اهمیت مدیریت ریسک سیلاب در برنامه‌ریزی روستایی
(مطالعه موردی : حوضه آبریز کارده)

دکتر سعدالله ولایتی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مهدی جهانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد
آزاده رامش، کارشناس ارشد، پژوهشکده اقلیم‌شناسی مشهد

چکیده

با بروز پدیده تغییر اقلیم و دخالت روز افزون بشر در اقلیم جهانی دو سانحه طبیعی خشکسالی و سیل، بخش‌های مختلف کره زمین را تحت تاثیر قرار می‌دهند. کشور ما نیز در چند سال اخیر به تناوب شاهد وقوع سیلاب‌ها و خشکسالی‌های شدید در اکثر نقاط بوده است، به ویژه آن‌که بروز توام این دو سانحه طبیعی یکدیگر را تقویت می‌کنند به گونه‌ای که در اثر وقوع خشکسالی‌های شدید، پوشش گیاهی و رطوبت خاک از بین می‌رود که این خود عامل تسهیل‌کننده جریان یافتن سیلاب‌های مخرب می‌باشد و از سوی دیگر بروز سیلاب‌های شدید نیز باعث از بین‌رفتن اراضی زراعی و شسته‌شدن خاک‌های حاصلخیز می‌شود که این امر اثرات خشکسالی را در این منطقه تشدید می‌کند. در این حوضه آبریز که از پتانسیل سیل‌خیزی نسبتا بالایی بر خوردار است، با اعمال یک مدیریت صحیح و جامع، علاوه برآن‌که اثرات وصدمات سیلاب را می‌توان کاهش و یا تخفیف داد می‌توان از سوانح طبیعی، برای افزایش پتانسیل آبی موجود در منطقه نظیر افزایش رطوبت خاک، تغذیه آبخوان‌های زیرزمینی و افزایش ذخیره آب دریاچه پشت سدها نیز بهره برد که لازمه این امر وجود یک مدیریت جامع و بهینه ریسک سیل در این حوضه آبریز می‌باشد. در این تحقیق، حوضه آبریز (کارده) که در نزدیکی شهر مشهد واقع شده است به عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شد و ریسک سیلاب‌های جریان یافته در این حوضه با استفاده از سه نوع مدل آماری: ۱) توابع توزیع احتمال، ۲) مدل رگرسیونی، ۳) مدل سری زمانی ARIMA مدل‌سازی شد. طبق نتایج حاصل از آزمون مدل‌های بدست امده، توابع توزیع احتمال، به خوبی قادر به مدل‌سازی ریسک سیلاب‌های حوضه نبودند. مدل رگرسیونی نیز به علت این‌که از یک روند کلی تبعیت می‌نمود، جواب‌های قابل قبولی ارائه نمی‌کرد. در نهایت مدل‌های سری زمانی ARIMA از مراتب مختلف موردآزمون قرارگرفتند که در نهایت مدل ARIMA(۱،۲،۳) بهترین برازش آماری را ارائه کرد. طبق نتایج به دست آمده از این تحقیق، با استفاده ترکیبی از سه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

مدل آماری توابع توزیع احتمال، مدل رگرسیونی و مدل سری زمانی ARIMA می‌توان یک مدل مناسب برای مدیریت ریسک سیلاب برای حوضه کارده بدست آورد که به صورت کاربردی و عملیاتی قابل استفاده بوده و همچنین نتایج این تحقیق برای سایر حوضه‌های آبریز مشابه نیز قابل بسط و استفاده است.

واژگان کلیدی: مدیریت ریسک، سیلاب، سری زمانی، مدل‌سازی، حوضه آبریز کارده، خشکسالی، فرسایش خاک.

مقدمه

با توجه به تغییر اقلیم جهانی که در حال وقوع است، سیلاب همه ساله خسارات شدیدی را در نقاط مختلف کره زمین به خصوص در نواحی روستایی کشورهای در حال توسعه برجای می‌گذارد. آمار و ارقام نیز نشان از رشد فزاینده تعداد خسارات ناشی از بلایای جوی و اقلیمی در کشورهای دنیا دارد. با توجه به حجم خسارات جانی و مالی، مدت زمان مدیدی است که کشورهای جهان به فکر مقابله با سوانح جوی و اقلیمی افتاده‌اند، این امر بویژه در کشورهای پیشرفته اروپایی و امریکایی نمود بیشتری دارد. در ایران نیز خسارت‌های مالی و جانی سیلاب، بخصوص در طی دهه‌های گذشته افزایش یافته و قربانیان این سانحه طبیعی اغلب روستائیان می‌باشند. زیرا به خاطر کمبود آب در کشور، روستاها غالباً در حاشیه رودخانه‌ها قرار دارند و از آب آن برای مصارف مختلف استفاده می‌کنند. هربار که رودخانه‌ها طغیان می‌کنند، سیلاب امکانات معیشتی آنها را از میان برده و خسارت‌های جانی و مالی فراوانی به آنها وارد می‌آورد. سازمان‌های سوانح و مخاطرات طبیعی غالباً از طریق دادن وام و یا ایجاد برخی از امکانات، اقدام به التیام کوتاه‌مدت صدمات می‌کنند، درحالیکه لازم است برای رفع کامل مخاطرات و سوانح طبیعی، مدیریت ریسک را به کار برد تا به طور ریشه‌ای

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

مشکلات را برطرف کرد. یکی از محل‌هایی که لازم است از مدیریت ریسک برای جلوگیری از خسارت‌های سیلاب استفاده کرد، روستاهای حوضه آبریز رودخانه کارده می‌باشد که به کرّات دچار مشکلات مربوط به سیلاب می‌شوند.

