

## **Zoning of Flood risk in Human and Economic activities centers of South Khorasan Province using the Fuzzy Logic System**

**H. Mokhtari Hashi**

Assistant Proffesor, Faculty of Geography, University of Isfahan, Iran

**D. Rahimi**

Associate Proffesor, Faculty of Geography, University of Isfahan, Iran

### **Abstract**

Flooding is a natural phenomenon that like another natural disaster has inevitable destructive effects. Based on physical geography of our country and the accident full in some areas, in some cases adverse effects of floods have been caused irreparable damages. Based on physical geography of our country, in some cases adverse effects of floods have been caused irreparable damages. Much of the country's human centers is positioned in mountainous areas and has semi-arid and dry weather that often caused sudden flooding rains. This situation makes runoff immediately after a rainfall and cased flood-prone areas. Annual flood damage to agricultural resources and people's financial status is very notable. South Khorasan province because of its Semi-arid and dry climate, has erratic and flooding rains that increase the flooding potentials. Also human activities and ecological imbalance considerably increases the amount of flooding damages. The study of South Khorasan Province from flood zoning and determination of at risk human and economic centers and infrastructure is important and can increase awareness and leads to problem-solving.

**Keywords:** Natural disasters, Floods, Zoning Economic and human centers, South Khorasan province



## پهنه بندی خطر سیل در مراکز انسانی و اقتصادی استان خراسان جنوبی با استفاده از منطق فازی

حسین مختاری هشی: - استادیار جغرافیای سیاسی، دانشگاه اصفهان

داریوش رحیمی: - دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان

وصول: ۱۳۹۴/۱۱/۲۱ پذیرش: ۱۳۹۵/۱/۱۸، صص: ۲۱۶-۱۹۹

### چکیده

بلاای طبیعی همانند سیل همواره وجود داشته و در هر دوره‌ای با وقوع آن مشکلاتی برای بشریت به وجود آمده است و تقریباً می‌توان گفت که بشر هیچگاه قادر به جلوگیری از وقوع این پدیده نبوده است. اگرچه با گذر زمان و پیشرفت علم از میزان خسارات مادی و جانی آن تا حدود زیادی کاسته شده است. سیل یک پدیده طبیعی است که در هنگام بروز مانند هر بلای طبیعی دیگری دارای آثار تخریبی غیرقابل اجتناب است. بر اساس جغرافیای طبیعی کشورمان و میزان حادثه‌خیزی برخی مناطق آن، در بعضی موارد اثرات سوء ناشی از وقوع سیل موجب خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری شده است. بخش اعظم مراکز انسانی کشور به‌لحاظ برخورداری از موقعیت کوهپایه‌ای و آب و هوای خشک و نیمه خشک، اگرچه در مقایسه با دیگر کشورها مقدار بارش در آن کم بوده و طی سال‌های نرمال، میزان بارشی حدود ۲۵۰ میلیمتر دارد، اما بارش‌ها در برخی نقاط کشور با شدت و دبی سریع صورت گرفته و با در نظر گرفتن خشکی طبیعت، پس از یک بارش بلافاصله روان آب‌ها ایجاد شده و در صورت شدت بارش باعث سیلاب شده و خسارات هنگفتی به منابع کشاورزی و مالی مردم وارد می‌آورد. استان خراسان جنوبی به دلیل اقلیم نیمه بیابانی و خشک و بارشهای نامنظم و سیل‌آسا، از پتانسیل سیل‌خیزی قابل توجهی برخوردار است که فعالیتهای انسانی و به هم خوردن تعادل اکولوژیک نیز موجب افزایش میزان خسارات شده است. پژوهش حاضر به روش توصیفی تحلیلی و با استفاده از شیوه اسنادی به دنبال شناسایی و پهنه‌بندی مناطق مستعد سیل مبتنی بر منطق فازی و با استفاده از GIS در این استان است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که حدود ۳۷ درصد از جمعیت و مراکز مهم اقتصادی و زیرساختهای این استان در معرض خطر سیل قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: بلاای طبیعی، سیل، پهنه‌بندی، مراکز اقتصادی و انسانی، خراسان جنوبی.

### ۱-مقدمه

۱۹۹۶، حدود ۱۹ مورد و میزان مرگ و میر آنها ۱۹۷۱۴ نفر و میزان خسارات نزدیک به ۱۰۰ میلیارد دلار و سالانه حدود ۹ میلیارد دلار است (وزارت نیرو، ۱۳۸۵: ۱۰). در ایران در طی ۵۰ سال از ۱۳۲۰ تا ۱۳۷۰ وقوع ۳۷۰۰ مورد سیل به ثبت رسیده است (خسروشاهی ۱۳۷۶) و در اغلب سال‌های گذشته حدود ۷۰ درصد

مطابق آمار سازمان ملل متحد، در میان بلاای طبیعی، سیل و طوفان بیشترین تلفات و خسارات را به جوامع بشری وارد آورده‌اند، در دهه‌های اخیر میزان وقوع بلاای طبیعی به‌طور نگران کننده‌ای افزایش یافته است. سیلابهای مهم جهان در یک دوره یازده ساله از ۱۹۸۶ تا

GIS و HEC-RAS می‌توان به یک پهنه‌بندی مناسب دست یافت.

## ۲- مفاهیم نظری

الف: سیل: سیل به جریانی گفته می‌شود که: ۱- جریان آب برای مقطع خاصی از رودخانه بیش از جریان عادی باشد، ۲- تداوم زمانی محدودی داشته باشد، ۳- جریان آب از بستر طبیعی خود خارج و اراضی پست حاشیه رودخانه را فرا گیرد، ۴- خسارات جانی یا مالی به همراه داشته باشد (مهدوی ۱۳۷۶). سیل جریانی است که نسبت به میانگین حجم آب در طول رودخانه بالاتر باشد (Wohl, 2000: 4).

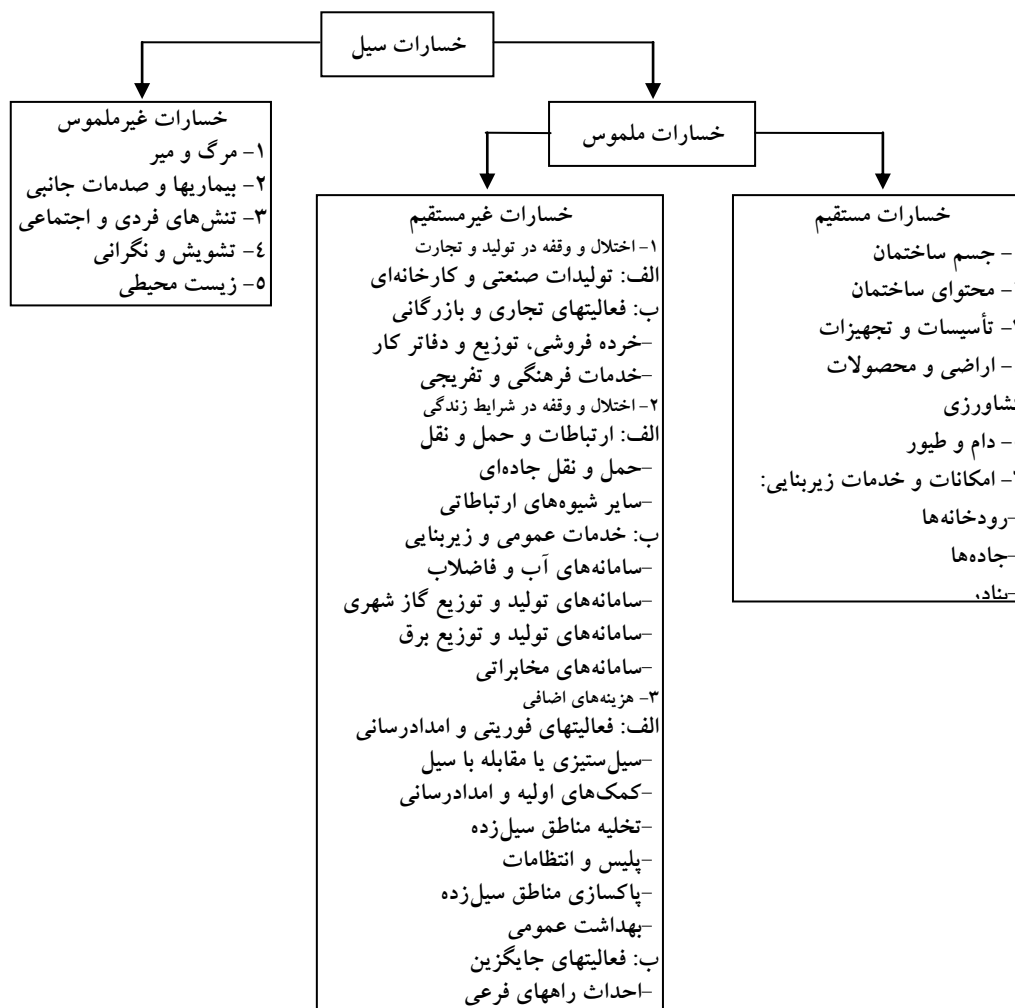
ب: عوامل اصلی وقوع سیل: عوامل مختلفی باعث وقوع سیلاب و آب گرفتگی می‌شوند که مهمترین آنها عبارتند از عوامل اقلیمی، عوامل هیدرولوژیکی و عوامل انسانی (WMO, 2008).

