاده از GIS محاسبه گردید (جدول ۲).

در ادامه خصوصیات فیزیوگرافی این پنج حوضه مانند: محیط حوضه، مساحت حوضه، طول آبراهه اصلی، ضریب کشیدگی، تراکم زهکشی، ارتفاع حداکثر، ارتفاع حداقل، ضریب فشردگی، زمان تمرکز، شیب متوسط و طول حوضه محاسبه، و این خصوصیات فیزیوگرافی به همراه پارامتر اقلیمی حداکثر بارش ماهانه ایستگاه ها در دوره های بازگشت ۵،۱۰،۲۵،۵۰،۱۰۰،۲۰۰،۵۰۰ ساله به عنوان متغیر مستقل لحاظ گردیده اند تا اثرات آنها و بیشترین تأثیر بر روی متغیر وابسته (دبی ماهانه) این پنج حوضه در دوره های بازگشت ۵،۱۰،۲۵،۵۰،۱۰۰،۲۰۰ ساله، مشخص گردند. ملاک انتخاب متغیرهای مستقل، موثر بودن در تولید رواناب، سهولت دسترسی و اعتماد در اندازه گیری،

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی زیر حوضه های مورد مطالعه کشکان

سراب صید علی	کاکارضا	افرینه	پلدختر	خرم آباد	خصوصیات فیزیوگرافی
۷۹۷/۴۶	۱۲۰۴/۹۱	۱۴۱۸/۹۴	۷۴۹/۸۹	۱۷۱۸/۵۸	مساحت $Km^2$
۱۲۷	۱۹۵	۱۹۵	۱۳۰	۲۱۰	محیط به Km
۸۳	۴۸	۵۵	۵۲	۵۵	طول آبراهه اصلی به Km
۰/۸	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۶۲	تراکم زهکنشی $Km/Km^2$
۳/۸	۵/۵	۵	۶	۷	زمان تمرکز به ساعت
۱۹۳۷	۲۰۳۰	۱۳۵۹	۹۹۹	۱۶۳۵	ارتفاع متوسط به متر
۹۶۸	۱۰۱۵	۶۷۹/۵	۴۹۹/۵	۸۱۷/۵	ارتفاع حداقل به متر
۲۹۰۵	۳۰۴۵	۲۰۳۸/۵	۱۴۹۸/۵	۲۴۵۲	ارتفاع حداکثر به متر
۰/۵۸	۰/۲۱	۱/۰۳	۱/۰۲	۰/۴۴	ضریب فرم
۱/۲۶	۱/۵۷	۱/۴۴	۱/۳۳	۱/۴۱	ضریب فشردگی
۳۵/۱۵	۲۷/۴۸	۲۳/۸۵	۲۶/۹۳	۲۴/۳۶	شیب متوسط به درصد

مدل رگرسیون چند متغیره نوع بسط یافته از مدل رگرسیون خطی دو متغیره است که در آن سعی می شود بر اساس چندین متغیر مستقل پیش بینی یا متغیر وابسته برآورد شود فرج زاده (۱۳۸۶).

(۱)

$$Y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n$$

در روابط فوق:  $b_{1,2,\dots}$  ضرایب رگرسیون و  $x_i$  پارامترهای مستقل در مسئله و  $Y$  متغیر وابسته که در اینجا میزان دبی با دوره های بازگشت مختلف بر حسب متر معکب در ثانیه می باشد. در صورتی می توان از رگرسیون خطی استفاده نمود که شرایط ۱- میانگین (امید ریاضی) خطاها صفر باشد. ۲- واریانس خطاها ثابت باشد، بدین معنی که توزیع خطاها باید دارای توزیع نرمال باشد. ۳- بین خطاهای مدل همبستگی وجود نداشته باشد (دارای هم خطی نباشد). ۴- متغیر وابسته دارای توزیع نرمال باشد. یکی از مفروضاتی که در رگرسیون مدنظر قرار می گیرد، استقلال خطاها از یکدیگر است. در صورتی که فرضیه استقلال خطاها رد