ادبیات موضوع

الن و همکاران [۱۹۹۹] تحقیقاتی انجام دادند که نشان می‌دهد که شواهدی دال بر وجود یک روند تاریخی در زمینه افزایش درجه حرارت و بارش در شرق میانه حوضه می‌سی‌سی‌پی تا سال ۱۹۰۰ وجود داشت و اثبات نمودند که بسیاری از قسمت‌های شرق میانه افزایش ۱۰ تا ۲۰ درصدی در بارش سالانه را نشان می‌دهند و بدین ترتیب به بررسی سیلاب در منطقه موردنظر پرداخته‌اند. کارل و همکاران [۱۹۹۸] نیز طی بررسی‌هایی که در حوضه می‌سی‌سی‌پی انجام داد، به این نتیجه رسید که میانگین سالانه پوشش برف در ناحیه می‌سی‌سی‌پی در ۲۰ سال گذشته به دلیل بالا رفتن درجه حرارت ، با کاهش مواجه بوده است و این امر ممکن است شدت سیلاب‌های ناشی از ذوب برف تابستانه را کاهش دهد.

در بررسی دیگر، کارل و نایت[۱۹۹۸] افزایش ۱۰ درصدی در میزان بارش روزانه در ناحیه می‌سی‌سی‌پی قید شده است که شامل افزایش در بهار و تابستان و کاهش در پاییز و زمستان است. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که زمان، عامل مهمی است چرا که مثلاً با شدت بارش در تابستان یا پاییز به علت رطوبت اندک در خاک، احتمال وقوع سیلاب کم می‌باشد. آنها به این نتیجه رسیدند که ارتباط بین بارش و رواناب یک موضوع ساده نیست و بایستی به دقت به آن توجه نمود. پاتر[۱۹۹۱] نشان داد که تا سال ۱۹۵۱، پیک‌های سیلاب در ویسکنسین کاهش یافته است. ناکس، ریسک سیلاب را در اس.تی،پاأل از سال ۱۸۶۵ تا

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

۱۹۸۱ بررسی کرد. او دورهٔ میان ۱۸۹۵ تا ۱۸۶۵ را دوره‌ای با ریسک بالا و دوره میان ۱۹۴۹ تا ۱۸۹۶ را دوره‌ای با ریسک پایین و دوره میان ۱۹۸۱ تا ۱۹۵۰ را دوره‌ای بابیشترین سطح ریسک‌سیلاب‌معرفی‌نمود. تجزیه‌وتحلیل برخی متغیرهای اقلیمی توسط آنگل وهوف ولتن مایر[۱۹۹۴] نشان می‌دهد که روند مثبتی درسری‌های هیدرولوژیکی درحوضه رودخانه می‌سی‌سی‌پی وجود داشته است. والکرو استدینجر[۲۰۰۰]، نشان دادند که نرخ ورودی رویدادهای سیلاب در آتلانتیک وجنوب‌شرق سواحل گلف بااستفاده ازسنجش‌های‌آماری کلاسترینگ سیلاب از نظر آماری با اهمیت می‌باشد. جینوا گل و همکاران[۲۰۰۱]، نشان داد که میانگین تعداد رویدادهای سیلاب ثبت شده هنگامی که همبستگی فضایی برای آن سنجیده می‌شود، از نظر آماری برای تمامی نواحی ایالات متحده امریکا با اهمیت نمی‌باشد و وقوع سیلاب بیشتر به زمان میان هر یک از رویدادهای سیلاب مربوط می‌شود.

در زمینه بررسی مدل‌های آماری در سیلاب نیز می‌توان به هالتینر و سالاس[۱۹۸۸]، که از یک مدل ARIMA(۱،۱) فصلی در مدل‌سازی دو متغیره جریان ماهانه در رودخانه‌های یاهپا و وایت در شمال غربی کالیفرنیا استفاده کردند، اشاره داشت. آنها پارامترهای مدل را تجزیه و تحلیل و با یکدیگر مقایسه نمودند. نواکز و همکاران[۱۹۹۸]، نیز قدرت پیش‌بینی‌های یک ساله در مدل‌های ARIMA را در سری سالانه جریان رودخانه مقایسه کردند. بورلاند و همکاران[۱۹۹۶]، نیز از مدل‌های ARIMA جهت پیش‌بینی بارندگی‌های ساعتی در زمان وقوع آن استفاده نمودند. نواکز و همکاران[۱۹۹۸]، قدرت پیش‌بینی‌های کوتاه مدت در مدل‌های ARIMA فصلی، ARIMA غیرفصلی و مدل‌های اتورگرسیو دوره‌ای (PAR) را بر روی سری ۳۰ ماهه جریان مقایسه کردند و نشان