ج: پهنه‌بندی خطر سیل: پهنه‌بندی خطر سیل در واقع ابزاری اساسی برای مدیریت و کاهش خطرات سیل است و وسیله‌ای قانونی در دست دولت و مسئولان برای کنترل و مدیریت کاربری‌های ارضی و برنامه‌های توسعه، همزمان با کاهش خطرات سیل و حفاظت از محیط زیست (تلوری، ۱۳۷۶: ۱۰۳-۹۶).

د: خسارات سیلاب: به طور کلی خسارات سیل در دو گروه طبقه‌بندی می‌شود که در شکل ۱ آمده است:

اعتبارات سالانه طرح کاهش اثرات بلایای طبیعی و ستاد حوادث غیرمترقبه، صرف جبران خساران ناشی از سیل شده است. متأسفانه روند توسعه در کشورهای نظیر ایران باعث تخریب محیط زیست و منابع طبیعی شده و خسارات سیل را به مراتب افزایش داده است که رشد ۲۵۰ درصدی خسارات ناشی از سیل در کشور در پنج دهه گذشته مؤید این مدعاست (وطن فدا، ۱۳۸۱: ۳۰۲). با توجه به علل مختلف و مؤثر در بروز سیل، می‌توان با اعمال روشها، اقدامات و راهکارهای علمی و عملی، از روی دادن بسیاری از سیلابها پیشگیری کرده و در سیلهایی که توانایی پیشگیری از آنها نیست، با انجام تدابیر مختلف، از جمله پهنه‌بندی و تعیین کاربری مناسب برای مناطق سیل‌گیر، خسارات ناشی از آن را کاهش داد (وهابی، ۱۳۷۶). در ارتباط با پهنه‌بندی سیل پژوهشهای زیادی صورت گرفته که به برخی از آنها اشاره می‌شود: افتخاری و همکاران (۱۳۸۸)، صادقی و همکاران (۱۳۸۲)، حاجی قلیزاده (۱۳۸۳)، امیراحمدی و همکاران (۱۳۹۰)، محمودزاده و همکاران (۱۳۹۴)، خیریزاده و همکاران (۱۳۹۱)، شعبانلو و همکاران (۱۳۸۷) با در نظر گرفتن فاکتورهای مانند شدت و تداوم بارش، کاربری اراضی، ارتفاع، شیب آبراهه و سیلاب‌دشت‌ها، استقرار نقاط سکونتگاهی و مراکز اقتصادی، شرایط اقلیمی، نیمرخ عرضی رودخانه‌ها، نسبت انشعاب، حداکثر سیلاب لحظه‌ای و دوره برگشت‌های آن، خصوصیات ژئومورفولوژی و سنگ‌شناسی به پهنه‌بندی خطر سیلاب در مناطق مختلف مانند استان گلستان، شهر نیشابور، تبریز، حوضه‌های آبی گرگانرود، مرق چای پرداخته و نتیجه گرفته‌اند که با کمک فاکتورهای ذکر شده و تکنیک‌هایی مانند ANP، AHP با استفاده از نرم‌افزارهای

شکل ۱: طبقه‌بندی خسارات ناشی از وقوع سیل (وزارت نیرو، ۱۳۸۵: ۳۰)



است. همچنین داده‌های مربوط به خسارات ناشی از سیلاب در سطح استان از سازمان جهاد کشاورزی و پایگاه داده‌های مخاطرات وزارت کشور استخراج شده است. از آنجایی که بخشی از داده‌های هواشناسی و هیدرولوژی ناقص می‌باشد، لذا جهت برطرف نمودن نقص داده‌ها و همگن‌سازی آنها به کمک روش زیر انجام شده است که نتایج آن در جدول ۱ ارائه گردیده است.

$$Ne = \frac{N}{1 + \frac{N-n}{n-2}(1-r^2)} \quad (1)$$

### ۳- داده‌ها و روش

داده‌ها: با توجه به هدف پژوهش حاضر، داده‌های مورد نیاز شامل داده‌های اقلیمی، هیدرولوژی، توپوگرافی، کاربری اراضی، مناطق در معرض خطر سیلاب شامل قنوات، چاه، چشمه، مراکز فعالیت اقتصادی و سکونتگاه‌های انسانی است. داده‌های اقلیمی مورد نیاز از پایگاه داده‌های سازمان هواشناسی کشور در دوره آماری ۱۹۷۵-۲۰۱۰ و استان خراسان جنوبی تهیه گردیده است. داده‌های هیدرولوژی از پایگاه داده‌های شرکت منابع آب ایران استفاده شده

Ne: تعداد سال مجاز برای تطویل آمار، n: ضریب همبستگی بین دو متغیر قبل از  
تعداد سالهای آماری مربوط به آمارهای کوتاه مدت تطویل آمار و T: ضریب همبستگی

جدول ۱: معادله رگرسیون جهت بازسازی آمار دبی سالیانه ایستگاههای ناقص با استفاده از ایستگاه تیمنک

تعداد سال بازسازی شده	معادله	R	نام ایستگاه ناقص
۵	$y = 41/736 \ln(x) - 61/508$	۰/۳۸	جعفر مشهدی
-	$y = -16/492 \ln(x) + 102/51$	۰/۳۲	صنوبر
۴	$y = 7/84 \ln(x) - 6/381$	۰/۳۱	ایرج آباد
۱	$y = 13/18 \ln(x) 6/664$	۰/۴۰	نیازطیس
۱۳	$y = 14/479 \ln(x) - 18/893$	۰/۴۸	منصورآباد
۶	$y = 9/766 \ln(x) - 6/196$	۰/۱۸	افین
۲	$y = 8/839 \ln(x) - 15/044$	۰/۴۴	خونیک علیا
۶	$y = 18/524 \ln(x) - 18/514$	۰/۴۹	فرخی
-	$y = 20/2 \ln(x) - 20/559$	۰/۲۷	باغ عباس
۲	$y = 10/875 \ln(x) - 18/624$	۰/۴۵	کلاته رحمان
۱	$y = 11/194 \ln(x) - 4/422$	۰/۱۵	غار شیشه

مأخذ: محاسبات نگارندگان

جدول ۲: روابط وزن‌دهی فازی

شاخص	رابطه	اجزاء	رفرنس
Dunn Index	$DI_m = \frac{\min_{1 \leq i < j \leq m} \delta(C_i, C_j)}{\max_{1 \leq k \leq m} \Delta_k}$	Min: حداقل فاصله Max: حداکثر فاصله C: فاصله متغییر	Dunn, J. C. (1973).
Fuzzy-C-mean	$\arg \min_c \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c w_{ij}^m \ x_i - c_j\ ^2,$ where: $w_{ij}^m = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left( \frac{\ x_i - c_j\ }{\ x_i - c_k\ } \right)^{\frac{2}{m-1}}}$	$X = \{x_1, \dots, x_n\}$ متغییر $C = \{c_1, \dots, c_c\}$ طبقات فازی $w_{ij}$ : درجه عضویت	Bezdek, James C. (1981)

با توجه به مدل مفهومی ارائه شده بررسی احتمال رخداد داده‌های حداکثر دبی و بارش روزانه از دیگر اقداماتی بوده که با استفاده از نرم‌افزار Minitab انجام گرفته است. به منظور انتخاب مدل بهینه توزیع‌های آماری از شاخص p-value در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شده است.