مدل سازی به عنوان یکی از مفیدترین روش ها برای تحقق مسائلی است که با فرایندها ارتباط دارد (محمدی ۱۳۸۶). مدل های که بر پایه اصول آماری - احتمالی بنا گذاشته شده اند، از اهمیت ویژه ای برخوردارند. در این گونه مدلها ارزش های عددی یک دسته از پدیده ها و ویژگی های اصلی آنها با نشانه ها و نیز روابط بین این پدیده ها به روابط بین نشانه ها مانند می شود. در هر نوع مدلسازی یک استراتژی سه مرحله ای تشخیص (شناسایی)، برازش و آزمون صحت مدل، طراحی و اجرا خواهد گردید که طی آن نیز حدود اعتماد مدل مشخص خواهد شد. مدل های رگرسیونی منطقه ای، مدتهاست برای پیش بینی مقادیر سیلاب مورد استفاده قرار می گیرند این مدل های رگرسیونی، از مدل های پیچیده باران- رواناب بهتر بوده است ستیدینگ (۱۹۹۲). کراف و رانتز پس از مطالعه روشهای گوناگون تحلیل منطقه ای سیلاب، دریافتند که تکنیک رگرسیون پیش بینی کننده بهتری نسبت به روش شاخص سیلاب یا برازش توزیع های فراوانی نظری بر داده های ثبت شده تاریخی است ویسمان (۱۹۸۹).

شده از مقادیر اندازه گیری شده کمتر باشد، مدل عملکرد بهتری خواهد داشت (رابطه ۵).

$$RMSE = \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{(S_i - C_i)^2}{n} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

خطای نسبی تخمین و تایید (RE)

$$RE = \left| \frac{Y_0 - Y_E}{Y_0} \right| \times 100 \quad (6)$$

که در این رابطه: RE = درصد خطای نسبی،  $Y_0$  = مقدار مشاهده ای متغیر وابسته و  $Y_E$  = مقدار تخمینی متغیر وابسته توزیع گامبل یکی از روشهای عمده در تحلیل های آماری داده های هیدرولوژی و هواشناسی و بهترین روش تجزیه و تحلیل مقادیر انتهایی (Extreme) است. منظور از مقادیر انتهایی حداکثرها و حداقل ها مشاهده شده یک متغیر در مدت زمان می باشد مهدی نسب (۱۳۹۰).

$$X_t = X + (0.78Y - 0.45) \times C_v \quad (7)$$

حداکثر پیراسنج های برآورد شده ماهانه (فراسنج بارش و دبی) در طی دوره های بازگشت مختلف،  $X_t$ : میانگین حداکثر پیراسنج ها (بارش و دبی):  $X$ : انحراف معیار  $C_v$

$$Y = -\ln\left(-\ln \times \left(1 - \frac{1}{TR}\right)\right) \quad (8)$$

دوره های بازگشت TR:

جدول ۳. مقادیر Y در دوره های بازگشت

دوره بازگشت	مقدار Y	دوره بازگشت	مقدار Y	دوره بازگشت	مقدار Y
۵	۱/۵۰	۱۰	۲/۲۵	۲۵	۲/۹۷
۵۰	۳/۹۰	۱۰۰	۴/۶۰	۲۰۰	۵/۳۰

### یافته ها

ضریب تعیین یا  $R^2$  معیاری برای اندازه گیری کفایت مدل رگرسیونی می باشد و در همه تحقیقات رگرسیونی کاربرد گسترده ای دارد. چون نمی توان به مقدار مطلوب  $R^2$  برای مدل های زیر مجموعه رگرسیون دست یافت از مقدار رضایت بخش  $R^2$  استفاده می گردد (رضایی و سلطانی،

شود و خطاها با یکدیگر همبستگی داشته باشد امکان استفاده از رگرسیون وجود ندارد. به همین منظور برای بررسی استقلال خطاها از یکدیگر از آزمون دورین-واتسون استفاده شده است (رابطه ۲).

$$DW = \frac{\sum (e_t - e_{t-1})^2}{\sum e_t^2} \quad (2)$$

در این رابطه  $e_t$  میزان اختلال یا خطا در دوره زمانی T (برای مثال سال) و  $e_{t-1}$  میزان اختلال یا خطا در دوره زمانی قبل T است.

