جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سال ۲۶، پیـاپی ۵۸، شـماره ۲، تابسـتان ۱۳۹٤

مدل‌سازی بارش- رواناب حوضه آبریز کشکان براساس مدل‌های آماری

مهـــدی مهـــدی‌نســـب: کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم آباد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، خـرم آبـاد، ایـران *
حســـین نگـــارش: دانشـــیار جغرافیـــای طبیعـــی، دانشـــگاه سیســـتان و بلوچســـتان، زاهـــدان، ایـــران
تقـــی طاوســـی:دانشـــیار جغرافیـــای طبیعـــی، دانشـــگاه سیســـتان و بلوچســـتان، زاهـــدان، ایـــران

وصـول: ۱۳۹۱/۳/۱۰ پـذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۳۱، صص ۸٤-٦۷

چکیده

رواناب سطحی به آن قسمت از بارش گفته می‌شود که در امتداد سطح شیب زمین جاری و به صورت جریان سطحی یا زیر سطحی از حوضه خارج می‌گردد. مدل هیدرولوژیکی ساختاری است که بتواند با توجه به ویژگی‌های حوضه و عامل های مـوثر بر پدیده مورد نظر، تعامل و رفتار آن را با تقریب قابل قبولی نشان دهد. حوضه آبریز رودخانه کشکان یکـی از زیرحوضـه‌هـای مهم حوضه آبریز کرخه است. جهت انجام مدل سازی «بارش، رواناب»، از داده‌های۱٤رگبار در طـی دوره آمـاری ۱۳۸۹-۱۳٦۰، در زیر حوضه پلدختر که دارای آب نمود لحظه ای است، استفاده شده است، سپس بر اساس پنج ویژگی‌هایتوگراف ۱٤رگبار بـه عنوان متغیر مستقل و هفت ویژگی هیدروگراف به عنوان متغیر وابسته، به ارزیابی کاریـایی مـدل‌هـای مختلـف رگرسـیون یـک متغیره برای مدل سازی بارش رواناب و هم چنین به برآورد احتمال وقوع سیل با استفاده از روش سری‌های جزیـی اقـدام شـده است در این راستا تعداد ۳۰ سیل با دبی بیش از ۵۰۰ متر مکعب در ثانیه انتخاب و سپس بر اسال روش سـری‌هـای جزیـی بـه برآورد دبی سیل در بازه‌های زمانی ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله مبادرت شده است. نتایج بررسی مدل سـازی نشـان داد که از میان انواع روشهای رگرسیون یک متغیره، روشهای خطی، مرکب و توانی دارای بیشترین تبیین برای مـدل سـازی بـارش- رواناب می‌باشند. سپس بر اساس رگرسیون چند متغیره به ارایـه یـک مـدل رگرسـیونی بـارش- رونـاب پرداختـه شـده، بـرای واسنجی مدل تهیه شده از معیارها و شاخص‌های متعددی از جمله ضریب همبستگی، خطای استاندارد، خطای نسبی تخمـین و تایید، درصد میانگین قدر مطلق خطا، میانگین نسبی مجذور مربعات خطا، میانگین مجذور مربعات خطـا و میـانگین قـدر مطلـق خطا استفاده شده است. R^2 به دست آمده نشان می‌دهد که ۰/۷۹٦ درصد روانـاب در حوضـه کشـکان مربـوط بـه سـه عامـل حداکثر شدت رگبار(MIS)، مقدار بارش مازاد(ASP) و مدت زمان بـارش مـازاد(DSP) اسـت. نتـایج روش سـری‌هـای جزیی نشان داد که هر سال به احتمال ۹۹/۹۹ درصد سیلی با میزان دبی ٦۰٦/۳۲ متر مکعب به وقوع می‌پیوندد.

واژه‌های کلیدی: بارش- رواناب، مدل سازی، تولید رواناب، رگرسیون، حوضه آبریز رودخانه کشکان، سری‌های جزیی

مقدمه

هرگاه شدت بارندگی از ظرفیت نفوذ خاک بیشتر باشد، بخشی از بارندگی در سطح حوضه ها در امتـداد شـیب جاری می‌شـود و توسـط رودهـا از حوضـه‌هـا خـارج می‌شود، بـه ایـن بخـش از بارنـدگی کـه مقـدار آن در رودخانه ها قابل اندازه گیـری اسـت، رونـاب سـطحی

*نویسنده مسؤول: E-mail: Mehdi_4531@yahoo.com

گویند (علیزاده،۵۱۸:۱۳۸۸). سیلاب ناشی از بارندگی است اما مطالعات نشان می‌دهد که بین این دو عامل رابطه خطی و مستقیمی وجود ندارد از جمله عوامل اصلی بر هم زننده این رابطه علاوه بر شرایط جغرافیای می‌توان به ویژگی های فیزیکی حوضه آبخیز اشاره کرد (Chai,et,al,1995,97).تنوع شرایط محیطی، بویژه آب و هوایی ایران، منجر به ایجاد رژیمهای گوناگون تولید رواناب می‌شود (جباری و همکاران، ۲۹:۱۳۸۵). از این رو کنترل و مبارزه با این پدیده و شناخت عوامل و پارامترهای موثر بر سیلاب اهمیت بسیار زیادی دارد. بعبارت دیگر قبل از هرگونه برنامه ریزی برای کنترل سیل، باید درفتار فرایندهای آن را شناخت(Smith,1992:25). مدل، نماینده ساده ای از نمونه اصلی یک ساختار است که همه ویژگی‌ها و رفتار آن را دارا است به این ترتیب مدل هیدرولوژیکی ساختاری است که بتواند با توجه به ویژگی های حوضه و عامل های موثر بر پدیده مورد نظر، تعامل و رفتار آن را با تقریب قابل قبولی نشان دهد (Fernando&Dayawardenea,1998). روش‌های متعددی برای محاسبه ی رواناب براساس بارندگی توسط پژوهشگران مورد استفاده قرار می‌گیرد که بیشتر این روش‌ها به روابط آماری بین رواناب و بارندگی استوار است (خیام و مولوی۷۷:۱۳۸۳). رودخانه کشکان یکی از شعب مهم و پرآب رودخانه کرخه، که به لحاظ وسعت سومین زیر حوضه کرخه است. حوضه آبریز این رودخانه به وسعت ۹۵۶۰ کیلومتر مربع در مجموع ۲۲/٤ درصد از کل حوضه رودخانه کرخه را شامل می‌شود، این رودخانه با طول ۲۹۰ کیلومتر و شیب ۲٦درصد پرشیب ترین و سیل خیزترین زیر حوضه کرخه است (لشنی زند۷۰:۱۳۷٦).

میمیکو و رائو(۱۹۸۳) مدل ساده ای برای «بارش، رواناب» برای یک منطقه در هند ارائه دادند، این مدل را به صورت ارتباط خطی و غیر خطی و به صورت ماهانه برای بعضی حوضه های آبریز اجرا کرده‌اند. 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 منطقه‌ای سیلاب رودخانه‌های ایالت جورجیای آمریکا از آمار ٤۲٦ ایستگاه موجود در منطقه استفاده نمود اند، 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 تیپ ۳، مدل های برآورد دبی سیلاب منطقه ای را ارائه کردند، هم چنین این تحقیق نشان داد که سطح حوضه معنی‌دارترین متغیر مرتبط با دبی سیلابی است.

شارفی و بوئد(۱۹۹٤) مدل‌های «بارش، رواناب»۳ پارامتره AWBM و SFB را در استرالیا مطالعه کردند و

نتیجه گرفتند که مدل AWBM بهتر از مدل SFB رواناب را شبیه سازی می‌کند.