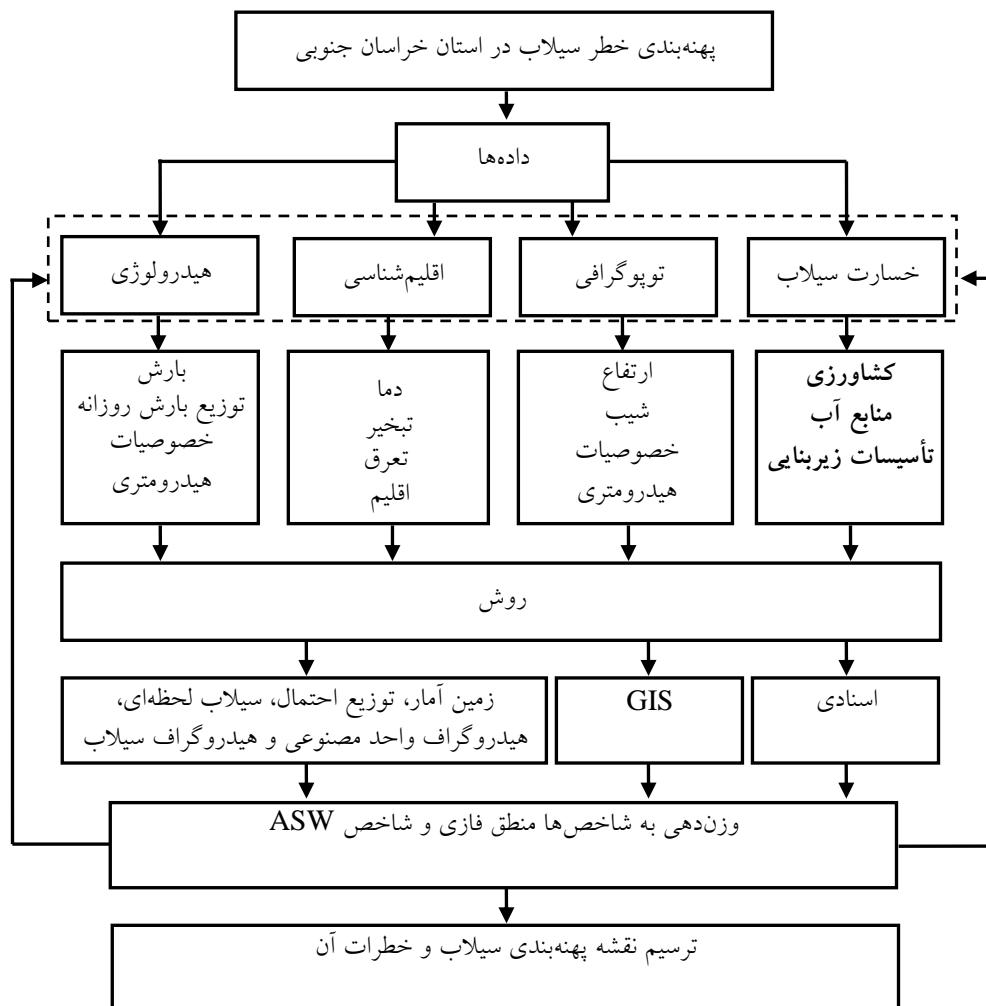
تعلق وزن مناسب به لایه‌ها و داده‌های مؤثر در پهنه‌بندی خطر سیلاب در استان خراسان جنوبی در

روش: تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیلاب به داده‌های متنوعی مانند داده‌های اقلیمی، هیدرولوژی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، شیب، ارتفاع و فعالیت‌های انسانی نیاز دارد. بنابراین تکنیک‌های انتخابی جهت استخراج نتایج شامل روش‌های زمین آمار و تحلیل‌های فضایی و رتبه‌بندی فاکتورهای مؤثر در سیلاب فازی و با کمک نرم‌افزار GIS انجام شده است.

لازم به ذکر است که نتایج محاسباتی این شاخص‌ها در بخش یافته‌های پژوهش ارائه شده است. در نهایت با توجه به مدل مفهومی ارائه شده نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب در استان خراسان جنوبی تهیه گردیده است.

روش فازی از شاخص‌های Fuzzy C-Means، (FCM) Means، استفاده شده است. این شاخص‌ها به کمک روابط ارائه شده در جدول ۲ در محیط نرم‌افزار S-plus 2000 محاسبه گردیده است

شکل ۲: مدل مفهومی پژوهش (نگارندگان)



اکوسیستم و به هم خوردن تعادل اکولوژیکی تشدید شده است. جدول ۳ خسارات وارده به استان را در طی یک دوره ۱۸ ماهه نشان می‌دهد که اقارم آن بسیار قابل تأمل است.

۴- یافته‌های تحقیق  
۴-۱- میزان خسارات سیل در استان خراسان جنوبی  
خسارات سیل در استان خراسان جنوبی در گذر زمان و با افزایش فشار جمعیت و فعالیتهای انسانی به

جدول ۳: میزان خسارات وارده بر اثر سیل در استان خراسان جنوبی

شهرستان	مشخصات		خسارات وارده			خسارات زراعی		خسارت باغی		خسارات منابع آبی، قنات، چاه، استخر
	حادثه		دام	طیور	ساختمانهای کشاورزی	مساحت زمین(هکتار)	مساحت محصول(تن)	مساحت زمین (هکتار)	محصول (تن)	تعداد
	نوع	زمان								
سربیشه	سیل	آبان ماه ۸۴	۲۰	۰	۲۱	۸۳۵	۵۰۰	۰	۰	۲۲
	سیل	۸۴/۱۱/۱۹	۰	۰	۱	۲۸۰	۱۰۴۰	۰	۰	۵
قاینات	سیل	۸۵/۲/۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲
	سیل	۸۵/۱۱/۲۰	۴۰۰	۰	۵	۲۱۰	۱۶۸۰	۳۰	۶۰	۲
درمیان	سیل	۸۵/۸/۲۴	۳۰	۰	۰	۱۰	۸۴	۴	۲۸	۱
	سیل	۸۵/۱۱/۲۶	۰	۰	۱	۱	۴۰۰	۰	۰	۱
بیرجند	سیل	۸۵/۲/۱۶	۷۰	۰	۲	۷۵۷۰	۱۵۲۰	۵۰۰۰	۵۰۲	۰
جمع		۷	۵۲۰		۳۰	۱۸۹۰۵	۵۲۲۴	۵۰۳۴	۵۹۰	۴۳

ماخذ: جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی ۱۳۸۸

#### ۲-۴- تأثیر عوامل مختلف مؤثر در پهنه‌بندی خطر

سیل‌خیزی استان خراسان جنوبی

بر اساس مدل فاصله اقلیدسی مهمترین شاخص‌ها در چهار گروه شامل:

۱- گروه اول مشخصات توپوگرافی و موفولوژیک حوضه‌های آبی و کاربری اراضی.

۲- گروه دوم شامل مشخصات اقتصادی و تأسیسات زیربنایی که بیشترین خسارات را در رخداد سیلاب‌ها متحمل می‌شوند.

۳- گروه سوم در برگیرنده متغیرهای دبی سالانه، دبی لحظه‌ای، بارش ۲۴ ساعته، میزان احتمال وقوع، مقدار دبی در دوره برگشت‌های مختلف.

۴- گروه چهارم متغیرهای میانگین دما، حداقل و حداکثر متوسط دما و نوع اقلیم می‌باشد.

#### ۳-۴- مشخصات هیدرومورفی حوضه‌های آبی

استان خراسان جنوبی

در مطالعات طبیعی مانند اقلیم‌شناسی، هیدرولوژی، سیل‌خیزی و ... حوضه‌های آبی به‌عنوان واحدهای مطالعاتی و اجرایی جهت برنامه‌ریزی انتخاب می‌گردند. در پژوهش حاضر نیز با توجه به هدف آن، حوضه‌های آبی به‌عنوان واحدهای مطالعاتی انتخاب گردیده‌اند. این حوضه‌های آبی که در واقع معبر انرژی و ماده محسوب می‌گردند، بخشی از رفتار هیدرواقليمی خود را تابع مشخصات هیدرومورفی مانند مساحت، ارتفاع، نسبت‌های فیزیوگرافی و شیب می‌باشند. براساس محاسبات و تدوین داده‌های DEM استان و واحدهای هیدرولوژیکی تعریف شده وزارت نیرو (درمورد حوضه‌های دارای ایستگاه آب‌سنجی و حوضه‌های آبخیز استان) دارای خصوصیتی به شرح جداول ۴ و ۵ هستند.