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

دادند که مدل‌های اتورگرسیو دوره‌ای دقیق‌ترین پیش‌بینی رادارند. فرارسی وهمکاران ازیک‌مدل(۲،۱)ARIMA به همراه یک مدل بارندگی- رواناب فرضی با هدف پیش‌بینی دبی سیلاب رودخانه نیودی آرنو در ایتالیا استفاده کردند. کندال و دراکوپ [۱۹۹۱]، از یک مدل AR(۱) در ساخت داده‌های مصنوعی سالانه در رودخانه کلرادو استفاده کردند. همچنین احتمال ذخیره آب در دریاچه‌های پاول و میدرا با استفاده از یک دوره شبیه سازی ۳۲ ساله نشان دادند که داده‌های تولید شده توسط مدل AR(۱) ، توانایی ذخیره بیش از ۵۰٪ ظرفیت دریاچه را دارد. تاس و همکاران[۱۹۹۹]، کاربرد مدل‌های تصادفی و مدل‌های فرضی را در به‌روزکردن پیش‌بینی دبی سیلاب در هنگام وقوع آن مورد بررسی قرار دادند. آنها شش مدل تصادفی مختلف در رودخانه سیو۱در ایتالیا را مورد آزمون قرار داده و پیش‌بینی‌ها را با هم مقایسه کردند. مقایسه مدل‌های مختلف نشان داد که مدل ARIMA(۱،۱) مناسبترین مقدار پیش‌بینی را در بین سایر مدل‌ها دارا می‌باشد.

روش تحقیق

در این مقاله روش تحقیق، روشی استقرایی، علّی و قیاسی بوده و از نرم‌افزارهای Spss,Minitab,Excell و مدل‌های مختلف استفاده شد. در این تحقیق حوضه آبریز معرف کارده به طور موردی، مطالعه شده و مقادیر حداکثر جریان درنقطه خروجی حوضه کارده و یا به عبارت دیگر دبی سیلاب‌های جریان یافته در این حوضه که آمار آن در جدول (۱) آمده است، مبنای کار قرار گرفته است.

۱. Sieve

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

موقعیت ریاضی و نسبی دهستان کارده در حوضه آبریز رودخانه

دهستان کارده بین رشته‌کوه‌های هزارمسجد و کپه‌داغ و بین ۵۹َ ۴۰ْ طول جغرافیایی و ۳۶َ ۳۹ْ عرض جغرافیایی واقع است (شکل۱). ارتفاع متوسط آن از سطح دریای آزاد ۱۲۸۰ متر می‌باشد. دهستان کارده در شمال غرب شهرستان مشهد قرار گرفته است، از طرف شمال به دهستان کبودگنبد و هزار مسجد از شرق به دهستان زاوین، از جنوب به دهستان تبادکان و از غرب و جنوب‌غربی به دهستان درزآب محدود می‌شود.

مساحت تقریبی دهستان برابر با۵۴۰ کیلومترمربع بوده و روستای کارده در مرکز آن واقع است. دهستان کارده از بهم پیوستن ۱۴ روستا، مرزعه و کلاته تشکیل گردیده که موقعیت آنها در شکل ۲ آمده است. همه روستاهای دهستان از آب رودخانه کارده برای مصارف مختلف استفاده می‌کنند. این رودخانه از خط‌الرأس ارتفاعات کپه داغ- هزار مسجد سرچشمه گرفته و پس از عبور از روستاهای کارده و اندرخ به کشف‌رود می‌ریزد. طغیان‌های بزرگ این رودخانه خساراتی را برای روستائیان به بار می‌آورد. به همین دلیل لازم است که درباره مدیریت ریسک سیلاب این رودخانه اقداماتی انجام پذیرد که هدف این مقاله می‌باشد.

مدل‌های آماری تغییرپذیری اقلیمی

برای مطالعه و بررسی و شناسایی بهترین مدل ارزیابی ریسک سیلاب و تغییرپذیری اقلیمی در این بخش سه مدل به همراه آزمون‌های مربوطه برای پیش‌بینی ریسک سیلاب در حوضه کارده ارائه می‌شود:

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

جدول (۱) دبی سیلاب‌های جریان یافته در حوضه کارده

تاریخ وقوع	سال آبی	دبی حداکثر لحظه‌ای
۶۴/۰۲/۰۷	۱۳۶۳-۶۴	۳۳
۶۵/۰۳/۰۸	۱۳۶۴-۶۵	۳۸,۴
۶۶/۰۳/۱۰	۱۳۶۵-۶۶	۴,۳۸
۶۷/۰۲/۰۸	۱۳۶۶-۶۷	۶۶,۵۵
۶۸/۰۲/۲۴	۱۳۶۷-۶۸	۴,۵۹
۶۸/۰۹/۱۵	۱۳۶۸-۶۹	۳,۸۷
۷۰/۰۲/۲۱	۱۳۶۹-۷۰	۱۴,۶
۷۱/۰۳/۱۱	۱۳۷۰-۷۱	۲۶۸,۶
۷۲/۰۳/۱۸	۱۳۷۱-۷۲	۴۶,۷۶
۷۳/۰۲/۱۷	۱۳۷۲-۷۳	۷,۴۶
۷۴/۰۲/۱۱	۱۳۷۳-۷۴	۵,۷۵
۷۵/۰۳/۰۶	۱۳۷۴-۷۵	۴۲,۲۶
۷۶/۰۳/۲۹	۱۳۷۵-۷۶	۳۰,۲۶
۷۷/۰۴/۳۱	۱۳۷۶-۷۷	۱۴۲,۶۶
۷۷/۱۲/۰۲	۱۳۷۷-۷۸	۱۵,۴۵
۷۹/۰۵/۱۸	۱۳۷۸-۷۹	۶۱
۷۹/۰۷/۴	۱۳۷۹-۸۰	۶۹,۷

۱. مدل i.i.d لوگ نرمال (LN i.i.d.):

در این مدل فرض بر این است که مقادیر ماکزیمم سیلاب‌های سالانه Q_t در حوضه کارده، مقادیر و متغیرهایی تصادفی، مستقل و ایستا هستند. توزیع

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

مقادیر ماکزیمم سیلاب‌های سالانه در حوضه کارده از توزیع لوگ نرمال تبعیت می‌کند. میانگین آن (μ) و واریانس آن (δ) است.