باشا(۲۰۰۱) یک مدل ساده غیر خطی برای شبیه سازی پدیده «بارش، رواناب» براساس ارتباط غیر خطی ذخیره و میزان خروجی پیشنهاد نمود. اورادا(۲۰۰۲) برای دستیابی به اوج، حجم و زمان سیلاب روشی مناسب براساس تابع چگالی احتمال دو پارامتر ی در حوضه آبریز آشاپموشان کانادا ارائه کردند. در ایران نیز قاسم پور(۱۳۷٤) مدل‌های منطقه ای برآورد دبی حداکثر لحظه ای سیلاب سالانه با دوره های بازگشت ۵ تا ۲۰۰ ساله برای منطقه غرب مازندران را ارائه داد. و سپس از طریق رگرسیون چندگانه، 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 به مدل سازی پرداخت، نتایج ایشان نشان داد که مساحت مهمترین پارامتر موثر در تولید سیلاب بوده است. وفاخواه (۱۳۷۸) در مطالعه ای روی شناخت عوامل موثر در سیلاب از روش تجزیه و تحلیل عاملی استفاده نمود و از این طریق کلیه عوامل موثر بروی سیلاب را به چند عامل اصلی کاهش داد. سوری(۱۳۸۰) در پژوهشی به برآورد حجم رواناب حوضه آبخیز رودخانه کشکان با استفاده ازGIS اقدام و به این نتیجه دست یافته که ضریب همبستگی بین داده های محاسباتی و مشاهداتی (بارندگی و رواناب سالیانه) برای زیر حوضه های این منطقه بین ۹۷/۵ تا ۹۹/۵ درصد است. خیام و همکاران (۱۳۸۳) به بررسی تحلیل‌های کمی رواناب حوضه ی آبریزسعیدآبادچای مبادرت نمودند و به این نتیجه دست یافته اند که در اکثر موارد چند جمله ای های درجه سوم و دوم برازش بهتری نسبت به سایر معادلات نشان می‌دهند. صادقی و همکاران (۱۳۸٤) در مطالعه ای در مورد کارایی روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آماری در مدل سازی «بارش، رواناب» در حوضه آبریز کسیلیان اقدام نموداند، نتایج آنها نشان داد که روش تجزیه و تحلیل عاملی موجب کاهش دقت می‌گردد. کبیر و همکاران(۱۳۸٦) در پژوهشی به مدل سازی بارش- رواناب موثر در استان گلستان براساس مدل نفوذپذیری ارائه شده توسط دیسکن و نازیمو پرداخته اند. رضایی مقدم و همکاران(۱۳۸۷) به تعیین بهترین مدل میزان رواناب حاصل از بارش در حوضه آبریز اوجان چای اقدام نمودند و نتایج آنها نشان داد که، در حدود ۷۰ درصد از مدل‌ها میزان رواناب برآورد شده بیشتر از رواناب مشاهداتی است. جوهکار سرهنگی و همکاران(۱۳۸۸) با استفاده از ویژگی‌های ژئومورفولوژی کمی، مورفومتری و با بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی به مدل سازی برآورد سیلاب در حوضه‌های آبی واقع در دامنه شمالی البرز مبادرت نمودند، نتایج پژوهش آنها نشان داد که دبی حداکثر لحظه ای بیشتر تابعی از مساحت، طول حداکثر و عرض مستطیل معادل حوضه‌ها است. صلواتی و همکاران(۱۳۸۹) به مدل سازی تولید رواناب بر اساس متغیرهای فیزیوگرافی و اقلیمی در حوضه‌های آبخیز

استان کردستان پرداختند و نتایج بدست آمده آنها بیانگر تغییرپذیری متغیرها و اهمیت آنها در تعیین دبی با دوره‌های بازگشت و ماه‌های مختلف داشت. بحث رواناب و رابطه «بارش، رواناب» از مهم ترین و اساسی ترین موضوع در هیدرولوژی آب های سطحی است. زیرا که برآورد رواناب حاصل از بارش های جوی پایه و مبنای مطالعات بسیاری از طرحهای مختلف توسعه و بهره برداری از منابع آب را تشکیل می‌دهد.

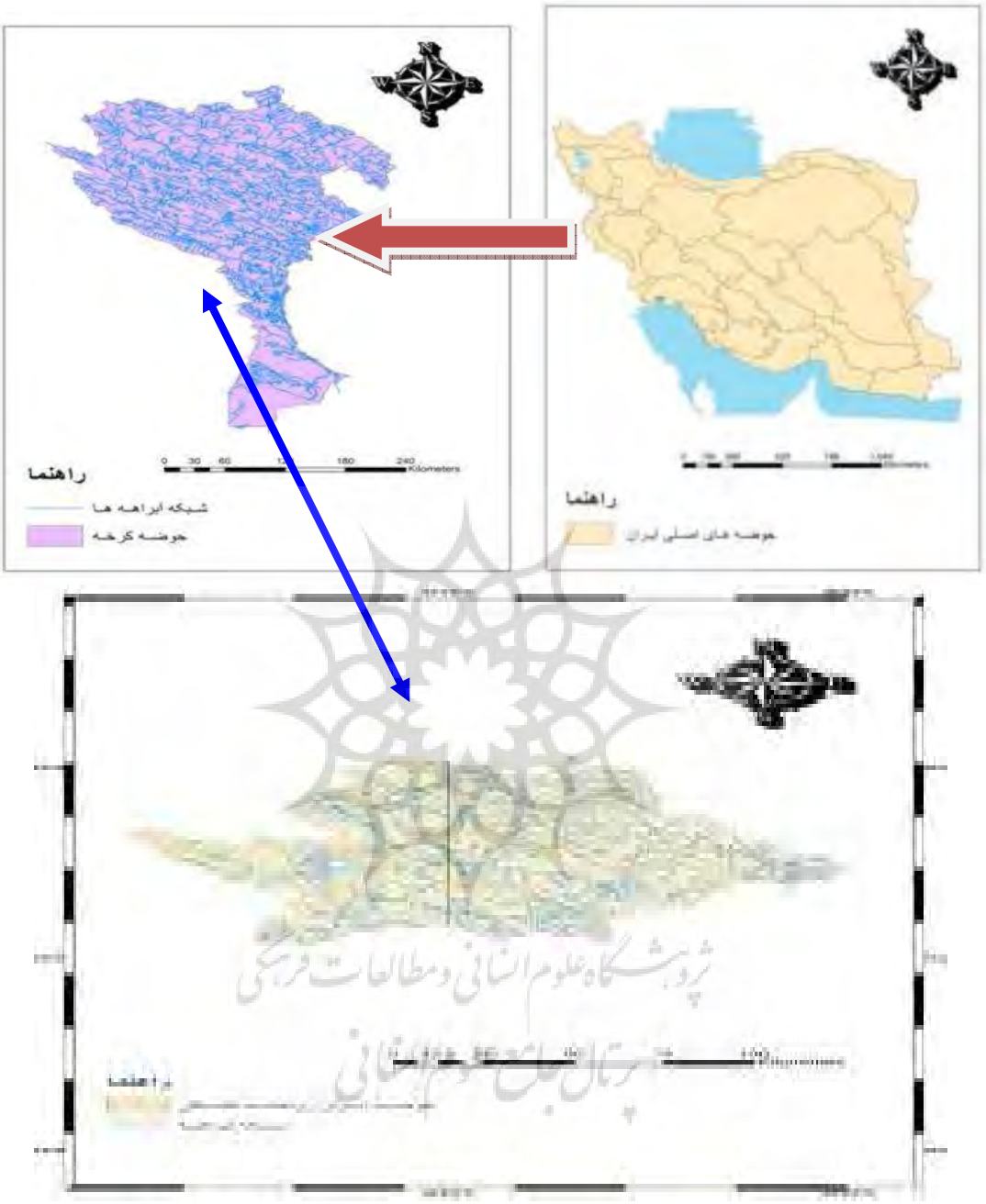
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