جدول ۴: مشخصات و موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری استان خراسان جنوبی (واحدهای هیدرولوژیک وزارت نیرو)

ارتفاع متوسط حوضه (متر)	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	شیب حوضه (درصد)	شیب آبراهه اصلی (درصد)	ضریب گراویلوس	متوسط بارندگی حوضه	مساحت حوضه (کیلومتر)	محیط (کیلومتر)	نام ایستگاه
۹۱۵/۴	۲۵	۰/۵	۰/۷۳	۱/۳	۱۷۹/۹۵	۲۱۷۳	۲۴۶/۵	جعفر مشهدی
۲۱۰/۸	۱۴/۵	۱۰/۸۲	۵/۲	۱/۱۴	۳۶۵	۸۵	۳۷/۵	صنوبر
۱۳۴۶	۵۷/۵	۱/۳	۱/۵	۱/۳۲	۲۲۰	۸۰۵	۳۵۳	ایرج آباد
۱۸۲۸	۴۶	۳۳	۳/۹	۱/۴۵	۲۱۱	۱۸۷/۹	۱۲۴	نیازطیس
۲۱۸۰	۳۷	۳/۱	۱/۶	۱/۴۳	۲۰۲	۳۴۶	۹۵	منصورآباد
۱۸۰۰	۳۲/۵	۲/۹	۳	۱/۵	۲۲۴	۶۶۵	۱۳۷/۵	افین
۱۹۱۰	۲۹	۲/۴	۱/۹	۱/۵	۱۵۰	۲۴۰/۸	۱۲۹	خونیک علیا
۱۶۹۱	۱۰۵	۲/۷۷	۱	۱/۴۴	۱۹۴	۳۶۶۹	۳۱۲	فرخی
۱۹۸۸	۲۵	۱۱/۵	۱/۵	۱/۴۱	۳۳۶	۲۸۵	۸۲/۵	باغ عباس
۲۰۸۵	۲۰	۱۹/۶	۲/۱	۱/۳۲	۳۵۰	۱۲۱	۵۱/۵	کلاته رحمان
۱۴۲۸	۳۳	۴/۳	۱/۱	۱/۲۸	۲۵۸	۵۰۵	۱۰۲	تیمنک
۲۲۱۱	۱۵	۲۵/۱	۳/۰۳	۱/۲۵	۳۶۸	۷۵	۳۸/۵	غار شیشه

ماخذ: محاسبات نگارندگان

جدول ۵: خصوصیات هیدرومورفی حوضه‌های آبخیز استان خراسان جنوبی

زیر حوضه	مساحت	اختلاف ارتفاع	طول آبراهه	زمان تمرکز (ساعت)	زمان تاخیر (ساعت)	زمان بارش موثر (ساعت)	زمان اوج (ساعت)	دبی حداکثر (متر مکعب به ازای رواناب)
خوسف	۹۱۰۰	۱۸۰۰	۱۸۸/۷۵	۲۲/۵۲	۱۴/۸۷	۳	۱۶/۳۶	۱۱۵/۶۷
قلعه زری	۱۳۰۰۰	۱۹۰۰	۱۱۹	۱۲/۹۵	۸/۵۵	۱/۷۲	۹/۴۱	۲۸۷/۴۵
ده سلم	۱۲۰۰۰	۱۹۰۰	۱۴۴/۲	۱۶/۱۶	۱۰/۶۷	۲/۱۵	۱۱/۷۴	۲۱۲/۵۵
نهبندان	۶۵۰۰	۱۸۰۰	۱۱۰/۴	۱۲/۱۲	۸	۱/۶۱	۸/۸۱	۱۵۳/۵۱
بندان	۲۳۰۰	۱۸۰۰	۱۱۲/۴	۱۲/۳۸	۸/۱۷	۱/۶۵	۸/۹۹	۵۳/۲
درج	۵۸۰۰	۱۹۰۰	۱۳۷/۳۸	۱۵/۲۸	۱۰/۰۹	۲/۰۳	۱۱/۱۰	۱۰۸/۶۴
مرزی	۷۹۰	۸۰۰	۲۰/۷	۲/۴	۱/۵۸	۰/۳۲	۱/۷۴	۹۴/۳۹
طیس سینا	۶۸۰۰	۲۱۰۰	۱۵۶/۷	۱۷/۱۲	۱۱/۳۰	۲/۲۸	۱۲/۴۴	۱۱۳/۷۲
پترگان	۵۷۰۰	۲۱۰۰	۱۳۱/۸۶	۱۴/۰۳	۹/۲۶	۱/۸۷	۱۰/۱۹	۱۱۶/۳۵
شاهرخت	۱۳۰۰	۸۰۰	۴۰/۳۶	۵/۱۸	۳/۴۲	۰/۶۹	۳/۷۶	۷۱/۸۳
شاسکوه	۹۴۰	۱۹۰۰	۳۴/۳	۳/۰۸	۲/۰۳	۰/۴۱	۲/۲۴	۸۷/۴۵
قائن	۵۵۰۰	۱۹۰۰	۱۲۷/۶۶	۱۴/۰۴	۹/۲۷	۱/۸۷	۱۰/۲	۱۱۲/۱۴
موسویه	۵۲۰۰	۱۲۰۰	۹۵/۵	۱۱/۹۹	۷/۹۱	۱/۵۹	۸/۷۱	۱۲۴/۲۱
سرایان	۷۴۰۰	۱۹۰۰	۸۵/۴۳	۸/۸۳	۵/۸۳	۱/۱۷	۶/۴۱	۲۳۹/۹۴
فردوس	۷۴۱۳/۶	۱۴۰۰	۱۸۸	۲۴/۶	۱۶/۳	۳/۲۷	۱۷/۹۳	۸۶

ماخذ: محاسبات نگارندگان براساس نقشه‌های توپوگرافی استان



۴-۴- تحلیل و برآورد مقادیر دبی حداکثر

الف: حوضه‌های دارای آمار دبی

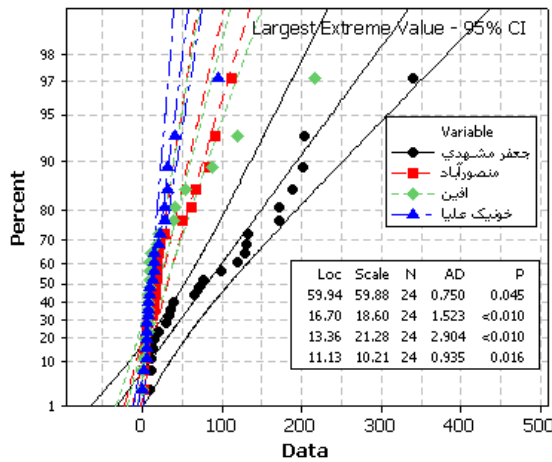
طبق بررسی‌های صورت گرفته، عوامل حدی بارش در مناطقی با اقلیم خشک مهمترین نقش را در ایجاد سیلاب‌های بزرگ دارند. البته علاوه بر آن تخریب سازه‌های آبی مانند سد، عدم رعایت حریم آبراهه و تغییرات شدید کاربری اراضی در آن از مهمترین عوامل ایجاد سیلاب می‌باشند. به منظور برآورد تقریبی و درست از سیلاب‌ها در استان خراسان جنوبی داده‌های حدی دبی در هر حوضه مورد بررسی قرار

گرفته (جدول ۶) تا مقادیر آن در دوره برگشت‌های مؤثر در ایجاد خسارت مشخص گردد. بدین منظور مقادیر دبی حدکثر هر ایستگاه طی دوره آماری به کمک توابع انتقال توزیع آماری در سطح اطمینان ۹۵٪ مورد آزمون قرار گرفتند. نمودارهای ۱ تا ۳ توزیع مناسب آماری هر ایستگاه را نشان می‌دهند. همچنین براساس فاکتورهای مانند احتمال وقوع و دوره برگشت مقادیر دبی حداکثر برآورد گردیده است (جدول ۷).

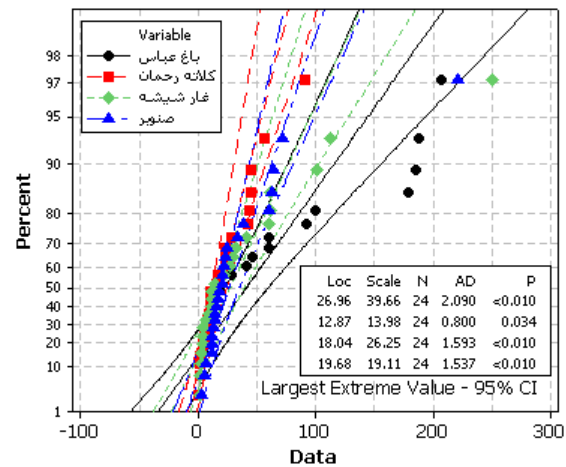
جدول ۶: دبی حداکثر ایستگاه‌های منطقه پس از بازسازی

خار شیشه	تیمکر	کلاته رحمان	باغ عباس	خونیک علیا	خونیک علیا	افین	منصورآباد	باز طبرس	باز آباد	صنوبر	جعفر مشهدی	
۲	۵/۷	۰/۳	۱/۷	۳/۱	۰/۴	۱/۱	۲/۲	۹/۲	۱/۵	۳	۹/۲	حداقل
۲۴۹/۸	۲۱۸/۳	۹۱/۱	۲۰۷/۶	۱۲۳/۶	۰/۹۶	۲۱۷/۸	۱۱۲/۱	۱۱۶/۹	۱۱۱/۴	۲۲۱/۴	۳۴۰	حداکثر
۳۷/۱	۶۷/۳	۲۱/۹	۵۴/۶	۵۰	۱۸/۱	۲۹/۸	۲۹/۵	۵۳/۲	۲۲/۷	۳۳/۸	۹۷/۱	میانگین
۳۰۱۶/۱	۳۲۰۴/۱	۴۹۵/۸	۴۵۸۴/۷	۱۲۶۴/۲	۳۹۰/۷	۲۴۵۲/۸	۹۸۴/۹	۸۷۳/۴	۴۷۷/۸	۱۹۹۱/۵	۷۱۶۶/۹	واریانس
۵۴/۹	۵۶/۶	۲۲/۳	۶۷/۷	۳۵/۶	۱۹/۸	۴۹/۵	۳۱/۴	۲۹/۶	۲۱/۹	۴۴/۶	۸۴/۷	انحراف معیار
۱۴۸	۸۴	۱۰۲	۱۲۴	۷۱	۱۰۹	۱۶۶	۱۰۶	۵۶	۹۶	۱۳۲	۸۷	ضریب تغییرات