بنابراین داریم:

$$\log(Q_t) \sim N(\mu, \delta^2)$$

این یک رابطه معمولی است که در مطالعات مدیریت ریسک سیلاب کاربرد فراوان دارد. براساس دیگر مطالعات انجام شده بر روی سایر حوضه‌ها، معمولاً توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ برای مقادیر ماکزیمم سیلاب‌های سالانه نیز توصیه می‌شود.

۲. مدل روند لوگ نرمال (LN Trend)

در این بخش به منظور برازش یک روند براساس روش مینیمم مجموع مربعات خطا (SSE) [۱]برای مقادیر ماکزیمم سیلاب سالانه در حوضه کارده، مشخص گردید که اگر ابتدا از این مقادیر لگاریتم گرفته شود، معادله خط روند به شکل زیر خواهد بود:

$$\log(Q_t) = \mu + \lambda * (t - \bar{t}) + \varepsilon_t$$

در فرمول فوق:

Q_t : مقادیر ماکزیمم سیلاب سالانه

ε: مقدار خطا و یا به عبارت دیگر نوفه را نشان می‌دهد که دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس (δ) می‌باشد یعنی $\varepsilon_t \approx N(0, \delta)$

μ: میانگین لگاریتم مقادیر ماکزیمم جریان سالانه می‌باشد.

λ: شیب خط لگاریتمی است که از مدل روند لوگ نرمال استخراج شده است.

[۱] - Sum Of Square Error

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

t : $\bar{t} = (T+1)/z$ که T طول دوره آماری است.

براساس نتایج بدست آمده، معادله روند لوگ نرمال به شکل زیر خواهد بود:

$$\log(Q)_t = 1/458165 + 0/0173 * (t-9) + \varepsilon_t$$

براساس محاسبات و تحلیل‌های آماری می‌توان نتیجه گرفت که توزیع لوگ نرمال (LN i.i.d) برای مقادیر ماکزیمم سیلاب سالانه در حوضه کارده مناسب نیست اما مدل روند لوگ نرمال پیشنهادی قابل‌قبول می‌باشد. تنها مشکلی که وجود دارد این است که این یک مدل رگرسیونی بوده و برون‌یابی مقادیر در خارج از طول دوره آماری امری غیرممکن می‌باشد. مثلاً برای ۵۰ سال آینده عدد بدست آمده بسیار غیرواقعی خواهد بود.

۳. مدل لوگ نرمال ARIMA (LN ARIMA)[۱]

در این مدل فرض بر این است که لگاریتم مقادیر ماکزیمم سیلاب‌های سالانه در حوضه کارده از یک توزیع اتورگرسیو میانگین متحرک از مرتبه پایین (q،p) تبعیت می‌کند، به عبارت دیگر داریم:

$$\log(Q_t) = \mu \sim ARIMA(p,q)$$

در فرمول فوق:

Q_t: مقادیر ماکزیمم سیلاب سالانه

μ: میانگین لگاریتم مقادیر ماکزیمم سیلاب سالانه

p: مرتبه اتورگرسیومدل

q: مرتبه میانگین متحرک مدل

در این مدل فرض شده است که مقادیر سری زمانی ایستا می‌باشند.

۱- Logarithmic Normal Autoregressive Moving Average Model

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

پیش‌بینی‌های ریسک سیلاب در حوضه کارده

در فصول قبل سه مدل برای ریسک سیلاب معرفی شده‌اند. در مدل Log-Normal i.i.d فرض بر این است که ریسک ثابت می‌باشد، در دو مدل دیگر یعنی Log Normal Trend و Log Normal ARMA تغییرات ریسک با گذشت زمان متغیراست. حال به منظورتجزیه و تحلیل برآوردهای قبل و مقایسه مدلها در این بخش، نمودار هر یک از مدلها در طول یک دوره برنامه‌ریزی رسم خواهد شد.