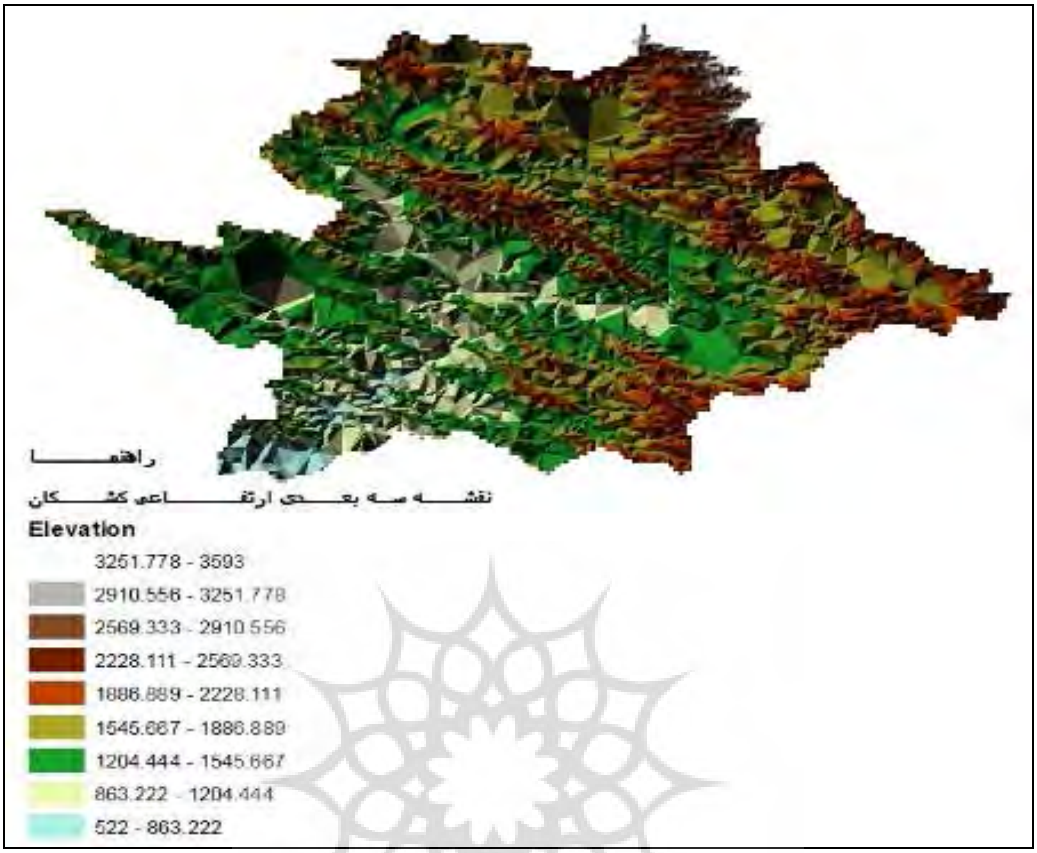
حوضه آبریز رودخانه کشکان یکی از زیرحوضه‌های مهم حوضه آبریز کرخه است. حوضه آبریز کشکان از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده ٤٧ درجه و ۱۲دقیقه تا ٤٨ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۸ دقیقه تا۳٤ درجه و ۲دقیقه عرض شمالی قرار دارد. این حوضه به لحاظ تقسیمات سیاسی تماماً در استان لرستان قرار گرفته و شهرستان های خرم‌آباد، الشتر، کوهدشت و پلدختر با مساحتی حدود ۳۳ درصد از کل استان عمدتاً در قالب حوضه مزبور گسترش یافته اند(لشنی زند،۱۳۷٦:۷۱). در این حوضه هفت شاخه آبراهه اصلی همیشگی و چندین شاخه ادواری، شبکه زهکشی آن را تشکیل داده اند (شکل شماره ۱). حداقل ارتفاع این حوضه ازسطع دریا آزاد ۵۲۲ متر حداکثر ارتفاع ۳۵۰۳ متر است(شکل ۲).

بر اساس روش آمبروژه، حوضه آبریز رودخانه کشکان را در محدوده اقلیم نیمه مرطوب سرد قرار می‌دهد. از نظر توزیع سازندهای زمین ساختی، حدود ۵۰ درصد سطح حوضه از سازندهای آبرفتی جدید، امیران و مشترک آسماری- شهبازان تشکیل شده است. توزیع کاربری اراضی حوضه شامل، جنگل ٤۵/۷٦ درصد، مرتع ۱۱/۲٤ درصد، کشاورزی ۳۹/۹٦ درصد و اراضی انسان ساخت ۱/۰٤ درصد است (مهدی نسب:۱۳۹۰:٦۹).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه آبریزرودخانه کشکان در حوضه‌های اصلی کشور و حوضه کرخه



شکل (۲) نقشه سه بعدی ارتفاعی حوضه کشکان

روش پژوهش

به علت وسعت بسیار زیاد حوضه آبریزکشکان و عدم کفایت داده‌ها از لحاظ طول دوره آماری جهت انجام مدل سازی بارش- رواناب از داده‌های ۱۴ بارش شدید روزانه در طی دوره آماری ۱۳۸۹-۱۳۶۰، در زیر حوضه پلدختر که دارای آب نمود لحظه ای است استفاده شده است. ابتدا داده‌ها مورد نظر از بانک اطلاعات رایانه ای و دفاتر آمار سازمان آب منطقه ای استان لرستان گردآوری شد و در نرم افزارSPSS آزمون‌های آماری (همگنی داده‌ها و بازسازی داده‌های ناقص و آزمون کفایت داده‌ها) بر روی داده‌های بارش و دبی صورت گرفته است. سپس همانطور که در مطالعات هیدرولوژیکی علاوه بر داشتن داده‌های طولانی مدت بارش، داده‌های بارش باید از توزیع نرمال تبعیت کنند، به همین دلیل غالباً داده‌های مورد استفاده را با یک توزیع آماری برازش می‌دهند. در این پژوهش جهت تعیین بهترین تابع توزیع احتمال برای بارش ماههای مختلف در نرم افزار SPSS از آزمون-One Sample Kolmogorov-Smirnov Testاستفاده شده است. در این آزمون داده‌های بارش سالیانه از توزیع نرمال تعبیت می‌کنند(جدول شماره ۱).

جدول(۱) محاسبه توزیع نرمال داده‌های بارش سالیانه ایستگاه پلدختر بر اساس آزمون K.S

ایستگاه پلدختر	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test
۲۹	تعداد داده‌ها
۳۹۵/۳	میانگین داده‌ها
۱۲۷/٤	انحراف معیار داده‌ها
۰/۱۵۱	مطلق ترین
۰/۱۵۱	مثبت انتهایی
-/۰۷۰	اختلاف منفی
۰/۸۱۱	کولموگروف اسمیرنوف Z
۰/۵۲٦	Asy mp.sig(2-tailed)

آزمون داده‌ها: توزیع نرمال است.

برای مدل سازی بارش- رواناب بر اساس ۵ ویژگی هایتوگراف شامل: مدت بارش، مقدار بارش، مدت بارش مازاد، مقدار بارش مازاد و حداکثر شدت رگبار ۳۰ دقیقه‌ای به عنوان متغییر مستقل و ۷ ویژگی هیدروگراف شامل: حجم رواناب، ارتفاع رواناب، زمان پایه، زمان دبی اوج، حداکثر دبی اوج، دبی نقطه عطف و زمان نقطه عطف به عنوان متغییر وابسته، به انتخاب بهترین مدل بر اساس رگرسیون یک متغییره بر اساس روش‌های: خطی، لگاریتمی، توان دو، توان سه، مرکب، نمایی، توانی و منحنی رشد پرداخته شده است. جهت براورد احتمال وقوع سیل بر اساس روش سری‌های جزیی از داده‌های ۳۰ سیل شدید روزانه بیش از $500m^2$ در طی دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳٦۰، در زیر حوضه پلدختر استفاده شده است دراین پژوهش سیلهای را انتخاب کرده‌ایم که اولاً سیل متصل به سیل قبلی نباشد. بدین منظور فاصله زمانی بین نقطه اوج دو سیل از یکدیگر، باید حداقل ۳ برابر مدت زمانی باشد که دبی سیل از مرحله شروع تا رسیدن به دبی نقطه اوج هیدروگراف لازم دارد. دوماً مقدار دبی پس از سیلاب اول و قبل از شروع سیل دوم به کمتر از $\frac{1}{3}$ دبی اوج سیل اول رسیده باشد (مهدوی، ۱۳۸٦: ۸۹).

برای بدست آوردن شدت بارندگی در حوضه مورد مطالعه از روش قهرمان که روش مناسبی برای تخمین مقدار بارندگی با زمان تداوم پانزده دقیقه تا بیست ساعت با دوره بازگشت های ۲ تا ۱۰۰ سال است از رابطه (۱) استفاده نموده و ضمناً جهت محاسبه بارندگی یک ساعته با دوره بازگشت ۱۰ سال از رابطه (۲) استفاده شده است.