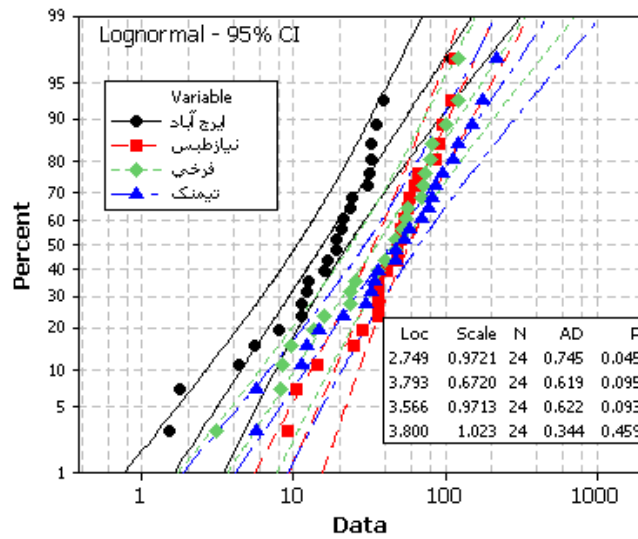
ماخذ: محاسبات نگارندگان



شکل ۴ نمودار توزیع داده‌های دبی حداکثر (LEV)



شکل ۳ نمودار توزیع داده‌های دبی حداکثر (LEV)



شکل ۵. نمودار توزیع داده‌های دبی حداکثر (Lognormal)

جدول ۷: حداکثر دبی لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف حوضه‌های مجاور منطقه مطالعاتی (مترمکعب بر ثانیه)

دوره بازگشت	احتمال وقوع	جعفر مشهدی	صنوبر	ایرج آباد	نیازطیس	منصورآباد	ایرج	لیرج آباد	فرخی	نیازطیس	کلاته رحمان	تیمنگ	غار شیشه
		گامبل		لوگ نرمال	لوگ نرمال	گامبل		گامبل	لوگ نرمال	لوگ نرمال	گامبل	لوگ نرمال	گامبل
۱۰۰	۱	۴۰۹	۱۸۴	۸۶/۶	۱۵۲	۲۴۰	۲۶۹	۷۵/۱	۱۸۴	۶۴۳	۱۰۵	۲۶۶	۳۹۰
۵۰	۲	۳۵۱	۱۴۳	۷۵	۱۳۵	۱۷۶	۱۸۸	۶۴/۵	۱۶۰	۴۳۶	۸۸/۴	۲۳۰	۲۶۸
۲۳۵	۴	۲۹۲	۱۰۸	۶۳/۳	۱۱۸	۱۲۴	۱۲۵	۵۳/۹	۱۳۶	۲۸۳	۷۲/۴	۱۹۳	۱۷۶
۱۰	۱۰	۲۱۴	۶۹/۸	۴۷/۵	۹۴/۶	۷۲/۸	۶۷/۳	۳۹/۶	۱۰۳	۱۴۵	۵۱/۳	۱۴۴	۹۲/۵
۵	۲۰	۱۵۴	۴۶/۵	۳۵/۲	۷۶/۲	۴۴/۱	۳۷/۵	۲۸/۶	۷۶/۸	۷۷/۵	۳۵/۴	۱۰۵	۵۰/۴
۲	۵۰	۷۱/۸	۲۱/۳	۱۷/۸	۴۸/۳	۱۶/۹	۱۲/۳	۱۳/۶	۴۰	۲۳/۴	۱۴/۷	۵۱/۸	۱۵/۸

ماخذ: محاسبات نگارندگان

است، جدول ۸ مقادیر شاخص‌های مذکور در زیر حوضه‌های ۱۴ گانه استان را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که با بررسی هیدروگراف‌های واحد ترسیم شده در بین زیرحوضه‌های استان، زیرحوضه پترگان با دبی ۵۳/۲ متر مکعب در ثانیه کمترین و زیرحوضه درج با دبی ۲۸۷ مترمکعب در ثانیه بیشترین است.

ب: حوضه‌های فاقد آمار دبی  
روش هیدروگراف واحد مصنوعی یکی از روشهای ابداعی هیدرولوژیستها جهت برآورد دبی در حوضه‌های فاقد آمار بارش و دبی ثبت شده است که بر اساس خصوصیات فیزیکی حوضه‌ها قابل محاسبه است و دو روش معمول آن، روش اشنایدر و SCS است. در این پژوهش از روش SCS استفاده شده

جدول ۸: رتبه سیل خیزی زیرحوضه‌های استان خراسان جنوبی بر اساس شاخص SCS

زیر حوضه	مساحت	دبی حداکثر	دبی ویژه	ضریب گراولیوس
خوسف	۹۴۰	۸۷/۴۵	۰/۰۹	۱/۲۲
قلعه زری	۱۲۰۰۰	۲۱۲/۵۵	۰/۰۲	۱/۲۳
ده سلم	۱۳۰۰	۷۱/۸۳	۰/۰۶	۱/۳۶
نهبندان	۵۸۰۰	۱۰۸/۶۴	۰/۰۲	۱/۴۱
بندان	۵۲۰۰	۱۲۴/۲۱	۰/۰۲	۱/۴۲
درح	۱۳۰۰۰	۲۸۷/۴۵	۰/۰۲	۱/۴۳
مرزی	۷۴۱۳/۶	۸۶	۰/۱۱	۱/۴۵
طبس سینا	۹۱۰۰	۱۱۵/۶۷	۰/۰۱	۱/۴۹
پترگان	۲۳۰۰	۵۳/۲	۰/۰۲	۱/۴۹
شاهرخت	۵۵۰۰	۱۱۲/۱۴	۰/۰۲	۱/۵۵
شاسکوه	۶۸۰۰	۱۱۳/۷۲	۰/۰۲	۱/۵۸
قائن	۵۷۰۰	۱۱۶/۳۵	۰/۰۲	۱/۶
موسویه	۷۴۰۰	۲۳۹/۹۴	۰/۰۳	۱/۷۶
سرایان	۶۵۰۰	۱۵۳/۵۱	۰/۰۲	۱/۷۹
فردوس	۷۴۱۳	۸۶	۰/۰۱۱	۱/۶