تحلیل ریسک سیلاب در دوره آماری ۶۴-۱۳۶۳ تا ۸۰-۱۳۷۹

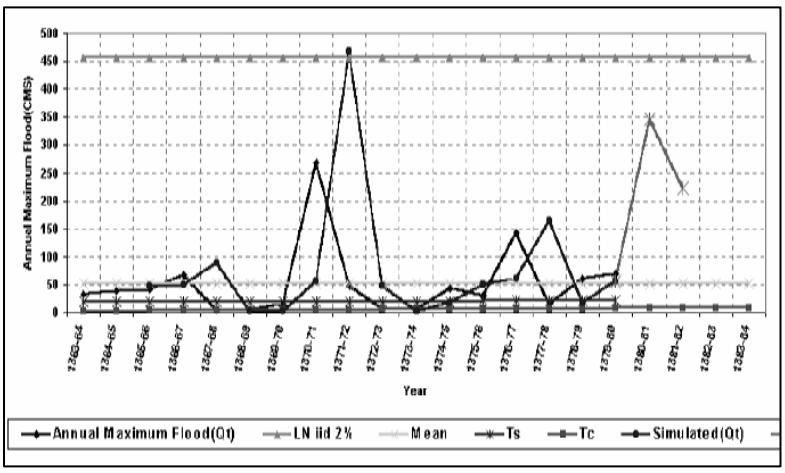
نتایج محاسبات و تحلیل‌های انجام شده برای دوره آماری ۶۴-۱۳۶۳ تا ۸۰-۱۳۷۹ سیلاب حوضه کارده درشکل (۳) آمده است. دراین شکل نمودار —×— بیانگر میانگین مقادیر مشاهداتی است و نمودار —◆— موید سری زمانی مقادیر حداکثر جریان در حوضه کارده می باشد.

نتایج بدست آمده از مدل LN i.i.d با سطح اعتماد ۲٪ با نمودار —▲— مشخص شده است برای شبیه‌سازی ریسک سیلاب در این حوضه توسط مدل Log Normal i.i.d از دو روش با فرض نا محدود بودن دوره آماری (Tc) استفاده شده است که توسط نمودار —■— نمایش داده شده است.روش دیگر فرض محدود بودن دوره آماری و قطع شدن روند در انتهای دوره یعنی سال۱۳۸۰(Ts) است که توسط نمودار —✱— نمایش داده شده است. آخرین مدلی که در این مرحله برای تحلیل ریسک سیلاب استفاده می‌شود، مدل سری زمانی ARIMA (۳،۲،۱) می‌باشد، که مقادیر شبیه‌سازی شده توسط این مدل با نمودار —●— و مقادیر پیش‌بینی شده برای دو سال بعد از انتهای دوره آماری یعنی سال‌های آبی ۸۱-۱۳۸۰و ۸۲-۱۳۸۱ با نمودار —✱— نمایش داده شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

همانگونه که درشکل(۳) نمایان است، برای هرمدل یک حدآستانه سیلاب با احتمال افزایش ۲٪ برای هر سال وجود دارد. در مدل LNi.i.d این آستانه یک خط ثابت افقی است و تا آخر دوره حتی بعد از آن نیز ادامه دارد و مقدار آن با مقدار حداکثر جریان شبیه‌سازی شده یعنی سال ۷۲-۱۳۷۱ تقریباً منطبق است.

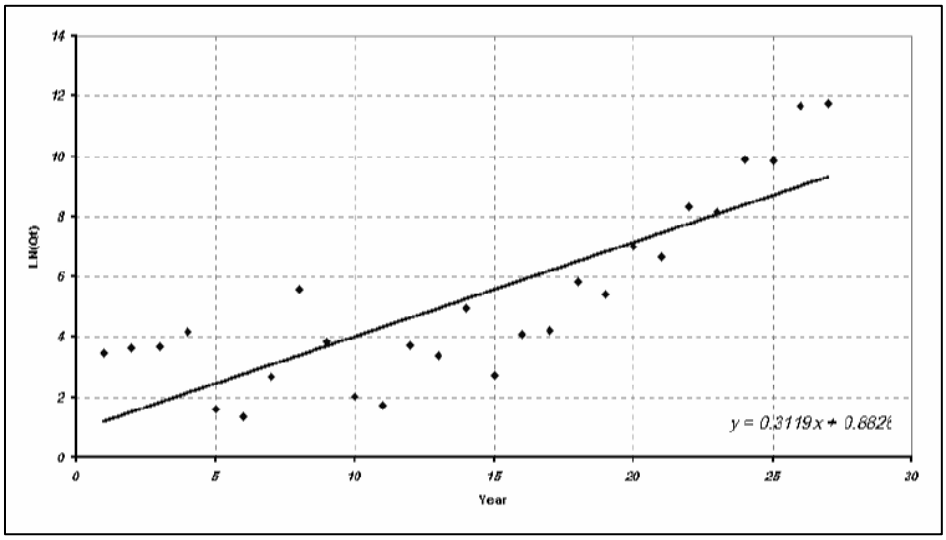
در مدل Log Normal Trend در حالت Tc یک خط با شیب مثبت رسم شده است. لازم به ذکر است که در رسم این خط مقادیر پیش‌بینی شده نیز لحاظ شده‌اند ولی در حالت Ts فقط مقادیر مشاهداتی در نظر گرفته شده‌اند، در این حالت نیز شیب مثبت است. در مدل ARIMA(۱،۲،۳) مقادیر حداکثر جریان برای دو سال بعد از انتهای دوره پیش‌بینی شده است.