رابطه (۱)

$$P^t = (0.4525 + 0.2472) \times \ln(t - 0.6) \times (0.371 + (0.6184 \times t^{0.44}) \times P_{10}^1$$

رابطه(۲)

$$P_{10}^{1} = 0.8 \times X^{1.1374} \times Y^{-0.3072}$$

که در این روابط

T: دوره بازگشت به سال

t: مدت دوام بارندگی بر حسب ساعت

P: مقدار بارندگی با دوام t ساعت و دوره T سال بر حسب میلی متر

P_{10}^{1}: بارندگی یک ساعته با دوره بازگشت ده سال

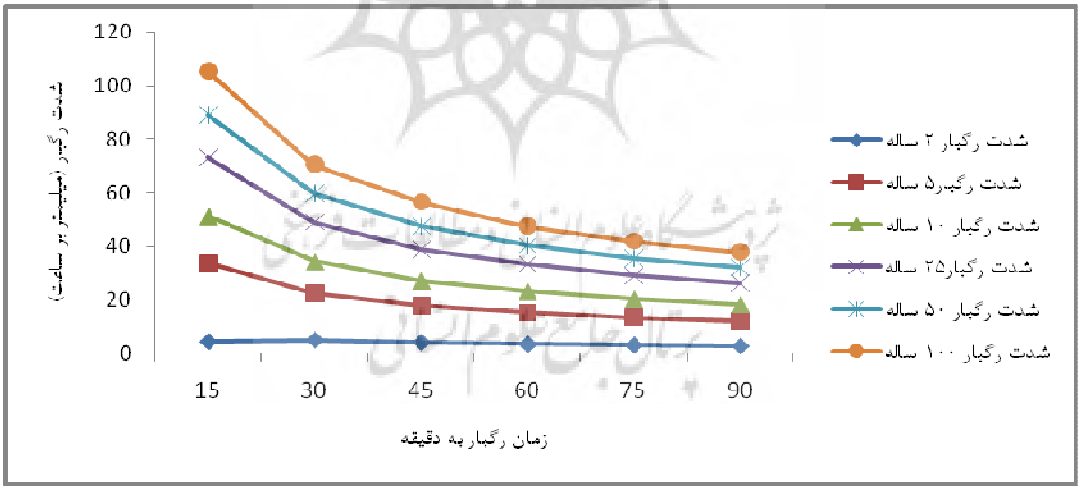
X: متوسط ماکزیمم بارندگی ۲٤ ساعته بر حسب میلی متر

y: متوسط بارندگی سالانه بر حسب میلی متر

رابطه(۳) $I = \frac{P}{t}$ (قهرمان و سپاسخواه، ۱۳٦۹). شدت بارش‌های کوتاه مدت در زمانهای مذکور برآورد گردید(جدول ۲).

جدول(۲) مقدار و شدت و فراوانی رگبارهای کوتاه مدت زیر حوضه پلدختر

زمان تداوم به ساعت	با دوره بازگشت مختلف ارتفاع بارندگی (میلیمتر)						شدت رگبار (میلیمتر بر ساعت) با دوره بازگشت مختلف					
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
۰/۲۵	۱/۱	۸/٤	۱۲/۸	۱۸/۳	۲۲/۳	۲٦/٤	٤/٤	۳۳/٦	۵۱/۲	۷۳/۲	۸۹/۲	۱۰۵/٦
۰/۵۰	۲/۵	۱۱/۳	۱۷/۲	۲٤/۵	۲۹/۹	۳۵/۳	۵	۲۲/٦	۳٤/٤	٤۹	۵۹/۸	۷۰/٦
۰/۷۵	۳/۰۷	۱۳/۵	۲۰/٤	۲۹/۲	۳۵/٦	٤۲/۰٤	٤/۰۹	۱۸	۲۷/۲	۳۸/۹	٤۷/٤	۵٦/۵
۱	۳/٤	۱۵/۳	۲۳/۱	۳۳/۰۳	٤۰/۳	٤۷/۵	۳/٤	۱۵/۳	۲۳/۱	۳۳/۰۳	٤۰/۳	٤۷/۵
۱/۲۵	۳/۸	۱٦/۸	۲۵/٤	۳٦/۳	٤٤/۳	۵۲/۳	۳/۰٤	۱۳/٤	۲۰/۳	۲۹	۳۵/٤	٤۱/۸
۱/۵۰	٤/۱	۱۸/۲	۲۷/۵	۳۹/۳	٤۸	۵٦/٦	۲/۷	۱۲/۱	۱۸/۳	۲٦/۲	۳۲	۳۷/۷



شکل (۳) شدت رگبارهای ۱۵ دقیقه ای تا ۹۰ دقیقه ای زیر حوضه پلدختر

برای برآورد احتمال وقوع سیل بر اساس روش سری‌های جزیی با در نظر گرفتن توزیع اکسپونانسیل، مقدار β از رابطه (٤) بدست می‌آید.

رابطه(٤) $\beta = qi - qo = \sum_{i=1}^{N} \frac{(qi-qo)}{M}$

مقدار دبی سیل با دوره بازگشت مورد نظر بر اساس رابطه (۵) محاسبه می‌شود:

رابطه (۵) $Qtr = qo + \beta \ln\lambda + \beta LnT$

مقادیر متوسط دبی سیلابی را رابطه (٦) برآورد می‌کند:

رابطه (٦) $Q= q +\beta Ln\lambda + 0/5772(\beta)$

(مهدوی،١٣٨٦: ٨٩-٩٠)

رگرسیون یکی از مدلهای ریاضی و آماری است که توصیف ترسیمی همبستگی بین دو متغیر را بیان می‌کند(مهدوی و همکاران، ۱۳۸۵). ضریب تعیین یا R^2 معیاری برای اندازه گیری کفایت مدل رگرسیونی است و در همه تحقیقات رگرسیونی کاربرد گسترده ای دارد. چون نمی توان به مقدار مطلوب R^2 برای مدلهای زیر مجموعه رگرسیون دست یافت از مقدار رضایت بخش R^2 استفاده می‌گردد(رمضانی و سلطانی، ۲٤۳:۱۳۸۲). مدلهای رگرسیونی منطقه ای، مدتهاست برای پیش بینی مقادیر سیلاب مورد استفاده قرار می‌گیرند این روش، از مدلهای پیچیده باران- رواناب بهتر بوده است(Steding, 1992: 1041). 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 توزیع‌های فراوانی نظری بر داده‌های ثبت شده تاریخی است (Viessman, 1989: 1082).

مدلهای با ضریب همبستگی معنی دار در سطح ۱و ۵ درصد و به ترتیب مساوی یا بزرگتر از ۰/۷۰۸ و ۰/۵۷۲ با درجه آزادی متناسب مورد استفاده در مرحله واسنجی و تهیه مدل، از بین آنها مدل‌های با ضریب تبیین بالاتر به عنوان مدل نهایی انتخاب شده‌اند (صلواتی وهمکاران، ۱۳۸۹: ۸۷). برای ارزیابی مدلهای تهیه شده با استفاده از معیارها و شاخص‌های متعددی از جمله ضریب همبستگی، خطای استاندارد، خطای نسبی تخمین و تایید، درصد میانگین قدر مطلق خطا، میانگین نسبی مجذور مربعات خطا، میانگین مجذور مربعات خطا و میانگین قدر مطلق خطا انجام گرفته است.

یکی از مفروضاتی که در رگرسیون مدنظر قرار می‌گیرد، استقلال خطاها از یکدیگر است. در صورتی که فرضیه استقلال خطاها رد شود و خطاها با یکدیگر همبستگی داشته باشد امکان استفاده از رگرسیون وجود ندارد. برای بررسی استقلال مانده‌ها از همدیگر می‌توان از آزمون دوربین- واتسون استفاده کرد، اگر مقدار به دست آمده بین ۱/۵ تا ۲/۵ باشد می‌توان تقریباً به استقلال مانده‌ها از همدیگر پی برد(بابازاده و جاوری، ۱۳۸۸: ۱۰۳). به منظور بررسی استقلال خطاها از یکدیگر از آزمون دوربین- واتسون استفاده شده است (رابطه ۷).