ماخذ: محاسبات نگارندگان

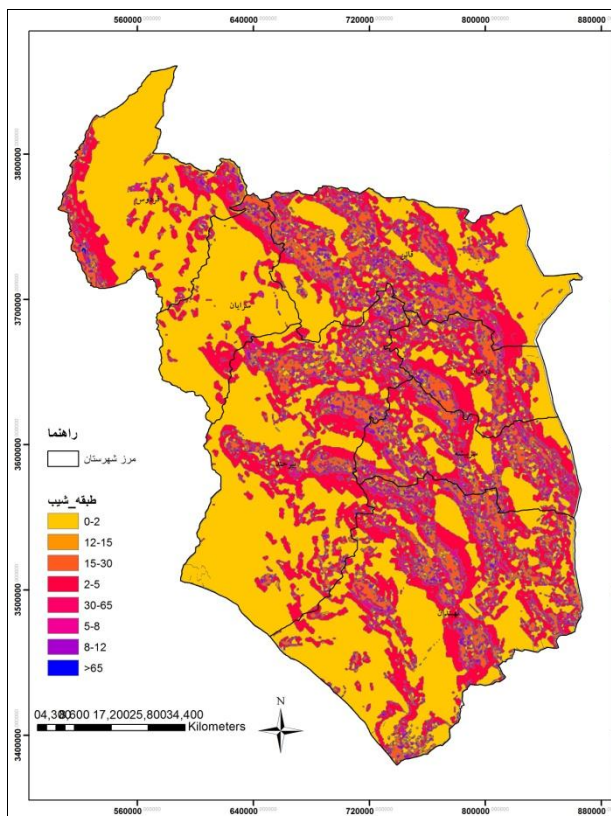
#### ۵-۴- لایه‌های مؤثر در سیلاب

##### ۱- شیب

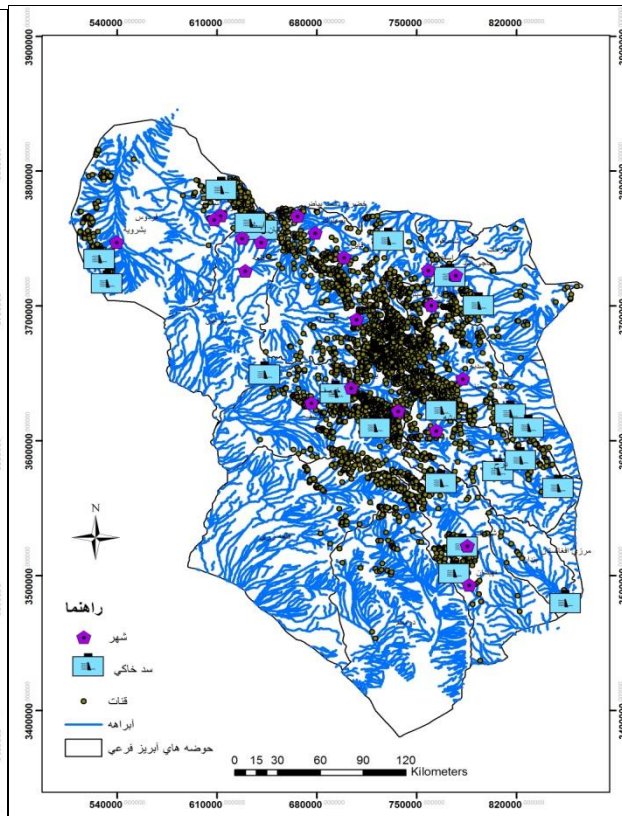
از نظر شیب طبقه شیب ۲-۰ درصد حدود ۵۰/۹۹ درصد و طبقه بیشتر از ۶۵ درصد با ۰/۰۴ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین سهم از وسعت استان را در بر دارند. بیش از ۹۱/۲۲ درصد استان در طبقات شیب کمتر از ۱۵ درصد قرار دارد که این امر نشان‌دهنده بالا بودن سطوح آبگیر یا سیلاب‌دشت‌ها در مناطق حاشیه رودخانه‌ها می‌باشد (نقشه ۱).

#### ۲- شبکه زهکشی طبیعی

شبکه هیدروگرافی هر حوضه تحت تأثیر عواملی چون اقلیم، خاک و پوشش گیاهی، جنس سازنده و خصوصیات فیزیکی حوضه شکل گرفته و تکامل می‌یابد. با شناخت وضعیت آبراهه‌های یک حوضه می‌توان به چگونگی تغذیه و تخلیه رواناب و رسوب در حوضه و فرسایش‌پذیری آن پی برد. در استان خراسان جنوبی ضریب تراکم ۲۴۸ کیلومتر به ازای هر کیلومتر مربع و نسبت انشعاب برابر با ۵/۴۶ می‌باشد (نقشه ۲).



شکل ۷. نقشه طبقات شیب استان خراسان جنوبی



شکل ۶. نقشه شبکه آبراهه و زیرحوضه‌های خراسان جنوبی.

ترسیم: نگارندگان

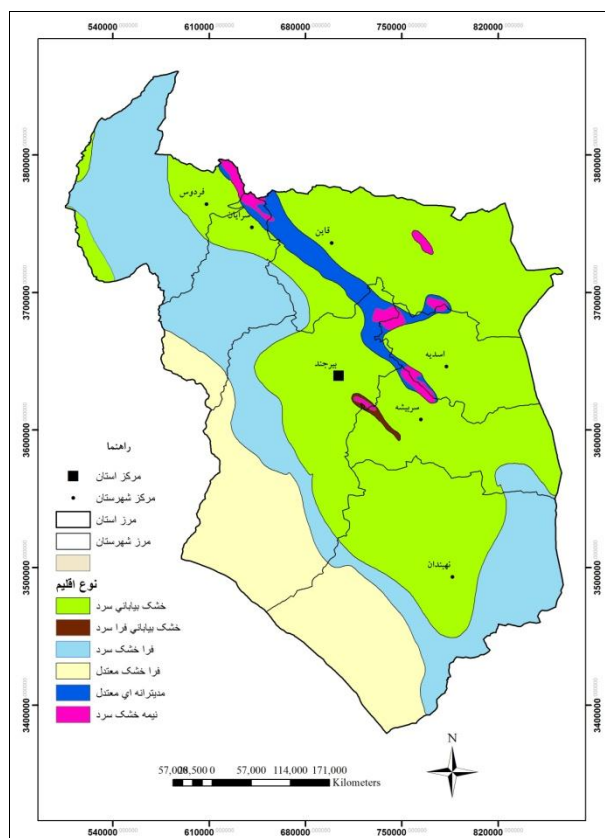
۳۶ میلیمتر (جنوب و جنوب غربی استان در حاشیه کویر لوت) و بالاترین مقدار آن به میزان بیش از ۲۰۰ میلیمتر در ایستگاه‌های فتح‌آباد، موسویه، منصورآباد و بیهود (عموماً در بخشهای شمالی استان و مناطق کوهستانی قرار گرفته‌اند) گزارش شده، که بیانگر توزیع بسیار نامنظم بارش در گستره مکانی استان است.

تبخیر و تعرق: میزان تبخیر از سطح طشت (آبهای آزاد) از میلیمتر ۲۴۲۵ در ایستگاه قاین تا ۳۵۴۰ میلیمتر در ایستگاه خور بیرجند در نوسان بوده و علاوه بر آن بیشترین میزان تبخیر ماهانه مربوط به ماههای تیر و مرداد است (نقشه ۳ طبقه‌بندی اقلیمی استان خراسان جنوبی را نشان می‌دهد).

### ۳- شرایط اقلیمی

دما: قاین با دمای ۱۱/۹ درجه سانتیگراد به عنوان سردترین نقطه استان در فصل سرد سال و خنک‌ترین نقطه در طول سال است. ایستگاه سریشه با درجه حرارت متوسط سالانه ۱۲/۹ درجه سانتیگراد، منصورآباد با دمای متوسط سالانه ۱۳/۵ درجه سانتیگراد در رتبه بعدی قرار دارد، بعد از آن ایستگاه‌های بیرجند، خوسف و نهبندان قرار دارند. بالاترین درجه حرارت مربوط به ایستگاه‌های بشرویه با ۱۹/۱، نهبندان با ۱۷/۵ و فردوس با دمای ۱۷/۲ درجه سانتیگراد است.

بارش: کمترین میزان بارندگی استان از ایستگاه‌های سهل‌آباد، حیدرآباد و ده‌سلم به میزان ۳۱/۵، ۳۵/۵ و



شکل ۸. نقشه طبقه‌بندی اقلیمی استان خراسان جنوبی

ترسیم: نگارندگان

مهم که در معرض سیلاب قرار دارد، تأسیسات مهمی مانند دانشگاه، بیمارستان، گمرک، نیروگاه، فرودگاه، پمپ بنزین و پستهای ۴۰۰ و ۱۳۲ کیلوولت است که با توجه به اهمیت این مناطق در امر مدیریت بحران و خدمات‌رسانی به سیل‌زدگان از اهمیت بالایی برخوردار هستند. تعداد این تأسیسات به ۲۱ واحد می‌رسد که بیشترین تعداد آن در شهرستان بیرجند، قاین و نهبندان قرار دارند.

تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده طی دوره آماری ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۱ نشان می‌دهد که بیشتر بخش‌های شمالی استان شامل شهرستانهای قاینات، سریشه و بیرجند در معرض خطر سیل قرار داشته‌اند که در این میان تخریب ۳۹۶۵ هکتار اراضی کشاورزی،

#### ۶-۴- تحلیل فضایی مخاطرات سیل در مراکز

##### جمعیتی و اقتصادی استان خراسان جنوبی

بر اساس جدول ۹، ۹ مرکز شهری استان و ۱۵۳ نقطه روستایی آن در معرض خطر سیل قرار دارند. جمعیت نقاط شهری در معرض خطر سیلاب برابر با ۲۱۳۱۹۹ نفر و جمعیت روستایی در معرض خطر سیل برابر با ۳۲۶۸۴ نفر است که شهرستانهای قاین و بیرجند بیشترین تعداد و سایر شهرستانها در رتبه‌های بعدی قرار دارند. علاوه بر آن تعداد ۱۱۳ کارگاه اقتصادی استان با جمعیت ۴۵۹۸ نفر در معرض خطر سیل قرار گرفته که از این تعداد شهرستان بیرجند به دلیل جایگاه اقتصادی و تمرکز کارگاه‌ها در آن بیشتر در معرض خطر سیل قرار دارد. از دیگر موارد مراکز قابل توجه و

۶۶۰ رشته قنات، ۳۴۰ دهنه پل، ۵۲۹۵ واحد مسکونی، کارگاه‌ها و تأسیسات در معرض خطر سیل استان را  
 مرگ ۷ انسان و ۳۷۵۳ راس دام از جمله خسارات آن بازگو نموده و نقشه ۴ توزیع فضایی نقاط ذکر شده در  
 هستند. جدول ۹ نقاط جمعیتی (شهری و روستایی) جدول ۹ را نشان می‌دهد.