شکل (۳)نمودار ریسک سیلاب در دوره آماری ۱۳۸۰-۱۳۷۹ تا۱۳۶۴ –۱۳۶۳

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

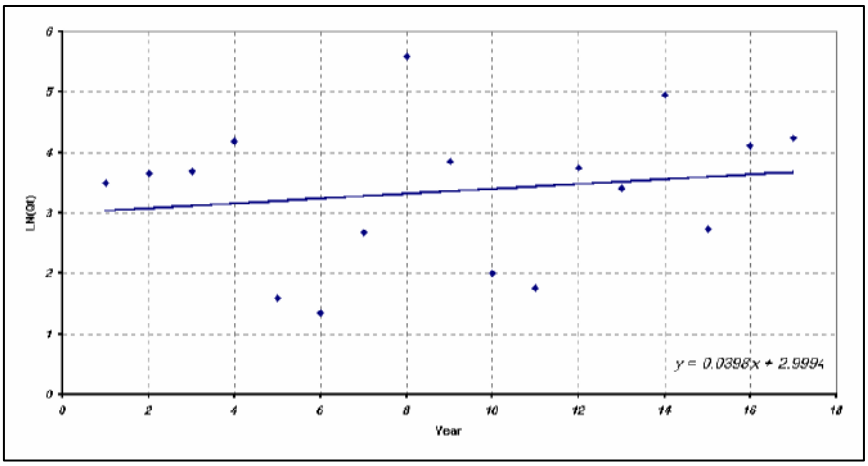
از میان مدل‌های ریسک سیلاب که در شکل (۳) نمایش شده است، مقادیر حداکثر جریانی که توسط مدل LNi.i.d ارائه شده، غیرمنطقی به نظر می‌رسدچرا که مقادیر ارائه شده توسط این مدل ثابت بود و نسبت به سایر مدل‌ها دارای بیشترین مقدارجریان یعنی۴۵۷/۷ مترمکعب می‌باشدکه در تمام طول دوره این عدد ثابت بوده است و یکی از دلایل غیرمنطقی‌بودن آن نیزهمین امر می‌باشد. همانطورکه درمقادیرمدل‌سازی شده توسط سری زمانی(۱،۲،۳)ARIMA ملاحظه می‌شود، سه موج در سری دیده می‌شود. موج اول از سال آبی ۶۴-۱۳۶۳ تا ۶۹-۱۳۶۸ که موجی ضعیف و موج دوم از سال ۷۰-۱۳۶۹ تا ۷۲-۱۳۶۸ که موجی قوی و موج سوم مربوط است به سال ۷۳-۱۳۷۲ تا ۸۰-۱۳۷۹ که مجدداً موجی است ضعیف. به همین جهت مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل (۱،۲،۳)LNARIMA نیز نسبت به سال‌های انتهای دوره مشاهداتی از افزایش چشم‌گیری برخوردار بوده است.



شکل (۴) نمودار LN Trend (TC) در دوره آماری ۱۳۸۰-۱۳۷۹ تا ۱۳۶۴-۱۳۶۳

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

مـدل Log Normal Trend بـا فـرض ایـن‌کـه رونـد ادامـه دارد LN Trend/Tc، روند مثبتی را از نظر آماری دربر می‌گیرد. برای رسم LN Trend/Tc روش خط رگرسیون یا (کمتـرین مجمـوع مربعـات خطـا) اسـتفاده شـدکه ایـن معادله y=۰,۳۱۱۹x+۰,۸۸۲۸. و $R^{۲}$=۰,۰۰۳۷ می‌باشد (شکل۴).



شکل(۵) نمودار LN Trend (TS) در دوره آماری ۱۳۸۰ –۱۳۷۹ تا ۱۳۶۴ -۱۳۶۳

در مدل LN Trend در حالت Ts که رونـد در سـال ۸۰-۱۳۷۹ متوقـف شده نیز روش رگرسیون بکار بـرده شـد کـه در ایـن معادلـه y=۰,۰۳۹۸x+۲,۹۹ R۲=۰,۰۰۵۷ می‌باشد. این مدل کمترین میزان ریسک را نشان می‌دهد کـه شـیب آن مثبت است (شکل۵). در یک نتیجه‌گیری کلی از شکل(۳) مـی‌تـوان اینگونـه استنباط نمود که به ترتیب مقـادیر ریـسک سـیلاب در حوضـه کـارده در مـدل LNi.i.d از بیشترین مقـدار برخـوردار بـوده و LN Trend در دو حالـت Tc و Ts دارای کمترین مقدار ریسک سیلاب می‌باشد که مقادیر ارائـه شـده توسـط مـدل

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

LNTrend/Ts نسبت به LNTrend/Tc اندکی افزایش نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که Tsبدلیل آنکه روشی وابسته به مدل ARIMA است و از نتایج حاصل از مدل ARIMA(۱،۲،۳) می‌توان Ts را رسم نمود.اما در مدل LNTrend/Tc همانطور که قبلاً گفته شد به دلیل آن‌که در این مدل نمی‌توان برای پیش‌بینی از روش برون‌یابی استفاده نمود و در صورت استفاده از این مدل نتایج غیر واقعی حاصل خواهد شد، این مدل رد می شود. در میان این سه مدل مقادیر حداکثر جریانی که توسط مدل ARIMA(۱،۲،۳) بدست آمده، دارای بهترین نتیجه و منطقی‌ترین مقادیر می‌باشد چرا که موج روند در داده‌های مشاهداتی به صورت سه موج ضعیف، قوی و ضعیف بود که پس از انجام محاسبات و رسم نمودار توسط مدل ARIMA(۱،۲،۳) روند پیش‌بینی گردید که همانگونه که در شکل (۳) ملاحظه می‌شود شاهد روندی قوی در دوره پیش‌بینی می‌باشیم.

بحث و نتیجه گیری

سیلاب یک پدیده طبیعی است و هر رودخانه‌ای مستعد رویداد آن است. آنچه که این پدیده را از حالت طبیعی خارج و به صورت سانحه در می‌آورد، دست‌اندازی انسان به طبیعت است. در کشور ما سیستم مناسب و کارآمد پیش‌گیری و اعلام خطر برای سیلاب وجود ندارد. در برخی از نقاط کشورمان متعاقب یک بارندگی چند روزه سیلاب‌های مهیبی جریان یافته، خسارات فراوانی برجای می‌گذارد. به همین دلیل در این مقاله سعی شده با استفاده از مدل‌های آماری راهکاری مناسب و عملی برای پیش‌بینی مدیریت ریسک در یک حوضه آبریز ارائه گردد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

یکی از ملزومات اصلی مدیریت ریسک سیلاب در اختیار داشتن مقادیر پیش‌بینی و یا به عبارت دیگر پیش‌بینی ریسک سیلاب در حوضه آبریز موردنظر می‌باشد، بنابراین در گام اول باید راهکاری جهت پیش‌بینی ریسک سیلاب پیدا نمود که در این مقاله برای نیل به این هدف تعدادی مدل آماری مدنظر قرار گرفته‌اند، که به شرح زیر معرفی می‌شوند:

۱- مدل LN i.i.d ۲- مدل LN Trend Ts ۳- مدل LN Trend Tc

۴- مدل LN ARIMA

پس از مقایسه نتایج و محاسبات انجام شده برای مقادیر حداکثر جریان رودخانه اصلی حوضه آبریز کارده، موارد زیر قابل استنباط می‌باشند:

۱- مدل LN i.i.d دارای نتایج بسیار بزرگی بوده و مقادیر ریسک ارائه شده توسط این مدل توجیه اقتصادی ندارد.

۲- مدل LN Trend Ts و LN Trend Tc به علت در نظر نداشتن تغییرپذیری اقلیم نتایج غیرواقعی ارائه نموده و کاربرد این نتایج در شرایط واقعی امکان‌پذیر نمی‌باشد.

۳- مدل LN ARIMA دارای این مزیت می‌باشد که نقایص مدل‌های قبلی را ندارد و به همین دلیل در پیش‌بینی و شبیه‌سازی ریسک سیلاب در حوضه کارده نتایج بسیارمنطقی و معقولی ارائه می‌کند، اما هنگام استفاده از این مدل سری زمانی باید این نکته را در نظر گرفت که از این مدل فقط برای یک یا دو گام زمانی پیش‌بینی استفاده نمود و نتایج این‌گونه مدل‌ها نیز بعد از دو تا سه گام زمانی از واقعیت دور شده و باید برای هر مرحله از این مدل داده‌های قبلی را به روز نموده و مقادیر مشاهداتی را جایگزین مقادیر شبیه‌سازی شده نمود، بنابراین با در نظرگرفتن مزایا و معایب، این مدل برای پیش‌بینی ریسک سیلاب در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

حوضه آبریز کارده توصیه می‌گردد و در این مقاله از آن استفاده شده است. و چند راهکار عملی برای مدیریت بهینه و صحیح ریسک سیلاب در این حوضه به شرح زیر ارائه می‌شود:

راهکارها و پیشنهادات

۱- از آنجا که اکثر مناطق کشور در سال‌های اخیر با مشکل کم‌آبی و خشکسالی مواجه شده‌اند لذا پیشنهاد می‌شود که با استفاده از مدل‌های آماری ارائه شده در این تحقیق در فصول بارندگی و همچنین فصول پرمصرف آب، یک برنامه‌ریزی صحیح و بهینه برای منابع آبی موجود تهیه شود همچنین به طور مستقل و مجزا برای هر حوضه آبریز یک مدل آماری مناسب برازش داده شود. همچنین توصیه می‌گردد به منظور بالابردن صحت و دقت برنامه‌ریزی‌ها در هر گام زمانی، مقادیر مشاهداتی جایگزین مقادیر شبیه‌سازی شده گردد و یا به عبارت دیگر مدل به روز شود.

۲- با ایجاد ایستگاه‌های هیدرومتری بر روی تمامی حوضه‌های آبریز مهم کشور بانک اطلاعاتی کامل و جامعی برای استفاده محققین، مدیران منابع آب و مسئولین زیربط ایجاد گردد.

۳- پیشنهاد می‌شود برای روستاهایی که بر روی مسیرهای آبراهه‌های منتهی به رودخانه‌های اصلی احداث گردیده‌اند و شیب منطقه دارای پتانسیل سیل‌خیزی است، مسیل‌هایی حفر گردد که علاوه بر جلوگیری از بروز خسارت در مواقع وقوع جریان سیل، راندمان استحصال آب‌های سطحی نیز افزایش یابد.

۴- از آنجایی که به علت بروز خشکسالی و چرای بیش از حد دام مراتع مستقر در درون حوضه آبریز، پوشش گیاهی کاهش قابل‌ملاحظه‌ای یافته است لذا توصیه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

می‌شود با اعمال مدیریت آبخوان داری مناسب و قرق این مراتع، پتانسیل سیل‌خیزی منطقه را کاهش داد.