رابطه (۷) $DW=\frac{\sum(et-e_{t-1})}{\sum e_t^2}$

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

میانگین خطا(MBE)این تست عبارت است از میانگین انحراف مقادیر حساب شده از مقادیر اندازه گیری شده، علامت مثبت و منفی آن نشان دهنده این است که مقادیر برآورده شده به ترتیب بیشتر از یا کمتر از مقادیر اندازه گیری شده هستند (رابطه ۸).

رابطه (۸) $MBE=\sum_{i=1}^{n}\frac{Si-Ci}{n}$

میانگین قدر مطلق خطا(MAB) که بر اساس رابطه شماره (۹) برآورد می‌گردد:

رابطه(۹) $MAB=\sum_{i=1}^{n}\frac{|(Si-Ci)|}{n}$

میانگین مجذور مربعات خطا(RMSE) این تست اطلاعاتی در مورد عملکرد کوتاه مدت روابط ارائه می‌دهد و برای این منظور انحراف واقعی بین مقدار محاسبه و مقدار اندازه گیری شده کمتر باشد مدل عملکرد بهتری خواهد داشت(رابطه ۱۰).

رابطه (۱۰)

$$RMSE=\left\{\sum_{i=1}^{n}\frac{(Si-Ci)=}{n}\right\}\ \frac{1}{2}$$

میانگین نسبی مجذور مربعات خطا(RRMSE)

رابطه (۱۱)

$$RRMSE=\left\{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{(Si-Ci)^2}{N.Si}\right\}\right\}$$

درصد میانگین قدر مطلق خطا(MADEV)

رابطه (۱۲)

$$ADEV=100\times\frac{\left\{\sum_{i=1}^{n}\frac{|(Si-Ci)|}{Si}\right\}}{N}$$

در این روابط S_i مقادیر اندازه گیری شده و C_i مقادیر برآورد شده و N تعداد اندازه گیری شده است.

خطای نسبی تخمین و تایید(RE)

رابطه (۱۳) $RE=\left|\frac{y_0-y_e}{y_e}\right|\times 100$ که در این رابطه:

RE= درصد خطای نسبی

Y0= مقدار مشاهده ای متغیر وابسته

Ye= مقدار تخمینی متغیر وابسته (صلواتی و همکاران،۱۳۸۹: ۸۷).

بحث

بررسی نتایج رگرسیون یک متغیره بین متغیر مستقل حداکثر شدت رگبار و متغیر وابسته حجم رواناب نشان می‌دهد که روش خطی، با میزان خطای تخمین ۱۷/۱۸ درصد و خطای تایید به میزان ۲۷/۸۷ درصد، روش مرکب با میزان خطای تخمین ۰/۴۳۱درصد و خطای تایید ۱/۷۹ درصد و روش توانی با میزان خطای تخمین ۱/۶ درصد و خطای تایید ۳/۵۰ درصد دارای بیشترین تبیین در مدل سازی «بارش، رواناب» هستند. میزان خطای تخمین بین دو متغیر مستقل حداکثر شدت رگبار و متغیر وابسته حجم رواناب در انواع روش های رگرسیون یک متغیره بین ۰/۴۳۱ تا ۹۱/۴۵ درصد و میزان خطای تایید آنها بین ۳/۵۰ تا ۶۸/۳۴ درصد بوده است(جدول ۳). از نتایج ارائه شده مشاهده می‌شود که خطای‌های تخمین و تأیید انواع روش‌های رگرسیون یک متغیره به دلیل روش‌های آماری مورد استفاده دارای دامنه تغییرات بالایی هستند

جدول(۳) نتایج رگرسیون یک متغیره بین متغیر مستقل حداکثر شدت رگبار و متغیر وابسته حجم رواناب حوضه آبریز کشکان

روش	معادله	R^2	β	SIG	خطای تخمین	خطای تایید	مجذور میانگین مربعات
خطی	227(MIS) + .Y= -168 992.13676	۰/۴۹۴	-۰/۷۰۳	۰/۰۳۳	۱۷/۱۸	۲۷/۸۷	۲۵/۹۷
لگاریتمی	544(MIS) + .Y= -6541 80.31048	۰/۵۲۹	-۰/۷۲۷	۰/۱۹۴	۴۹/۵۳	۳۰/۸۷	۲۵/۵۱
توان دو	896(MIS) + .Y= -3465 9.618(MIS)^2 + 75542.43	۰/۸۲۹	۱۳/۷۹۲-۱۴/۴۸۳	۰/۱۷۳	۸۳/۰۹	۵۱/۴۶	۲۱/۹۲
توان سه	650(MIS) + .Y= -1860	۰/۸۳۱	۷/۰۹۶-۷/۷۷۵	۰/۱۶۰	۹۱/۴۵	۶۸/۳۴	۲۱/۸۵

	43.393(MIS)^3 + 55953.0						
مرکب	979(MIS) + 16559.Y= 0	۰/٤۷۸	۰/۵۰۱	۰/۰۰۰	۰/٤۳۱	۱/۷۹	۰/۳
توانی	844(MIS) + .Y= -0 783.155519	۰/۵۱۱	-۰/۷۱۵	۰/۰۷۵	۱/٦	۳/۵۰	۰/۲۹
منحنی رشد	027.486(MIS) + 8.Y= 34	۰/۵٤٤	۰/۷۳۸	۰/۱۵۵	٤۰/٦۷	۲۹/۵٤	۰/۲۸
نمایی	022(MIS) + .Y= -0 102.16559	۰/٤۷۸	-۰/٦۹۱	۰/۱۹٦	٤۹/۲۰	۲۷/۸۷	۰/۳

بر اساس(جدول ٤) R^2 به دست آمده نشان می‌دهد که ۰/۷۹٦ درصد رواناب در حوضه کشکان مربوط به سه عامل حداکثر شدت رگبار(MIS)، مقدار بارش مازاد(ASP) و مدت زمان بارش مازاد(DSP) است

جدول (٤) نتایج مدل رگرسیونی چند متغیره مدل سازی رواناب

خطای معیار تخمین	ضریب تعیین تعدیل شده	ضریب تعیین	ضریب همبستگی	Model
۷۳٤/۱۸٤۲۲	۰/۸٤٤	۰/۷۹٦	۰/۸۷۲	۱
A= متغیرهای مستقل MIS,ASP, DSP				
B= رواناب: متغیر وابسته				

جدول(۵) تحلیل واریانس رگرسیون متغیر وابسته رواناب

سطح معناداری	آزمون F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	مدل
۰/۰۰۰	۱۱/۵۰٤	٦۲۰۰۸۱۹/۱۳۱	۱۳	۳/۱۰۰	رگرسیون
		۵۳۹۰۲٦/۷٦٤	۱٤	۲/۱۰۲	باقیمانده
			۱٤	۵/۲۰۲	کل