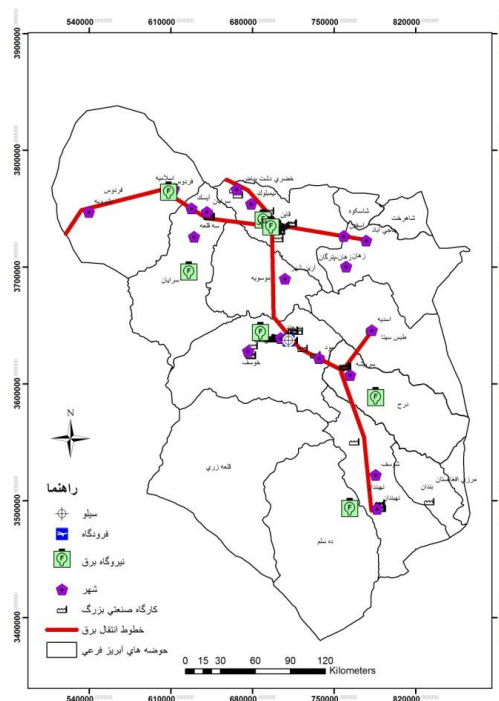
جدول ۹: نقاط جمعیتی و تأسیسات مهم قرار گرفته در محدوده خطر سیل

عنوان شهرستان	شهر		روستا		کارگاه		تاسیسات مهم*	قنات
	تعداد	جمعیت (نفر)	تعداد	جمعیت (نفر)	تعداد	جمعیت (نفر)		
بیرجند	۲	۱۷۰۲۰۶	۱۵	۲۰۱۸	۷۵	۲۹۵۸	۹	۳۳
درمیان	۱	۴۸۳۹	۲۱	۸۴۵۱	۱	۳۰۰	۱	۴۲
سرایان	۱	۵۰۶۷	۱۰	۳۱۴۵	۳	۶۱	۱	-
سربیشه	۱	۶۷۸۰	۲۲	۳۲۲۵	۶	۱۰۰	۱	۲۳
قاینات	۳	۹۰۴۳	۴۲	۹۱۴۹	۲۱	۷۴۵	۶	۲۹
نهبندان	۱	۱۷۲۶۴	۴۳	۶۶۹۶	۷	۴۳۴	۳	۱۲
جمع کل	۹	۲۱۳۱۹۹	۱۵۳	۳۲۶۸۴	۱۱۳	۴۵۹۸	۲۱	۱۳۹

ماخذ: معاونت برنامه‌ریزی استان خراسان جنوبی سال ۱۳۸۵

\* تأسیسات مهم شامل: دانشگاه، بیمارستان، گمرک، نیروگاه، فرودگاه، پمپ بنزین شهر سده و پستهای ۴۰۰ و ۱۳۲ کیلوولت است.

از دیگر مواد مهم در این زمینه قناتها به عنوان مهمترین منبع تأمین آب در استان است که به دلیل پیروی نمودن قنوات از شکل مخروطه افکنه و همچنین سیل‌گیر بودن این عارضه (مخروطه افکنه) میزان خطرپذیری آن را افزایش داده است.



شکل ۹. نقشه توزیع فضایی شهرها و مراکز اقتصادی و زیربنایی در معرض خطر سیل در استان خراسان جنوبی

ترسیم: نگارندگان

۴-۷- وزن‌دهی به لایه‌های مؤثر در سیلاب

همان‌گونه که در روش تحقیق اشاره گردید، وزن‌دهی لایه‌های مؤثر در سیلاب در چارچوب منطق فازی صورت گرفته است. شاخص‌های استفاده شده در این مورد شامل شاخص Dunn Index، FCM و ASW می‌باشد.

شاخص Dunn: این شاخص بیانگر عضویت در گروه توأم با کمترین واریانس می‌باشد. مقدار این شاخص برای گروه‌بندی‌ها و تعیین شاخص‌ها و وزن لایه مؤثر در سیلاب برابر با  $0/713$  می‌باشد. شاخص FCM: این شاخص در مورد لایه‌های مختلف به شرح جدول ۱۰ می‌باشد.

جدول ۱۰: شاخص FCM در لایه‌های مختلف

اعضا	خوشه اصلی	همسایه	میانگین همپوشانی
۱	۱	۳	۰,۸۶
۳	۱	۳	۰,۸۵
۱۴	۱	۳	۰,۸۵
۸	۱	۳	۰,۶۰
۶	۲	۴	۰,۸۲
۲	۲	۴	۰,۷۸
۹	۳	۴	۰,۸۶
۱۱	۳	۴	۰,۸۴
۴	۳	۴	۰,۸۰
۵	۳	۴	۰,۷۹
۱۲	۴	۳	۰,۴۲
۷	۴	۲	۰,۳۵
۱۰	۴	۳	۰,۱۴
۱۳	۴	۳	-۰,۲۵

براساس شاخص مذکور بیشترین وزن متعلق به متغیرهای به گروه اول شامل عوامل بارش سالانه، حداکثر بارش روزانه، شیب و شبکه آبراهه می‌باشد و کمترین تعلق مربوط به نوع اقلیم می‌باشد. همچنین گروه اول شامل متغیرهای هیدروکلیماتولوژی در همپوشانی با عوامل جمعیتی و اقتصادی بیشترین تأثیر را در ایجاد خطرپذیری سیلاب ایفا می‌کنند.

شاخص ASW: این شاخص به عنوان شاخص میزان همپوشانی گروه‌ها و همپوشانی عوامل مؤثر بر سیلاب است. در واقع بیانگر میزان هم‌افزایی در مقادیر مثبت بالاتر از  $60\%$  یا کاهشی در مقادیر کمتر

از  $60\%$  می‌باشد. مقدار این شاخص برای گروه‌های چهارگانه مؤثر بر خطر سیلاب استان خراسان جنوبی به شرح جدول ۱۱ است.

جدول ۱۱: شاخص ASW در بین گروه‌های مؤثر بر خطر سیلاب

گروه	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴
ASW	$79\%$	$79/8\%$	$83\%$	$17\%$

براساس جدول ۱۱ فاکتورهایی مانند دبی سالانه، دبی لحظه‌ای، حداکثر بارش روزانه، احتمال وقوع و میزان دبی در دوره برگشت‌های مختلف با شاخص همپوشانی  $83\%$  بیشترین سهم را در ایجاد سیلاب‌ها و خطرات آن دارند.

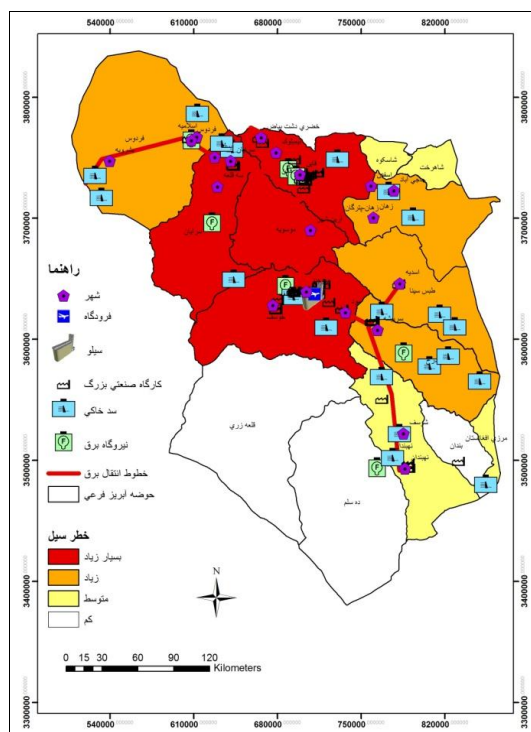


و استقرار نقاط جمعیتی و اقتصادی در این ناحیه، نسبت به ناحیه بیابانی استان (جنوبی، غربی و جنوب شرقی) به دلیل شیب پایین، کمبودن میزان بارندگی، بالا بودن تبخیر (در حین بارش) از خطر سیل خیزی بیشتر و میزان خسارت بالاتری برخوردار است. براساس نتایج حاصله از لایه بندی مختلف ارائه شده در بالا و وزن های اختصاص یافته به لایه های مختلف، حوضه های آبخیز استان از نظر خطر سیل خیزی و خسارات ناشی از آن به شرح جدول ۱۲ و نقشه ۵ است.