۵- از آنجایی که رعایت‌نکردن رژیم رودخانه وتجاوز به حریم رودخانه و دخالت روستائیان در بستر رودخانه بسیار خطرناک بوده و احتمالا منجر به تغییر مسیر رودخانه به سمت اراضی کشاورزی و باغات و حتی ابنیه روستایی می‌گردد، لذا توصیه می‌شود با آموزش اهالی منطقه و برخورد قانونی مسئولین زیربط با متخلفین، حتی‌الامکان خطر جریان سیل و آبگرفتگی منازل و اراضی روستاهای مستقر در اطراف رودخانه کاهش یابد.

۶- توصیه می‌شود با ساماندهی رودخانه‌های مجاور روستاهای منطقه نظیر دیواره‌سازی و ..... این روستاها را از خطر آبگرفتگی و معضلات آن رهانید.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

منابع و مأخذ

۱- جهاد کشاورزی استان خراسان، ۱۳۸۳,نقشه توپوگرافی شهرستان مشهد با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰.

۲- جعفری, عباس، شناسنامه جغرافیایی طبیعی ایران, انتشارات گیتا شناسی, شماره ۱۳۴, ص ۸.

۳- شریفی . محمد باقر، ۱۳۸۱، جزوه درس هیدرولوژی مهندسی پیشرفته، گروه عمران، دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، ص۱۵-۱۲ .

۴- فرمانداری شهرستان مشهد،۱۳۷۵, تقسیمات سیاسی شهرستان مشهد.

5. Angel, J.R. And Huft, F.A., ۱۹۹۷, Changes In Heavy Rainfall In Midwestern United States. J. Water Resource Mang. And Mgmt., ۱۲۳(۴),pp: ۲۴۶-۲۴۹.

6. Borlando, P., A.Montana And R. Reza, ۱۹۹۶, "Forecasting Of Storm Rainfall By Combined Use Of Radar, Rain Gages And Linear Models", Models" , Atmospheric Research, Vol, ۴۲, pp: ۱۹۹-۲۱۶.

7. Ferraresi,M., M. Pacciani And E. Todini, ۱۹۹۰, On The Application Of Some Real Time Flood Forecasting Schemes (In Italian), XXII Italian National Conference Of Hydraulics , Cosenza, Italy, Ed. Bios, pp : ۳۰۷-۳۲۰.

8. Haltiner, J. P. And J.D. Salas, ۱۹۸۸, "Development And Testing Of A Multivariate, Seasonal ARIMA(۱،۱)", J. Hydro., Vol. ۱۰۴, pp: ۲۴۷-۲۷۲.

9. Karl, T. R., Knight, R. W., Easter Ling, D. R., and Quayle, R. G., ۱۹۹۶, Indices of society, ۷۷(۲),P: ۲۷۹-۱۹۲.

10. Karl, T. R., And Knight, R.W., ۱۹۹۸, Secular Trends Of Precipitation Amount, Frequency And Intensity In The United States, Bull. Am., Meteoral, Soc., ۷۹(۲),pp: ۲۳۱-۲۴۱.

11. Kendal,D. R., And J.A. Dracup ,۱۹۹۱, A Comparison Of Index – Sequential And AR(۱) Generated Hydrologic Sequences, J. Hydro., Vol. ۱۲۲, pp: ۳۳۵-۳۵۲.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

12. Knox, J.C, ۱۹۸۴, Fluvial Responses To Small-Scale Climate Changes Developments And Applications Of Geomorphology, J. E. Costa And P.J. Fleisher (Eds), Springer Verlage, Berlin.

13. Lettenmaier, D. P., Wood, E. F., And Wallis, J. R., ۱۹۹۴, Hydro-Climatological Trends In The Continental United States, ۱۹۴۸-۸۸, Journal Of Climate, ۷,pp: ۵۸۶-۶۰۷.

14. Noakes, D. J., K.W. Hipel, A. L. Mcleod, C. Jimenez And S. Yakowitz, ۱۹۹۸"Forecasting Annual Geophysical Time Series", International Journal Of Forecasting, Vol, ۴, pp: ۱۰۳-۱۱۵.

15. Olsen, J. R., Stedinger, J. R., Matalas, N.C., And Stakhir, E. Z., ۱۹۹۹, Climate Variability And Flood Frequenry Estimation For The Upper Mississippi And Lower Missouri Rivers, J. Of The Amer. Water Resources Association, ۳۵(۶),pp: ۱۵۰۹-۱۵۲۴.

16. Potter, K., ۱۹۹۱ Hydrologic Impacts Of Changing And Management Practices In Moderate Sized Agricultural Catchments. Water Resource, Res., ۲۷ (۵), pp: ۸۴۵-۸۵۵.

17. Thoth. E. A. Montanari And A. Broth , ۱۹۹۹ "Real-Time Flood Forecasting Via Combined Use Of Conceptual And Stochastic Models, Physchem Earth (B), Vol. ۲۴, No. ۷, pp:۷۹۳-۷۶۸

18. Vogel, R. M., Zafirakou- Koulounis, A., And Matalas, N.C., ۲۰۰۱, The Frequency Of Record Breaking Floods In The United States , Water Resource. Res., ۳۷ (۶), pp: ۱۷۲۳-۳۱.

19. Walker, F.R., And Stedinger, J.R., ۲۰۰۰, Long-Term Variability In The Arrival Rate Of Flood Events As Evidenced By Flood Clustering, Eos, Trans., American Geophysical Union, ۸۱(۱۹), P: ۵۲۰۰.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]