A= متغیرهای مستقل MIS,ASP, DSP

B= رواناب: متغیر وابسته

جدول(٦) میانگین و انحراف معیار باقیمانده‌ها رواناب

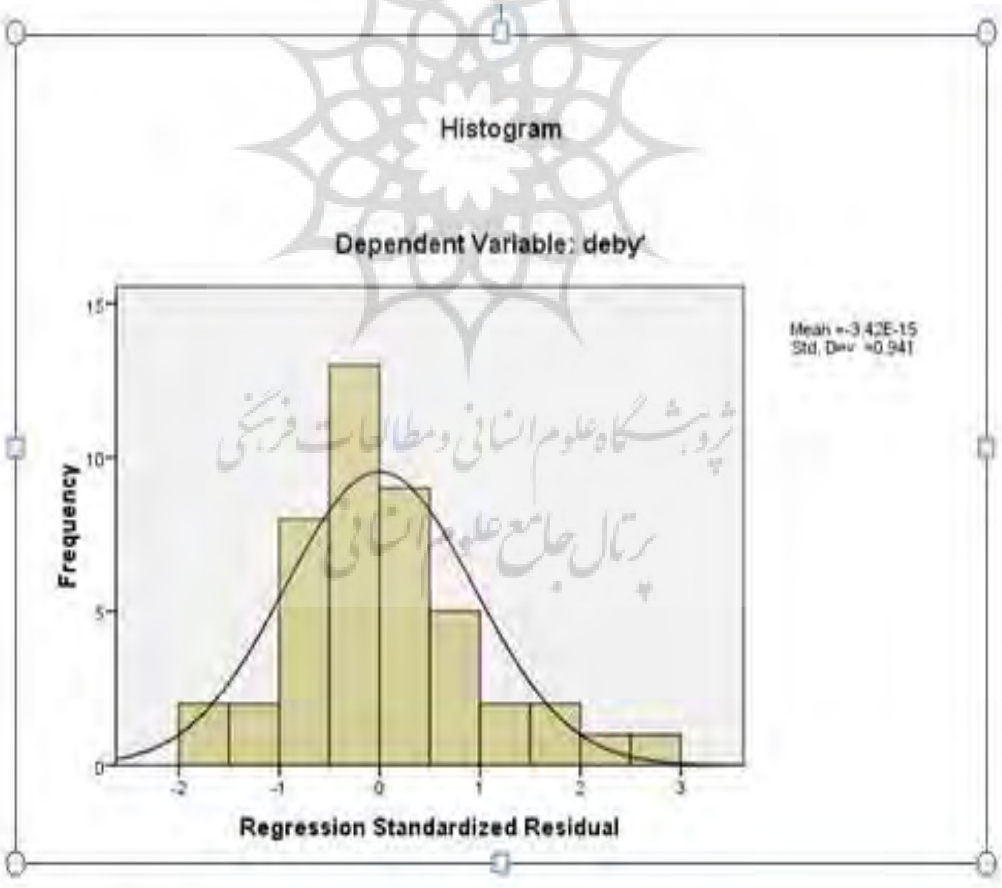
تعداد	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	
۱٤	۸۳۹/٤۲۷۵۱	۱/۰٦۱۲	۲/٤۳۸۰	-۳/۳۱۲۹	مقدار پیش بینی
۱٤	٦۹۱/۲۱۱۷۸	۰/۰۰۰۰۰	۲/۰۸۲۸۱	-۱/۲۵۵۳۸	باقیمانده‌ها
۱٤	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/٦٤۰	-۱/٦۵۹	انحراف معیار پیش بینی
۱٤	۰/۹٤۱	۰/۰۰۰	۲/۸۳۷	-۱/۷۱۰	انحراف معیار باقیمانده‌ها

B= رواناب: متغیر وابسته

تفاوت ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده می‌تواند ناشی از حجم نمونه و تعداد متغیرها باشد. در صورتی که نمونه کوچک باشد، ضریب تعیین تعدیل شده برای تفسیر مناسب تر است با توجه به جدول خلاصه آماره های تحلیل(شماره ٤)، ضریب تعیین تحلیل نشان می‌دهد که ۸٤ درصد از رواناب در حوضه

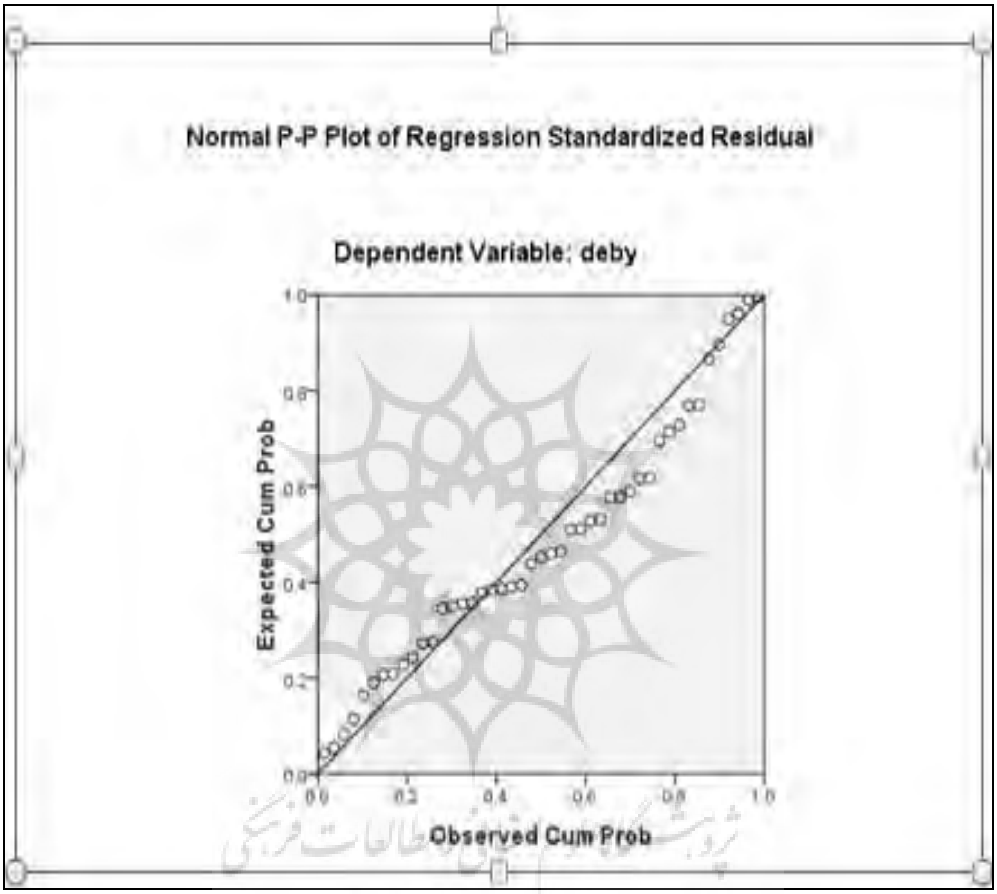
کشکان توسط سه متغیر مستقل حداکثر شدت رگبار(MIS)، مقدار بارش مازاد(ASP) و مدت زمان بارش مازاد(DSP) است. جدول تحلیل واریانس رگرسیون به منظور بررسی قطعیت وجود رابطه خطی بین متغیرهاست. چون Sig برابر با صفر است و کمتر از ۵ درصد است بنابراین فرض خطی بودن رابطه بین متغیرها تایید می‌شود. یا به عبارتی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل رابطه خطی وجود دارد(جدول ۵). همچنین در جدول(٦)، سطر Regression بیانگر میزان تغییرات متغیر وابسته است که از طریق متغیرهای مستقل تبیین می‌شود. سطرResidual یا باقیمانده‌ها بیانگر میزان تغییرات متغیر وابسته است که توسط سایر عوامل تبیین می‌شود.

مشاهده می‌شود که توزیع خطاها تقریباً نرمال است، و از طرفی مقدار همبستگی متغیره ها که برابر با ۰/۸۷۲ است. بنابراین می‌توان از رگرسیون استفاده نمود. مقدار میانگین ارائه شده در سمت نمودار بسیار کوچک (صفر) و انحراف معیار نزدیک به یک است (جدول ٦).



شکل(٤) توزیع نرمال داده‌های باقیمانده رواناب

شکل (٤) نمودار هیستوگرام متغیر وابسته یعنی رواناب حوضه کشکان را نشان می‌دهد که توزیع داده‌ها برای باقی مانده‌ها نرمال است. به عبارت دیگر نحوه پراکندگی رواناب حوضه کشکان و داده‌های برآورد شده آن تقریباً یکسان است. بنابراین می‌توان گفت فرض نرمال بودن توزیع باقی مانده‌ها برای متغیر وابسته صادق است.



شکل(۵) توزیع پراکنش داده‌های اندازه گیری شده نسبت به برآورد شده رواناب

مطابق شکل ۵ مقادیر احتمال تجمعی مورد انتظار باقی مانده‌ها به مقادیر متناظر توزیع نرمال نزدیک اند. بنابراین فرض نرمال بودن باقی مانده‌ها برای مدل رگرسیونی رد نمی شود. معادله رگرسیونی چند متغیره بین متغیر وابسته رواناب و متغیرهای مستقل بر اساس رابطه (١٤) برآورد می‌گردد:

رابطه(١٤)

$$Y= 1529.196+ 3.265(MIS)-0.207(ASP) +273.595(DSP)$$

در این معادله رگرسیونی: رواناب(Y)، حداکثر شدت رگبار(MIS) مدت بارش مازاد(DSP)، مقدار بارش مازاد(ASP) است.