فاکتورهای توپوگرافی مانند ارتفاع، شیب، کاربری اراضی، تراکم آبراهه و رتبه آبراهه با ۷۹/۸٪ در رتبه دوم و استقرار نقاط سکونتگاهی، تأسیسات زیربنایی، منابع تأمین آب با ۷۹٪ در رده سوم قرار دارند و فاکتورهای اقلیمی مانند دما، تبخیر و نوع اقلیم با ۱۷٪ در رده آخر اهمیت قرار دارند. بر اساس توزیع فضایی و جغرافیایی کانوهای سیل خیزی در استان و انطباق آن با نقشه ارتفاعی، هم بارش و هم اقلیم می توان گفت که بخش کوهستانی استان به دلایلی مانند شیب بیشتر، بارش بالاتر، بهتر بودن شرایط همرفت (مکانیسم بارش های ناگهانی) تعداد بیشتر شبکه زهکشی

جدول ۱۲: طبقه بندی حوضه های آبریز استان خراسان جنوبی از نظر خطر سیل خیزی و خسارات ناشی از آن

نام حوضه ها	شدت خطر
قائن - موسویه - خوسف - سرایان	شدید
فردوس - درح - زهان - طبس سینا	نسبتاً شدید
مرزی - شاهرخت - نهندان - شاسکوه	متوسط
قلعه زری - ده سلم - بندان	کم



شکل ۱۰. نقشه طبقه بندی خطر سیل خیزی در حوضه های آبریز استان خراسان جنوبی  
ترسیم: نگارندگان



## ۵- نتیجه‌گیری

بلایای طبیعی همواره زندگی بشر را تحت تأثیر قرار داده است و گریزی از آنها وجود ندارد و بناچار باید با آنها همزیستی کرد و سنگ بنای این امر نیز شناخت درست و مواجهه اصولی با بلایای طبیعی است. از میان انواع گوناگون بلایای طبیعی، برپایه آمار و اطلاعات موجود، سیل بیش از سایرین موجب تلفات و خسارات به جوامع انسانی و زیرساختهای اقتصادی شده است. ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی خود با انواع مختلف بلایای طبیعی مواجه است که از این میان همواره در طول سال اخباری از سیل‌گرفتگی شهرها، روستاها و زیرساختهای کشور با خسارات و تلفات قابل توجه به گوش می‌رسد. استان خراسان جنوبی با توجه به طبقه‌بندی اقلیمی از نوع خشک و بیابانی و وقوع بارش‌های سیل‌آسا و رگباری در آن به‌طور طبیعی از پتانسیل سیل‌خیزی بالایی برخوردار است که علاوه بر آن روند توسعه‌ناپایدار و به‌هم خوردن تعادل اکولوژیک موجب تشدید این وضعیت شده است. نتایج پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی در این استان نشان می‌دهد که بخش زیادی از جوامع انسانی ساکن در آن شامل ۹ شهر و ۱۵۳ روستا با مجموع بیش از ۲۵۰ هزار نفر جمعیت که بیش از ۳۷ درصد جمعیت استان را تشکیل می‌دهد، در معرض خطر سیل قرار دارند و علاوه بر آن شمار زیادی از مراکز مهم و حیاتی این استان از جمله فرودگاه، دانشگاه، نیروگاه برق و بیمارستان نیز در خطر قرار گرفته‌اند. این امر نشان می‌دهد که در گذشته فعالیتهای توسعه‌ای و مکان‌یابی و تخصیص کاربری‌های اراضی با اصول و ضوابط علمی و آمایشی انجام نشده است. عدم اصلاح این رویه‌ها و چاره‌جویی برای وضع موجود،

همواره یک بحران خفته و اتلاف منابع انسانی و اقتصادی را نوید می‌دهد. بنابراین لازم است در این خصوص مطالعه و اطلاع‌رسانی شایسته صورت گرفته و نسبت به تبعات ادامه وضع موجود به مسئولین، مردم و فعالان اقتصادی هشدار داده شود. چرا که علاوه بر تلفات و خسارات جانی و مالی فراوان، ممکن است مراکز فعالیت اقتصادی نیز برای همیشه نابود شود که این امر موجب تشدید چرخه فقر و عقب‌ماندگی در این استان محروم می‌شود.

## منابع

افتخاری، عبدالرضا رکن‌الدین، سجاسی قیداری، حمدالله و صادقلو، طاهره (۱۳۸۸)، ارزیابی پهنه‌بندی روستاهای در معرض خطر سیلاب با استفاده از مدل HEC-Geo RAS در محیط GIS مطالعه موردی: روستاهای حوزه گرگانرود. مجله توسعه روستایی؛ پاییز و زمستان ۱۳۸۸ - ۱ - پیاپی ۳۶.

امیراحمدی، ابوالقاسم؛ کرامتی، صغری و احمدی، طیبه (۱۳۹۰)، ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر نیشابور در راستای توسعه شهری، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال دوم، هفتم.

تلوری، عبدالرسول (۱۳۷۶)، مدیریت و مهار سیلاب، کارگاه آموزشی و تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران.

جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی (۱۳۸۸)، سالنامه آماری استان.

حاجی‌قلی‌زاده، م. (۱۳۸۳)، «بررسی نقش دخالت‌های انسانی بر رفتار سیل در بخشی از رودخانه کن تهران»، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع-طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.

سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان خراسان جنوبی  
(۱۳۸۵).

مهدوی، محمد (۱۳۷۶)، «بررسی آثار اقتصادی - اجتماعی و زیست محیطی خسارات سیل»، کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران.

نقشه‌های توپوگرافی استان خراسان جنوبی، سازمان نقشه برداری کشور، نقشه‌های ۵۰۰۰۰ : ۱.

وزارت نیرو (۱۳۸۵)، راهنمای ارزیابی خسارت سیلاب، شرکت مدیریت منابع آب ایران، نشریه ۲۹۶ الف.

وطن فدا، جبار (۱۳۸۱)، بررسی وضعیت سیل کشور: مشکلات و راهکارها، مینار کاهش اثرات و پیشگیری از سیل، گرگان.

وهابی، جلیل (۱۳۷۶) پهنه‌بندی خطر سیل با بکارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه آبخیز طالقان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.

Bezdek, James C (1981), Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms, Kluwer Academic Publishers Norwell, MA, USA.

Carpenter, G. A; Grossberg, S; Markuzon, N; Reynolds, J. H & Rosen, D.B (1992) Fuzzy ARTMAP: A neural network architecture for incremental supervised learning of analog multidimensional maps. IEEE Transactions on Neural Networks. 713-698-731(53).

Dunn, J. C. (1973), A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters, Journal of Cybernetics, Volume 3, Issue 3.

WMO (World Meteorological Organization), (2008), "Urban Flood Risk Management A Tool for Integrated Flood Management" Technical Document No.11, Flood Management Tools Series.

خسروشاهی، م. (۱۳۷۶)، «بهبودی و اصلاح مسیر رودخانه‌ها»، کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران.

خیری‌زاده، منصور؛ ملکی، جبرائیل و عمونیا، حمید (۱۳۹۱)، پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز مردق‌چای با استفاده از مدل ANP، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۳، زمستان ۱۳۹۱.

زمانی، مجید؛ جمشیدی، ارنواز و نبوتی، احسان (۱۳۸۵)، روش‌های پیشگیری و کاهش خسارات سیل و بررسی وضعیت سیل کشور، سیزدهمین کنفرانس دانشجویان مهندسی عمران سراسر کشور، کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

شعبانلو، سعید؛ صدقی، حسین؛ ثقفیان، بهرام و موسوی جهرمی، حبیب (۱۳۸۷)، پهنه‌بندی سیلاب در شبکه رودخانه‌های استان گلستان با استفاده از GIS، مجله پژوهش آب ایران، سال دوم/ سوم/ پاییز و زمستان ۱۳۸۷.

صادقی، س.ح.ر؛ جلالی‌راد، ر. و علی‌محمدی سراب، ع. (۱۳۸۲)، «پهنه‌بندی سیل با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS و سامانه اطلاعات جغرافیایی (منطقه مورد مطالعه: حوضه آبخیز شهری دارآباد تهران)»، پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر، ش ۲: ۳۴-۴۷.

صدقی، حسین (۱۳۷۳)، هیدرولوژی سیلاب، مجله عمران، ۲۱ ص ۲۱-۱۴.

محمود زاده، حسن؛ امامی‌کیا، وحید و رسولی، علی اکبر (۱۳۹۴)، ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر تبریز با استفاده از روش AHP، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۰، ۱، بهار ۱۳۹۴، پیاپی ۱۱۶.

Wohl, E. E (2000), *Inland Flood Hazards (Human, Riparian, and Aquatic Communities)*. Cambridge University Press, Cambridge.