برای ارزیابی و مقایسه نتایج مدل رگرسیونی با مقادیر دبی مشاهداتی به نسبت مقادیر برآورد شده دبی توسط مدل، از معیارهای آماری شامل: ۱- میانگین خطا ۲- میانگین قدر مطلق خطا ۳- میانگین مجذور مربعات خطا ۴- خطای نسبی تایید و تخمین، استفاده گردید (روابط ۳ تا ۶). این فاکتورها زمانی می توانند ارزش رجحانی مدل ها را تبیین نمایند که بین مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش بینی شده، محاسبه شوند.

میانگین خطا (MBE) این تست عبارت از میانگین انحراف مقادیر حساب شده از مقادیر اندازه گیری شده می باشد، علامت مثبت و منفی آن نشان دهنده این است که مقادیر برآورده شده به ترتیب بیشتر یا کمتر از مقادیر اندازه گیری شده هستند (رابطه ۳).

$$MBE = \sum_{i=1}^n \frac{S_i - C_i}{n} \quad (3)$$

میانگین قدر مطلق خطا (MAB) که فرمول آن به صورت زیر است:

$$MAB = \sum_{i=1}^n \frac{|(S_i - C_i)|}{n} \quad (4)$$

میانگین مجذور مربعات خطا (RMSE) این تست اطلاعاتی در مورد عملکرد کوتاه مدت روابط ارائه می دهد و برای این منظور اگر انحراف واقعی بین مقادیر محاسبه

عامل حداکثر ارتفاع حوضه، مساحت حوضه، حداکثر بارش ماهانه، ضریب فشردگی و عامل زمان تمرکزی باشد (جدول ۴).

۲۴۳:۱۳۸۲).  $R^2$  به دست آمده نشان می دهد که ۰/۵۹۶ درصد تغییرات رواناب در حوضه کشکان مربوط به پنج

جدول ۴. نتایج مدل رگرسیونی چند متغیره مدل سازی تولید رواناب در دوره بازگشت ۲۵ ساله

Model Summary				
مدل	ضریب همبستگی	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	خطای معیار تخمین
۱	۰/۸۷۲	۰/۵۹۶	۰/۶۴۴	۷۳۴/۱۸

متغیر مستقل: حداکثر ارتفاع، مساحت، بیشینه بارش ماهانه، ضریب فشردگی و زمان تمرکز

متغیر وابسته: دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال

در (جدول ۵) سطر Regression بیانگر میزان تغییرات متغیر وابسته است که از طریق متغیرهای مستقل تبیین می شود. سطر Residual یا باقیمانده ها بیانگر میزان تغییرات متغیر وابسته است که توسط سایر عوامل تبیین می شود.

جدول تحلیل واریانس رگرسیون به منظور بررسی قطعیت وجود رابطه خطی بین متغیرهاست. چون Sig برابر با صفر است و کمتر از ۰۵ درصد می باشد بنابراین فرض خطی بودن رابطه بین متغیرها تایید می شود. یا به عبارتی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل رابطه خطی وجود دارد.

جدول ۵. تحلیل واریانس رگرسیون متغیر وابسته دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله

مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری آزمون
رگرسیون	۳/۱۰۰۷	۵	۶۲۰۰۸۱۹/۱۳	۱۱/۵۰۴	۰/۰۰۰
باقیمانده	۲/۱۰۲۷	۳۹	۵۳۹۰۲۶/۷		
کل	۵/۲۰۳۷	۴۴			

متغیر مستقل: حداکثر ارتفاع، مساحت، بیشینه بارش ماهانه، ضریب فشردگی و زمان تمرکز

متغیر وابسته: دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال

نزدیک به صفر (در جدول صفر) و انحراف معیار نزدیک به یک است.

بر اساس (جدول ۶) توزیع خطاها تقریباً نرمال است، مقدار میانگین ارائه شده در سمت نمودار بسیار کوچک و

جدول ۶. میانگین و انحراف معیار باقیمانده ها دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله

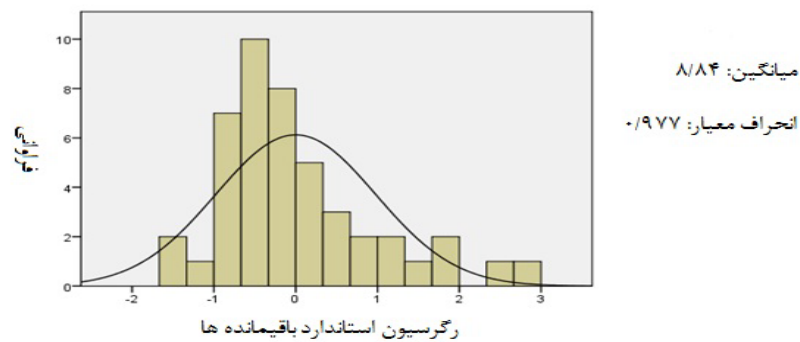
تعداد	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل
۴۵	۸۳۹/۴۲	۱/۰۶	۲/۴۳	-۳/۳۱
۴۵	۶۲۹/۲۱	۰	۲/۰۸	-۱/۲۵
۴۵	۱	۰	۱/۶۴	-۱/۶۵
۴۵	۰/۹۴۱	۰	۲/۸۳	-۱/۷۱

متغیر وابسته: دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال

نمودار هیستوگرام متغیر وابسته: دبی حوضه کشکان در دوره بازگشت ۲۵ ساله نشان می دهد که توزیع داده ها برای باقی مانده ها نرمال است. به عبارت دیگر نحوه پراکندگی دبی حوضه کشکان در دوره بازگشت ۲۵ ساله و داده های اندازه گیری آن تقریباً یکسان است. بنابراین می توان گفت فرض نرمال بودن توزیع باقی مانده ها برای متغیر وابسته صادق می باشد (شکل ۲).

نمودار: هیستوگرام باقیمانده ها

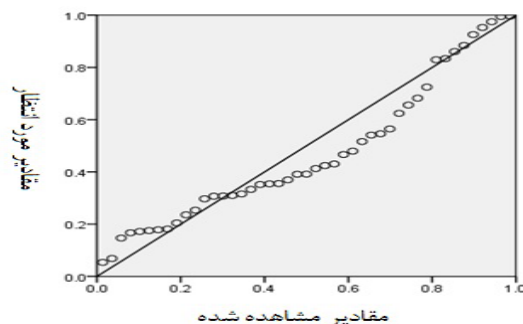
متغیر وابسته: دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال



شکل ۲. توزیع نرمال داده های باقیمانده دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله

در (شکل ۳) مقادیر احتمال تجمعی مورد انتظار باقی مانده ها به مقادیر متناظر توزیع نرمال نزدیک اند. بنابراین فرض نرمال بودن باقی مانده ها برای مدل رگرسیونی رد نمی شود.

متغیر وابسته: دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال



شکل ۳. توزیع پراکنش داده های دبی اندازه گیری شده نسبت به برآورد شده آن با دوره بازگشت ۲۵ ساله

در جدول ۷، ضریب  $\beta_1$  کشش یا حساسیت دبی در دوره بازگشت ۲۵ ساله نسبت به ضریب  $\beta_1$  برابر با ۳/۲۶۵ متر



مقدار آن بین صفر و یک می باشد. مقدار نزدیک به یک به این معنی است که در یک متغیر مستقل بخش کوچکی از پراکنش آن با سایر متغیرهای مستقل توجیه می کند و مقدار نزدیک به صفر نشان می دهد که یک متغیر تقریباً یک ترکیب خطی از سایر متغیرهای مستقل است. بتای استاندارد شده نقش بسیار مهمی را در پیش گویی متغیر وابسته نشان می دهد. بنابراین متغیر حداکثر بارش ماهانه و ضریب فشردگی به مراتب سهم بیشتری در مقایسه با سایر متغیرها در پیش گویی متغیر وابسته دارند.

مکعب می باشد. مقدار بدست آمده نشان دهنده ی اثر مقدار حداکثر بارش ماهانه بر میزان تولید دبی می باشد. ضریب  $B_2$  برای متغیر مساحت،  $3/058$  متر مکعب را نشان می دهد. قدرت رابطه خطی بین متغیرهای مستقل توسط شاخص تولرانس اندازه گیری می شود. برای هر متغیر مستقل تولرانس، نسبتی از پراکندگی آن متغیر است که توسط روابط خطی آن متغیر با سایر متغیرهای مستقل موجود در مدل توجیه نمی شود رمضانی و سلطانی (۱۳۸۲). با توجه به این که تولرانس یک نسبت است،

جدول ۷. نتایج مدل رگرسیونی چند متغیره مدل سازی تولید رواناب در دوره بازگشت ۲۵ ساله

مدل	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	سطح معناداری	آمارهای	
	B	خطای انحراف معیار	بتا			تولرانس	افزایش واریانس
1 (Constant)	۱۵۲۹/۱۹	۱۳۳۳/۳		-۹۳۶	۰/۳۵۵		
حداکثر بارش ماهانه	۳/۲۶	۱/۱۳	۰/۲۹۸	۲/۸۶	۰/۰۰۷	۰/۶۸۱	۱/۴۲
مساحت	-۰/۲۰۷	۰/۴۲۳	-۰/۰۷۱	۰/۴۸۹	۰/۰۲۸	۰/۳۵۶	۱/۳۱
زمان تمرکز	-۲۷۳/۵	۱۵۴/۹	-۰/۲۷۰	-۱/۷۶	۰/۰۲۵	۰/۴۱۱	۱/۲۸
ضریب فشردگی	۳۲۰۲/۶	۱۳۲۱/۳	۰/۳۱۳	-۲/۴۲	۰/۰۲۰	۰/۵۹۱	۱/۴۰
حداکثر ارتفاع	-۱/۶۵	۰/۲۴۷	-۰/۸۷۶	-۶/۶۹	۰/۰۰۰	۰/۴۸۵	۱/۳۶

a. متغیر وابسته: دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال

$$= 1529.196 + 3.265(Rainfall_{25}) - Runoff_{25} - 0.207(A) - 273.595(Tc) + 3202.656(Cc) - 1.656(Hmax)$$

$$= 1636.918 + 3.021(Rainfall_{50}) - Runoff_{50} - 0.210(A) - 286.355(Tc) + 3260.439(Cc) - 1.695(Hmax)$$

$$= 1735.584 + 2.962(Rainfall_{100}) - Runoff_{100} - 0.186(A) - 302.161(Tc) + 3320.755(Cc) - 1.750(Hmax)$$

$$= 1773.561 + 2.059(Rainfall_{200}) + Runoff_{200} - 0.212(A) - 402.648(Tc) + 3202.658(Cc) - 1.605(Hmax)$$

معادله رگرسیونی چند متغیره بین متغیر وابسته میانگین دبی ماهانه با دوره بازگشت ۲۰۰ تا ۵ ساله و متغیرهای مستقل به شرح زیر می باشد.

$$= 1244.568 + 4.009(Rainfall_5) - Runoff_5 - 0.186(A) - 259.324(Tc) + 3155.195(Cc) - 1.577(Hmax)$$

$$= 1487.467 + 3.509(Rainfall_{10}) - Runoff_{10} - 0.194(A) - 277.395(Tc) + 3138.287(Cc) - 1.601(Hmax)$$

در چهار زیرحوضه خرم آباد، پلدختر، کاکارضا و بیشتر از رواناب مشاهداتی است (جدول ۸).  
 صیدعلی، میزان رواناب برآورد شده توسط مدل رگرسیونی

جدول ۸. مقایسه نتایج دبی برآورد شده توسط مدل با مقادیر اندازه گیری شده دبی در حوضه کشکان و مقادیر خطاها

ایستگاه	متوسط دبی اندازه گیری شده بر حسب متر معکب در ثانیه	متوسط دبی برآورد شده بر حسب متر معکب در ثانیه
خرم آباد	۱۳۱/۵۸	۱۴۰/۶۵
پلدختر	۶۱۴/۰۲	۶۲۸/۶
افرینه	۴۱۳/۱۶	۴۰۹/۴
کاکارضا	۱۳۵/۳۰	۱۳۶/۸
سراب صید علی	۵۳/۳۶	۵۹/۵
$MBE_{m^2}$	۰/۰۰۶۴۸	
$MAB_{m^2}$	۲۹/۹۸۷۶	
$RMSE_{m^2}$	۱۶۸/۹۷	
RE	۷/۸۷	

ضریب تعیین تحلیل و مدل رگرسیونی چند متغیره نشان می دهد که: ۶۴ درصد از تولید متوسط دبی ماهانه، در تمام دوره های بازگشت مختلف، فاکتورهای اصلی تولید رواناب در حوضه کشکان، عوامل بیشینه بارش ماهانه، مساحت، زمان تمرکز، ضریب فشردگی و حداکثر ارتفاع می باشند. برای مثال در مورد دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله  $R^2 = ۰/۵۹۶$  و  $r = ۰/۸۷۲$  محاسبه شده است و بیانگر آن است که نتایج حاصل از مدل رگرسیونی ۰/۵۹۶ درصد با واقعیت همخوانی دارد. بنابراین با استفاده از این روش می توان سیلاب را برای حوضه های آبی منطقه پیش بینی نمود. علاوه بر پتانسیل بسیار بالا برای تولید رواناب در سطح حوضه کشکان، به دلیل بالابودن میزان تراکم زهکشی یا "همان اندازه ی طول یک آبراهه که می تواند در محاسبه ی رواناب ناشی از بارندگی اثر بگذارد" زیرا با افزایش تراکم زهکشی، سطح انتقال آب (رواناب) بیشتر می گردد و در نتیجه نفوذ آب افزایش می یابد و پتانسیل

### بحث و نتیجه گیری

جایگاه جغرافیایی کشور طوری است که تمرکز زمانی و مکانی بارش، در بیشتر حوضه های آبریز باعث وقوع سیل می گردد. سیلاب ناشی از بارندگی است اما مطالعات نشان می دهد که بین این دو عامل رابطه خطی و مستقیمی وجود ندارد از جمله عوامل اصلی بر هم زننده این رابطه علاوه بر شرایط جغرافیایی می توان به ویژگی های فیزیکی حوضه آبخیز اشاره کرد. در این پژوهش مدل های با ضریب همبستگی معنی دار در سطح ۵ درصد و به ترتیب مساوی یا بزرگتر از ۰/۷۰۸ و ۰/۵۷۲ با درجه آزادی متناسب با تعداد ۵ ایستگاه (زیرحوضه) مورد استفاده، به عنوان مدل نهایی انتخاب شده اند. برای ارزیابی مدل های تهیه شده از معیارها و شاخص های متعددی از جمله ضریب همبستگی، خطای استاندارد، خطای نسبی تخمین و تایید و میانگین قدر مطلق خطا استفاده شده است. نتایج

بالا و هم دارای شکاف و ترک های بسیار زیادی هستند در نتیجه میزان رواناب مشاهداتی را نسبت به رواناب محاسبه شده را پایین می آورند.

تولید رواناب کاهش می یابد و اینکه مساحت زیادی از سطح حوضه کشکان از سنگهای آهکی و رسوبی پوشانده شده است و این نوع سنگها دارای قابلیت انحلالی بسیار

study: Karkheh Basin, Iranian Journal of Natural

## References

1. Alizade, A. (2009), Principles of Applied Hydrology, University of Imam Reza (AS), The twenty-sixth edition, Mashhad.
2. Azari, M., Sadeghi, HR., Telori, A. (2008), Determine the contribution of catchment basins Jagharq in peak flow and volume of runoff to prioritize flood control, Journal of Geography and Development, No.12, PP. 199-212.
3. Brooks K, N. (2003)., Hydrology and the Management of Watersheds, Iowa State University Press.P.160.
4. Davodirad, A., Mahdavi, M. (1999), Climate models and morphological study of flood discharge in arid and semi-arid Case Study (Salt Lake Basin), The second Conference on Climate Change, the Meteorological Agency.
5. Faazloli, R., Akhond Ali, A M., Behnia, A. (2006), Determination for predicting runoff in mountainous watershed case study, watershed Moaref Amameh and Kasilian, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, Vol. 13, No. 6, January - March, PP.108 - 117.
6. Faraj M., 1386. Climatology techniques, publisher, printing, Tehran.
7. Ghahroudi Tali, M.( 2006), SCS-CN model assessment estimate catchment runoff Amir Kabir Dam Branch, Journal of Geography and Development, Spring& Summer, No. 7, pp. 198- 185.
8. Ghanbarpour, M. Amiri, M., Gholami, S. (2008), Evaluation of the monthly flow forecasting model based on time series analysis, case study: Karkheh Basin, Iranian Journal of Natural Resources, Vol. 61, No.1, Spring, Tehran University, pp. 55- 43.
9. Resources, Vol. 61, No.1, Spring, Tehran University, pp. 55- 43.
10. Ghasempour F. (1999), Regional analysis of flood in West Mazandaran (Chalose-Ramsar), Master Thesis Watershed, Supervisor Dr Amin Alizadeh, Tarbiat Modarres University, Tehran.
11. Jokarsarhangi, A., Amirahmadi, A., Nikzad, A. (2009), Modeling of flood water basin on the northern slopes of the Alborz using geomorphological and morphometric characteristics and application of GIS, Journal of Geography and Planning, Tabriz University, No. 29, PP> 141- 162.
12. Lawgun, N. , Toong, AR.(1985), Regional flood- frequency analysis of small catchments in North Auckland and Coromandel (New Zealand), journal of Hydrology (New Zealand)24 (2): 64-76.
13. Mhdinasab, M.(2011), Modeling of rainfall - runoff Kashkan based on statistical models, Payanamh MSc Ecology and supervisors Dr Negaresh, H. & Tavousi, T., University of Sistan and Baluchestan, Zahedan.
14. Mohammadi, H. (2007), pamphleteer metod in Geography and Related Sciences (translation), Tehran University, Tehran.
15. Morid, S., Riazati, D. (2003), Comparative analysis of models of regional flood and rainfall - runoff in East province, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, Vol. 10, No. 2, Summer, pp. 193- 181.
16. Ramezani, A., Soltani, A. (2003), Introduction

- to Applied Regression Analysis, Nashar Publication, Esfahan.
17. Salavati, B., Sadeghi, HR., Telori, A. (2010), Runoff modeling watersheds Kurdist an province of physiographic and climatic variables, Journal of Soil and Water, Volume 24, at 1, April and May, pp. 96, 84
18. Singh vijay p. (1988), Hydrologic systems Vol. 1&2, Prentice Hall, Englwood cliffs, New Jersey, PP.480&320
19. Sorinejad, A. (2002), Kashkan River Basin watershed runoff volume estimation using GIS, Geographical Research, 43, pp. 57 -80.
20. Stamy TC., Hess GW. (1993), Techniques for estimating magnitude and frequency of floods in rural basins in Georgia. Water Resources Investigation Report 93-4016, USGS Publication , 94P
21. Stedinger I. R, Vogel R. M, Foufoule-Geovgiouse., (1992.), Frequency analysis of extreme events, Ihmaidment DR. (Ed shief) Hand book of hydrology, Mc Graw- Hill – Inc., Newyork USA.
22. Tavakoli, M., Rostaminia, M. (2006), Model of regional flood basins in Ilam, Journal of Agricultural Sciences, Vol. 12, No. 2, PP. 347- 3557.
23. Viessman W. JR, Lewis G.L.L Knapp JW. (1989), Introduction to hydrology, delhi Press, Happev and Row Publishrs