جدول (۸) مقایسه نتایج بدست آمده توسط مدل با مقادیر اندازه گیری شده دبی در حوضه کشکان و مقادیر خطاها

تاریخ وقوع رگبار	میزان رگبار به میلیمتر	دبی اندازه گیری شده بر حسب متر معکب در ثانیه	دبی برآورد شده توسط مدل رگرسیونی بر حسب متر معکب در ثانیه
٤آذر١٣٦٣	٥٠	٤٥١/٥٨	٤١٤/٦٥
٣ دی ١٣٦٦	٧٠	٦١٤/٠٢	٦٢٨/٦
٢١ آذر١٣٦٨	٤٤	٤١٣/١٦	٣٦٩/٤
٢٤ دی ١٣٦٩	٦٧	٥١٣/٣٠	٤٧٦/٨
١٧ دی ١٣٧١	٦٦	٥٣٤/٣٦	٤٩٠/٥
٣ بهمن ١٣٧٢	٥٩	٤٣١/٤	٣٧٨
٣ فروردین ١٣٧٤	٥٠	٥٣٢	٤٨٥
٩ فروردین ١٣٧٥	٦٥	٦٢٣/٦	٥٨١/٩
١٣ آبان ١٣٧٦	٥٠	٥٠٩/٩	٤٦٣/٥
١٣ آذر ١٣٨٠	٥٩	٦٤١/٨	٥٨٩/٥
٢٢ اسفند ١٣٨٣	٤٣	٧١٣	٦٧١
١٥ بهمن ١٣٨٤	٩٨	١٠٠٠/٥	٨٩٠/٦
٧ فروردین ١٣٨٥	٦٧	٨٠٢	٧٣٥/٦
٤ آذر ١٣٨٨	٤٣	٦٥٤	٥٨٦
$MBE m^2$		٠/٠٠٦٤٨	
$MAB m^2$		٢٩/٩٨٧٦	
$RMSE m^2$		١٦٨/٩٧	
RRMSE		٥/٩٧	
MADEV(0/0)		٠/٧٨٩	
RE		٧/٨٧	

روش‌های آماری جهت برآورد داده‌های حد فرین ازمتداول ترین و قابل اطمینان ترین روشها محسوب می شوند، روشهای آماری به خصوص در مواقعی که داده‌های مربوط به بارش یک ناحیه به اندازه کافی ومناسب باشند، به عنوان یک روش ساده و سریع بکار برده می شوند.

جدول (۹) تجزیه و تحلیل احتمال وقوع سیلاب‌های بیش از دبی مبنا $500 m^2$ در بازه‌های زمانی مختلف بر اساس روش سری‌های جزیی

درصد احتمال وقوع	۱	۱	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۹۰	۹۹/۹۹
دوره بازگشت به سال	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	۱
LnT	٥/٢٩٨	٤/٦٠٥	٣/٩١٢	٣/٢١٨	٢/٣٠٢	١/٦٠٩	٠/٦٩٣	٠
$\beta \times LnT$	٩٧٥/٩	٨٤٨/٢	٧٢٠/٥	٥٩٢/٩	٤٢٤/١	٢٩٦/٤	١٢٧/٦	٠
دبی پیش بینی شده m^2	١٤٧٥/٩٥	١٣٤٨/٢٧	١٢٢٠/٥	١٠٩٢/٩	٩٢٤/١٣	٧٩٦/٤٥	٦٢٧/٦	٦٠٦/٣٢

$\beta = 184.2$
$\gamma = 1$
M=30
$Ln\lambda$ =0
Qσ= $500 m^2$
N= 30

نتایج پیش بینی احتمال وقوع سیل های بالاتر از دبی مبنا m^2 ۵۰۰ براساس روش سری‌های جزیی در بازه‌های زمانی مختلف نشان می‌دهد که به احتمال ۹۹/۹۹ درصد هر سال سیلی به میزان دبی لحظه ای m^2 ٦٠٦/٣٢ به وقوع می‌پیوندد. هر چند با افزایش دوره بازگشت احتمال وقوع کم می‌شود ولی هر ۲۰۰ سال یکبار در حوضه پلدختر سیلی با دبی لحظه ای m^2 ١٤٧٥/٩٥ اتفاق می افتد (۹).

نتیجه گیری

مدیریتی که در کشور ما و اغلب کشورهای در حال توسعه دنبال می‌شود، مدیریت بحران است. به دلیل اینکه شناخت کافی نسبت به خدمات و سرویس های آب و هوایی ندارند و همیشه صبر می‌کنند تا حادثه رخ دهد بعد مدیریت بحران می‌کنند. مدل‌های پیش بینی رواناب در بسیاری از برنامه‌های کاربردی منابع آب مانند کنترل سیل، مدیریت خشکسالی، عملیات تأمین آب و برق، عملیات بهینه سازی مخزن و طراحی‌های مختلف سازه‌های هیدرولیکی مفید می‌باشند. پیش بینی رواناب معمولاً از طریق توسعه مدل‌های پیش بینی بارش ـ رواناب که با استفاده از داده‌های هیدرولوژیکی و اقلیمی است صورت می‌گیرد. بحث رواناب و رابطه «بارش، رواناب» از مهم ترین و اساسی ترین موضوع در هیدرولوژی آب‌های سطحی است. از آنجا که تاکنون رابطه جهانی واحدی برای پیش بینی دقیق حجم رواناب ناشی از بارش ارائه نشده است، در مناطق مختلف آزمایش ها و پروژه‌های تحقیقاتی متعددی به منظور استخراج روابط «بارش، رواناب» بر اساس شرایط محلی انجام شده و در نتیجه روابط میان حجم «بارش، رواناب» توسط فرمول های تجربی و نیمه تجربی بیان شده است. مدلهای رگرسیونی، مدتهاست برای پیش بینی مقادیر سیلاب مورد استفاده قرار می‌گیرند این مدلها، از مدلهای پیچیده باران - رواناب بهتر می‌باشند. تحقیق حاضر با هدف های بررسی کاریایی مدلهای مختلف رگرسیون یک متغیره برای مدلسازی بارش – رواناب، ارائه یک مدل رگرسیونی چند متغیره برای مدل سازی بارش- رواناب و برآورد احتمال وقوع سیلاب بر اساس روش سری‌های جزیی در حوضه آبریز رودخانه کشکان صورت گرفته است. بررسی وضعیت فیزیوگرافی، زمین ساختی و خاکشناسی این حوضه بیانگر پتانسیل بسیار بالا تولید رواناب در مدت زمان کوتاه و افزایش توان سیل خیزی آن است. در این پژوهش از معیارهای ضریب همبستگی، خطای استاندارد، خطای نسبی تخمین و تایید، درصد میانگین قدر مطلق خطا، میانگین نسبی مجذور مربعات خطا، میانگین مجذور مربعات خطا و میانگین قدر مطلق خطا جهت ارزیابی مدل بکار گرفته شدند. بررسی نتایج مربوط به ۲۸۰ مدل تهیه شده برای ارزیابی مدلهای مختلف رگرسیون یک متغیره، نشان می‌دهد که روشهای خطی، مرکب و توانی دارای بیشترین تبیین برای مدلسازی «بارش، رواناب» می‌باشند. بیشترین ضریب تبیین بین متغیرها مربوط به مدلهای رگرسیونی یک متغیره مدت زمان بارش و متغیر وابسته زمان رسیدن به دبی نقطه عطف است. میزان خطای تایید بین ۰/۹۸۷ تا ١٤٣/١٧ درصد و میزان خطای تخمین بین ۰/٤٣١ تا ١٢٦/٥٤ درصد در نوسان بوده است. نتایج بدست آمده بر عدم امکان تهیه

مدل قابل اعتماد از دیدگاه آماری برای برخی از متغیرها به سبب تغیرپذیری متغیرهای مستقل و یا شدت تأثیر اثر آن بر فرایند «بارش، رواناب» دلالت داشته است. به دلیل تأثیر سایر عوامل بر روی فرایند «بارش، رواناب» مدلهای تهیه شده دارای تغیرپذیری بالای هستند. دامنه خطای زیاد در این پژوهش موئد ضرورت انتخاب دقیق رگبارها و دسته بندی آنها از لحاظ نوع بارش و یا زمان وقوع آنهاست. نتیجه مدل رگرسیونی چند متغیره برای مدل سازی بارش- رواناب نشان می‌دهد که ۰/۷۹٦ درصد رواناب در حوضه کشکان مربوط به سه عامل حداکثر شدت رگبار(MIS)، مقدار بارش مازاد(ASP) و مدت زمان بارش مازاد(DSP) است. نتایج تجزیه و تحلیل سیلاب بر اساس روش سری های جزیی نشان می‌دهد که ۲۰۰ سال یکبار در حوضه کشکان سیلی با دبی لحظه ای m^2 ۱٤۷۵/۹۵ اتفاق می‌افتد. پیشنهادهای موردی در راستای تحقیق:

- انجام تحقیقات مختلف با محوریت ارزیابی دقیق عمل کرد مدل‌های تهیه شده با شواهد و قرائن منطقه‌ای.
- توسعه و تعمیم مطالعات مشابه با استفاده از آمار و اطلاعات دقیق تر و جامع تر در استان لرستان.
- بررسی امکان منطقه ای سازی مدل های تهیه شده به حوضه‌های آبخیز واقع در استان‌های همجوار.
- بهره گیری از سایر شیوه‌های مدل سازی مبتنی بر روش های استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، منطق فازی.

منابع

بابازاده، سید احمد، جاوری، مجید،(۱۳۸۸)، " تحلیل رگرسیونی داده‌های اقلیمی با استفاده از ایستگاه‌های انتخابی ایران"، مجله جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای، پیش شماره پاییز و زمستان: ۹۵-۱۰۷.

جباری،ایرج، عارفی،محمد رضا،(۱۳۸۵)،" برآورد عمق روانآب حوضه بدون ایستگاه کبوترلانه کنگاور با استفاده از یک رویداد بارش"، مجلات با موضوعات علوم. ۱۲(٤۸): ۲۹-٤۸.

جوکار سرهنگی، عیسی، امیراحمدی، ابوالقاسم، نیکزاد، اسحاق،(۱۳۸۸)، " مدل سازی برآورد سیلاب حوضه‌های آبی دامنه شمالی البرز مرکزی با استفاده از ویژگی‌های ژئومورفولوژی و مورفومتری و بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی"، مجله جغرافیا و برنامه ریزی(دانشگاه تبریز)، ۱٤(۲۹):۱٤۱- ۱٦۲.

خیام، مقصود، مولوی، احد،(۱۳۸۳)،"تحلیل های کمی روانآب حوضه ی آبریز سعیدآباد چای"، مجله جغرافیا وتوسعه. ۲ (۳):۷۳- ۸۸.

رضایی مقدم، محمد حسین، ثقفی، مهدی، مولوی، احد(۱۳۸۷)، " تعیین بهترین مدل میزان رواناب حاصل از باش(مطالعه موردی: حوضه آبریز اوجان چای) "، مجله جغرافیا و برنامه ریزی(دانشگاه تبریز)، ۱۳ (۲۵): ۱۳۱- ۱٤۸.

سوری،علی، (۱۳۸۰)،"نظیرسازی هیدروکلیماتولوژی مدلهای بارش- رواناب در حوضه‌های آبریز جنوب غرب"،پایانامه دکتری جغرافیاطبیعی، تحت

راهنمایی دکتر هوشنگ قائمی، ، دانشگاه تربیت مدرس،تهران.

صادقی، سید حمید، مرادی، حمید رضا، مزین، ملیحه، و وفاخواه، مهدی،(۱۳۸٤)،" کارآیی روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آماری در مدلسازی بارش – رواناب حوضه آبریز کسیلیان"، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۳):۸۱-۹۰.

صلواتی، بهار، صادقی، حمید رضا، تلوری، عبدالرسول،(۱۳۸۹)، "مدل سازی تولید رواناب حوضه های آبخیز استان کردستان با استفاده از متغیرهای فیزیوگرافی و اقلیمی"، نشریه آب و خاک، ۲٤(۱): ۸٤- ۹٦.

علیزاده،امین،(۱۳۸۸)،"اصول هیدرولوژی کاربردی"، چاپ بیست و ششم، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد.

قاسم پور، فرنوش،(۱۳۷٤)،"تجزیه و تحلیل منطقه ای سیلاب در غرب مازندران(چالوس-رامسر)"، پایانامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، استاد راهنما دکتر امین علیزاده، دانشگاه تربیت مدرس،تهران.

قنبرپور محمد رضا. امیری مریم. و غلامی شعبانعلی،(۱۳۸۷)،"ارزیابی مدل های پیش بینی دبی ماهانه بر پایه تحلیل سری های زمانی بررسی موردی حوضه آبریز کرخه "، مجله منابع طبیعی ایران. ٦۱ (۱): ٤۳-۵۵.

قهرمان، بیژن، سپاسخواه، علی رضا،(۱۳٦۹)، " تخمین باران یک ساعته ده ساله برای تعیین روابط شدت مدت- تناوب بارندگی در ایران"، کنگره بین المللی مهندسی راه و ساختمان ایران، دانشگاه شیراز.

کبیر، آنتا،نورا، نادر، نجفی نژاد، علی،(۱۳۸٦)، " مدلسازی بارش-رواناب موثرمطالعه موردی حوضه کچیک استان گلستان"، مجله کشاورزی و منابع طبیعی،۱٤(۳): ٦۸-۸۲.

لشنی زند،مهران،(۱۳۷٦)،"تحقیقی در مورد فرسایش مراتع حوضه آبخیزکشکان در ارتباط با میزان و شدت بارندگی"، پایانامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، اساتید راهنما دکتر محمد حسین رامشت و دکتر محمد رضا کاویانی،دانشگاه اصفهان.ص۱۹۱.

مهدوی، محمد،(۱۳۸٦)، " هیدرولوژی کاربردی"، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم.

مهدوی، مسعود،طاهرخانی،مهدی،(۱۳۸۵)،"کاربرد آمار در جغرافیا"، نشرقومس، تهران.

مهدی نسب، مهدی،(۱۳۹۰)، مدل سازی بارش – رواناب حوضه کشکان بر اساس مدلهای آماری، پایانامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، اساتید راهنما دکتر حسین نگارش و دکتر تقی طاوسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان.

وفاخواه، مهدی،(۱۳۷۸)،" شناخت عوامل موثر در سیلاب به منظور مهار آنها با استفاده از تجزیه و تحلیل عاملی در رودخانه حوضه قرچای"، پژوهش سازندگی، صص ۷۵تا۷۲.

Basha H.A. 2000.Simple non linear rainfall-runoff model, Journal of Hydraulic Engineering.19(75): 2-18.

Chai X. Hong Z. shun G. 1995. ; Relationship between flood and forest, vegetation in zheyia cession, acted , agriculture.13(49):87-100.

Dingman S L. 1994.: physical Hydrology, McGraw – Hall, 129 pp.

Fernando,d.a.k,dayawardenea.w,

.1998. runoff for recasting uing rbf network with ols algori thm,j, hydrologic f ngrg.3.

Lawgun, N. and Toong A.R.1985. Regional flood- frequency analysis of small catchments in North Auckland and Coromandel (New Zealand), journal of Hydrology (New Zealand)24 (2): 64-76.

Mimikou,m,and Rao,A.R.1983. Regional monthly rainfall-runoff model.jounal of water Resources planning and management ,109,75-93

Smith,K..1992.: environmental hazards, assessing risks and reducing disaster, routledge.254.

Stamy T.C., and Hess G.W. 1993. Techniques for estimating magnitude and frequency of floods in rural basins in Georgia. Water Resources Investigation Report 93-4016, USGS Publication , 94P

Stedinger I. R, Vogel R. M, Foufoule-Geovgiouse.1992. Frequncy analysis of extreme events, Ihmaidment D. R(Ed shief)Hand book of hydrology, Mc Graw-Hill – Inc., Newyork USA.

Sharifi,f,and M.J.boyd (1994): A comparision of the sfband AWB rainfall – runoff models.23-Viessman W. JR, - 29-Viessman W. JR, Lewis G.L.L Knapp J.W,.1989. Introduction to hydrology, delhi Press, Happev and Row Publishers.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی