

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی

بررسی سیل خیزی ارتفاعات شمال کلاته ملا، دامغان

نگارنده: محسن جاوید

استاد راهنما

دکتر غلامحسین کرمی

مهر ۱۳۹۹

شماره: ۹۹،۹،۲۳۷
تاریخ: ۹۹،۹،۱۱

باسمه تعالی



فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای **محسن جاوید** با شماره دانشجویی ۹۶۰۴۷۵۴ رشته زمین شناسی گرایش زیست محیطی تحت عنوان **بررسی سیل خیزی ارتفاعات شمال کلاته ملا، دامغان** که در تاریخ ۹۹/۰۷/۲۸ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☒ الف) درجه عالی: نمره ۱۹-۲۰	☒ ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸-۱۸/۹۹
☐ ج) درجه خوب: نمره ۱۶-۱۷/۹۹	☐ د) درجه متوسط: نمره ۱۴-۱۵/۹۹
☐ ه) کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد	
☒ نظری	☐ عملی

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر غلامحسین کرمی	دانشیار	
۲- استاد راهنمای دوم	_____		
۳- استاد مشاور	_____		
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمود صادقیان	دانشیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر افشین قشلاقی	استادیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر خلیل اژدری	دانشیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:



سپاسگزاری

سپاس بیکران خداوند یکتا را که ما را هستی بخشید و به طریق علم و دانش را بنمون شد و به ہم نشینی بارهروان دانش
مفتخرمان نمود.

بی شک جایگاه معلم برجسته تر از آن است که زبان قاصر و دست ناتوان من توان تحلیل و قدردانی از
این مقام ارجمند را داشته باشد، اما از آنجائی که وظیفه هر شاگردی قدردانی از زحمات معلم می باشد، بر خود
لازم می دانم به این وسیله از زحمات بی دریغ و ارزشمند استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر غلامحسین
کرمی که در تمام مراحل این تحقیق یاور من بودند کمال تشکر و امتنان را داشته و آرزو مند سلامتی و پیروزی
ایشان از دگاه خداوند متعال باشم. از کلیه اساتیدی که در این دوره تحصیلی افتخار شاگردی آنها را داشته ام و
از همسرو فرزندانم به خاطر صبر و تحمل بی دریغ در زمان توجه من به این تحقیق سپاسگزارم.

محسن جاوید

تعمدنامه

اینجانب محسن جاوید دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی زیست محیطی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی سیل خیزی ارتفاعات شمال کلاته ملا، دامغان تحت راهنمایی دکتر غلامحسین کرمی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University of Technology** » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

منطقه مورد مطالعه شامل ارتفاعات شمال کلاته ملا از توابع شهرستان دامغان است که همانند اکثریت مناطق استان سمنان با کمبود شدید آب مواجه است. علیرغم کمبود شدید آب در این منطقه، هر ساله سیلاب های بزرگی از ارتفاعات شمال روستا جاری شده و ضمن از دست رفتن حجم قابل توجهی از آب های با کیفیت بالا، موجب بروز خسارت های فراوانی در محدوده کلاته ملا می شوند. در این تحقیق، سیل خیزی ارتفاعات شمال روستای کلاته ملا مورد بررسی قرار گرفته است. در منطقه مورد مطالعه دو آبراهه اصلی وجود دارد که مسیل های پشکی و ورچندکوهی نامیده می شوند. با توجه به آمار موجود و همچنین اطلاعات به دست آمده از بازدیدهای صحرایی ملاحظه می شود که تمرکز بالای بارش در منطقه، نفوذپذیری ناچیز اکثریت سازندهای موجود در منطقه، شیب بسیار زیاد منطقه کوهستانی (که به طور متوسط حدود ۴۲ درصد است)، برهنه بودن اکثریت سنگ ها در بخش کوهستانی و ناچیز بودن پوشش گیاهی موجب شده اند که منطقه از پتانسیل سیل خیزی بالایی برخوردار باشد. با توجه به داغ آب سیلاب نسبتاً بزرگی که در تاریخ ۲۸ شهریور ۱۳۹۸ رخ داده است، مقدار دبی اوج سیلاب مذکور با استفاده از روش میننگ برآورد شده است. سپس با استفاده از روش استدلالی، ضریب رواناب برای حوضه های پشکی و ورچندکوهی به ترتیب برابر با ۰/۳۷ و ۰/۲۸ برآورد شده است. با استفاده از اطلاعات رگبارهای با تداوم ها و دوره بازگشت های متفاوت در نزدیکترین ایستگاه سینوپتیک (ایستگاه هواشناسی شاهرود)، حجم و دبی اوج سیلاب های مربوطه برای حوضه های پشکی و ورچندکوهی محاسبه شده است. به منظور بررسی کیفی سیلاب در منطقه، نمونه سیلاب ۲۹ فروردین ۱۳۹۹ مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفته است. مقایسه نتایج شیمیایی نمونه سیلاب با آب های زیرزمینی منطقه بیانگر کیفیت بسیار بالاتر نمونه سیلاب است. به این ترتیب که هدایت الکتریکی سیلاب برابر با ۸۱۰ میکروموس بر سانتیمتر است که در مقایسه با هدایت الکتریکی آب های زیرزمینی منطقه (بین ۴۸۰۰ تا ۱۲۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر) به مراتب کمتر است. هم چنین ملاحظه می شود تیپ آب در نمونه سیلاب بی کربناته کلسیم ولی در تمام نمونه های آب های زیرزمینی منطقه کلروره سدیک است.

واژگان کلیدی: سیل خیزی، ضریب رواناب، دبی اوج، رگبار، کلاته ملا

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه.....	۱
۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق.....	۱
۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.....	۱
۳-۱- هواشناسی منطقه.....	۳
۴-۱- زمین شناسی منطقه.....	۵
۱-۴-۱- چینه شناسی منطقه.....	۶
۲-۴-۱- زمین شناسی ساختاری منطقه.....	۸
۵-۱- ژئومورفولوژی منطقه.....	۱۰
۶-۱- هیدروولوژی منطقه.....	۱۳
۷-۱- هیدروژئولوژی منطقه.....	۱۵
فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین درباره سیل خیزی در مناطق خشک.....	۱۹
۱-۲- عوامل موثر بر ایجاد سیلاب در مناطق خشک و نیمه خشک.....	۲۰
۲-۱-۱- تأثیر خصوصیات بارش.....	۲۱
۲-۱-۲- تأثیر لیتولوژی.....	۲۱
۳-۱-۲- تأثیر شیب توپوگرافی.....	۲۲
۴-۱-۲- تأثیر پوشش گیاهی.....	۲۳
۲-۲- روش های رایج برای برآورد رواناب در حوضه های فاقد آمار.....	۲۴
۳-۲- تأثیر سیلاب بر بهبود منابع آبی مناطق خشک و نیمه خشک.....	۲۷
فصل سوم: روش انجام کار.....	۲۹
۱-۳- جمع آوری آمار و اطلاعات مرتبط با موضوع مورد تحقیق.....	۲۹
۲-۳- انجام بازدیدهای صحرایی.....	۳۰
۳-۳- تهیه لایه های اطلاعاتی عوامل تاثیرگذار بر سیل خیزی منطقه.....	۳۰
۴-۳- ترسیم نمودار هیپسومتری حوضه های مورد مطالعه.....	۳۲
۵-۳- نقشه برداری و تعیین مقاطع طولی و عرضی در مسیرهای مهم منطقه.....	۳۲
۶-۳- برآورد حجم رواناب سالانه با استفاده از شاخص رواناب.....	۳۳
۷-۳- بررسی کیفی سیلاب های منطقه.....	۳۳
۸-۳- ارائه راهکارهای مناسب برای مهار سیلاب های منطقه.....	۳۴
فصل چهارم: بررسی سیلاب در منطقه ارتفاعات شمال کلاته ملا دامغان.....	۳۵

۳۷	۱-۴- بررسی خصوصیات فیزیوگرافی حوضه های مورد مطالعه
۳۷	۱-۱-۴- مساحت و محیط
۳۸	۲-۱-۴- شکل حوضه
۳۹	۳-۱-۴- ضریب انشعابات آبراه های
۴۰	۴-۱-۴- زمان تمرکز حوضه
۴۲	۵-۱-۴- شیب حوضه
۴۴	۶-۱-۴- هیپسومتری حوضه های مورد مطالعه
۴۶	۲-۴- برآورد میانگین بارش سالانه در منطقه شمال کلاته ملا
۴۶	۱-۲-۴- ایستگاههای بارانسنجی مورد مطالعه
۴۸	۲-۲-۴- تهیه نمودار ارتفاع- بارش
۴۹	۳-۲-۴- برآورد مقدار بارندگی منطقه برای تداومهای مختلف در دوره بازگشتهای مختلف
۵۲	۳-۴- بررسی عوامل موثر بر ظهور سیلاب در منطقه شمال کلاته ملا
۵۲	۱-۳-۴- خصوصیات بارش
۵۳	۲-۳-۴- زمین شناسی منطقه
۵۵	۳-۳-۴- شیب توپوگرافی
۵۵	۴-۳-۴- پوشش خاک
۵۶	۵-۳-۴- پوشش گیاهی
۵۷	۴-۴- بررسی کمی سیلاب در منطقه شمال کلاته ملا
۵۷	۱-۴-۴- برآورد دبی اوج سیلاب با استفاده از روش منینگ
۶۲	۲-۴-۴- برآورد ضریب رواناب در منطقه
۶۳	۳-۴-۴- آنالیز نمودارهای IDF و برآورد دبی سیلاب ها برای دوره بازگشت های مختلف
۶۶	۴-۴-۴- محاسبه حجم سیلاب در منطقه با استفاده از GIS
۶۷	۱-۴-۴-۴- بررسی تأثیر لیتولوژی بر رواناب
۶۸	۲-۴-۴-۴- بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر رواناب
۶۹	۳-۴-۴-۴- بررسی تأثیر شیب بر رواناب
۷۱	۴-۴-۴-۴- بررسی تأثیر بارندگی بر رواناب
۷۲	۵-۴-۴-۴- بررسی تأثیر پوشش سطحی زمین بر رواناب
۷۳	۶-۴-۴-۴- وزندهی به لایه های اطلاعاتی حوضه های مورد بررسی
۷۴	۷-۴-۴-۴- برآورد ارتفاع رواناب تولیدی در منطقه مورد مطالعه
۷۴	۵-۴- بررسی کیفی سیلاب در منطقه شمال کلاته ملا

۷۶	۴-۵-۱- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و غلظت یونهای اصلی در سیلاب های منطقه
۷۶	۴-۵-۲- تعیین رخساره های هیدروژئوشیمیایی
۷۸	۴-۵-۳- بررسی کیفیت سیلاب برای مصارف کشاورزی
۷۹	۴-۶-۱- ارائه راهکارهای مناسب برای مهار سیلاب در منطقه شمال کلاته ملا
۸۰	۴-۶-۱-۱- احداث بندهای ذخیره‌های کوچک در خروجی حوضه ها
۸۱	۴-۶-۲- احداث تورکینست در محدوده ورچندکوهی
۸۳	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها
۸۳	۵-۱- نتیجه گیری
۸۳	۵-۱-۱- تهیه نقشه همباران منطقه
۸۴	۵-۱-۲- بررسی عوامل موثر بر ظهور سیلاب در منطقه
۸۴	۵-۱-۳- برآورد ضریب رواناب در منطقه
۸۵	۵-۱-۴- برآورد حجم و دبی اوج سیلاب در دوره بازگشت های مختلف
۸۵	۵-۱-۵- ارزیابی کیفی سیلاب در منطقه
۸۶	۵-۲- پیشنهادها
۸۷	مراجع مورد استفاده
۸۹	Reference

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه..... ۲
- شکل ۲-۱- نمودار امپروترمیک منطقه..... ۵
- شکل ۳-۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه..... ۹
- شکل ۴-۱- واحد ژئومرفولوژیکی کوهستان در منطقه مورد مطالعه..... ۱۰
- شکل ۵-۱- واحد ژئومرفولوژیکی تپه ماهور در منطقه مورد مطالعه..... ۱۱
- شکل ۶-۱- واحد ژئومرفولوژیکی دشت در منطقه مورد مطالعه..... ۱۲
- شکل ۷-۱- واحد ژئومرفولوژیکی رودخانه در منطقه مورد مطالعه..... ۱۳
- شکل ۸-۱- نقشه هیدروگرافی منطقه مورد مطالعه..... ۱۵
- شکل ۹-۱- تغییرات سطح ایستابی در پیزومتر شمال غرب نعیم آباد در فاصله زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۹..... ۱۶
- شکل ۱۰-۱- تغییرات هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در منطقه در فاصله زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۹..... ۱۷
- شکل ۱-۴- موقعیت حوضه های آبگیر در بخش کوهستانی منطقه مورد مطالعه..... ۳۶
- شکل ۲-۴- نقشه خطوط تراز در حوضه های مورد مطالعه..... ۴۳
- شکل ۳-۴- نمودار هیپسومتری حوضه های مورد مطالعه..... ۴۵
- شکل ۴-۴- موقعیت ایستگاه های باران سنجی در منطقه مورد مطالعه..... ۴۷
- شکل ۵-۴- نمودار ارتفاع - بارش در منطقه مورد مطالعه..... ۴۸
- شکل ۶-۴- نقشه هم باران منطقه..... ۴۹
- شکل ۷-۴- نمودار شدت - مدت - فراوانی برای ایستگاه سینوپتیک شاهرود (کرمی و امام قلیزاده ۱۳۹۸)..... ۵۲
- شکل ۸-۴- الف) لیتولوژی شیل و بین لایه ای های دولومیت مربوط به سازند باروت در ارتفاعات شمال کلاته ملا..... ۵۴
- شکل ۹-۴- پوشش گیاهی ضعیف در منطقه شمال کلاته ملا..... ۵۶
- شکل ۱۰-۴- تصویری از تهیه نیمرخ های عرضی و طولی در مسیل پشکی..... ۵۹
- شکل ۱۱-۴- نیمرخ عرضی مسیل پشکی..... ۵۹
- شکل ۱۲-۴- نیمرخ طولی مسیل پشکی..... ۶۰
- شکل ۱۳-۴- نیمرخ عرضی مسیل ورچندکوهی..... ۶۰
- شکل ۱۴-۴- نیمرخ طولی مسیل ورچندکوهی..... ۶۱

- شکل ۴-۱۵- لایه لیتولوژی حوضه مورد مطالعه..... ۶۸
- شکل ۴-۱۶- لایه اطلاعاتی پوشش گیاهی حوضه مورد مطالعه..... ۶۹
- شکل ۴-۱۷- لایه اطلاعاتی شیب حوضه مورد مطالعه..... ۷۰
- شکل ۴-۱۸- لایه اطلاعاتی بارندگی در حوضه مورد مطالعه..... ۷۱
- شکل ۴-۱۹- لایه پوشش سطحی زمین در حوضه مورد مطالعه..... ۷۲
- شکل ۴-۲۰- مقدار شاخص رواناب در حوضه مورد مطالعه..... ۷۳
- شکل ۴-۲۱- تصویری از سیلاب رودخانه پشکی در تاریخ ۲۹ فروردین ۱۳۹۹..... ۷۵
- شکل ۴-۲۲- تصویری از سیلاب در محدوده روستا در تاریخ ۲۹ فروردین ۱۳۹۹..... ۷۵
- شکل ۴-۲۳- نمودار پایپر نمونه های سیلاب و آب زیرزمینی در منطقه..... ۷۷
- شکل ۴-۲۴- نمودار استیف نمونه های سیلاب و آب زیرزمینی در منطقه..... ۷۸
- شکل ۴-۲۵- نمودار ویلکاکس نمونه های سیلاب و آب زیرزمینی در منطقه..... ۷۹
- شکل ۴-۲۶- تصویری از یک دره کوهستانی با عرض کم در شمال کلاته ملا..... ۸۱
- شکل ۴-۲۷- تصویری از محل مناسب برای احداث تورکینست..... ۸۲

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱ - میانگین بارندگی و درجه حرارت ماهانه در ایستگاه مومن آباد	۳
جدول ۲-۱ - طبقه بندی اقلیمی دمارتن	۴
جدول ۱-۳ - اطلاعات مربوط به ارتفاع و بارش در ایستگاه های مجاور منطقه مورد مطالعه.....	۳۲
جدول ۱-۴ - اطلاعات مربوط به محیط و مساحت حوضه های مورد مطالعه	۳۸
جدول ۲-۴ - ضریب شکل حوضه های مورد مطالعه.....	۳۹
جدول ۳-۴ - مقادیر ضریب انشعابات آبراه های حوضه های مورد مطالعه	۴۰
جدول ۴-۴ - مقادیر زمان تمرکز در حوضه های مورد مطالعه	۴۱
جدول ۵-۴ - مقادیر شیب متوسط در حوضه های مورد مطالعه.....	۴۴
جدول ۶-۴ - مقادیر ارتفاع متوسط در حوضه های مورد مطالعه	۴۶
جدول ۷-۴ - مقادیر ارتفاع و بارندگی در ایستگاه های باران سنجی مورد استفاده	۴۷
جدول ۸-۴ - مقدار بارندگی برای دوره بازگشت های مختلف و تداوم های متفاوت در ایستگاه سینوپتیک شاهرود.....	۵۰
جدول ۹-۴ - شدت بارندگی برای دوره بازگشت های مختلف و تداوم های متفاوت در ایستگاه سینوپتیک شاهرود.....	۵۱
جدول ۱۰-۴ - مقادیر ضریب منینگ برای رودخانه ها و کانال های مختلف (کرمی ۱۳۹۹).....	۵۸
جدول ۱۱-۴ - اطلاعات به دست آمده از نیمرخ های عرضی و طولی دو مسیل پشکی و ورچندکوهی	۶۱
جدول ۱۲-۴ - اطلاعات مورد نیاز معادله استدلالی و تعیین مقدار ضریب رواناب در حوضه های پشکی و ورچندکوهی.....	۶۲
جدول ۱۳-۴ - حجم رواناب برحسب هزار مترمکعب برای دوره بازگشت های مختلف و تداوم های متفاوت در حوضه پشکی.....	۶۴
جدول ۱۴-۴ - حجم رواناب برحسب هزار مترمکعب برای دوره بازگشت های و تداوم های متفاوت در حوضه ورچندکوهی.....	۶۵
جدول ۱۵-۴ - دبی اوج سیلابی برحسب مترمکعب بر ثانیه برای دوره بازگشت های و تداوم های متفاوت در حوضه پشکی.....	۶۵
جدول ۱۶-۴ - دبی اوج سیلابی برحسب مترمکعب بر ثانیه برای دوره بازگشت های و تداوم های متفاوت در حوضه ورچندکوهی.....	۶۶
جدول ۱۷-۴ - تقسیم بندی و نحوه امتیازدهی به سازندهای مختلف زمین شناسی.....	۶۷

- جدول ۴-۱۸- تقسیم بندی و نحوه امتیازدهی به پوشش گیاهی..... ۶۹
- جدول ۴-۱۹- تقسیم بندی و نحوه امتیازدهی به شیب ۷۰
- جدول ۴-۲۰- تقسیم بندی و نحوه امتیازدهی به بارندگی در منطقه مورد مطالعه..... ۷۱
- جدول ۴-۲۱- تقسیم بندی و امتیازدهی به پوشش سطحی زمین..... ۷۲
- جدول ۴-۲۲- نحوه وزندهی به لایه های اطلاعاتی مختلف تأثیرگذار بر تشکیل رواناب..... ۷۳
- جدول ۴-۲۳- مقدار هدایت الکتریکی و غلظت یون های اصلی در سیلاب و آب زیرزمینی..... ۷۶

فصل اول: مقدمه

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

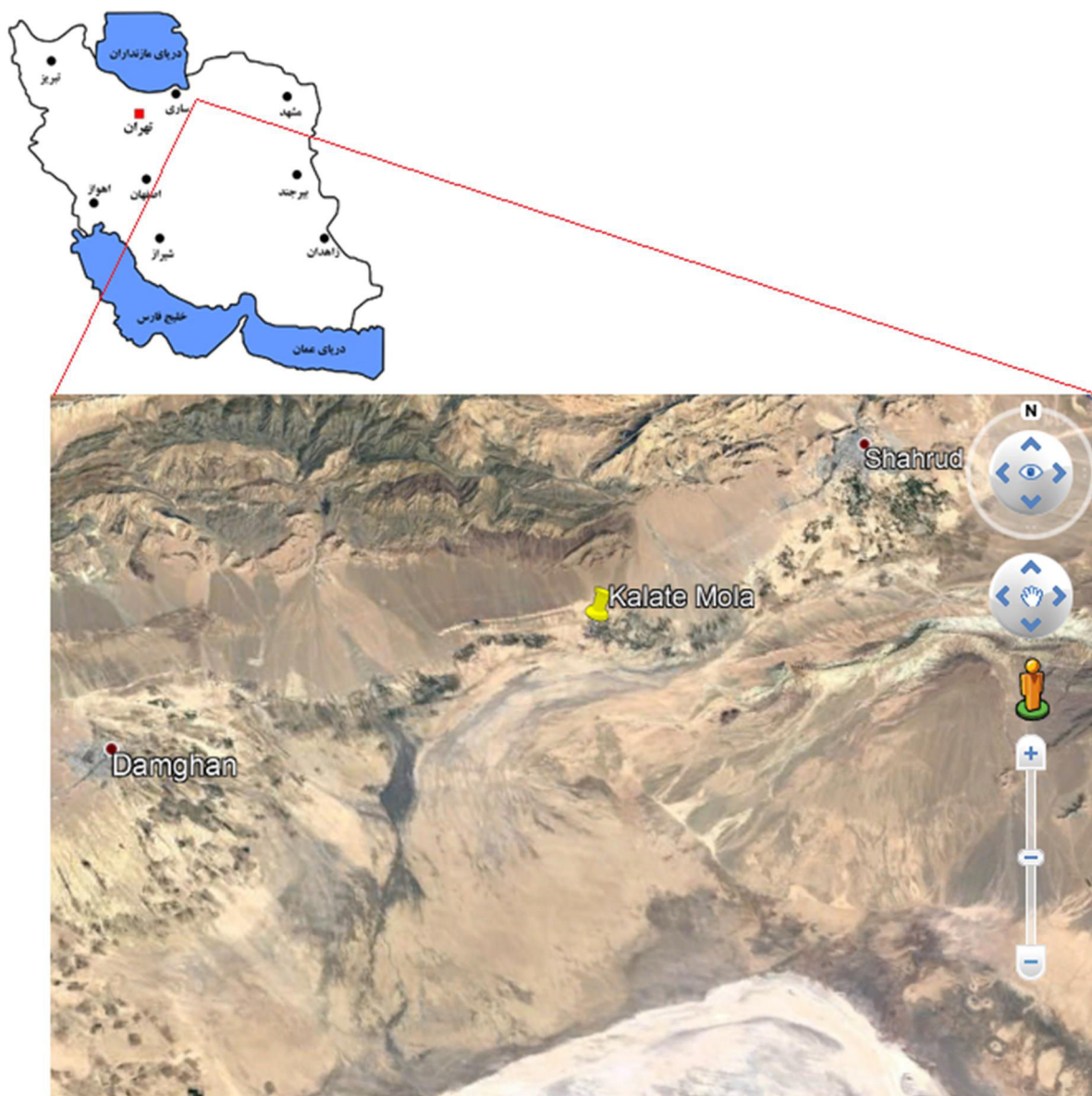
استان سمنان به دلیل این که در حاشیه کویر قرار گرفته است با مسئله کمبود آب مواجه است. منطقه کلاته ملا از توابع شهرستان دامغان، همانند اکثریت مناطق استان، با کمبود شدید آب مواجه است. علی‌رغم کمبود شدید آب در این منطقه، هر ساله سیلاب های بزرگی از ارتفاعات شمال روستا جاری گشته و ضمن از دست رفتن حجم قابل توجهی از آب‌های با کیفیت بالا، باعث ایجاد خسارت- های فراوانی در محدوده روستای کلاته ملا می‌شود. تاکنون مطالعه‌ای بر روی سیل‌خیزی منطقه مورد نظر انجام نشده است. بنابراین، هدف اساسی از انجام این تحقیق بررسی سیل‌خیزی ارتفاعات شمال روستای کلاته ملا جهت مدیریت صحیح سیلاب در این منطقه می‌باشد.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبرگیر مورد مطالعه با مساحت حدود ۳۲ کیلومتر مربع در استان سمنان، در فاصله ۳۷ کیلومتری شرق دامغان و ۲۳ کیلومتری غرب شاهرود و در مختصات جغرافیایی ۵۴ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴۱ دقیقه و طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این حوضه در محدوده شمالی روستای کلاته ملا از توابع شهرستان دامغان واقع شده

است. بیشترین ارتفاع در این حوضه ۲۰۰۱ متر و کمترین ارتفاع ۱۱۰۸ متر از سطح دریا می‌باشد.

شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۱-۳- هواشناسی منطقه

این منطقه در حاشیه کویر مرکزی واقع شده و دارای پوشش گیاهی ضعیف تا متوسط و میزان بارندگی حدود ۹۵ میلیمتر در سال با تمرکز زمستانه و میانگین درجه حرارت ۱۶ درجه سانتیگراد می‌باشد (شرکت آب منطقه‌ای دامغان ۱۳۹۸). جدول (۱-۱) میانگین بارندگی و درجه حرارت مربوط به ایستگاه مومن‌آباد در محدوده غربی حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت ماهانه در ایستگاه مومن‌آباد

زمان (ماه)	میانگین بارندگی (میلیمتر)	متوسط درجه حرارت (سانتیگراد)
مهر	۵/۱	۱۹/۱
آبان	۴/۶	۱۱/۰
آذر	۵/۸	۴/۷
دی	۸/۷	۴/۲
بهمن	۱۳/۱	۴/۲
اسفند	۵/۰	۹/۵
فروردین	۱۹/۵	۱۴/۶
اردیبهشت	۱۰/۱	۲۱/۹
خرداد	۱/۵	۲۶/۵
تیر	۰	۲۹/۲
مرداد	۰	۲۸/۵
شهریور	۱/۷	۲۴/۶
میانگین	۷۵/۱	۱۶/۵

برای تعیین اقلیم منطقه مورد مطالعه از روش دمارتن استفاده می شود. دمارتن (De Martone) فرمول زیر را در این خصوص پیشنهاد کرده است (علیزاده ۱۳۹۶).

$$I = \frac{P}{(T+10)} \quad \text{معادله (۱-۱)}$$

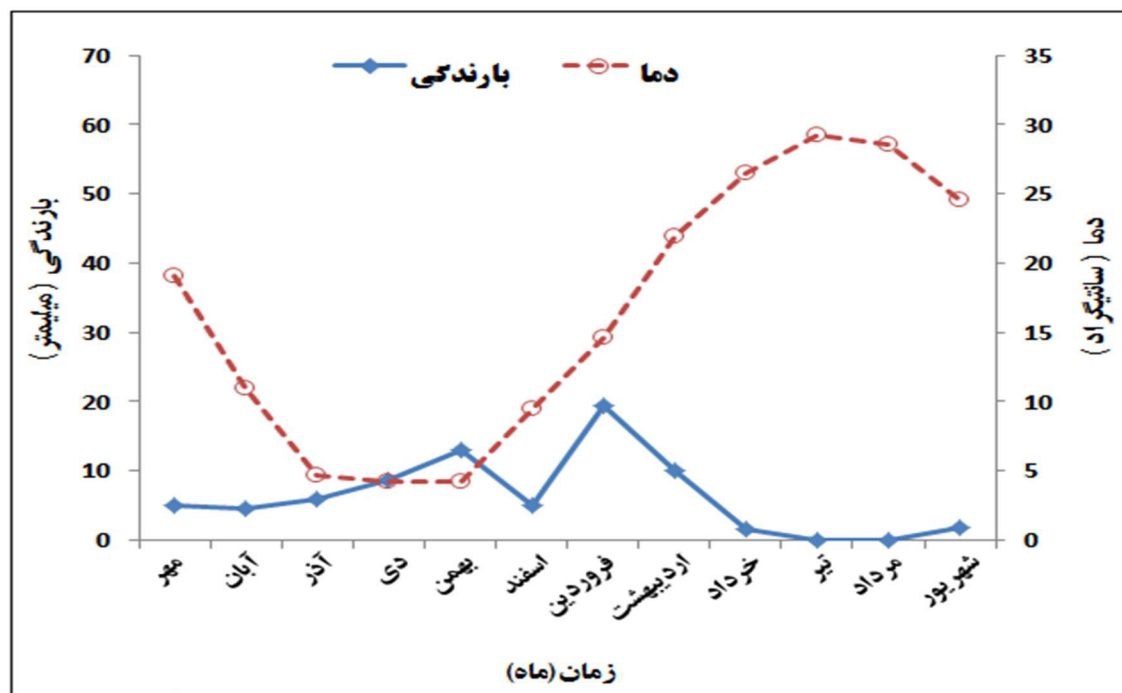
در این معادله I ضریب دمارتن و P میانگین بارندگی سالانه (میلیمتر) و T متوسط دمای سالانه (سانتیگراد) می باشد. در جدول ۱-۲، محدوده ضریب دمارتن برای اقلیم‌های مختلف ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که هرچه مقدار این ضریب کوچکتر باشد، اقلیم خشک‌تر است.

جدول ۱-۲- طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن

نوع اقلیم	محدوده ضریب دمارتن
خشک	کوچکتر از ۱۰
نیمه خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه ای	۲۰ تا ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۳۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگتر از ۳۵

با توجه به میانگین سالانه بارندگی و دمای منطقه مورد مطالعه ضریب دمارتن برای این منطقه ۲/۸ برآورد شده است که بیان کننده اقلیم خشک برای منطقه مورد مطالعه می باشد.

با توجه به اطلاعات میانگین بارندگی ماهانه و میانگین دمای ماهانه در منطقه مورد مطالعه می توان نمودار امبروترمیک منطقه را ترسیم نموده و دوره های تر و خشک را در طول سال مشخص نمود. شکل (۱-۲) نمودار امبروترمیک در منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. همانطور که ملاحظه می شود منطقه مورد مطالعه به استثنای یک دوره کوتاه در محدوده بین دی و بهمن تقریباً در کل سال فقط شامل دوره خشک می باشد که بیانگر خشکی بیش از حد منطقه است.



شکل ۱-۲- نمودار امبروترمیک منطقه

۴-۱- زمین شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه در زون جنوبی البرز و شمال زون ایران مرکزی واقع شده است. به غیر از نهشته های آبرفتی موجود در این حوضه سازندها دچار چین خوردگی و شکستگی های قابل تشخیص شده اند.

قسمت‌های مرکزی و جنوبی این حوضه از آبرفت‌های مخروطه افکنه‌ای و رسوبات ریزدانه پوشیده شده است. در این منطقه برونزدهای سازندهای دولومیت سلطانیه، شیل و ماسه‌سنگ باروت، ماسه سنگ زاگون، شیل و ماسه سنگ لالون و وسنگ آهک و کوارتزیت دیده می‌شوند که این سازندها در بخش شمالی منطقه مورد مطالعه وجود دارند که به ترتیب از سن پرکامبرین تا کامبرین زیرین دیده می‌شوند (درویش زاده ۱۳۸۳).

۱-۴-۱- چینه شناسی منطقه

شکل (۱-۳) نقشه زمین‌شناسی منطقه را نشان می‌دهد. بر اساس نقشه زمین‌شناسی واحدهای سنگی زیر در منطقه رخنمون دارند.

الف - پرکامبرین

- سازند سلطانیه

این سازند که به آن دولومیت سلطانیه هم گفته می‌شود در مقطع تیپ به ضخامت ۱۱۶۰ متر و از سه بخش مهم تشکیل شده است. بخش دولومیت زیرین با ضخامت ۱۲۳ متر، بخش میانی یا شیل چپقلو با ضخامت ۲۴۷ متر و دولومیت فوقانی با ضخامت ۷۹۰ متر می‌باشد.

ب - پالئوزوئیک

- سازند باروت

سازند باروت از نظر سنگ‌شناسی از شیل‌های رسی - سیلتی و ماسه‌ای ریز دانه و ماسه سنگ‌های میکادار به رنگ بنفش و خاکستری به ضخامت ۷۱۴ متر تشکیل شده است.

– سازند زاگون

این سازند در روی سازند باروت و در زیر سازند لالون (کامبرین زیرین) قرار دارد. این سازند از شیل-های سیلتی تا ماسه‌ای دانه ریز و ماسه سنگ‌های میکادار فاقد فسیل تشکیل شده است.

– سازند لالون

این سازند از ماسه سنگ آركوزی قرمز تا گلی رنگ با سیمان سیلیسی تشکیل شده و میان لایه‌هایی از شیل و ماسه سنگ قرمز در آن دیده می‌شود. بخش فوقانی آن حدود ۵۰ متر و از کوارتزیت سفید تشکیل شده است که به عنوان کوارتزیت فوقانی نامیده می‌شود. لازم به ذکر است که آقانباتی (۱۳۸۰) در تقسیم بندی جدید میلا بخش کوارتزیت را جزء سازند میلا می‌داند و آن را کوارتزیت تحتانی نامیده است.

– سازند میلا

نام این سازند از میلاکوه دامغان گرفته شده است. ضخامت آن ۵۸۵ متر و از نظر لیتولوژی به ۵ بخش تقسیم می‌شود.

بخش ۱- دولومیت بدون فسیل همراه با شیل و مارن ۱۸۹ متر

بخش ۲- آهک متبلور دانه درشت فسیل دار ۸۹ متر

بخش ۳- آهک دانه درشت همراه با مارن و سیلتسترن ۸۲ متر

بخش ۴- سیلتستون و ماسه سنگ آهکی ۹۶ متر

بخش ۵- کوارتزیت و شیل و ماسه سنگ و آهک

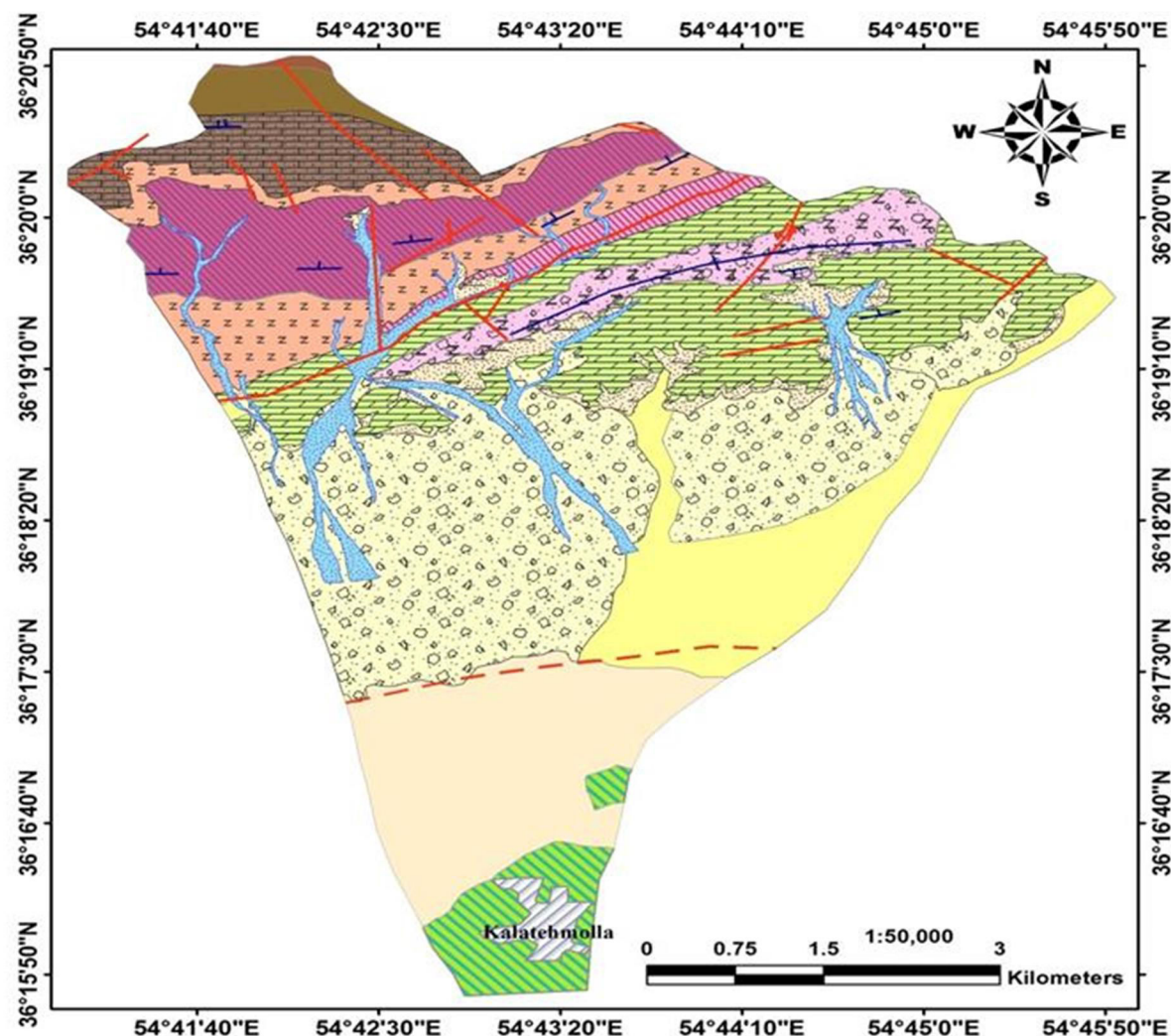
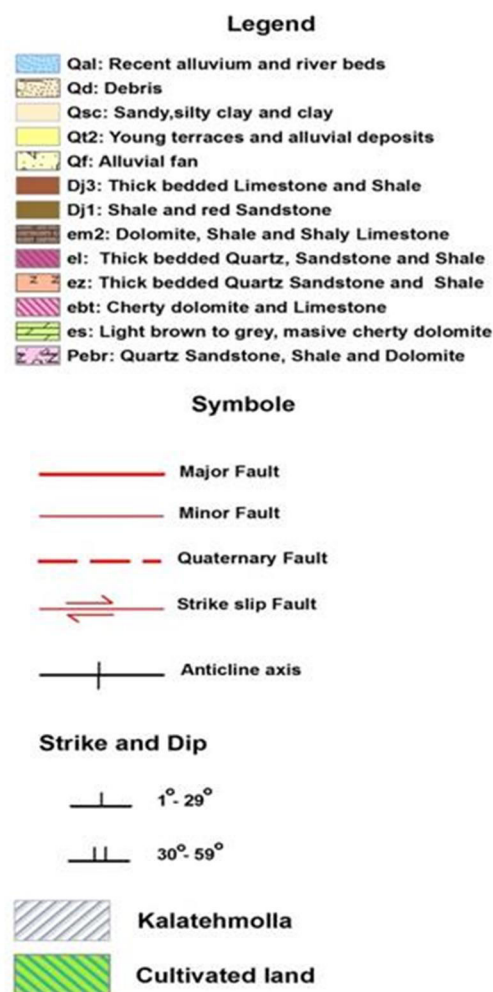
ج- نهشته‌های عهد حاضر

این نهشته‌ها معمولاً در کوهپایه‌ها و مخروط افکنه‌های منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شوند. وسعت این نهشته‌ها حدود ۱۶/۵ کیلومتر مربع می‌باشد. نوع نهشته‌ها در نواحی شمالی حوضه به ویژه در

ابتدای مخروط افکنه‌ها دانه درشت می‌باشد و به همین دلیل نفوذپذیری بالایی دارد. نفوذپذیری بالای این رسوبات باعث نفوذ آب و تغذیه آب‌های زیرزمینی منطقه می‌شود. این رسوبات در نواحی مرکزی دانه متوسط بوده و تا حدودی برای تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی مناسب می‌باشند. در قسمت جنوبی منطقه مورد مطالعه، نهشته‌های عهد حاضر عمدتاً دانه ریز و از نوع لس و لای می‌باشند که نفوذپذیری اندکی دارند. ضخامت رسوبات انتهایی جنوبی حوضه کم و به سمت راس مخروطه افکنه‌ها در قسمت میانی حوضه افزایش می‌یابد. بخشی از نهشته‌های آبرفتی منطقه در بستر آبراهه‌ها قرار گرفته است که عمدتاً از قلوه سنگ و شن و ماسه تشکیل شده‌اند. این رسوبات به دلیل بافت دانه درشت از نفوذپذیری بالایی برخوردار هستند که در هنگام وقوع سیلاب در رودخانه‌ها باعث تغذیه آبخوان‌های منطقه می‌شوند.

۱-۴-۲- زمین شناسی ساختاری منطقه

این منطقه در شمال زون ایران مرکزی و در محدوده زون البرز جنوبی واقع شده است. وجود چشمه‌های خطی در شمال حوضه و نیز تغییرات محسوس و ناگهانی رسوبات در بخش جنوبی بیانگر وجود چند گسل در این حوضه می‌باشد. بخشی از گسل دامغان به نام ده‌ملا - سیاه کوه که حدود ۲۵ کیلومتر است از این حوضه عبور می‌کند (امیدی و همکاران ۱۳۸۰). این گسله یک گسله راست‌گرد و فعالیت آن در دوره کواترنری بوده است. جابجایی‌های متعدد چپ‌بر در نهشته‌های جوان کواترنری ناشی از جنبش راست لغز این گسله می‌باشد. از میان بادبزنی‌های آبرفتی جوان کواترنری و گاهی نیز از میان سیلت‌های رسی کواترنری می‌گذرد و بلوک جنوبی آن پایین افتادگی دارد. توان لرزه‌خیزی این گسله از نوع لرزه‌زا بوده و بزرگترین زمین‌لرزه آن مربوط به سال ۱۱۰۲ میلادی دامغان با بزرگی ۵/۵ ریشتر می‌باشد (Berberian 1994).



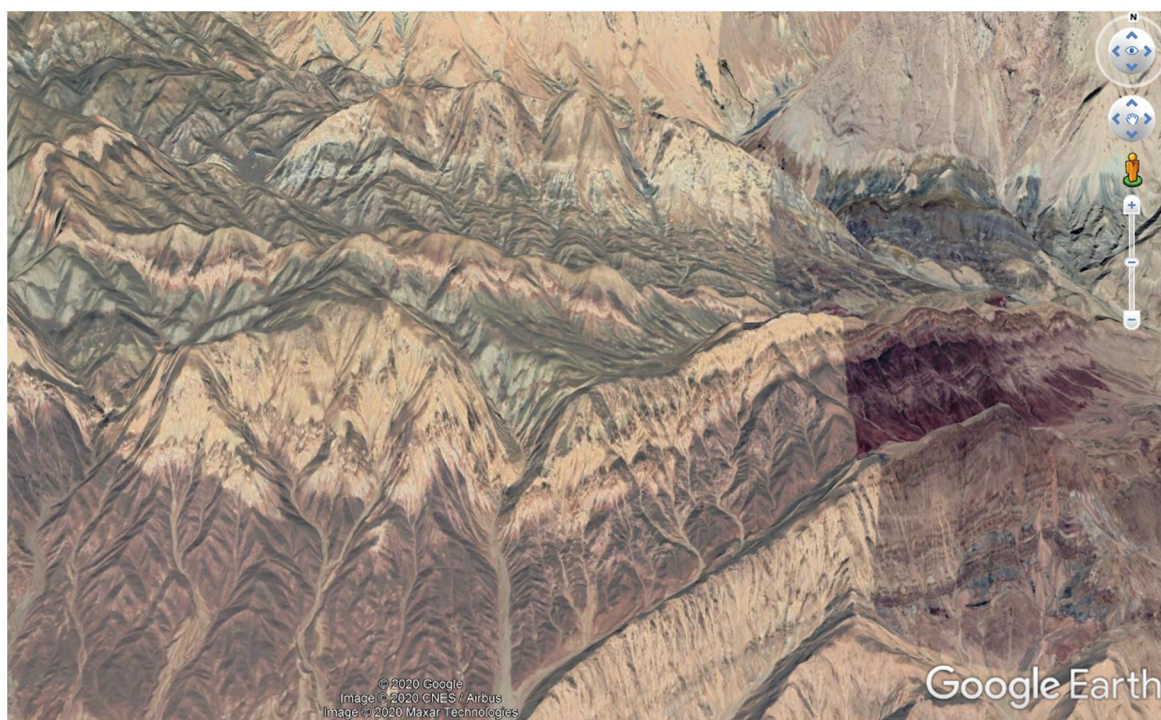
شکل ۱-۳- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

۱-۵- ژئومورفولوژی منطقه

براساس بازدیدهای صحرایی انجام شده و همچنین بررسی‌های به عمل آمده بر روی نقشه توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای، تمام واحدهای ژئومورفولوژیکی شامل کوهستان، تپه‌ماهور، دشت و رودخانه در منطقه مورد مطالعه وجود دارند که به طور مختصر معرفی می‌شوند.

الف - واحد کوهستان

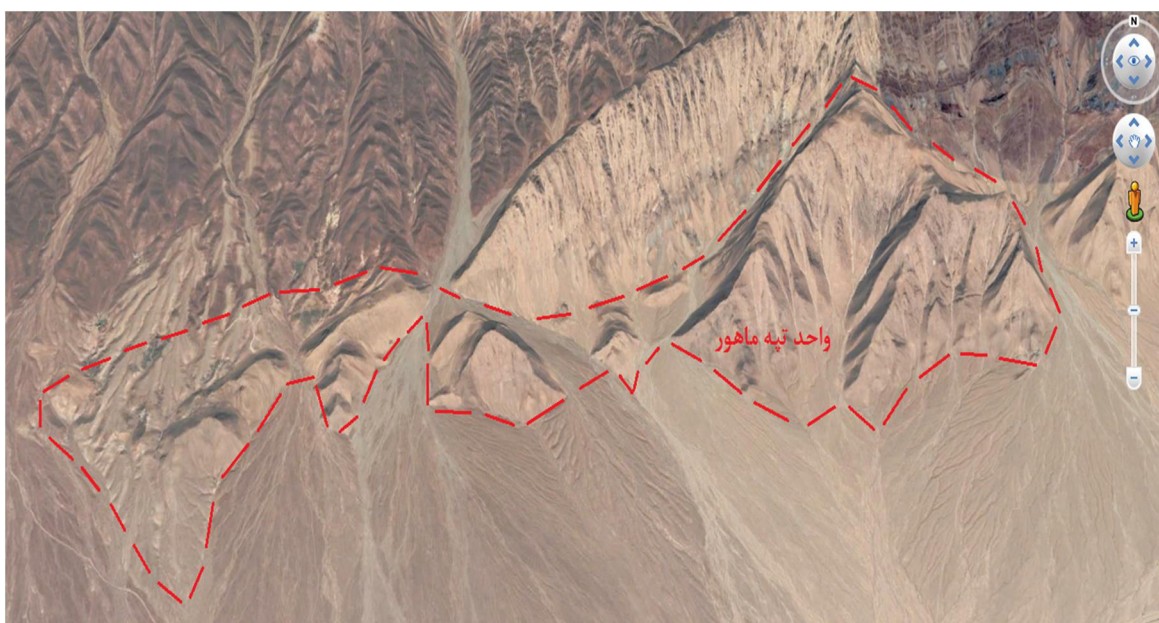
در این واحد ژئومورفولوژیکی شیب عمومی بیش از ۲۵ درصد است و اختلاف ارتفاع آن با نواحی مجاور بیش از ۵۰۰ متر است. این واحد ژئومورفولوژیکی در بخش شمالی منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است و ارتفاعات این بخش دارای امتداد شرقی - غربی بوده و با توجه به تراکم سیستم زهکشی این واحد در نوع دامنه نامنظم طبقه‌بندی می‌شود. شکل (۱-۴) تصویری از واحد ژئومورفولوژیکی کوهستان را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۱-۴- واحد ژئومورفولوژیکی کوهستان در منطقه مورد مطالعه

ب - تپه‌ماهور

واحد ژئومورفولوژیکی تپه‌ماهور شامل مناطقی می‌شود که اختلاف ارتفاع آنها با نواحی مجاور بین ۵۰ تا ۵۰۰ متر باشد. شیب زمین در این واحد ژئومورفولوژیکی عمدتاً در محدوده بین ۸ تا ۲۵ درصد و یا بیشتر از ۲۵ درصد قرار می‌گیرد. این واحد ژئومورفولوژیکی در شمال منطقه مورد مطالعه و در مجاورت واحد کوهستانی واقع شده است. شکل (۵-۱) تصویری از واحد ژئومورفولوژیکی تپه‌ماهور را در منطقه نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱- واحد ژئومورفولوژیکی تپه‌ماهور در منطقه مورد مطالعه

ج - واحد دشت

واحد ژئومورفولوژیکی دشت به منطقه‌ای اطلاق می‌شود که اختلاف ارتفاع نقاط مختلف آن بین صفر تا ۵۰ متر و شیب عمومی زمین در آن کمتر از ۸ درصد است. این واحد ژئومورفولوژیکی به طور کامل از رسوبات عهد حاضر (رسوبات آبرفتی) پوشیده شده است. این واحد ژئومورفولوژیکی بخش

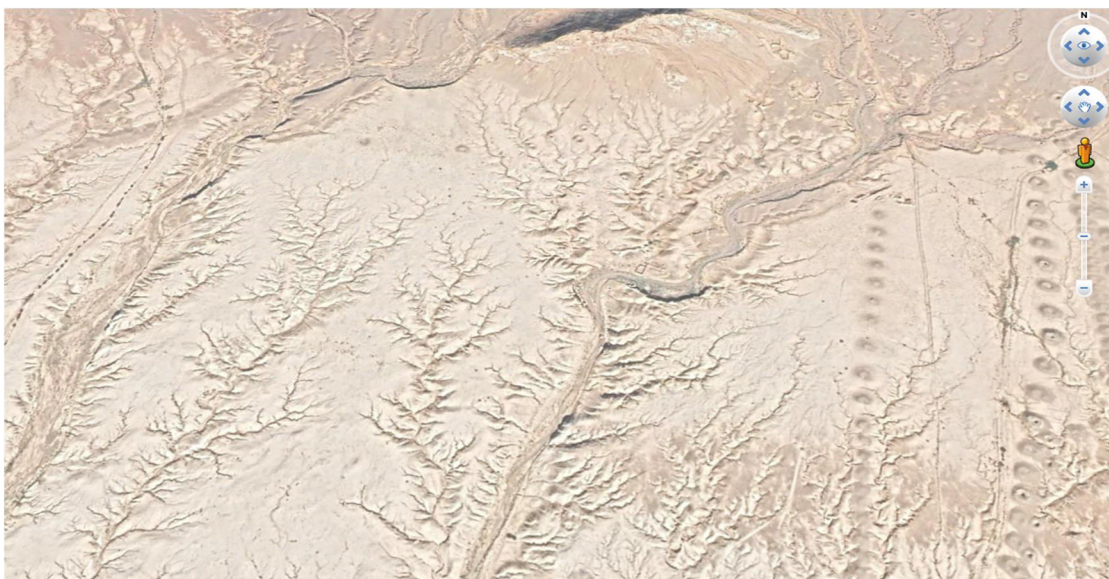
اعظم منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود و به جز بخش شمالی تقریباً کل منطقه مطالعه را شامل می‌شود. شکل (۶-۱) تصویری از واحد ژئومورفولوژیکی دشت را در منطقه نشان می‌دهد.



شکل ۶-۱- واحد ژئومورفولوژیکی دشت در منطقه مورد مطالعه

د- واحد رودخانه

واحد ژئومورفولوژیکی رودخانه شامل بستر رودخانه‌ها و مسیل‌هایی می‌شود که در زمان بارش‌های سیل‌آسا در آنها آب جاری می‌شود. با توجه به شرایط منطقه و سیل‌خیزی نسبتاً بالای ارتفاعات، واحد ژئومورفولوژیکی رودخانه بخش نسبتاً قابل توجهی از واحد دشت را به خود اختصاص می‌دهد. شکل (۷-۱) تصویری از واحد ژئومورفولوژیکی رودخانه را در منطقه نشان می‌دهد.



شکل ۱-۷- واحد ژئومورفولوژیکی رودخانه در منطقه مورد مطالعه

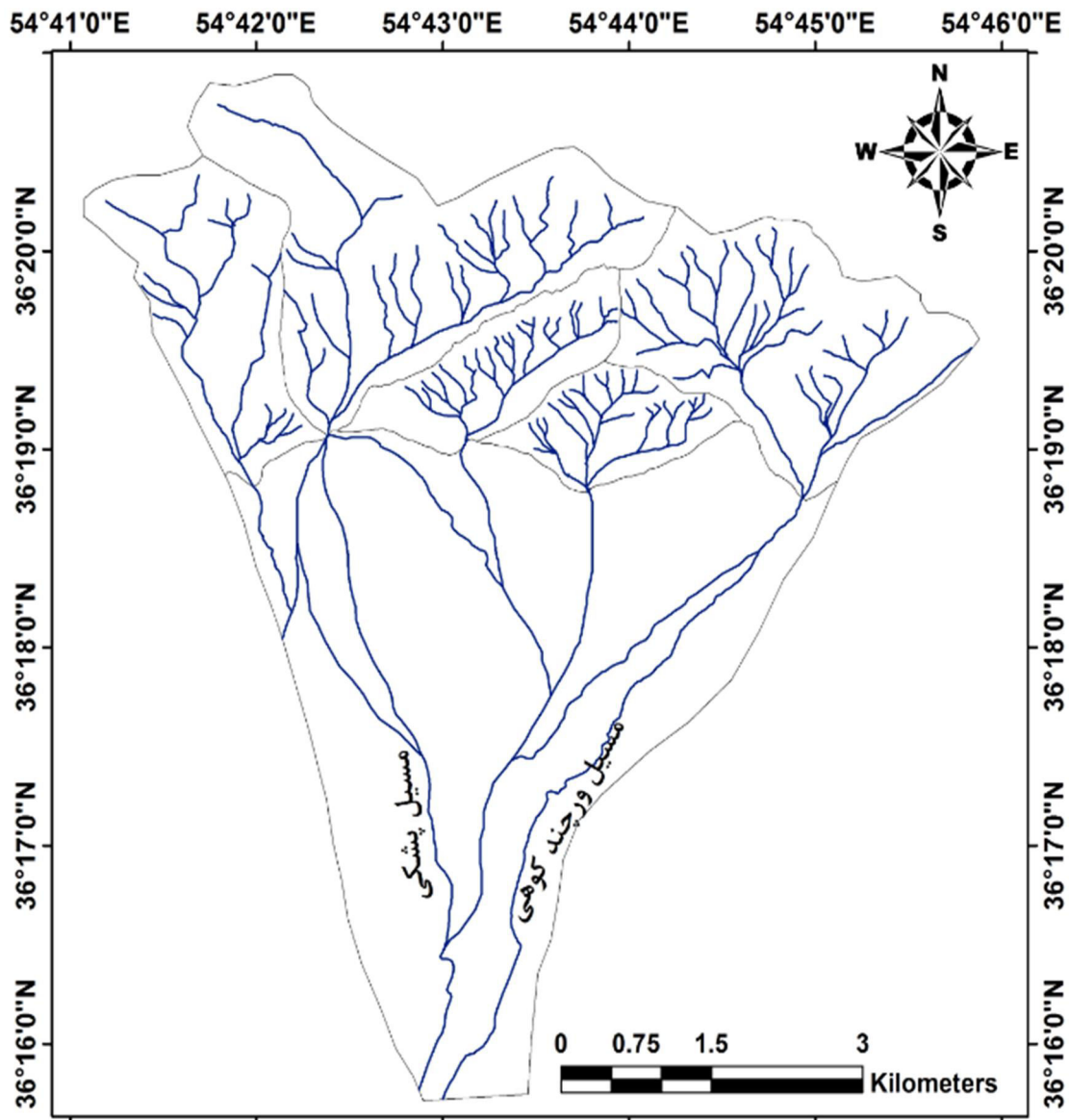
۱-۶- هیدرولوژی منطقه

همانطور که در بخش قبل اشاره شد، حوضه مورد مطالعه در بخش شمالی از واحدهای ژئومورفولوژیکی کوهستان و تپه‌ماهور تشکیل شده است. این محدوده (واحدهای ژئومورفولوژیکی کوهستان و تپه‌ماهور) دارای پنج زیرحوضه می‌باشد. رودخانه‌ها و آبراهه‌ها بعد از خروج از ارتفاعات حوضه به صورت رودخانه‌های بریده بریده (Braded rivers) ظاهر می‌شوند. برای مثال شاخه‌ای از رودخانه ورچندکوهی به شاخه‌ای از رودخانه پشکی می‌پیوندد و همچنین شاخه‌هایی از رودخانه موجود در منتهی‌الیه غرب منطقه جدا شده و به رودخانه پشکی ملحق می‌شوند. لازم به ذکر است که این آبراهه‌ها در تمام سال خشک هستند و فقط در زمان بارش‌های شدید، سیلابی می‌شوند و به همین دلیل به آنها مسیل گفته می‌شود. شکل ۱-۸ نقشه هیدروگرافی منطقه را نشان می‌دهد.

همانطور که از شکل ۱-۸ ملاحظه می‌شود مهمترین رودخانه منطقه که بخش اعظم حوضه های آبرگیر منطقه را شامل می‌شود مسیل پشکی است. با توجه به این که حوضه آبرگیر این رودخانه نسبتاً وسیع است در بارش‌های سیل‌آسا تقریباً از تمامی حوضه های کوهستانی بالادست تغذیه می‌شود و به همین دلیل سیلاب های نسبتاً بزرگی را شامل می‌شود.

همانطور که نقشه زمین‌شناسی منطقه (شکل ۱-۳) نشان می‌دهد، بخش عمده‌ای از حوضه‌های کوهستانی بالادست از سازندهای با نفوذپذیری کم ماسه سنگ، شیل و دولومیت تشکیل شده‌اند. به علت نفوذپذیری کم ارتفاعات و شیب زیاد توپوگرافی در این مناطق و همچنین تمرکز بارش‌های سالانه در دو یا سه واقعه بارشی (به ویژه در ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت)، هر ساله سیلاب‌های متعددی در زمان رخداد بارش‌های مهم (به ویژه در اواخر زمستان و اوایل بهار) در منطقه رخ می‌دهد.

علیرغم کمبود آب در این منطقه خشک و افت سطح ایستابی به دلیل برداشت بی‌رویه از آبخوان آبرفتی منطقه، هر ساله حجم‌های نسبتاً زیادی آب با کیفیت مناسب در اثر این سیلاب‌ها از منطقه خارج می‌شود و به صورت تبخیر هدر می‌روند. بنابراین، یکی از راهکارهای مهم برای جلوگیری از افت سطح ایستابی در آبخوان، مهار سیلاب‌ها و استفاده از آب جمع‌آوری شده در بخش کشاورزی است.

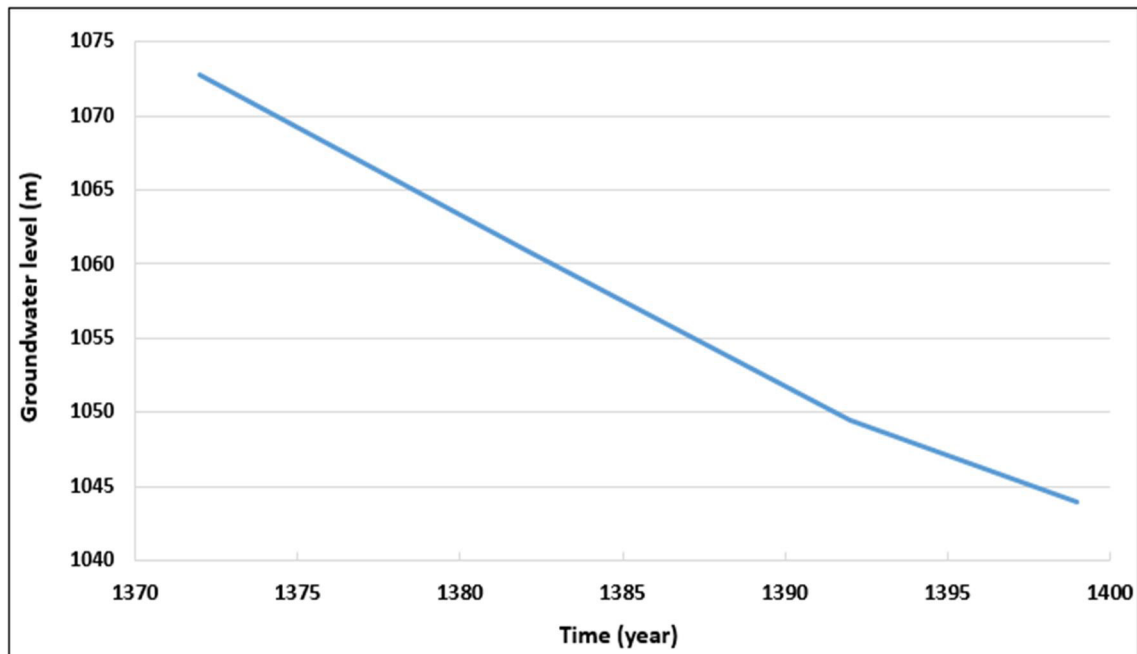


شکل ۱-۸- نقشه هیدروگرافی منطقه مورد مطالعه

۷-۱- هیدروژئولوژی منطقه

در بخش آبرفتی منطقه مورد مطالعه یک آبخوان آبرفتی وجود دارد که در واقع بخش انتهایی آبخوان دشت دامغان در شمال غربی می‌باشد. بر اساس اطلاعات نزدیکترین پیزومتر به منطقه مورد مطالعه (پیزومتر شمال غرب نعیم‌آباد)، سطح ایستابی از حدود ۱۰۷۳ متر در سال ۱۳۷۲ به حدود ۱۰۴۴ متر در سال ۱۳۹۹ رسیده است. به این ترتیب که افت آبخوان آبرفتی در منطقه مورد مطالعه در مدت

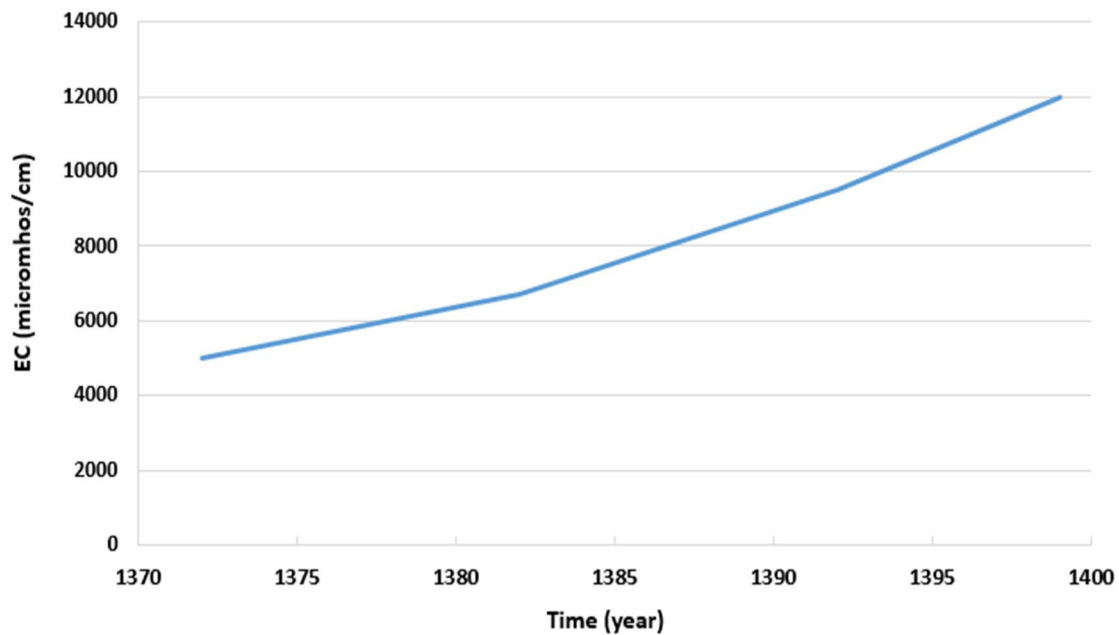
۲۵ سال حدود ۲۹ متر می‌باشد که بیانگر افت سالانه حدود ۱/۰۷ متر می‌باشد. چنین افتی بیانگر برداشت بی‌رویه از آبخوان آبرفتی می‌باشد که این مسئله موجب هجوم آب شور کویر حاج علیقلی به سمت آبخوان آبرفتی منطقه مورد مطالعه شده است. شکل (۱-۹) تغییرات تراز سطح ایستابی را در پیزومتر شمال غرب نعیم‌آباد در فاصله زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۹ نشان می‌دهد.



شکل ۱-۹- تغییرات سطح ایستابی در پیزومتر شمال غرب نعیم‌آباد در فاصله زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۹

هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در این بخش از آبخوان دشت دامغان از حدود ۵۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر در مجاورت ارتفاعات تا بیش از ۱۲۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر در مجاورت جاده تهران- مشهد متغیر است. علاوه بر این ملاحظه می‌شود که هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در منطقه از سال ۱۳۷۲ تا سال ۱۳۹۹ به شدت افزایش پیدا کرده است به این ترتیب که هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه (در مجاورت جاده تهران- مشهد) از حدود ۵۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر در سال ۱۳۷۲ به حدود ۱۲۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر در سال ۱۳۹۹ رسیده است. شکل (۱-۱۰) تغییرات هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه را در فاصله زمانی ۱۳۷۲ تا

۱۳۹۹ نشان می‌دهد. دلیل اصلی چنین افزایشی در شوری آب زیرزمینی، برداشت بی‌رویه از آبخوان و کاهش شدید سطح آب زیرزمینی در منطقه است.



شکل ۱-۱۰- تغییرات هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در منطقه در فاصله زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۹

فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

درباره سیل خیزی در مناطق خشک

یکی از دلایل مهم سیل خیزی در مناطق خشک، به ویژه مناطق خشک استان سمنان، تمرکز بارش سالانه در دو یا سه واقعه بارشی (Storm event) می باشد که این بارش ها غالباً در اواخر زمستان یا اوایل بهار رخ می دهند (کرمی ۱۳۷۷). در مناطق خشک عواملی مثل کمبود پوشش گیاهی، از بین رفتن پوشش خاک بر اثر فرسایش و کاهش ظرفیت نفوذپذیری برای این خاکها و نیز شدت بالا و زمان کوتاه بارش باعث شکل گیری رواناب و سیل، در این مناطق می شوند (Bastawesy and Ghamdi 2013). بررسی وضعیت سیل خیزی رودخانه ها و مسیل ها در این حوضه ها برای مدیریت آب های سطحی از اهمیت خاصی برخوردار است. از عمده ترین ویژگی های متفاوت مناطق خشک با مناطق مرطوب متفاوت بودن عوامل اقلیمی از جمله مقدار و الگوی بارش می باشد. این مسئله می تواند باعث بروز تغییرات در رژیم جریان و رسوب آنها در این مناطق گردد (پورمحمدی و دستورانی ۱۳۹۱).

۲-۱- عوامل موثر بر ایجاد سیلاب در مناطق خشک و نیمه خشک

عوامل موثر بر ایجاد سیل و شدت آن در مناطق خشک و نیمه خشک، به استثنای پوشش گیاهی، کم و بیش مشابه سایر مناطق است. شدت سیل خیزی در مناطق خشک و نیمه خشک به علت کمبود پوشش گیاهی در مقایسه با سایر مناطق به طور نسبی بالاتر است (کرمی ۱۳۷۵). عوامل متعددی از قبیل شرایط بارندگی، اقلیم، مورفولوژی و لیتولوژی هر حوضه بر ایجاد سیلاب مؤثر می‌باشد. در مناطق خشک اغلب بارش‌ها با شدت بالا و مدت کم اتفاق می‌افتند که باعث بروز سیلاب می‌شوند (Khaldoon et al. 2011).

مشخصات زمین‌شناسی و مورفولوژی از قبیل ارتفاع، نوع سنگ و شیب و میزان رسوبات حل شده توسط سیلاب و نیز شکل و وسعت حوضه و دشت سیلابی می‌تواند بر وقوع سیلاب تأثیر بگذارند. افزایش ارتفاع باعث افزایش شدت بارش و در نتیجه افزایش احتمالی وقوع سیلاب می‌شود. در رابطه با تأثیر شیب بر وقوع سیلاب می‌توان این چنین بیان کرد که افزایش شیب موجب افزایش سرعت جریان آب شده و باعث کاهش فرصت نفوذ آب به داخل زمین شود که همین امر موجب ایجاد جریان سطحی و سیلاب می‌گردد. کاربری اراضی و نوع پوشش خاک نیز می‌تواند بر ایجاد رواناب و وقوع سیلاب مؤثر باشد (Renanlt 2011). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت پارامترهای مختلفی بر روی وقوع سیل و شدت آن تأثیر می‌گذارند و مهمترین آنها پارامترهای زمین‌شناسی و اقلیمی و ژئومورفولوژی می‌باشند (آذری و کرمی ۱۳۹۳).

بارندگی‌های پایی می‌توانند سیلاب‌های بزرگی را ایجاد کنند. بدین ترتیب که یک بارندگی نسبتاً قابل توجه در یک حوضه باعث اشباع شدن خاک می‌شود و چنانچه بارندگی دیگری رخ دهد، به علت عدم نفوذ آب به داخل زمین اشباع شده، سیلاب ایجاد می‌گردد. به عبارت ساده‌تر، رطوبت پیشین خاک در وقوع سیل نقش مهمی را ایفا می‌کند (مریانجی و عباسی ۱۳۷۶).

مهمترین عوامل موثر بر شدت سیل خیزی شامل خصوصیات بارش، لیتولوژی، شیب زمین و پوشش گیاهی هستند که در زیر به طور مختصر معرفی می‌شوند.

۲-۱-۱- تأثیر خصوصیات بارش

خصوصیات بارش عمدتاً شامل مقدار بارش، رژیم بارش، نوع بارش، شدت بارش و تداوم بارش می- باشند که نحوه تاثیرگذاری آنها به طور مختصر در زیر ارائه می‌شود.

منظور از رژیم بارش، توزیع یا پراکندگی بارش در طول سال است. در صورتی که عمده بارش سالانه در یک حوضه به صورت متمرکز در دو یا سه واقعه بارشی رخ دهد، این مسئله باعث افزایش رخداد سیل می‌شود. در صورتی که بارش به صورت برف باشد، تقریباً هیچ سیلابی رخ نخواهد داد. اگر بخش وسیعی از یک حوضه از برف پوشیده شده باشد و بر روی این برف‌ها بارندگی رخ دهد به علت ذوب برف‌ها احتمال وقوع سیلاب زیاد می‌شود. چنانچه بارش به صورت تگرگ باشد، احتمال وقوع سیلاب بسیار زیاد می‌شود. اگر بارش به صورت باران باشد، بسته به شدت و مدت بارش، ممکن است سیلاب‌های کوچک و یا بزرگی ایجاد شود.

اگر شدت باران بیشتر از شدت حد سیلاب باشد، سیلاب ایجاد می‌شود. برای مثال، در منطقه رشم شهرستان دامغان که سنگ‌های شیستی با نفوذپذیری بسیار ناچیز وجود دارند، شدت آستانه سیلاب حدود ۳ میلیمتر بر ساعت است. حال آن که در برخی از مناطق که رخنمون سازندهای آهکی با توسعه یافتگی بالای کارست وجود دارد شدت آستانه سیلاب بیش از ۳۰، ۴۰ میلیمتر بر ساعت است. در صورتی که تداوم یا مدت بارش بیشتر باشد به دلیل کاهش شدید ظرفیت‌های برگابی، ذخیره گودالی و نفوذپذیری زمین با گذشت زمان، به تدریج سهم رواناب از بارش بیشتر و در نتیجه احتمال وقوع سیلاب بیشتر می‌شود (کرمی ۱۳۹۹).

۲-۱-۲- تأثیر لیتولوژی

در حوضه های مختلف، با لیتولوژی متفاوت که دارای مورفولوژی و خاک متنوع هستند دبی اوج سیلاب ها بسیار متفاوت است (Mijering 1985). تاثیر لیتولوژی‌های مختلف بر ایجاد رواناب و شدت سیل‌خیزی بسیار متفاوت است. سنگ‌های دگرگونی، سنگ‌های آذرین درونی، شیل‌ها و مارن‌ها و

نهشته‌های تبخیری تراوایی اندکی دارند و به همین دلیل بیشترین شدت سیل‌خیزی را شامل می‌شوند. سنگ‌های آهکی (به ویژه سنگ‌های آهکی شدیداً کارستی شده) دارای فضاهای خالی کوچک و بزرگ فراوانی هستند و تقریباً فاقد رواناب هستند. سنگ‌های آذرین بیرونی، سنگ‌های دولومیتی، آهک‌های مارنی، ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومراها دارای تراوایی کم تا متوسط هستند و به همین دلیل شدت سیل‌خیزی آنها هم در محدوده زیاد تا متوسط متغیر است (کرمی ۱۳۷۵).

چنانچه سنگ‌های با تراوایی کم به وسیله واریزه و خاک پوشیده شده باشند، این رسوبات موجب کاهش شدت سیل‌خیزی آنها می‌شوند. هرچه ضخامت رسوبات بیشتر باشد، نقش آنها در کاهش شدت سیل‌خیزی بیشتر خواهد شد. در چنین شرایطی آب‌های نفوذیافته به داخل رسوبات (به ویژه واریزه‌ها) پس از افزایش رطوبت آنها تا حد ظرفیت مزرعه (Field capacity) به صورت جریان بین-لایه‌ای (Interflow) به حرکت خود ادامه داده و با یک تاخیر زمانی قابل توجه بین چند ساعت تا چند روز به سطح زمین راه پیدا می‌کنند. بنابراین، وجود چنین پوشش واریزه‌ای در کاهش شدت سیل-خیزی نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند (کرمی ۱۳۷۵).

۲-۱-۳- تأثیر شیب توپوگرافی

اگر تمام عوامل موثر بر ظهور سیلاب در یک منطقه یکسان فرض شوند، هرچه شیب توپوگرافی بیشتر باشد، فرصت نفوذ کم شده و این مسئله موجب افزایش حجم سیلاب می‌شود. هم‌چنین در حوضه‌های با شیب توپوگرافی بیشتر، زمان تمرکز حوضه کوچکتر شده و رواناب‌های ایجاد شده در زمان کوتاهی به خروجی حوضه می‌رسند و به همین دلیل شدت سیل‌خیزی هم بیشتر می‌شود (کرمی ۱۳۹۹).

۲-۱-۴- تأثیر پوشش گیاهی

فرسایش خاک موجب افزایش شدت رسوب‌زایی و هم‌چنین شدت سیل‌خیزی می‌شود. در مطالعات زیادی به اثر مثبت پوشش گیاهی در تنظیم فرآیندهای هیدرولوژیکی سطح زمین و کاهش رواناب و فرسایش خاک اشاره شده است (Wildhaber et al. 2011, Ouyang et al. 2010, Zhou et al. 2006, Zheng 2008). کاهش پوشش گیاهی در نتیجه فعالیت‌های انسانی مثل چرای شدید یا جنگل زدایی و یا خشکسالی منجر به جدا شدن چسبندگی ذرات خاک می‌شود که به نوبه خود موجب افزایش خطر سیل می‌شوند. آستانه شروع رواناب در پوشش گیاهی خوب به طور معنی‌داری بیشتر از پوشش‌های ضعیف و متوسط گیاهی می‌باشد. پوشش گیاهی زیاد با به تأخیر انداختن شکل‌گیری رواناب باعث افزایش نفوذپذیری آب در خاک شده و موجب کاهش احتمال ایجاد رواناب می‌شود. پوشش گیاهی حداقل و حداکثر به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار حجم رواناب را تولید می‌کنند. به طور کلی، پوشش گیاهی به عنوان یک سپر حفاظتی از خاک عمل می‌کند و با جذب بارش باران بخش قابل توجهی از انرژی قطرات باران را توسط اندام (برگ - ساقه و ریشه) گرفته انرژی قطرات را کاهش می‌دهد و باعث حفظ تراکم خاک می‌شود. ضریب رواناب در پوشش گیاهی حداقل بیشترین و در پوشش گیاهی حداکثر کمترین مقدار خود را دارد. می‌توان نتیجه گرفت پوشش گیاهی اثر کاهشی بر مقادیر حجم رواناب، ضریب رواناب و بار رسوب و غلظت رسوب دارد (جعفریان و همکاران ۱۳۹۴). پوشش گیاهی به طرق مختلفی مانع از تشکیل سیلاب و یا کاهش شدت آن می‌شود که مهمترین آنها شامل جذب باران توسط شاخ و برگ گیاهان، مصرف آب توسط گیاه و در نتیجه کاهش رطوبت خاک، ایجاد مانع در مسیر جریان، افزایش ظرفیت نفوذ خاک به دلیل ایجاد هوموس، ایجاد ترک‌های کوچک و بزرگ در خاک در اثر عملکرد ریشه گیاهان و جلوگیری از فرسایش خاک می‌باشند (کرمی ۱۳۹۹).

۲-۲- روش های رایج برای برآورد رواناب در حوضه های فاقد آمار

روش های متعددی برای برآورد دبی رواناب و همچنین حجم رواناب سالانه در حوضه های فاقد آمار وجود دارد که بسیاری از آنها شامل پارامترهایی می شوند که تعیین آنها به سادگی امکان پذیر نیست. در این جا به چهار روش که در مقایسه با سایر روش ها ساده تر بوده اشاره می شود. این روش ها پارامترهای کمتری را شامل می شوند و به طور نسبی نتایج نسبتاً دقیق تری را ارائه می دهند.

الف - برآورد رواناب به روش منطقی (استدلالی)

ساده ترین روش برای برآورد رواناب و شدت جریان سطحی، استفاده از روش منطقی (Rational method) است. در این روش ارتفاع رواناب به صورت درصدی از بارندگی طبق معادله زیر محاسبه می شود:

$$h_{runoff} = \frac{P}{100} \quad \text{معادله (۱-۲)}$$

که در این معادله h_{runoff} ارتفاع رواناب بر حسب میلیمتر، C ضریب رواناب، و P مقدار بارندگی بر حسب میلیمتر است. ضریب C بدون واحد است و مقدار آن با توجه به مقدار شیب توپوگرافی، مقدار پوشش گیاهی و مقدار نفوذپذیری زمین (نوع خاک و سنگ) تعیین می شود. در این روش اگر محاسبه دبی جریان سطحی (یا سیلاب) مد نظر باشد، لازم است که اطلاعات شدت بارندگی موجود باشد. در این صورت دبی جریان سطحی از معادله زیر به دست می آید:

$$Q = 0.278CiA \quad \text{معادله (۲-۲)}$$

که در این معادله Q دبی جریان سطحی بر حسب متر مکعب بر ثانیه، C ضریب رواناب، i شدت بارندگی بر حسب میلیمتر بر ساعت و A سطح حوضه بر حسب کیلومتر مربع و عدد 0.278 ضریب تبدیل واحد است (میرباقری ۱۳۷۴).

ب - روش مدت - مساحت

روش مدت - مساحت (Time - area method) حالت اصلاح شده روش استدلالی است. در این روش، در مواردی که شدت بارش در ساعات مختلف تغییر کند، می‌توان دبی جریان سطحی را با دقت بالاتری برآورد نمود. در صورتی که شدت بارندگی در بازه‌های زمانی مختلف به ترتیب $i_1, i_2, i_3, \dots$ و ... باشد، چنانچه خطوط زمان تمرکز برای این بازه‌های زمانی ترسیم شود و مساحت بین خطوط زمان تمرکز به ترتیب A_1, A_2, A_3 و ... باشد، دبی جریان سطحی با استفاده از معادله زیر به دست می‌آید (میرباقری ۱۳۷۴):

$$Q_1 = 0.278 C (A_1 i_1)$$

$$Q_2 = 0.278 C (A_1 i_2 + A_2 i_1)$$

$$Q_{max} = 0.278 C (A_1 i_n + A_2 i_{n-1} + \dots + A_n i_1)$$

ج - برآورد رواناب به روش SCS

این روش در سال ۱۹۷۲ توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا (Soil Conservation Service) ارائه شد. یک مدل تجربی ساده با فرضیات واضح و داده‌های مورد نیاز اندک می‌باشد. این روش جهت برآورد رواناب در حوضه‌های شهری و کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش ارتفاع رواناب با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$R = \frac{(I - 0.2 I)^2}{(I + 0.8 I)} \quad \text{معادله (۲-۳)}$$

در این معادله R ارتفاع رواناب بر حسب اینچ، P ارتفاع بارندگی بر حسب اینچ و S نگهداشت سطحی زمین می باشد. برای محاسبه S از معادله زیر استفاده می شود:

$$S = \frac{1000}{P} - 10 \quad \text{معادله (۲-۴)}$$

که در این معادله CN شماره منحنی در حوضه می باشد. مقدار شماره منحنی در حوضه ها با توجه به گروه های هیدرولوژیکی خاک، مقدار پوشش گیاهی و شیب زمین برآورد می شود. با داشتن مقادیر بارندگی (P) و شماره منحنی حوضه (CN)، ارتفاع رواناب از طریق معادله های بالا به دست می آید (علیزاده ۱۳۹۶). این روش به عوامل زیادی از جمله رطوبت خاک و شدت و مدت بارندگی و کاربری اراضی و پوشش خاک بستگی دارد (Hames 2012). در این روش، شماره منحنی بین ۲۵ (مناطق با تراوایی بالا) و ۹۸ (در مناطق نفوذناپذیر) تغییر می کند (Hadudian 2013).

د - برآورد حجم رواناب با استفاده از شاخص رواناب

در حوضه های فاقد آمار، برای برآورد حجم رواناب سالانه از روش های متداول و شناخته شده ای مانند روش منطقی و روش SCS استفاده می شود. برای تعیین ضریب رواناب در روش منطقی و یا شماره منحنی در روش SCS، ابتدا با استفاده از تلفیق لایه های اطلاعاتی مربوط به عوامل موثر بر ایجاد رواناب در منطقه مورد مطالعه در محیط نرم افزار GIS، مقدار شاخص رواناب (درستکار و کرمی ۱۳۹۰) برای نقاط مختلف حوضه برآورد می شود. سپس با استفاده از مقدار شاخص رواناب به دست آمده، ضریب رواناب و یا شماره منحنی برآورد شده و در نهایت با استفاده از معادلات مربوط به روش های منطقی و SCS ارتفاع رواناب و در نهایت حجم رواناب برآورد می شود.

۲-۳- تأثیر سیلاب بر بهبود منابع آبی مناطق خشک و نیمه خشک

در کشورهای خشک و نیمه خشک از جمله ایران جهت تأمین آب مصرفی بخش‌های مختلف (شرب، کشاورزی و صنعت) از سفره‌های آب زیرزمینی استفاده می‌شود. این در حالی است که حفاظت کیفی و کمی این سفره‌ها کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد. بر اساس مطالعات اروچی و همکاران (۱۳۸۹) و جعفری و رضایی (۱۳۸۹) کمبود بارش طولانی مدت در این مناطق باعث ایجاد خشکسالی هیدرولوژیکی و به دنبال آن افزایش چاه‌های عمیق می‌شود. برداشت بیش از حد از این آبخوان‌ها سبب افت کیفیت در سطح آب زیرزمین می‌شود. در مناطق خشک و نیمه خشک به علت افزایش زمان ماندگاری میزان مواد محلول و برخی مواد معلق در آب افزایش می‌یابد به طوری که در برخی مناطق استفاده از آب زیرزمینی با مشکل مواجه است (ناموی و همکاران ۱۳۹۰). سیلاب‌های مناطق مورد مطالعه از کیفیت خوبی برخوردار است به گونه ای که استفاده از آب این سیلاب‌ها می‌تواند باعث بالا رفتن کیفیت منابع آبی این مناطق شود (رحیمی و کرمی ۱۳۹۰).

کرمی (۱۳۷۵) با اندازه‌گیری کیفیت سیلاب در مسیل خیرآباد در کوه‌های هیزمی احمدآباد خارتوران واقع در شهرستان شاهرود، ذکر کرده است که هدایت الکتریکی سیلاب در این منطقه حدود ۲۶۰ میکروموس بر سانتیمتر است که در مقایسه با هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی منطقه بسیار کمتر است. بنابراین، استفاده از سیلاب‌ها برای تغذیه مصنوعی آبخوان آبرفتی منطقه موجب بهبود کمی و کیفی این منابع ارزشمند زیرزمینی می‌شود.

کشور ما در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد. در این منطقه پراکنش بارندگی به صورت رگبارهای شدید توأم با سیلاب‌های شدید و مخرب می‌باشد. با توجه به کمبود آب در این مناطق مدیریت سیلاب‌ها امری ضروری است (کمالی و کیاسیرتی ۱۳۸۶).

رحیمی و کرمی (۱۳۹۰) سیل‌خیزی منطقه غرب ترود از توابع شهرستان شاهرود را مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها اظهار داشته‌اند که با وجود کمبود آب با کیفیت مناسب در این منطقه

هرساله مقادیر زیادی آب با کیفیت به صورت سیلاب از منطقه خارج شده و به نمزارهای جنوب ترود سرازیر می‌شود. با مدیریت این سیلاب ها می‌توان از منابع آب زیرزمینی کمتر استفاده کرد و به بهبود کمی و کیفی آنها کمک کرد.

فصل سوم: روش انجام کار

در این فصل کلیه فعالیت‌های انجام شده جهت بررسی سیل‌خیزی ارتفاعات شمال روستای کلاته ملا به صورت مختصر بیان شده است. این فعالیت‌ها عبارتند از:

- جمع‌آوری آمار و اطلاعات مرتبط با موضوع مورد تحقیق
- بازدیدهای صحرایی از منطقه مورد مطالعه و بررسی عوامل موثر بر سیل‌خیزی منطقه
- تهیه لایه‌های اطلاعاتی عوامل تاثیرگذار بر سیل‌خیزی منطقه
- ترسیم نمودار هیپسومتری حوضه‌های مورد مطالعه
- تهیه نیمرخ‌های طولی و عرضی در مسیرهای مهم منطقه با استفاده از دوربین ترازیب
- برآورد حجم رواناب سالانه منطقه با استفاده از شاخص رواناب
- بررسی کیفی سیلاب‌های منطقه
- ارائه راهکارهای مناسب برای مهار سیلاب‌های منطقه

۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات مرتبط با موضوع مورد تحقیق

به منظور بررسی کمی سیلاب در منطقه شمال روستای کلاته ملا دامغان و هم‌چنین برآورد حجم سیلاب در این منطقه، آمار و اطلاعات مورد نیاز مرتبط با موضوع تحقیق شامل مقدار بارندگی در

ایستگاه‌های مجاور منطقه و اطلاعات مربوط به آبراهه‌ها و مسیل‌های سیل‌خیز منطقه از سازمان‌های مربوطه جمع‌آوری شده است. علاوه بر این، به منظور مقایسه کیفی سیلاب‌های منطقه مورد مطالعه با منابع آب زیرزمینی منطقه، اطلاعات کیفی آبهای زیرزمینی منطقه از اداره امور آب دامغان تهیه شده است.

۳-۲- انجام بازدیدهای صحرائی

به منظور شناخت صحیح منطقه و بررسی عوامل موثر بر سیل‌خیزی منطقه، بازدیدهای مکرری از منطقه مورد مطالعه به عمل آمد. در این بازدید ها، ضمن تطابق واحدهای سنگی منطقه با نقشه زمین‌شناسی، نوع نهشته‌های آبرفتی، وجود یا عدم وجود واریزه بر روی رخنمون‌های سنگی و همچنین وضعیت پوشش گیاهی در منطقه مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۳- تهیه لایه های اطلاعاتی عوامل تاثیرگذار بر سیل خیزی منطقه

با توجه به بررسی‌های انجام شده، مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر سیل‌خیزی منطقه شامل لیتولوژی واحدهای سنگی، نوع پوشش سطحی زمین، شیب توپوگرافی، مقدار بارندگی و پوشش گیاهی منطقه می‌باشند در ادامه مختصری درباره این عوامل و نحوه تهیه لایه های اطلاعاتی آنها مطالبی ارائه خواهد شد:

الف - لایه اطلاعاتی لیتولوژی

تاثیر لیتولوژی‌های مختلف با توجه به نفوذپذیری و تخلخل متفاوت آنها بر روی شدت سیل‌خیزی یکسان نمی‌باشد. به این ترتیب که واحدهای با نفوذپذیری بالاتر مانند آهک‌ها و یا مخروطه افکنه‌های دانه درشت شدت سیل‌خیزی کمتری را شامل می‌شوند در حالی که واحدهای شیلی و مارنی، سنگ-های دگرگونی و رسوبات ریز دانه شدت سیل‌خیزی بالاتری را شامل می‌شوند.

ب - لایه اطلاعاتی شیب توپوگرافی

برای تهیه لایه اطلاعاتی شیب توپوگرافی از تصاویر *DEM* و نرم افزار *ArcGIS10* استفاده شد. این لایه اطلاعاتی توسط نرم افزار *ArcGIS10* امتیازبندی و وزن دهی شد. در منطقه مورد مطالعه مقدار شیب توپوگرافی بین صفر تا ۵۵ درجه متغیر است. نقش شیب توپوگرافی در تولید رواناب بدین گونه است که افزایش شیب باعث افزایش ضریب رواناب می شود و برعکس با کاهش شیب توپوگرافی ضریب رواناب کاهش می یابد. بنابراین، مقدار شیب توپوگرافی با سیل خیزی رابطه مستقیمی دارد.

ج - لایه اطلاعاتی پوشش گیاهی

پوشش گیاهی به دلایل متعددی نقش قابل توجهی در کاهش شدت سیل خیزی دارد. به این ترتیب که هر چه مقدار پوشش گیاهی بیشتر باشد شدت سیل خیزی و حجم رواناب در حوضه کمتر می شود. با توجه به بازدیدهای صحرایی ملاحظه گردید که تقریباً در تمام پهنه مورد مطالعه پوشش گیاهی ضعیف می باشد و در بخش انتهای منطقه مورد مطالعه تقریباً هیچ پوشش گیاهی وجود ندارد. بنابراین، لایه اطلاعاتی پوشش گیاهی به دو گروه پوشش گیاهی فقیر و فاقد پوشش گیاهی تقسیم شده است. گروه های فوق الذکر در محیط نرم افزار *GIS* امتیازدهی و وزن دهی شده اند.

د - لایه اطلاعاتی بارش

مقدار بارش نقش مهمی در حجم رواناب های سالانه بازی می کند به این ترتیب که در مناطق با بارش زیاد حجم رواناب های ایجاد شده بیشتر و برعکس در مناطق با بارش کم حجم رواناب های ایجاد شده کمتر خواهد بود. با توجه به عدم وجود باران سنج در حوضه های مورد مطالعه، به منظور برآورد مقدار بارندگی در نقاط مختلف محدوده مورد مطالعه، ابتدا نمودار ارتفاع - بارش منطقه با استفاده از اطلاعات بارش ایستگاه های مجاور منطقه برآورد شده است. سپس با استفاده نمودار ارتفاع - بارش و همچنین اطلاعات *DEM* منطقه، نقشه همباران منطقه مورد مطالعه تهیه شد. در نهایت، در محیط

نرم افزار GIS لایه اطلاعاتی بارندگی امتیازدهی و وزن دهی شد. این اطلاعات در جدول شماره (۳-۱) آورده شده است.

جدول ۳-۱- اطلاعات مربوط به ارتفاع و بارش در ایستگاه های مجاور منطقه مورد مطالعه

نام ایستگاه	ارتفاع (بر حسب متر)	بارش سالانه (بر حسب میلی متر)
دهملا	۱۱۸۴	۱۱۹
دیباچ	۲۰۰۵	۳۱۹
طرزهر	۱۲۹۵	۱۵۱
حسین آباد	۱۱۱۳	۸۹

۳-۴- ترسیم نمودار هیپسومتری حوضه های مورد مطالعه

نمودار هیپسومتری، توزیع مساحت را در ارتفاعات مختلف نشان می دهد. در این منحنی محور عمودی ارتفاع و محور افقی درصد تجمعی مساحت است. وضعیت سیل خیزی هر حوضه با توزیع مساحت آن در ارتفاعات مختلف وابستگی دارد. علاوه براین، یکی از روش های دقیق تعیین ارتفاع متوسط حوضه استفاده از نمودار هیپسومتری است. به این ترتیب که نقطه ارتفاعی متناظر درصد مساحت برابر با ۵۰، ارتفاع متوسط حوضه می باشد. برای تعیین منحنی هیپسومتری در حوضه های پنج گانه مورد مطالعه از خطوط تراز با اختلاف ارتفاع ۱۰۰ متری استفاده شده است.

۳-۵- نقشه برداری و تعیین مقاطع طولی و عرضی در مسیل های مهم منطقه

به منظور تعیین دقیق تر ضریب رواناب در حوضه های مورد مطالعه، دبی اوج سیلابی که در تاریخ ۲۸ شهریور ۱۳۹۷ رخ داده است با استفاده از داغ آب سیلاب (Flood mark) برآورد شده است. به این ترتیب که با استفاده از دوربین تراز یاب و متر فلزی نیمرخ های عرضی و طولی برای مسیل های پشکی

و ورچندکوهی تهیه شده‌اند. با داشتن محل داغ آب سیلاب های ایجاد شده در ۲۸ شهریور ۱۳۹۸ در دو مسیل مذکور، دبی‌های اوج سیلابی در تاریخ مذکور برای دو آبراهه از روش منینگ (Manning method) برآورد شده است.

۳-۶- برآورد حجم رواناب سالانه با استفاده از شاخص رواناب

همانطور که در بخش های ۳-۳ ذکر شد ، مهمترین عوامل تاثیرگذار بر سیل‌خیزی منطقه شامل لیتولوژی واحدهای سنگی، نوع پوشش سطحی زمین، شیب توپوگرافی، مقدار بارندگی و پوشش گیاهی منطقه می‌باشند. با توجه به لایه های اطلاعاتی تهیه شده برای عوامل فوق‌الذکر در محیط نرم-افزار GIS با امتیازدهی و وزن‌دهی به آنها شاخص رواناب در منطقه مورد مطالعه برآورد شده است. سپس با استفاده از نتایج به دست آمده در خصوص شاخص رواناب در منطقه و تبدیل آن به شماره منحنی و به کارگیری روش SCS رواناب سالانه در حوضه های مورد مطالعه برآورد شده است.

۳-۷- بررسی کیفی سیلاب های منطقه

به منظور بررسی کیفی سیلاب های منطقه، از سیلاب ایجاد شده در مسیل‌های پشکی و ورچندکوهی در تاریخ ۲۹ فروردین ۱۳۹۹ نمونه‌برداری به عمل آمد. برای نمونه‌های برداشت شده مقدار هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده و سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه زرازا ارسال شده‌اند. در آزمایشگاه غلظت یون‌های اصلی شامل کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم، بی‌کربنات، سولفات و کلر اندازه‌گیری شده است. با استفاده از نتایج به دست آمده ضمن تعیین تیپ و رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی نمونه‌های سیلاب، جایگاه آنها در نمودارهای پایپر، استیف و ویلکاکس با منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مقایسه قرار گرفته است.

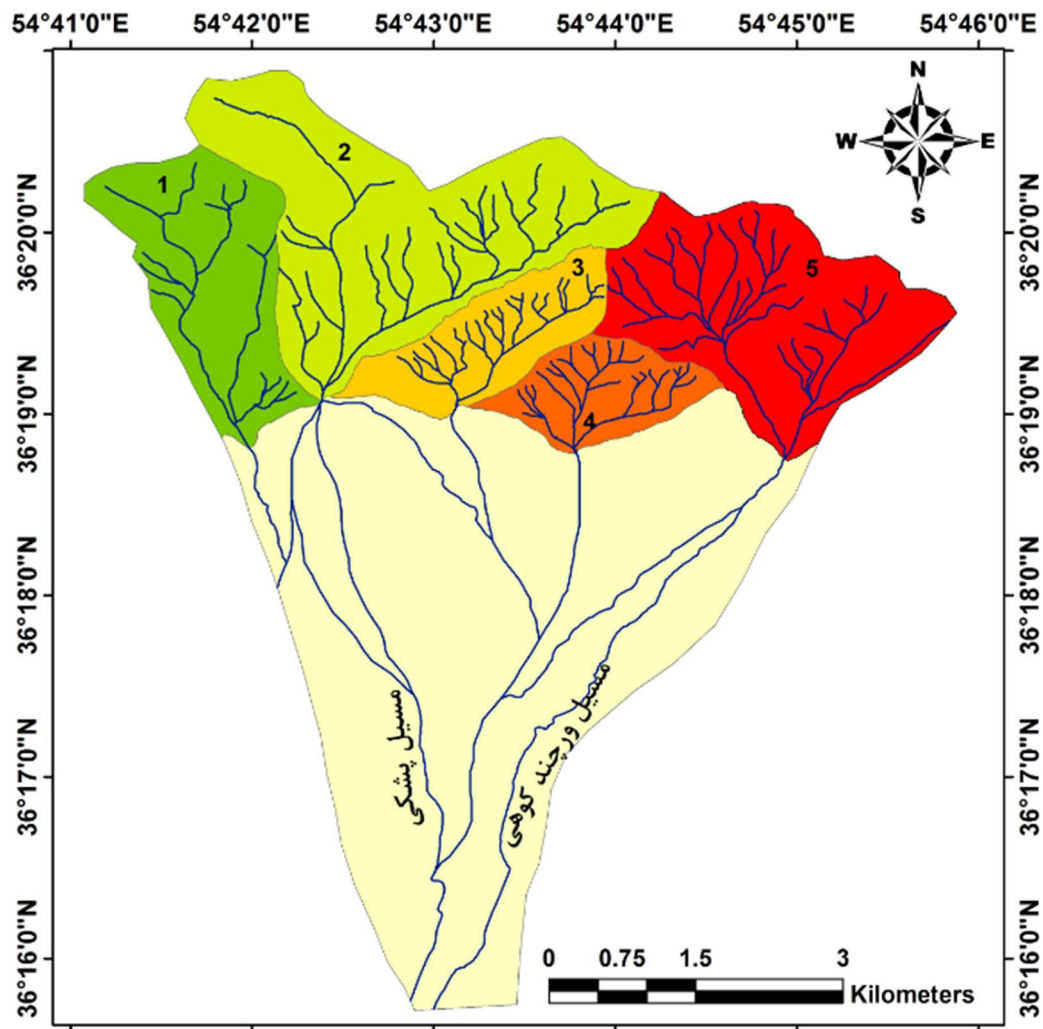
۳-۸- ارائه راهکارهای مناسب برای مهار سیلاب های منطقه

محققین مختلف راهکارهای متعددی برای مهار سیلاب ارائه نموده‌اند که هرکدام در شرایط خاصی مناسب هستند. برای مثال، برای مهار سیلاب های بزرگ معمولاً از سدهای مخزنی استفاده می‌شود. برای مهار سیلاب های کوچک غالباً از روش هایی مانند احداث شبکه‌های پخش سیلاب، بندهای خاکی و تورکی‌نست استفاده می‌شود. برای مهار سیلاب های مربوط به ارتفاعات شمال کلاته ملا دامغان، با توجه به وسعت حوضه ها، دبی سیلاب ها، شرایط توپوگرافی و خصوصیات رسوبات سطحی منطقه راهکارهای مناسب ارائه شده است.

فصل چهارم: بررسی سیلاب در منطقه

ارتفاعات شمال کلاته ملا دامغان

همانطور که در فصل اول ذکر شد، منطقه مورد مطالعه در شمال روستای کلاته ملا از توابع شهرستان دامغان واقع شده است. در بخش کوهستانی منطقه مورد مطالعه ۵ حوضه آبگیر وجود دارد که از غرب به شرق با شماره ۱ تا ۵ شماره گذاری شده اند. سیلاب های منطقه که در هنگام بارش های سیل آسا ایجاد می شوند از این حوضه ها منشأ می گیرند. شکل (۴-۱) موقعیت حوضه های آبگیر مورد نظر را نشان می دهد.



شکل ۴-۱- موقعیت حوضه های آبریز در بخش کوهستانی منطقه مورد مطالعه

به منظور ارزیابی کمیت سیلاب در ارتفاعات کلاته ملا دامغان، ابتدا بازدیدهای صحرایی از حوضه های آبریز منطقه به عمل آمد. در این بازدیدها عوامل مختلف تاثیرگذار بر سیلاب های منطقه از قبیل فیزیوگرافی، لیتولوژی و پوشش سطح زمین مورد ارزیابی قرار گرفته است. علاوه بر این، به منظور بررسی کیفی منابع آب منطقه، از سیلاب ها و آبهای زیرزمینی منطقه هم نمونه برداری به عمل آمده است.

برای بررسی سازندهایی که در منطقه مورد مطالعه رخنمون دارند از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان استفاده شد. برای بررسی پوشش گیاهی از عکسهای ماهواره ای 7 Land Sat و نرم افزار ENVI استفاده شده

جهت تعیین شیب از اطلاعات رقومی DEM و برای لایه های اطلاعاتی بارندگی از داده های ایستگاه- های هواشناسی و آب سنجی اطراف حوضه مورد مطالعه استفاده شده است.

۴-۱- بررسی خصوصیات فیزیوگرافی حوضه های مورد مطالعه

خصوصیات فیزیوگرافی یا فیزیکی حوضه خصوصیات هستند که بر روی شدت سیل خیزی و همچنین حجم سیل حوضه تأثیر می گذارند. این خصوصیات برای هر حوضه تقریباً ثابت هستند. به همین دلیل می توان از آنها برای برآورد سیلاب حوضه های فاقد آمار استفاده کرد. با دانستن اطلاعات خصوصیات فیزیوگرافی هر حوضه همراه با شرایط آب و هوایی آن می توان ویژگی های هیدرولوژیکی آن حوضه را به دست آورد. در این تحقیق خصوصیات فیزیوگرافی زیر برای حوضه های مورد مطالعه بررسی شده است.

۴-۱-۱- مساحت و محیط

از نظر مساحت حوضه ها به سه دسته تقسیم می شوند: حوضه های کوچک با مساحت کمتر از ۱۰۰ کیلومتر مربع، حوضه های متوسط با مساحت بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلومتر مربع و حوضه های بزرگ با مساحت بزرگتر از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع (علیزاده ۱۳۹۶). بارزترین خصوصیت فیزیکی یک حوضه مساحت آن است چون با دبی و حجم رواناب در حوضه رابطه مستقیمی دارد. مساحت حوضه را معمولاً با حرف A نشان داده و برحسب کیلومتر مربع یا مایل مربع توصیف می شود.

خط فرضی که حوضه مورد نظر را از حوضه های مجاور مجزا می کند مرز حوضه نامیده می شود. طول مرز حوضه را محیط حوضه می گویند که با حرف P نشان داده می شود. در واقع مرز حوضه مرز تقسیم توپوگرافی آب (Topographic water divide) است. محیط حوضه برحسب کیلومتر یا مایل سنجیده می شود. برای اندازه گیری مساحت حوضه از نرم افزار Arc GIS 10 استفاده شده است. اطلاعات مربوطه به محیط و مساحت ۵ زیر حوضه مورد مطالعه در جدول (۴-۱) آورده شده است.

جدول ۴-۱- اطلاعات مربوط به محیط و مساحت حوضه های مورد مطالعه

نام حوضه آبگیر	مساحت (کیلومتر مربع)	محیط (کیلومتر)
حوضه ۱	۳/۰۰	۸/۵۵
حوضه ۲	۵/۶۷	۱۲/۹۰
حوضه ۳	۱/۷۶	۶/۰۹
حوضه ۴	۱/۳۵	۵/۰۵
حوضه ۵	۴/۳۲	۹/۴۴

۴-۱-۲- شکل حوضه

شکل حوضه آبگیر از خصوصیات مهمی است که بر میزان رواناب سطحی، زمان تمرکز و هیدروگراف سیل خروجی از حوضه تأثیرگذار است. حوضه های آبگیر قیفی یا دایره ای شکل به علت این که جریان تمام شاخه های فرعی در آنها تقریباً در یک زمان به خروجی اصلی حوضه می رسند در مقایسه با حوضه های آبگیر کشیده و طویل دبی اوج بیشتری را تولید می کنند. برای تعیین شکل حوضه از شاخص های مختلفی از جمله ضریب شکل حوضه، ضریب کشیدگی و مستطیل معادل استفاده می شود. در این تحقیق از ضریب شکل حوضه، استفاده می شود که در سال ۱۹۳۲ توسط هورتون ارائه شده است و نسبت مساحت حوضه به طول آن باشد (علیزاده ۱۳۹۶). مقدار این پارامتر از معادله زیر به دست می آید.

$$F = \frac{A}{L^2} \quad \text{معادله (۴-۱)}$$

که در این معادله A مساحت حوضه برحسب کیلومتر مربع و L طول حوضه آبگیر برحسب کیلومتر می‌باشد. در روش هورتون هر چه ضریب شکل به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد شکل حوضه گردتر و هر چه کوچکتر باشد شکل حوضه کشیده‌تر است. در جدول (۲-۴) ضریب شکل حوضه های مورد مطالعه ارائه شده است.

جدول ۲-۴- ضریب شکل حوضه های مورد مطالعه

نام حوضه آبگیر	طول حوضه (کیلومتر)	مساحت حوضه (کیلومتر مربع)	ضریب شکل حوضه
حوضه ۱	۳/۲۳	۳/۰۰	۰/۲۸
حوضه ۲	۳/۵۸	۵/۶۷	۰/۴۴
حوضه ۳	۱/۹۵	۱/۷۶	۰/۴۶
حوضه ۴	۱/۲۹	۱/۳۵	۰/۸۴
حوضه ۵	۲/۵۹	۴/۳۲	۰/۶۴

۳-۱-۴- ضریب انشعابات آبراهه‌ای

برای بررسی تأثیر انشعابات شبکه رودخانه‌ای بر هیدروگراف سیل از نسبت انشعابات (Bifurcation ratio) استفاده می‌شود برای محاسبه ضریب انشعاب رودخانه‌ای از معادله زیر استفاده می‌گردد (علیزاده ۱۳۹۶).

$$R = \left(\frac{n_1}{n_2} + \frac{n_2}{n_3} + \frac{n_3}{n_4} + \frac{n_{i-1}}{n_i} \right) \frac{1}{i-1} \quad \text{معادله (۲-۴)}$$

که در این معادله i تعداد آبراهه‌های رده i هستند و i رده بزرگترین رودخانه (رودخانه اصلی) حوضه است. مقادیر نسبت انشعابات آبراهه‌های حوضه‌های مورد مطالعه در این تحقیق در جدول (۴-۳) نشان داده شده است.

جدول ۴-۳- مقادیر ضریب انشعابات آبراهه‌ای حوضه‌های مورد مطالعه

نام حوضه آبگیر	ضریب انشعاب حوضه
حوضه ۱	۲/۲۲
حوضه ۲	۲/۶۷
حوضه ۳	۲/۴۹
حوضه ۴	۲/۵۵
حوضه ۵	۲/۷۳

۴-۱-۴- زمان تمرکز حوضه

زمان تمرکز یک حوضه آبگیر به عوامل متعددی مثل طول آبراهه اصلی و شیب حوضه و همچنین شرایط هیدرولیکی مسیر جریان مانند ضریب زبری و شعاع هیدرولیکی بستگی دارد (مهدوی ۱۳۷۱). در این تحقیق برای محاسبه زمان تمرکز حوضه‌های مورد بررسی از دو معادله زیر استفاده شده است.

الف - معادله کریپچ

کریپچ در سال ۱۹۴۰ بر اساس داده‌های حاصل از شش حوضه کوچک معادله زیر را برای تخمین زمان تمرکز ارائه کرد:

$$T_c = 0.00032 T^{0.77} S^{-0.385} \quad \text{معادله (۴-۲)}$$

که در آن T زمان تمرکز بر حسب ساعت و L طول مسیر آبراهه اصلی بر حسب متر و S شیب آبراهه اصلی می باشد.

ب - معادله کالیفرنیا

این روش در سال ۱۹۴۲ برای محاسبه زمان تمرکز حوضه آبرگیر ارائه شده است که برای محاسبه زمان تمرکز حوضه از معادله زیر استفاده می شود (مهدوی ۱۳۷۱).

$$T_c = \left(0.885 \frac{L^3}{H}\right)^{0.385} \quad \text{معادله (۴-۳)}$$

که در آن T زمان تمرکز بر حسب ساعت و L طولانی ترین مسیر آب در داخل حوضه یا طول آبراهه اصلی بر حسب کیلومتر و H اختلاف ارتفاع بین نقطه تمرکز و بلندترین قسمت حوضه.

جدول ۴-۴ - مقادیر زمان تمرکز در حوضه های مورد مطالعه

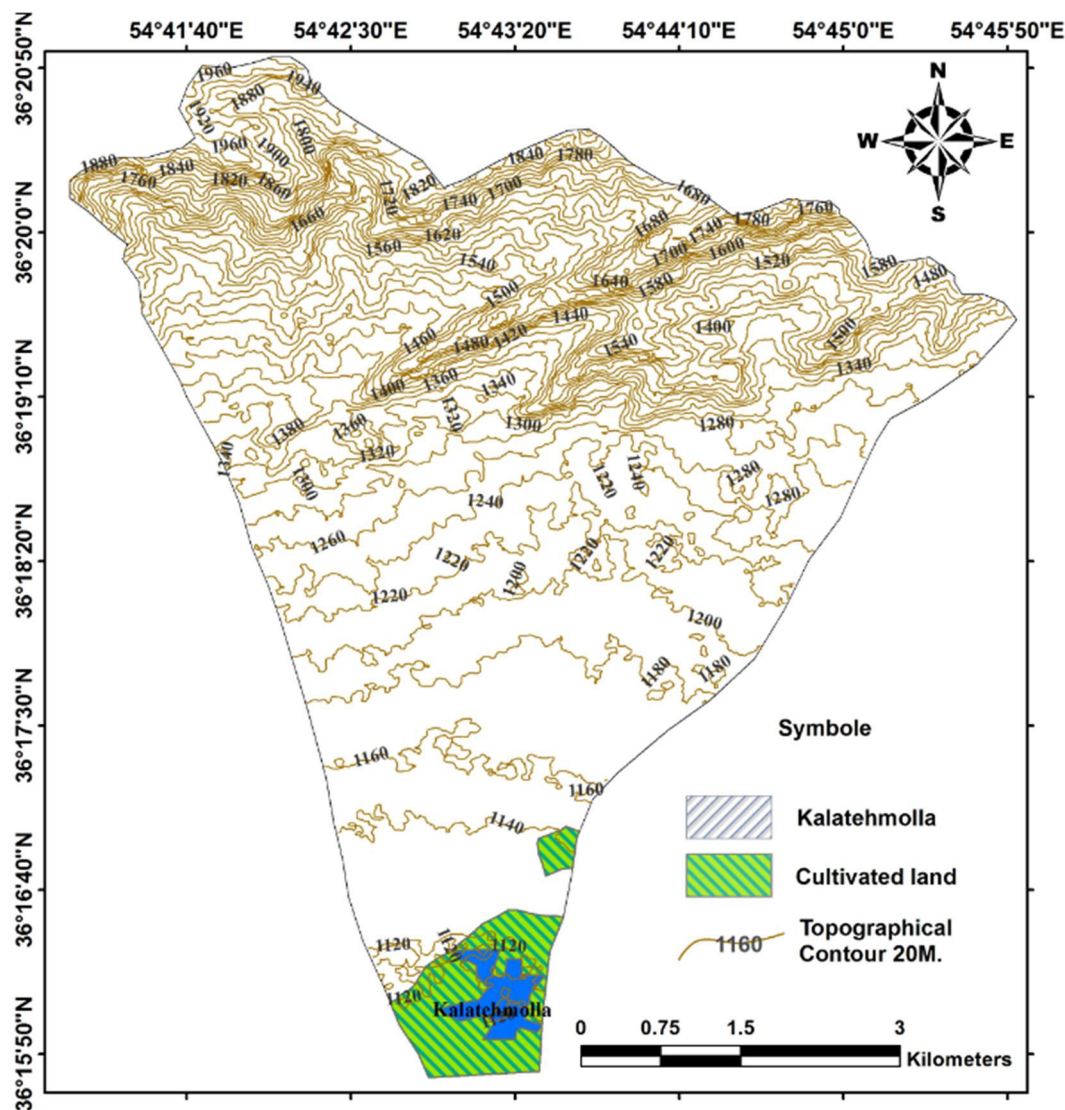
زمان تمرکز (ساعت)		نام حوضه آبرگیر
معادله کالیفرنیا	معادله کریچ	
۰/۳۲	۰/۳۰	حوضه ۱
۰/۴۰	۰/۳۶	حوضه ۲
۰/۲۲	۰/۲	حوضه ۳
۰/۱۶	۰/۱۵	حوضه ۴
۰/۲۸	۰/۲۵	حوضه ۵

۴-۱-۵- شیب حوضه

با فرض این که تمام عوامل موثر بر ظهور سیلاب در یک منطقه یکسان باشند، هرچه شیب توپوگرافی بیشتر باشد، فرصت نفوذ آب به داخل زمین کم شده و این مسئله باعث افزایش حجم سیلاب می‌شود. علاوه بر این، در حوضه های با شیب بیشتر، زمان تمرکز حوضه کوچکتر شده و رواناب‌های ایجاد شده در زمان کوتاهتری به خروجی حوضه می‌رسند و این امر موجب افزایش شدت سیل‌خیزی حوضه می‌شود (کریمی ۱۳۹۷). برای تعیین شیب متوسط حوضه روش های متعددی وجود دارد. یکی از رایج‌ترین آنها استفاده از معادله زیر است:

$$\text{معادله (۴-۴)} \quad S = \frac{L \times H}{D} \times 100$$

که در این معادله، S شیب متوسط حوضه بر حسب درصد، L فاصله خطوط تراز (Contour interval) بر حسب متر، D مجموع طول خطوط تراز بر حسب متر و H مساحت حوضه بر حسب مترمربع است. شکل (۴-۲) نقشه خطوط تراز با فاصله کنتوری ۲۰ متر برای حوضه های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲- نقشه خطوط تراز در حوضه های مورد مطالعه

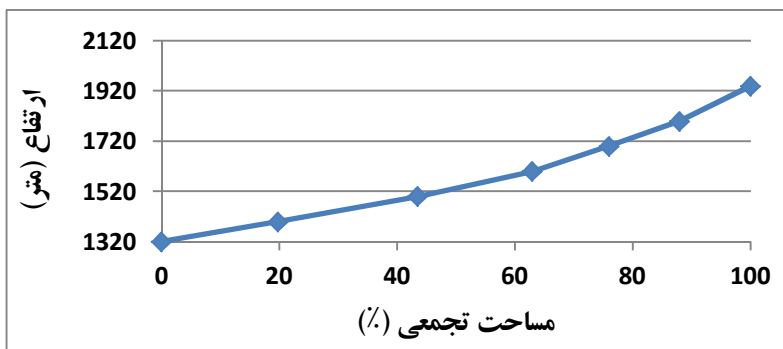
بر اساس محاسبات انجام شده مقدار شیب متوسط در حوضه های مورد مطالعه برآورد شده و در جدول (۴-۵) ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می شود مقدار شیب توپوگرافی در حوضه های کوهستانی منطقه به طور قابل توجهی بالا است. به این ترتیب که مقدار شیب در این حوضه ها بین ۰/۳۷ تا ۰/۴۷ متغیر است. تهیه نقشه خطوط تراز هر حوضه آبگیر با فاصله کنتوری دلخواه و اندازه گیری پارامترهای [۲] و [۳] با نرم افزارهای مختلف از جمله *GIS* به آسانی قابل انجام است.

جدول ۴-۵- مقادیر شیب متوسط در حوضه های مورد مطالعه

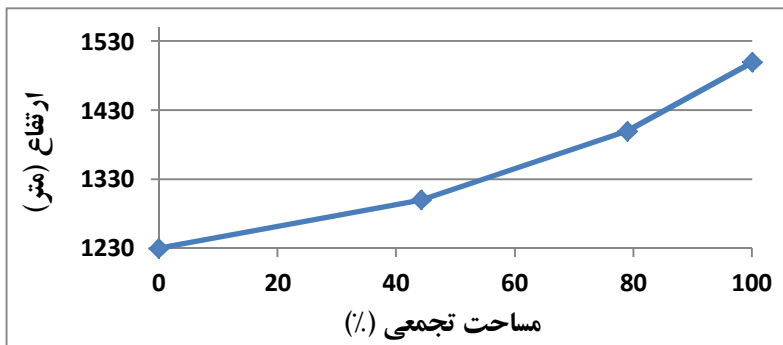
شیب متوسط	نام حوضه آبگیر
۰/۳۹	حوضه ۱
۰/۴۲	حوضه ۲
۰/۴۵	حوضه ۳
۰/۴۷	حوضه ۴
۰/۳۷	حوضه ۵

۴-۱-۶- هیپسومتری حوضه های مورد مطالعه

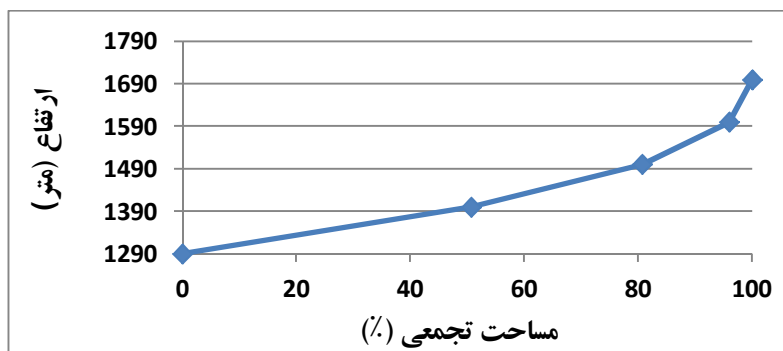
هیپسومتری حوضه بیانگر توزیع مساحت در ارتفاعات مختلف است. با استفاده از نمودار هیپسومتری حوضه می توان ارتفاع متوسط آن را محاسبه نمود. برای حوضه های مورد مطالعه نمودار هیپسومتری ترسیم شده و در شکل (۴-۳) ارائه شده است. با توجه به نمودارهای هیپسومتری ترسیم شده میانگین ارتفاع حوضه ها تعیین شده و در جدول (۴-۶) ارائه شده است.



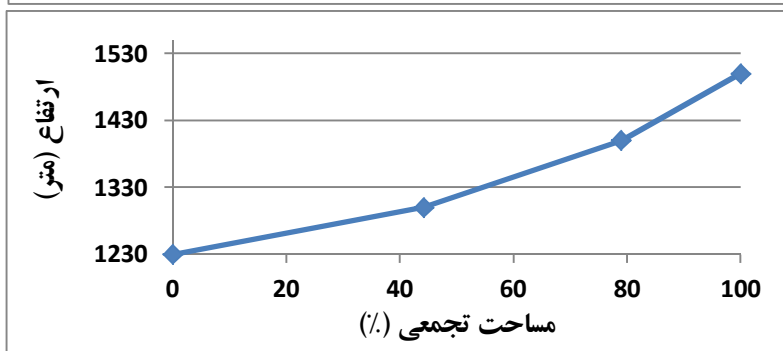
حوضه ۱



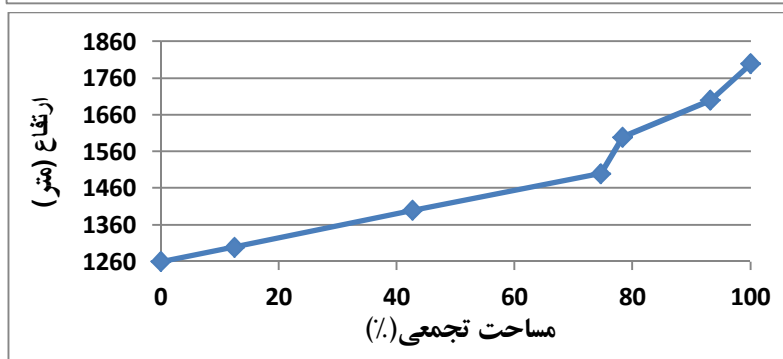
حوضه ۲



حوضه ۳



حوضه ۴



حوضه ۵

شکل ۴-۳- نمودار هیپسومتری حوضه های مورد مطالعه

جدول ۴-۶- مقادیر ارتفاع متوسط در حوضه های مورد مطالعه

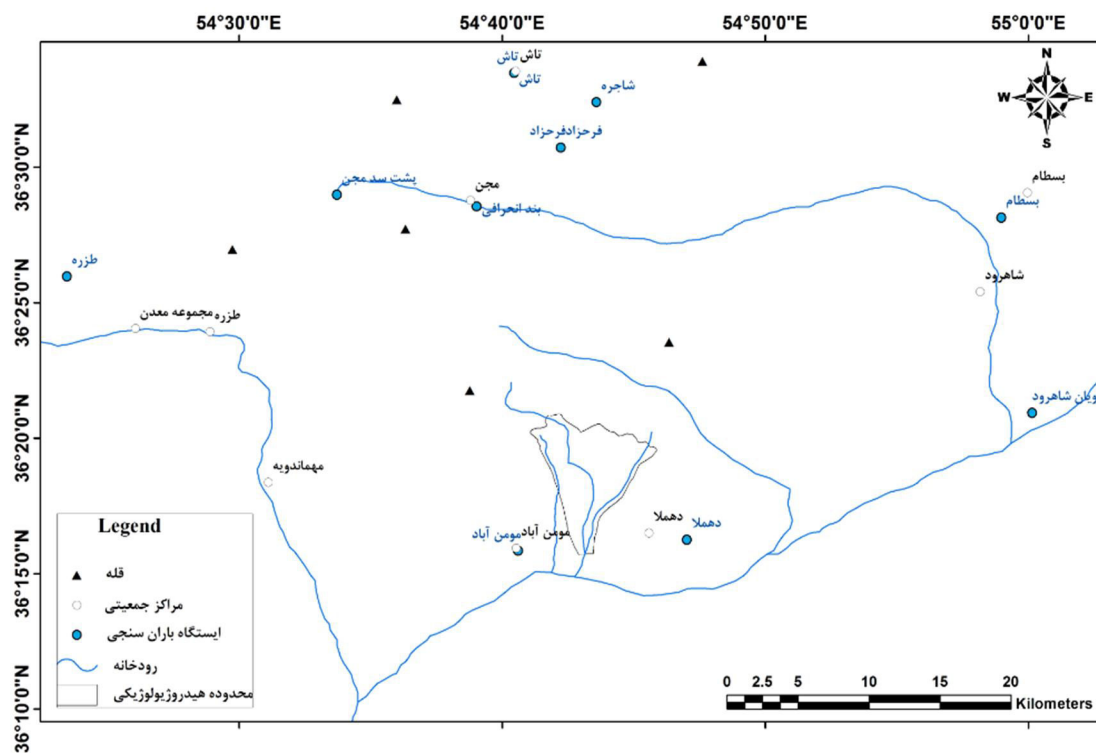
نام حوضه آبگیر	ارتفاع متوسط (متر)
حوضه ۱	۱۵۶۰
حوضه ۲	۱۶۶۰
حوضه ۳	۱۲۱۱
حوضه ۴	۱۳۶۲
حوضه ۵	۱۴۷۳

۴-۲- برآورد میانگین بارش سالانه در منطقه شمال کلاته ملا

با توجه به توپوگرافی کوهستانی، نبود روستا و دسترسی سخت به منطقه مورد مطالعه، در بخش کوهستانی هیچ گونه ایستگاه هواشناسی وجود ندارد. بنابراین، به منظور برآورد میانگین بارش سالانه از آمار و اطلاعات ایستگاههای مجاور منطقه استفاده شده است.

۴-۲-۱- ایستگاههای باران سنجی مورد مطالعه

در شکل (۴-۴) موقعیت ایستگاههای باران سنجی مجاور منطقه نشان داده شده است. با توجه به نمودار ارتفاع - بارش ترسیم شده ملاحظه شد که بهترین همبستگی بین اطلاعات ارتفاع - بارش ایستگاههای باران سنجی دهملا، حسین آباد، طزره و دیباج وجود دارد. بنابراین، برای برآورد میانگین بارش سالانه از آمار و اطلاعات ایستگاههای باران سنجی دهملا، حسین آباد، طزره و دیباج استفاده شده است. جدول (۴-۷) اطلاعات مربوط به ارتفاع و میانگین بارش سالانه در ایستگاههای باران سنجی مورد استفاده را نشان می دهد.



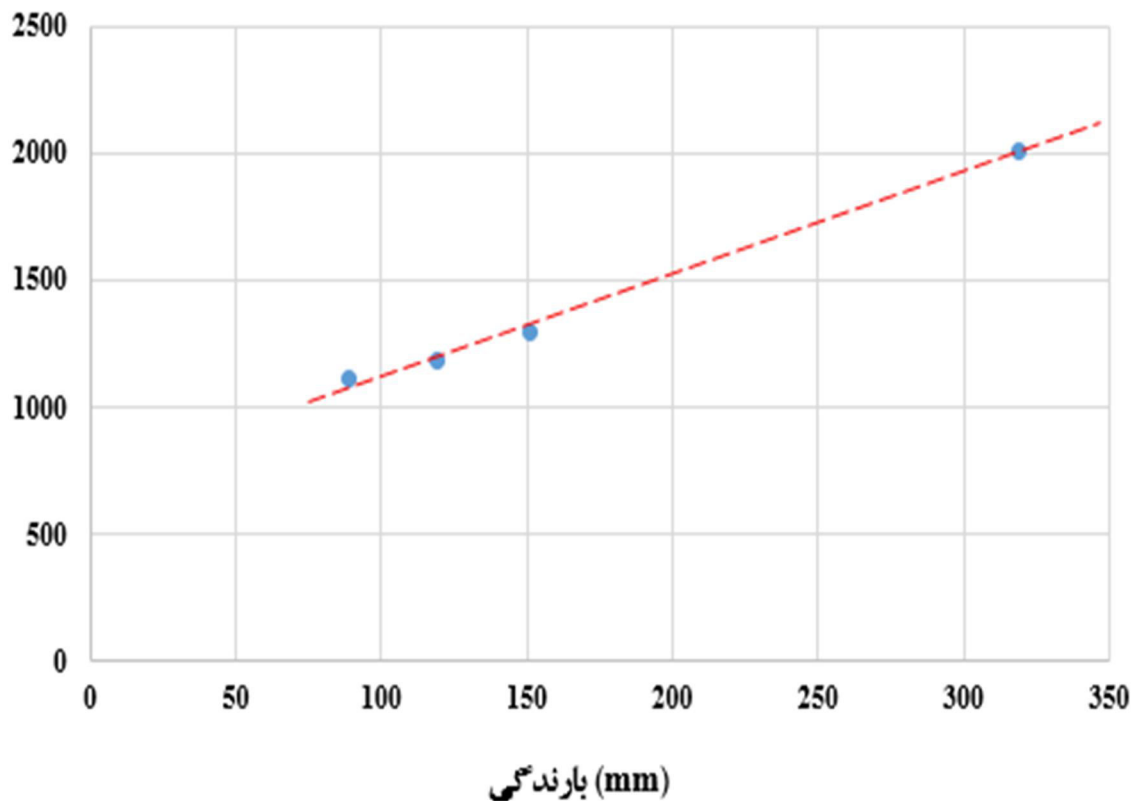
شکل ۴-۴- موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی در منطقه مورد مطالعه

جدول ۴-۷- مقادیر ارتفاع و بارندگی در ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد استفاده

نام ایستگاه	ارتفاع (بر حسب متر)	بارش سالانه (بر حسب میلی‌متر)
دهملا	۱۱۸۴	۱۱۹
دیباچ	۲۰۰۵	۳۱۹
طرزره	۱۲۹۵	۱۵۱
حسین‌آباد	۱۱۱۳	۸۹

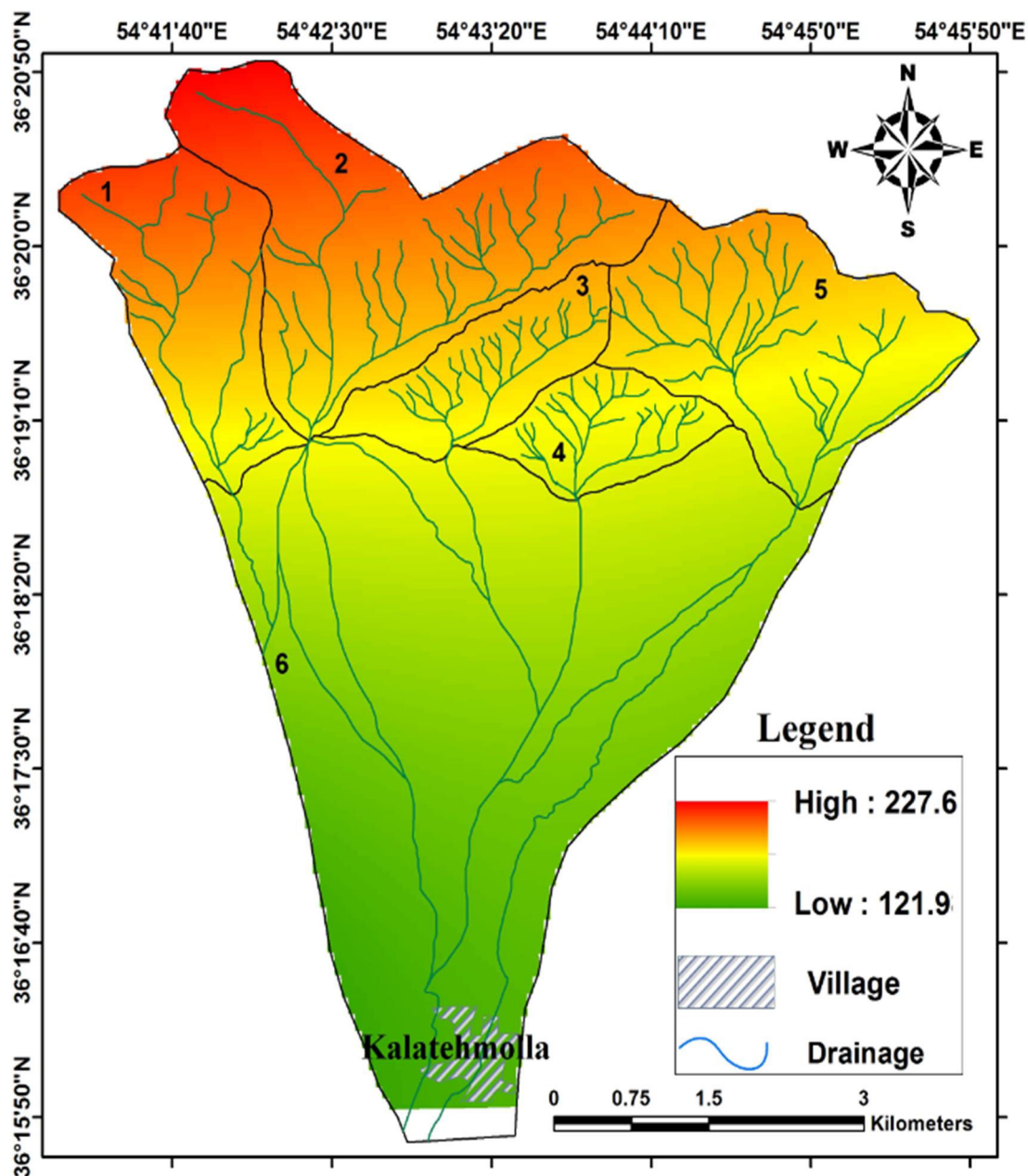
۴-۲-۲- تهیه نمودار ارتفاع - بارش

با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه نمودار ارتفاع - بارش برای منطقه مورد مطالعه ترسیم شده است (شکل ۴-۴). سپس با استفاده از نمودار ارتفاع - بارش و همچنین با کمک اطلاعات توپوگرافی منطقه، نقشه هم‌باران منطقه با دقت مناسبی تهیه شده است (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵- نمودار ارتفاع - بارش در منطقه مورد مطالعه

همانطور که از شکل (۴-۶) ملاحظه می‌شود، مقدار میانگین بارندگی سالانه در منطقه مورد مطالعه بین ۱۲۱/۹ میلیمتر تا ۲۲۷/۶ میلیمتر متغیر است. همچنین ملاحظه می‌شود که مقدار بارندگی در بخش وسیعی از منطقه مورد مطالعه، که تیپ ژئومرفولوژیکی آن از نوع دشت است، کم و بیش یکسان بوده و در محدوده مقادیر حداقل بارش قرار می‌گیرد.



شکل ۴-۶- نقشه هم‌باران منطقه

۴-۲-۳- برآورد مقدار بارندگی منطقه برای تداوم‌های مختلف در دوره بازگشت‌های مختلف با توجه به این که اکثریت سیلاب‌های ارتفاعات شمال کلاته ملا ناشی از بارش‌های نسبتاً شدید کوتاه مدت می‌باشند، لازم است که مقدار بارندگی منطقه برای تداوم‌های مختلف و در دوره بازگشت‌های مختلف برآورد شود.

به منظور بررسی مقدار بارندگی منطقه برای تداوم‌های مختلف در دوره بازگشت‌های مختلف از اطلاعات بارندگی نزدیکترین ایستگاه سینوپتیک به منطقه مورد مطالعه (ایستگاه سینوپتیک شاهرود) استفاده شده است. در این بخش، با استفاده از نرم افزار SMADA و با داشتن آمار ۳۳ سال (از سال ۱۳۶۵ الی ۱۳۹۷) به تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بارش در ایستگاه شاهرود پرداخته شد. با استفاده از اطلاعات درازمدت ایستگاه سینوپتیک شاهرود، مقدار بارندگی برای دوره بازگشت‌های مختلف و تداوم‌های متفاوت برآورد شده است (جدول ۴-۸). ملاحظه می‌شود که ارتفاع بارندگی در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله برای تداوم‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه محاسبه شده است (کریمی و امام‌قلی زاده ۱۳۹۸).

جدول ۴-۸- مقدار بارندگی برای دوره بازگشت‌های مختلف و تداوم‌های متفاوت در ایستگاه سینوپتیک شاهرود

دوره بازگشت (سال)						زمان تداوم رگبار (دقیقه)
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	
۷.۸۸	۷.۱۱	۶.۳۴	۵.۳۲	۴.۵۵	۳.۵۳	۵
۱۱.۷۹	۱۰.۶۴	۹.۴۸	۷.۹۶	۶.۸۰	۵.۲۸	۱۰
۱۴.۴۲	۱۳.۰۱	۱۱.۵۹	۹.۷۳	۸.۳۲	۶.۴۵	۱۵
۱۹.۵۷	۱۷.۶۵	۱۵.۷۴	۱۳.۲۱	۱۱.۲۹	۸.۷۶	۳۰
۲۵.۶۹	۲۳.۱۸	۲۰.۶۶	۱۷.۳۴	۱۴.۸۲	۱۱.۵۰	۶۰
۳۲.۹۸	۲۹.۷۵	۲۶.۵۲	۲۲.۲۶	۱۹.۰۳	۱۴.۷۶	۱۲۰

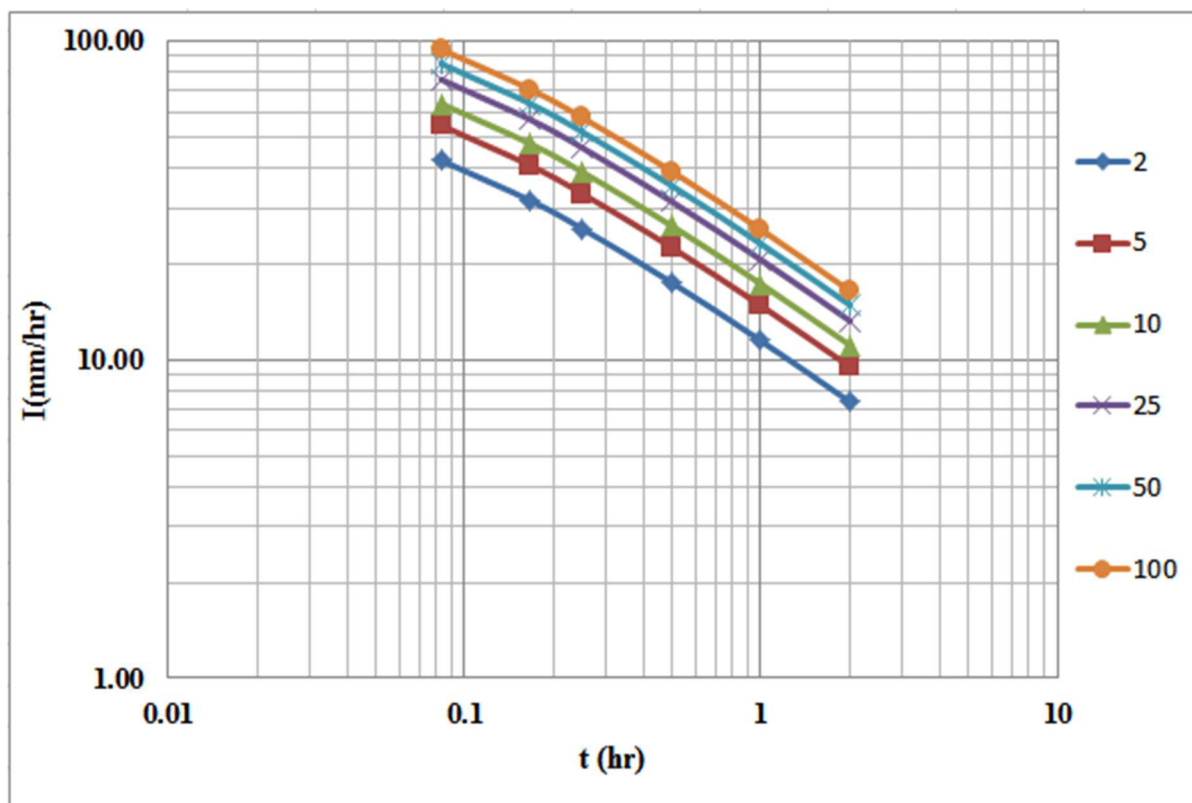
سپس با استفاده از اطلاعات درازمدت ایستگاه سینوپتیک شاهرود، شدت بارندگی برای دوره بازگشت‌های مختلف و تداوم‌های متفاوت برآورد شده است (جدول ۴-۹). ملاحظه می‌شود که در ایستگاه

شاهرود، شدت بارندگی برای دوره بازگشت ۱۰ ساله بین ۶۳/۸۰ تا ۱۱/۱۳ میلیمتر بر ساعت برآورد شده است. با استفاده از اطلاعات مندرج در جدول (۹-۴) نمودار شدت-مدت- فراوانی (IDF Curves) برای ایستگاه سینوپتیک شاهرود تهیه شده است (شکل ۷-۴).

با توجه به اطلاعات مندرج در جدول (۹-۴) و مطالب ذکر شده در بند ۲-۲، ملاحظه می‌شود که حداقل شدت رگبارها از شدت حد بارش برای رخداد سیلاب های شهری به طور قابل توجهی بالاتر است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تمام بارش‌های رگباری می‌توانند در حوضه های غیرقابل نفوذ و یا با نفوذپذیری کم شهری رواناب ایجاد نمایند.

جدول ۹-۴- شدت بارندگی برای دوره بازگشت‌های مختلف و تداوم‌های متفاوت در ایستگاه سینوپتیک شاهرود

دوره بازگشت (سال)						زمان تداوم رگبار (دقیقه)
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	
۹۴.۵۴	۸۵.۲۸	۷۶.۰۳	۶۳.۸۰	۵۴.۵۴	۴۲.۳۱	۵
۷۰.۷۵	۶۳.۸۳	۵۶.۹۰	۴۷.۷۵	۴۰.۸۲	۳۱.۶۷	۱۰
۵۷.۶۷	۵۲.۰۲	۴۶.۳۸	۳۸.۹۲	۳۳.۲۷	۲۵.۸۱	۱۵
۳۹.۱۴	۳۵.۳۱	۳۱.۴۸	۲۶.۴۱	۲۲.۵۸	۱۷.۵۲	۳۰
۲۵.۶۹	۲۳.۱۸	۲۰.۶۶	۱۷.۳۴	۱۴.۸۲	۱۱.۵۰	۶۰
۱۶.۴۹	۱۴.۸۸	۱۳.۲۶	۱۱.۱۳	۹.۵۱	۷.۳۸	۱۲۰



شکل ۴-۷- نمودار شدت - مدت - فراوانی برای ایستگاه سینوپتیک شاهرود (کرمی و امام‌قلی‌زاده ۱۳۹۸)

۴-۳- بررسی عوامل موثر بر ظهور سیلاب در منطقه شمال کلاته ملا

با توجه به آمار و اطلاعات موجود و همچنین بازدیدهای صحرایی انجام شده در منطقه، عوامل مهم موثر بر ظهور سیلاب در منطقه شمال کلاته ملا به طور خلاصه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۴-۳-۱- خصوصیات بارش

خصوصیات بارش، به ویژه تمرکز بارش در دو یا سه واقعه بارشی، رخداد بارش سالانه به صورت باران و تگرگ و همچنین بالا بودن شدت بارش، اصلی‌ترین عواملی هستند که موجب افزایش شدت سیل-خیزی در هر منطقه می‌شوند.

در منطقه شمال کلاته ملا ایستگاه باران‌سنجی وجود ندارد و برای بررسی خصوصیات بارش از اطلاعات بارش در نزدیکترین ایستگاه باران‌سنجی (ایستگاه دهملا) استفاده شده است. بر اساس آمار

این ایستگاه، بارش‌های سالانه منطقه عمدتاً در سه یا چهار واقعه بارشی رخ می‌دهد و به همین دلیل بارش‌ها از تمرکز بالایی برخوردار هستند. هم‌چنین ملاحظه می‌شود که عمده این بارش‌ها در ماه‌های اسفند تا اردیبهشت متمرکز شده است. علاوه بر این، تقریباً تمام بارش‌های منطقه به صورت باران رخ می‌دهند و سهم برف از بارش سالانه حتی در ارتفاعات هم بسیار ناچیز است. تمرکز بالای بارش در منطقه (به ویژه) و ناچیز بودن سهم برف از بارش سالانه در ارتفاعات شمال کلاته ملا موجب شده که منطقه برای وقوع سیلاب‌های ناگهانی (به ویژه در فاصله زمانی اسفند تا اردیبهشت) بسیار مستعد باشد.

۴-۳-۲- زمین‌شناسی منطقه

لیتولوژی سازندهایی که در بخش اعظم مناطق کوهستانی حوضه‌ها رخنمون دارند از عوامل مهم تاثیرگذار بر شدت سیل‌خیزی منطقه به شمار می‌روند. در صورتی که بخش وسیعی از مناطق کوهستانی به وسیله سنگ‌های غیرقابل نفوذ پوشیده شده باشد، پتانسیل سیل‌خیزی این مناطق به طور قابل توجهی افزایش پیدا خواهد کرد.

با توجه به بازندهای زمین‌شناسی و هم‌چنین نقشه زمین‌شناسی منطقه، ملاحظه می‌شود که بخش عمده ارتفاعات شمال کلاته ملا را سازندهای با لیتولوژی شیل، ماسه سنگ و دولومیت تشکیل می‌دهند. به این ترتیب که بیش از ۹۰ درصد از مساحت ارتفاعات منطقه توسط این سازندها پوشیده شده است. به دلیل نفوذپذیری ناچیزی که دارند، بر شدت سیل‌خیزی منطقه تاثیر زیادی دارند. شکل (۴-۸) تصاویری از سازندهای با نفوذپذیری کم منطقه را نشان می‌دهد.



الف



ب

شکل ۴-۸-الف) لیتولوژی شیل و بین لایه‌ای‌های دولومیت مربوط به سازند باروت در ارتفاعات شمال کلاته ملا

ب) لیتولوژی دولومیت مربوط به سازند دولومیت سلطانیه در ارتفاعات شمال کلاته ملا

۴-۳-۳- شیب توپوگرافی

شیب توپوگرافی یکی دیگر از عوامل مهم تاثیرگذار بر شدت سیل خیزی حوضه ها می باشد. مناطق پرشیب، به ویژه در مناطق خشک، عاری از پوشش خاک و پوشش گیاهی هستند و ضریب رواناب بسیار بالایی را شامل می شوند.

در بازدیدهای انجام شده و هم چنین نقشه توپوگرافی منطقه، ملاحظه شد که بخش کوهستانی منطقه مورد مطالعه دارای شیب نسبتاً زیاد است. به این ترتیب که بر اساس محاسبات انجام شده شیب توپوگرافی در منطقه کوهستانی به طور متوسط حدود ۴۲ درصد است. هم چنین ملاحظه شد که سطوح گسترده و با شیب کم در بام کوهستان و دامنه ارتفاعات تقریباً وجود ندارند. بنابراین، منطقه مورد مطالعه به لحاظ شیب توپوگرافی از پتانسیل سیل خیزی بالایی برخوردار است.

۴-۳-۴- پوشش خاک

پوشش خاک و دیگر رسوبات (به ویژه واریزه ها) بر روی سنگ ها یکی از عواملی است که باعث به تاخیر افتادن زمان وقوع و هم چنین کاهش قابل توجه دبی اوج سیلاب ها می شود. دلیل این مطلب از این قرار است که رسوبات موجب می شوند که بخشی از باران به داخل آنها نفوذ کرده و جریان بین- لایه ای (Interflow) را تشکیل دهد. جریان بین لایه ای یکی از عوامل مهم در کاهش دبی اوج سیلاب ها و هم چنین و به تاخیر افتادن زمان وقوع دبی اوج سیلاب هاست.

بر اساس بازدیدهای انجام شده ملاحظه می شود که غیر از مناطق محدودی که شامل واریزه می شوند، اکثریت بخش کوهستانی از سنگ های برهنه (Bare rocks) تشکیل شده است. دلیل این مسئله از این قرار است که منطقه کوهستانی دارای شیب بسیار زیاد بوده و علاوه بر این مقدار پوشش گیاهی هم بسیار ناچیز است. بنابراین، رسوباتی که در اثر فرایند هوازدگی ایجاد می شوند در اثر باد و به ویژه جریان آب از محل شسته شده و خارج می شوند.

۴-۳-۵- پوشش گیاهی

پوشش گیاهی یکی دیگر از عوامل است که بر کاهش شدت سیل خیزی حوضه ها تاثیرگذار است. به این ترتیب که مناطق با پوشش گیاهی زیاد در مقایسه با منطق با پوشش گیاهی ناچیز ضریب رواناب بسیار کمتری را شامل می شوند.

در بازدیدهای انجام شده ملاحظه شد که پوشش گیاهی در کل منطقه مورد مطالعه ضعیف است و دلیل آن بارندگی کم منطقه می باشد. در منطقه کوهستانی به غیر از یک نوار باریکی در محدوده ابتدای دامنه های سنگی و آبراهه ها، پوشش گیاهی بسیار ناچیز است و دلیل آن عدم وجود خاک و رسوبات بر روی دامنه های سنگی است. بنابراین، منطقه مورد مطالعه به لحاظ پوشش گیاهی از پتانسیل سیل خیزی بالایی برخوردار است. شکل (۴-۹) تصویری از ضعیف بودن پوشش گیاهی منطقه را نشان می دهد.



شکل ۴-۹- پوشش گیاهی ضعیف در منطقه شمال کلاته ملا

۴-۴- بررسی کمی سیلاب در منطقه شمال کلاته ملا

در این بخش، ابتدا برآورد دبی اوج سیلاب با استفاده از داغ آب سیل و تعیین ضریب رواناب حوضه های پشکی و ورچندکوهی، برآورد ارتفاع رواناب و دبی اوج سیلابی در دوره بازگشت های مختلف و در نهایت تعیین ارتفاع رواناب سالانه با استفاده از GIS ارائه می شوند:

۴-۴-۱- برآورد دبی اوج سیلاب با استفاده از روش منینگ

تقریباً تمامی آبراهه ها و بسیاری از رودخانه ها در مناطق خشک فاقد ایستگاه هیدرومتری هستند. بنابراین، در بسیاری از موارد امکان اندازه گیری سیلاب در آبراهه ها و رودخانه ها وجود ندارد. در چنین شرایطی برای برآورد دبی اوج سیلابی و همچنین تهیه هیدروگراف سیل می توان از داغ آب (Flood mark) استفاده نمود. برای این کار از معادله منینگ (Manning Equation) به صورت زیر استفاده می شود (کریمی ۱۳۹۹):

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

که در این معادله، Q دبی جریان بر حسب مترمکعب بر ثانیه، n ضریب منینگ، A سطح مقطع عمود بر جریان بر حسب متر مربع، R شعاع هیدرولیکی بر حسب متر و S شیب بستر رودخانه است. مقدار Q یا شعاع هیدرولیکی از معادله زیر به دست می آید (A سطح مقطع عمود بر جریان بر حسب متر مربع و R محیط تر شده بر حسب متر است):

$$R = \frac{A}{P}$$

برای تعیین مقادیر لازم است که با استفاده از دوربین ترازیب با دقت یک نیمرخ عرضی از رودخانه تهیه شود. برای تهیه نیمرخ عرضی رودخانه، باید مسیری مستقیم از رودخانه به طول حدود ۱۰۰ متر که شرایط یکنواختی دارد انتخاب شود و نیمرخ عرضی دقیقاً در وسط این مسیر و عمود بر مسیر جریان تهیه شود. جدول (۴-۱۰) مقادیر ضریب منینگ را برای سطوح مختلف نشان می دهد. همانطور

که ملاحظه می‌شود برای رودخانه‌های بدون پوشش گیاهی، مقدار این ضریب به طور میانگین برابر با ۰/۰۲ است.

جدول ۴-۱۰- مقادیر ضریب منینگ برای رودخانه‌ها و کانال‌های مختلف (کرمی ۱۳۹۹)

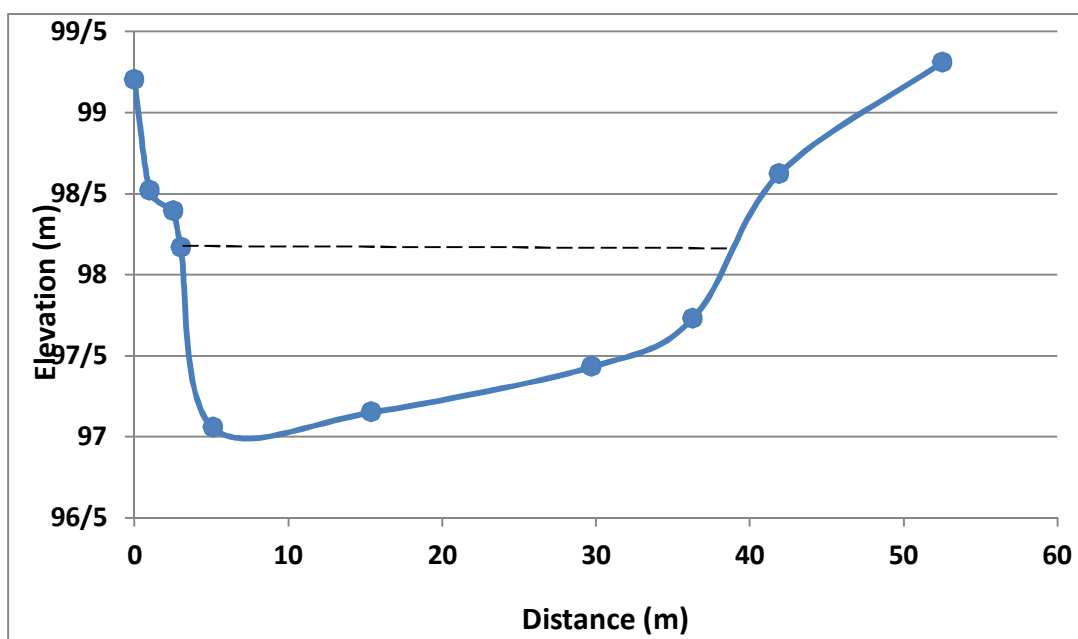
ضریب منینگ	خصوصیات رودخانه یا کانال
۰/۰۴ - ۰/۰۵	رودخانه‌های کوهستانی با بستر سنگی
۰/۰۳۵	رودخانه‌های پیچان پوشیده از علف
۰/۰۲۵	رودخانه‌های طبیعی با پوشش گیاهی ناچیز
۰/۰۲	رودخانه‌های طبیعی بدون پوشش گیاهی
۰/۰۲	کانال‌های مستقیم حفر شده در زمین
۰/۰۱۵ - ۰/۰۱۰	کانال‌های بتنی صاف

در تاریخ ۱۳۹۸/۰۶/۲۸ سیلاب نسبتاً بزرگی در منطقه شمال کلاته ملا رخ داده است که داغ آب آن در مسیل‌های پشکی و ورچندکوهی مشخص است. به منظور برآورد دبی اوج سیلابی در تاریخ مذکور و همچنین برآورد ضریب رواناب با استفاده از دوربین تراز یاب اقدام به تهیه نیمرخ‌های عرضی و طولی در این دو آبراهه شده است. شکل (۴-۱۰) تصویری از اندازه‌گیری نیمرخ‌های در مسیل پشکی را نشان می‌دهد.

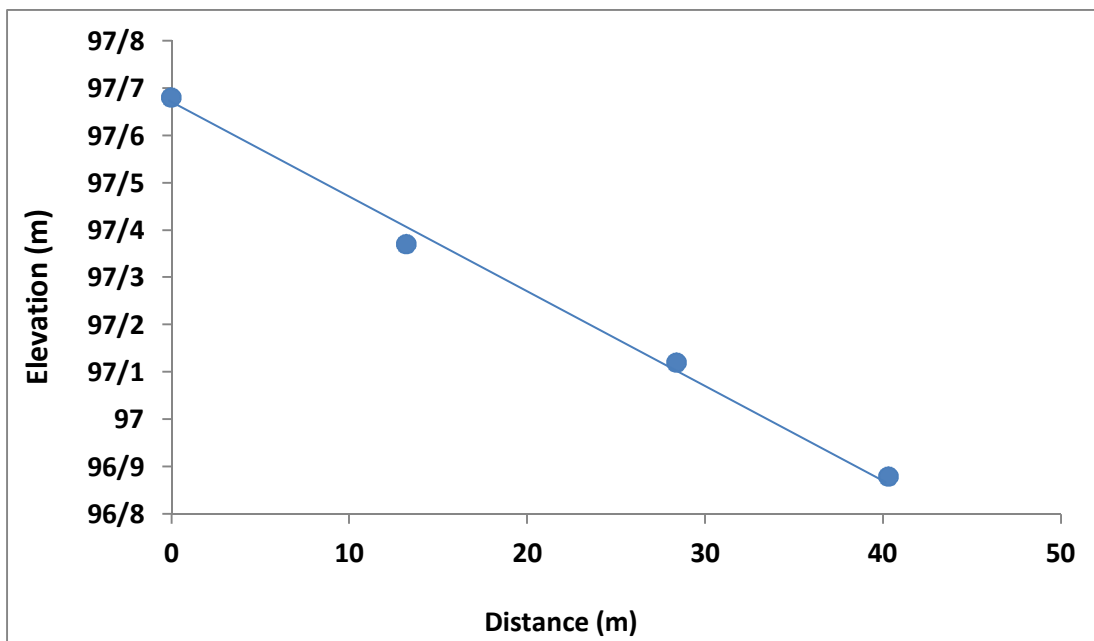


شکل ۴-۱۰- تصویری از تهیه نیمرخ‌های عرضی و طولی در مسیل پشکی

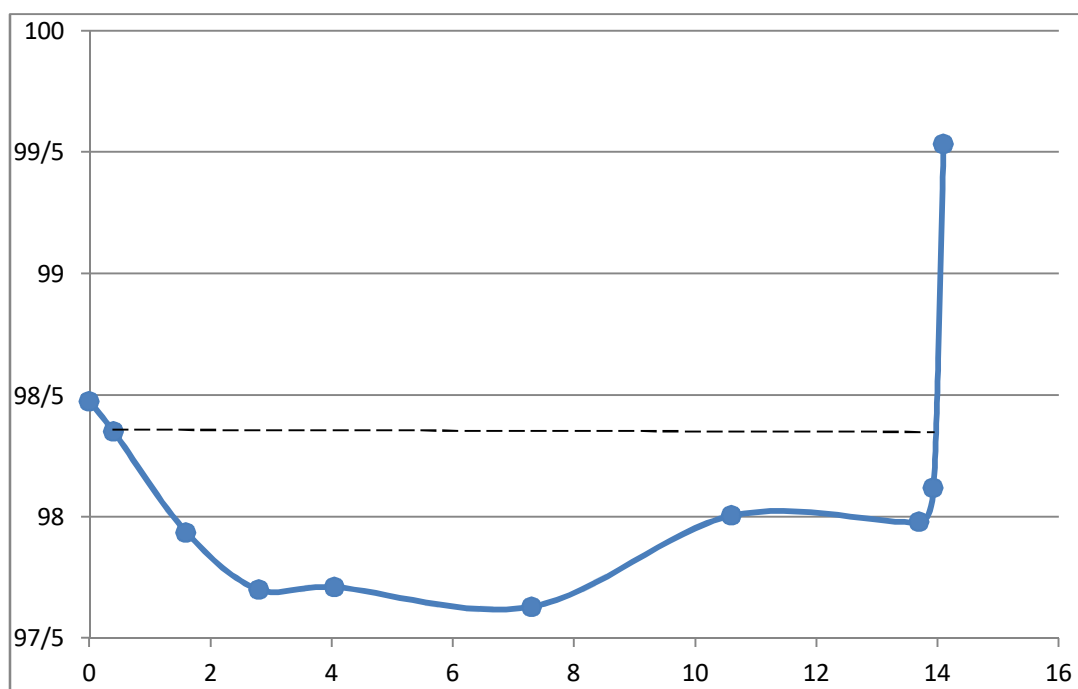
شکل‌های (۴-۱۱) و (۴-۱۲) به ترتیب نیمرخ‌های عرضی و طولی تهیه شده مربوط به مسیل پشکی و شکل‌های (۴-۱۳) و (۴-۱۴) نیمرخ طولی و عرضی تهیه شده مربوط به مسیل ورچندکوهی را نشان می‌دهند.



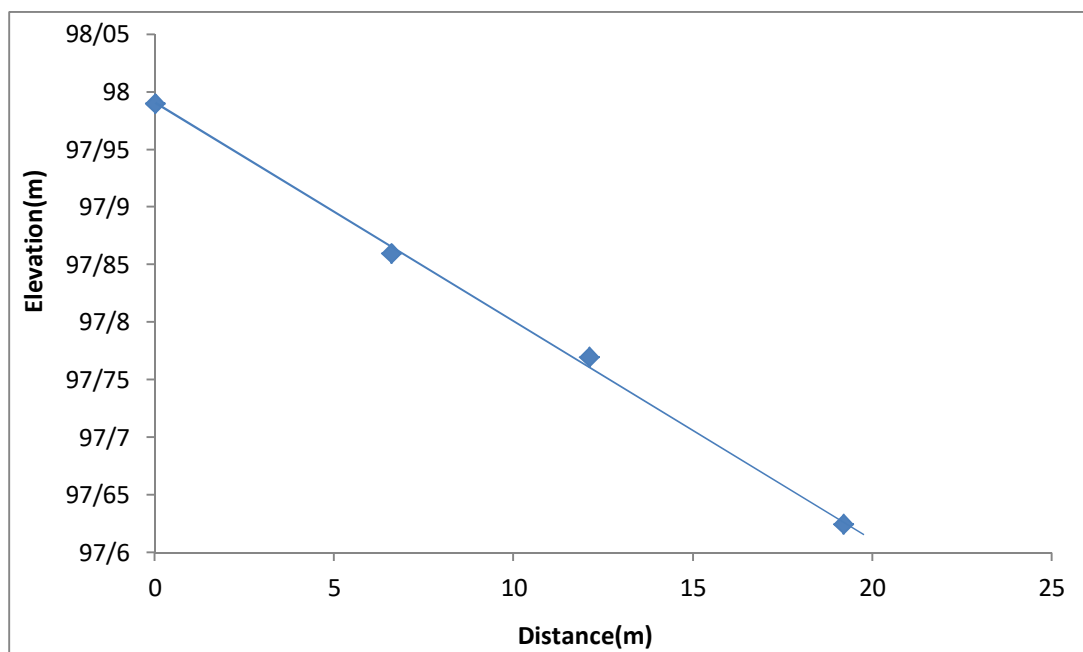
شکل ۴-۱۱- نیمرخ عرضی مسیل پشکی



شکل ۴-۱۲- نیمرخ طولی مسیر پشکی



شکل ۴-۱۳- نیمرخ عرضی مسیر ورجندکوهی



شکل ۴-۱۴- نیمرخ طولی مسیل ورچندکوهی

با توجه به نیمرخ‌های عرضی و طولی مسیل‌های پشکی و ورچندکوهی، اطلاعات مورد نیاز معادله منینگ استخراج شده و در جدول (۴-۱۱) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۱- اطلاعات به دست آمده از نیمرخ‌های عرضی و طولی دو مسیل پشکی و ورچندکوهی

نام مسیل	ضریب n	$A \text{ (m}^2\text{)}$	$P \text{ (m)}$	$R \text{ (m)}$	S
پشکی	۰/۰۲۵	۱۴/۱۱	۳۲/۵۰	۰/۴۳۴	۰/۰۲۰
ورچندکوهی	۰/۰۲۵	۳/۲۶	۱۰/۲۷	۰/۳۱۷	۰/۰۲۱

با توجه به اطلاعات ارائه شده در جدول (۴-۱۱) و با استفاده از معادله منینگ دبی اوج سیلابی برای مسیل‌های پشکی و ورچندکوهی در سیلابی که در تاریخ ۱۳۹۸/۰۶/۲۸ رخ داده به ترتیب برابر با ۴۵/۷ و ۸/۸ متر مکعب بر ثانیه برآورد شده است.

۴-۴-۲- برآورد ضریب رواناب در منطقه

یکی از پارامترهای مهم در بحث سیلاب، برآورد مقدار ضریب رواناب در حوضه مورد مطالعه است. برای برآورد ضریب رواناب از روش های گوناگونی می توان استفاده نمود. یکی از روش هایی که با به کارگیری آن می توان مقدار ضریب رواناب را به طور نسبتاً دقیقی برآورد نمود استفاده از داغ سیلاب و اطلاعات مربوط به شدت بارندگی است. در حوضه مورد مطالعه با استفاده از اطلاعات بارندگی که در تاریخ ۱۳۹۸/۰۶/۲۸ رخ داده است و با توجه به میانگین شدت این بارندگی و معادله استدلالی مقدار ضریب رواناب به صورت زیر برآورد شده است. در روش استدلالی با داشتن دبی اوج، میانگین شدت باران و مساحت حوضه مورد نظر، می توان با استفاده از معادله زیر مقدار ضریب رواناب را تعیین نمود.

$$Q = 0.278CiA$$

که در این معادله Q دبی جریان سطحی بر حسب متر مکعب بر ثانیه، C ضریب رواناب، i شدت بارندگی بر حسب میلیمتر بر ساعت و A سطح حوضه بر حسب کیلومتر مربع و عدد 0.278 ضریب تبدیل واحد است.

برای سیلابی که در تاریخ ۱۳۹۸/۰۶/۲۸ در حوضه های پشکی و ورچندکوهی رخ داده است، اطلاعات مورد نیاز در معادله استدلالی فوق الذکر و همچنین مقادیر ضریب رواناب محاسبه شده در جدول (۴-۱۲) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۲- اطلاعات مورد نیاز معادله استدلالی و تعیین مقدار ضریب رواناب در حوضه های پشکی و ورچندکوهی

نام مسیل	$Q (m^3/s)$	$i (mm/hr)$	$A (km^2)$	C
پشکی	۴۵/۷	۲۵	۱۷/۸	۰/۳۷
ورچندکوهی	۸/۸	۲۵	۴/۵	۰/۲۸

۴-۴-۳- آنالیز نمودارهای IDF و برآورد دبی سیلاب ها برای دوره بازگشت های مختلف

با توجه به محاسبات انجام شده در خصوص مقدار و شدت بارندگی در دوره بازگشت های مختلف، می توان ارتفاع رواناب و دبی اوج سیلابی را برای دوره بازگشت های مختلف محاسبه نمود. با استفاده از مقدار بارندگی در دوره بازگشت های مختلف (رجوع شود به جدول ۴-۸) و مقادیر مساحت و ضریب رواناب (رجوع شود به جدول ۴-۱۲)، حجم رواناب برای رگبارهای با تداوم های مختلف در دوره بازگشت های متفاوت برای حوضه های مسیل های پشکی و ورچندکوهی محاسبه شده و به ترتیب در جدول های (۴-۱۳) و (۴-۱۴) ارائه شده است.

همچنین با استفاده از شدت بارندگی در دوره بازگشت های مختلف (رجوع شود به جدول ۴-۹) و مقادیر مساحت و ضریب رواناب، دبی اوج سیلابی برای رگبارهای با تداوم های مختلف در دوره بازگشت های متفاوت برای حوضه های مسیل های پشکی و ورچندکوهی محاسبه شده و به ترتیب در جدول های (۴-۱۵) و (۴-۱۶) ارائه شده است.

همانطور که در جدول های (۴-۱۳) و (۴-۱۴) ملاحظه می شود حجم رواناب برای رگبارهای با تداوم های ۵ تا ۱۲۰ دقیقه و دوره بازگشت های ۲ تا ۱۰۰ ساله در حوضه های پشکی و ورچند کوهی محاسبه شده است. همچنین ملاحظه می شود هر چقدر تداوم رگبار یا دوره بازگشت آن بیشتر شود حجم رواناب هم بیشتر می شود. به این ترتیب که در حوضه های پشکی و ورچندکوهی در رگبارهای با تداوم ۵ دقیقه و دوره بازگشت ۲ ساله حجم رواناب به ترتیب برابر ۲۳۲۰۰ و ۴۴۰۰ متر مکعب بدست آمده است، در حالی که برای رگبارهای با تداوم ۱۲۰ دقیقه و دوره بازگشت ۲ ساله حجم رواناب به ترتیب برابر ۹۷۲۰۰ و ۱۸۶۰۰ متر مکعب محاسبه شده است.

در جدول های (۴-۱۵) و (۴-۱۶) مقادیر دبی اوج سیلابی برای رگبارهای با تداوم های ۵ تا ۱۲۰ دقیقه و دوره بازگشت های ۲ تا ۱۰ ساله در حوضه های پشکی و ورچند کوهی ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می شود با افزایش زمان تداوم رگبار دبی اوج سیلابی کاهش پیدا می کند در حالی که با

افزایش دوره بازگشت دبی اوج سیلابی بیشتر می‌شود. بر اساس اطلاعات ارائه شده در جدول (۴-۱۴)، دبی اوج سیلابی در حوضه پشکی در دوره بازگشت ۲ ساله از ۷۷/۵ متر مکعب بر ثانیه در رگبار با تداوم ۵ دقیقه به ۱۳/۵ متر مکعب در ثانیه در رگبار با تداوم ۱۲۰ دقیقه کاهش پیدا می‌کند. با توجه به اطلاعات جدول (۴-۱۵) ملاحظه می‌شود که دبی اوج سیلابی در حوضه ورچندکوهی در دوره بازگشت ۲ ساله از ۱۴/۸ متر مکعب در ثانیه برای رگبار ۵ دقیقه تا ۲/۶ متر مکعب در ثانیه برای رگبار با تداوم ۱۲۰ دقیقه کاهش پیدا کرده است.

جدول ۴-۱۳- حجم رواناب برحسب هزار مترمکعب برای دوره بازگشت‌های مختلف و تداوم‌های متفاوت در حوضه

پشکی

دوره بازگشت (سال)						زمان تداوم رگبار (دقیقه)
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	
۵۱/۹	۴۶/۸	۴۱/۸	۳۵	۳۰	۲۳/۲	۵
۷۷/۶	۷۰/۱	۶۲/۴	۵۲/۴	۴۴/۸	۳۴/۸	۱۰
۹۵	۸۵/۷	۷۶/۳	۶۴/۱	۵۴/۸	۴۲/۵	۱۵
۱۲۸/۹	۱۱۶/۲	۱۰۳/۷	۸۷	۷۴/۴	۵۷/۷	۳۰
۱۶۹/۲	۱۵۲/۷	۱۳۶/۱	۱۱۴/۲	۹۷/۶	۷۵/۷	۶۰
۲۱۷/۲	۱۹۵/۹	۱۷۴/۷	۱۴۶/۶	۱۲۵/۳	۹۷/۲	۱۲۰

جدول ۴-۱۴- حجم رواناب برحسب هزار مترمکعب برای دوره بازگشت‌های و تداوم‌های متفاوت در حوضه

ورچندکوهی

دوره بازگشت (سال)						زمان تداوم رگبار (دقیقه)
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	
۹/۹	۹	۸	۶/۷	۵/۷	۴/۴	۵
۱۴/۹	۱۳/۴	۱۱/۹	۱۰	۸/۶	۶/۷	۱۰
۱۸/۲	۱۶/۴	۱۴/۶	۱۲/۳	۱۰/۵	۸/۱	۱۵
۲۴/۷	۲۲/۲	۱۹/۸	۱۶/۶	۱۴/۲	۱۱	۳۰
۳۲/۴	۲۹/۲	۲۶	۲۱/۸	۱۸/۷	۱۴/۵	۶۰
۴۱/۶	۳۷/۵	۳۳/۴	۲۸	۲۴	۱۸/۶	۱۲۰

جدول ۴-۱۵- دبی اوج سیلابی برحسب مترمکعب بر ثانیه برای دوره بازگشت‌های و تداوم‌های متفاوت در حوضه

پشکی

دوره بازگشت (سال)						زمان تداوم رگبار (دقیقه)
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	
۱۷۳/۱	۱۵۶/۱	۱۳۹/۲	۱۱۶/۸	۹۹/۹	۷۷/۵	۵
۱۲۹/۵	۱۱۶/۹	۱۰۴/۲	۸۷/۴	۷۴/۷	۵۸	۱۰
۱۰۵/۶	۹۵/۲	۸۴/۹	۷۱/۳	۹۰/۹	۴۷/۳	۱۵
۷۱/۷	۶۴/۶	۵۷/۶	۴۸/۴	۴۱/۳	۳۲/۱	۳۰
۴۷	۴۲/۴	۳۷/۸	۳۱/۷	۲۷/۱	۲۱/۱	۶۰
۳۰/۲	۲۷/۲	۲۴/۳	۲۰/۴	۱۷/۴	۱۳/۵	۱۲۰

جدول ۴-۱۶- دبی اوج سیلابی برحسب مترمکعب بر ثانیه برای دوره بازگشت‌های و تداوم‌های متفاوت در حوضه

ورچندکوهی

دوره بازگشت (سال)						زمان تداوم رگبار
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	(دقیقه)
۳۳/۱	۲۹/۹	۲۶/۶	۲۲/۳	۱۹/۱	۱۴/۸	۵
۲۴/۸	۲۲/۴	۱۹/۹	۱۶/۷	۱۴/۳	۱۱/۱	۱۰
۲۰/۲	۱۸/۲	۱۶/۲	۱۳/۶	۱۱/۷	۹	۱۵
۱۳/۷	۱۲/۴	۱۱	۹/۳	۷/۹	۶/۱	۳۰
۹	۸/۱	۷/۲	۶/۱	۵/۲	۴	۶۰
۵/۸	۵/۲	۴/۶	۳/۹	۳/۳	۲/۶	۱۲۰

۴-۴-۴- محاسبه حجم سیلاب در منطقه با استفاده از GIS

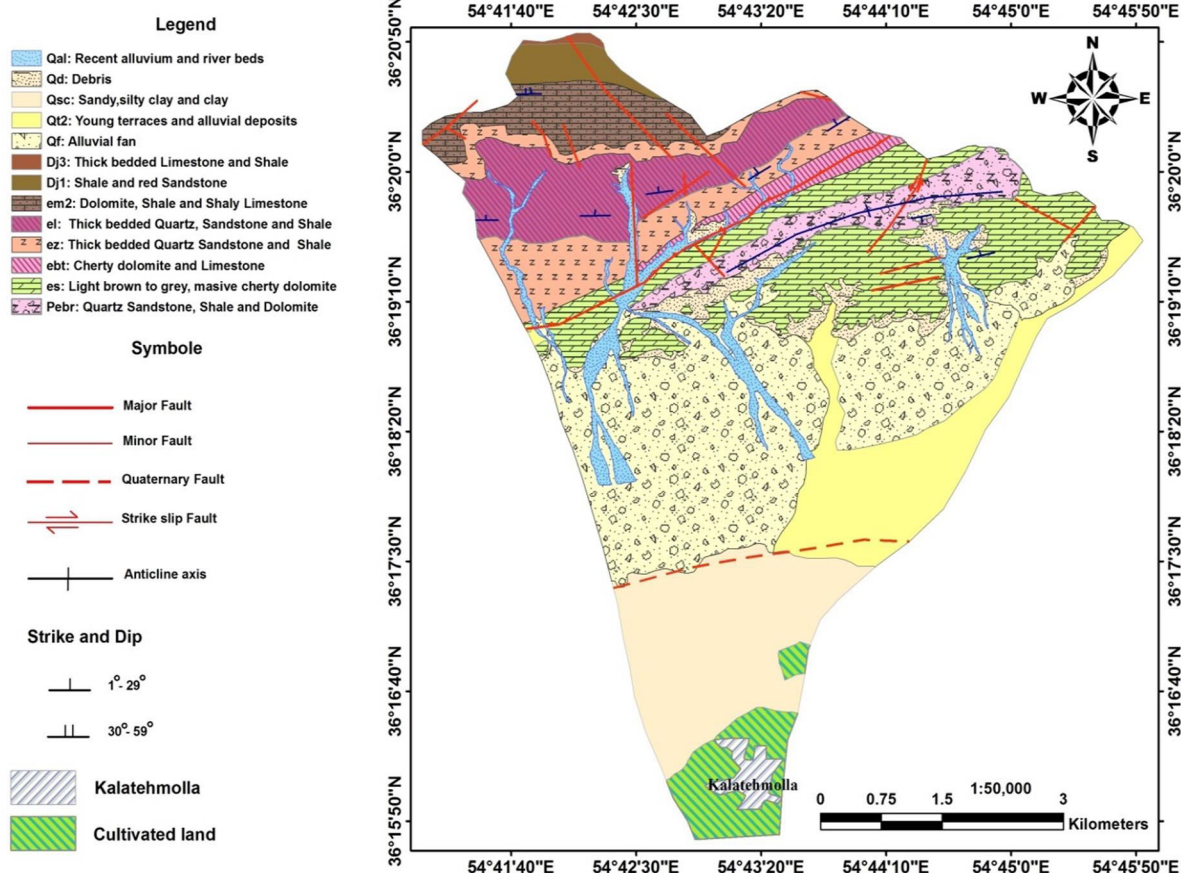
در این تحقیق به منظور برآورد حجم رواناب از روش‌های ذکر شده و از پارامترهای شاخص رواناب استفاده شده است. برای محاسبه شاخص رواناب حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه پارامترهای مؤثر بر رواناب مثل لیتولوژی، شیب، میزان بارش، پوشش زمین و پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است و لایه‌های اطلاعاتی مربوط به این پارامترها در نرم افزار *Arc GIS 10* تهیه شده است. سپس این لایه‌های اطلاعاتی امتیازدهی و وزن‌دهی شده و شاخص رواناب حوضه‌ها برآورد شده است.

۴-۴-۴-۱ بررسی تأثیر لیتولوژی بر رواناب

با توجه به تفاوت اختصاصات مختلف سازندهای زمین‌شناسی از جمله فرسایش‌پذیری، نفوذپذیری، بافت و ترکیب کانی‌شناسی میزان رواناب تولیدی هر کدام از این سازندها متفاوت است که باعث تفاوت در ضریب رواناب این سازندها می‌شود. جدول (۴-۱۷) تقسیم‌بندی، امتیازدهی به واحدهای سنگی موجود در حوضه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. شکل (۴-۱۵) لایه اطلاعاتی لیتولوژی را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۷- تقسیم‌بندی و نحوه امتیازدهی به سازندهای مختلف زمین‌شناسی

نوع سازند	امتیاز
شیل و ماسه سنگ	۴
شیل و دولومیت	۴
دولومیت	۳
آبرفت	۲
آهک نازک لایه و شیل	۱



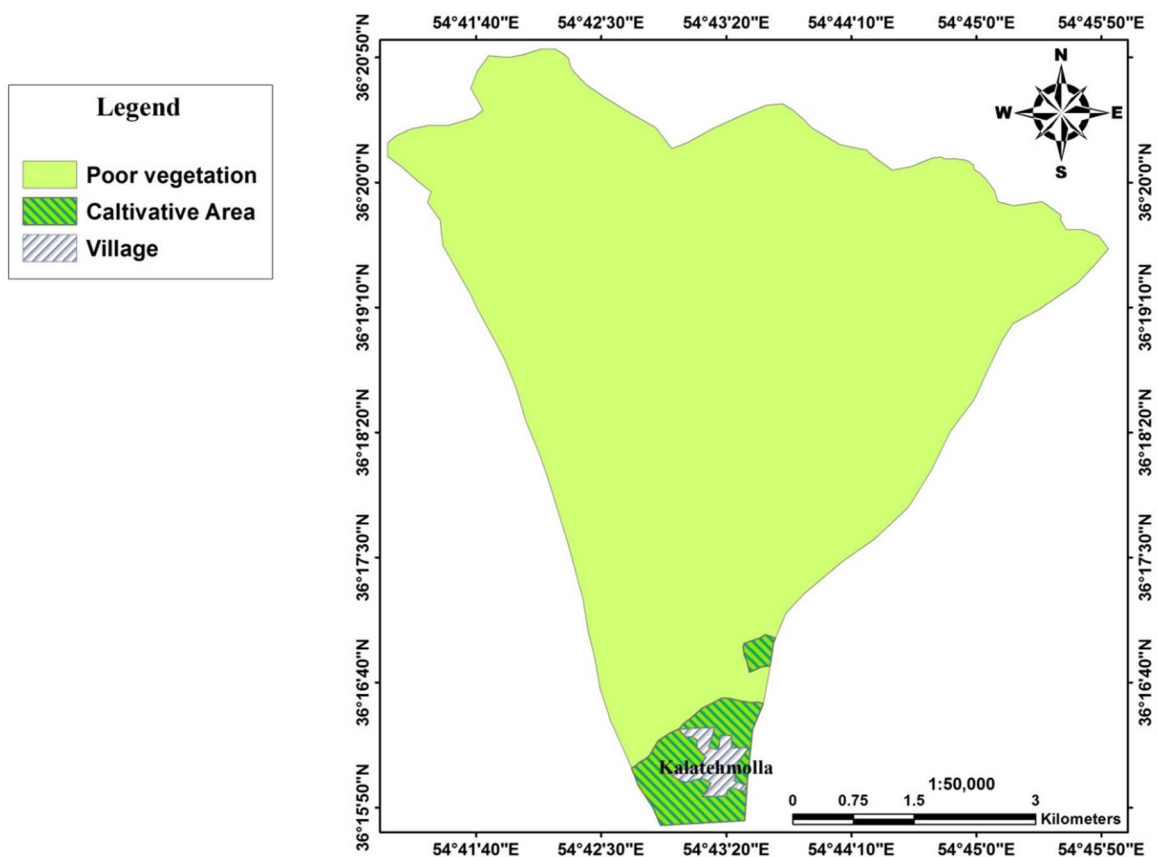
شکل ۴-۱۵- لایه لیتولوژی حوضه مورد مطالعه

۴-۴-۲- بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر رواناب

پوشش گیاهی یکی از عوامل مهم در تولید رواناب است. در مناطقی که دارای پوشش گیاهی غنی و انبوه است میزان رواناب به طور قابل توجهی کم می شود. مورفولوژی گیاهی و موقعیت مکانی پوشش گیاهی می تواند بر انتقال و ذخیره رواناب تأثیرگذار باشد. جدول (۴-۱۸) تقسیم بندی و نحوه امتیازدهی به پوشش گیاهی در حوضه مورد مطالعه را نشان می دهد. شکل (۴-۱۶) لایه اطلاعاتی پوشش گیاهی در منطقه را نشان می دهد.

جدول ۴-۱۸- تقسیم بندی و نحوه امتیازدهی به پوشش گیاهی

درجه تراکم پوشش گیاهی	ظرفیت ایجاد رواناب	امتیاز
مراعات طبیعی با پوشش کم	زیاد	۲
مناطق فاقد پوشش گیاهی	خیلی زیاد	۳



شکل ۴-۱۶- لایه اطلاعاتی پوشش گیاهی حوضه مورد مطالعه

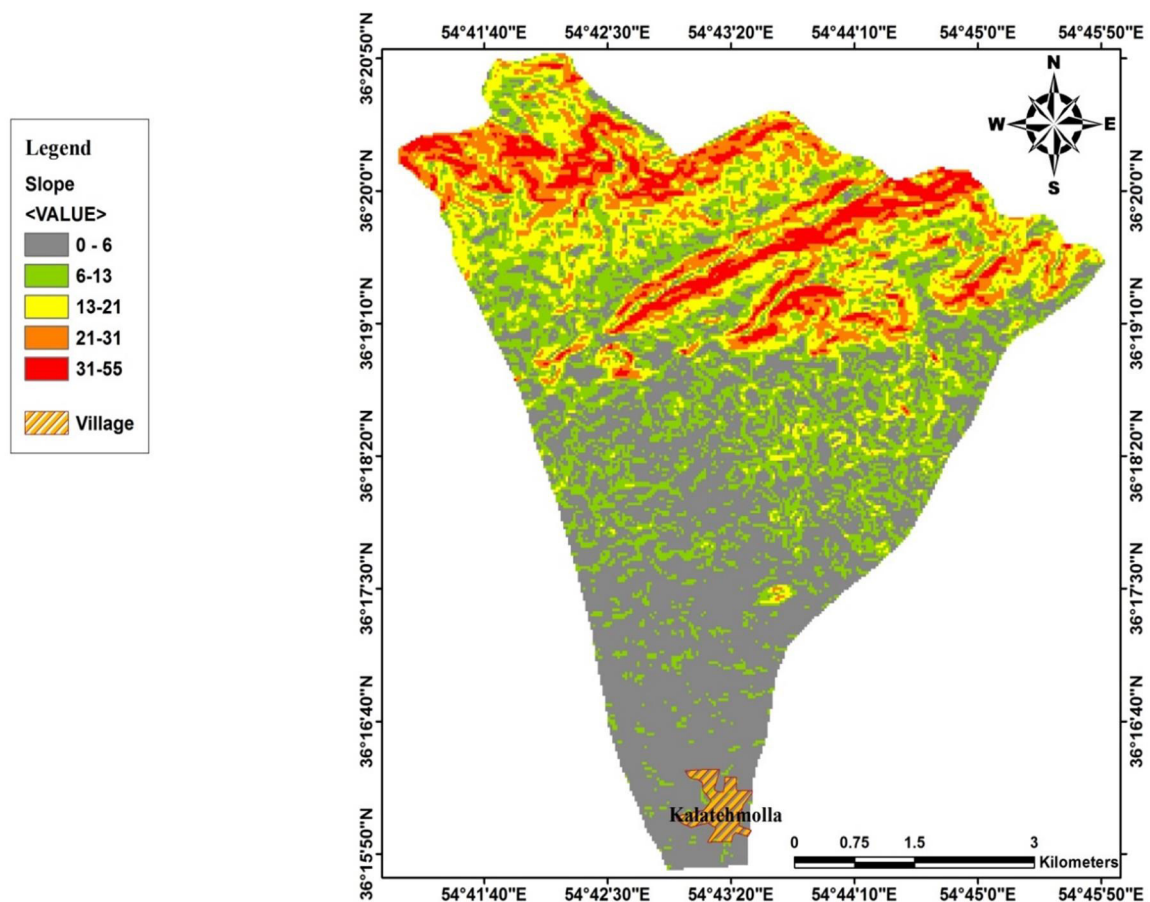
۴-۴-۳- بررسی تأثیر شیب بر رواناب

در زمین‌های با شیب زیاد در مقایسه با زمین‌های با شیب کم ضریب رواناب بزرگتر می‌باشد. دلیل این مطلب از این قرار است که در زمین‌های با شیب زیاد سرعت جریان افزایش یافته و میزان آب نفوذی در زمین کاهش می‌یابد و این امر موجب افزایش میزان رواناب می‌شود. در جدول (۴-۱۹) تقسیم

بندی و نحوه امتیازدهی به شیب در حوضه ارائه شده است. شکل (۴-۱۷) لایه اطلاعاتی شیب در حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۹- تقسیم بندی و نحوه امتیازدهی به شیب

شیب (درجه)	ظرفیت ایجاد در رواناب	امتیاز
۵-۱۰	خیلی کم تا کم	۱
۱۰-۲۰	متوسط تا زیاد	۲
بزرگتر از ۲۰	خیلی زیاد	۳



شکل ۴-۱۷- لایه اطلاعاتی شیب حوضه مورد مطالعه

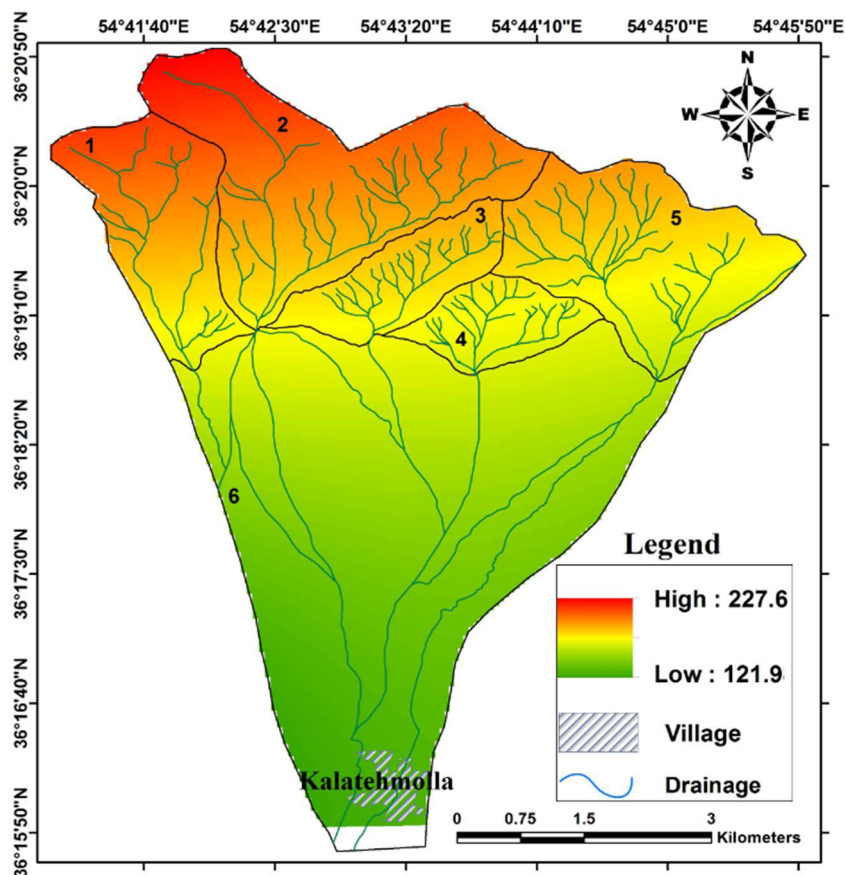
۴-۴-۴-۴- بررسی تأثیر بارندگی بر رواناب

در جدول (۴-۲۰) تقسیم بندی و نحوه امتیازدهی به بارندگی در منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

شکل (۴-۱۸) لایه اطلاعاتی بارندگی در حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۲۰- تقسیم بندی و نحوه امتیازدهی به بارندگی در منطقه مورد مطالعه

میزان بارش (mm)	ظرفیت ایجاد رواناب	امتیاز
کمتر از ۱۰۰	کم	۱
۱۰۰ - ۱۵۰	متوسط	۲
بزرگتر از ۱۵۰ میلیمتر	زیاد	۳



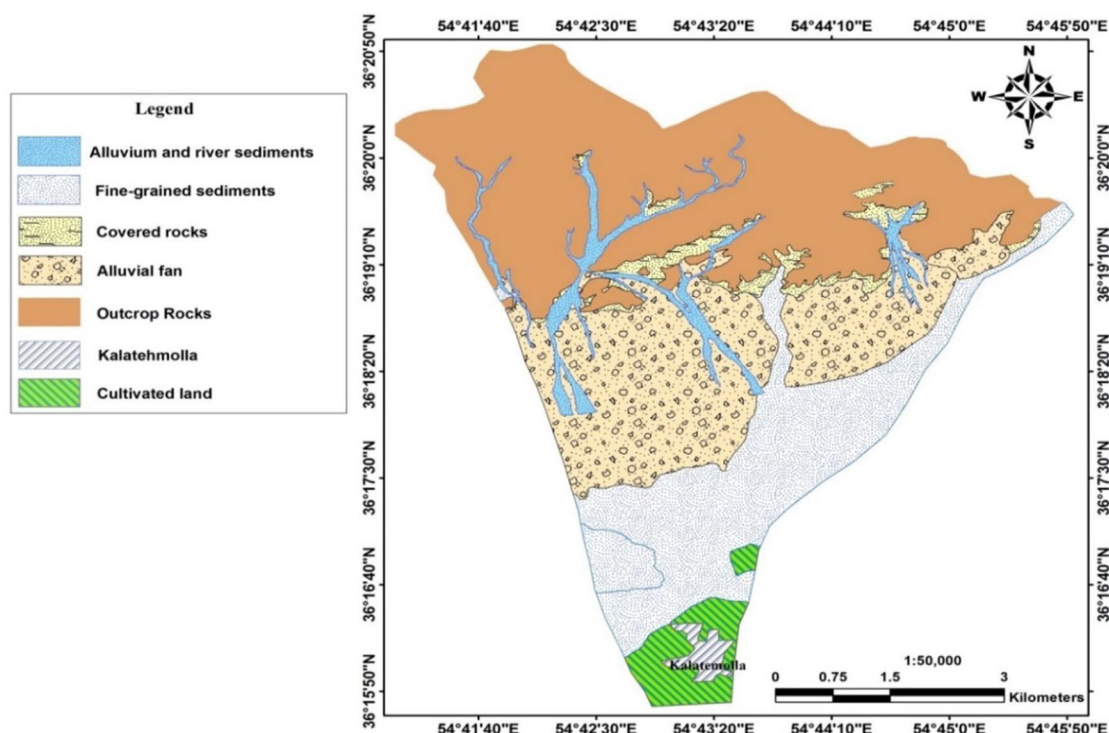
شکل ۴-۱۸- لایه اطلاعاتی بارندگی در حوضه مورد مطالعه

۴-۴-۵- بررسی تأثیر پوشش سطحی زمین بر رواناب

با توجه به این که نوع پوشش سطحی زمین بر مقدار رواناب مؤثر است با توجه به بازدیدهای صحرایی و هم چنین با کمک تصاویر ماهواره‌ای نقشه پوشش سطحی زمین در منطقه تهیه شده است. جدول (۴-۲۱) تقسیم بندی و نحوه امتیازدهی به پوشش سطحی زمین را نشان می‌دهد. شکل (۴-۱۹) نشان دهنده لایه پوشش سطحی زمین در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

جدول ۴-۲۱- تقسیم بندی و امتیازدهی به پوشش سطحی زمین

پوشش سطحی زمین	امتیاز
سنگ برهنه	۳
رسوبات مخروط افکنه	۲
رسوبات رودخانه‌ای	۱
سنگهای پوشیده شده با واریزه	۲
رسوبات دانه‌ریز	۲



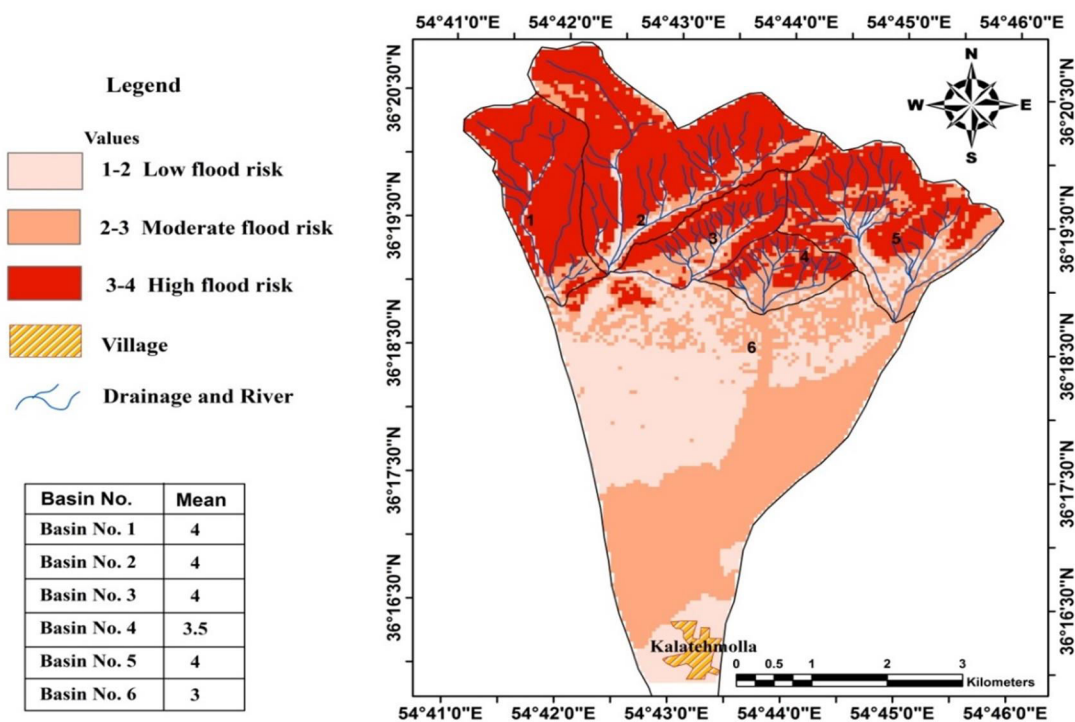
شکل ۴-۱۹- لایه پوشش سطحی زمین در حوضه مورد مطالعه

۴-۴-۶- وزن دهی به لایه های اطلاعاتی حوضه های مورد بررسی

پس از امتیازدهی به لایه های اطلاعاتی تاثیرگذار بر سیل خیزی با توجه به اهمیت آنها در منطقه وزن دهی شده اند. اطلاعات مربوط به نحوه وزن دهی به لایه های اطلاعاتی در جدول (۴-۲۲) ارائه شده است. با توجه به تلفیق لایه های اطلاعاتی و وزن دهی آنها شاخص رواناب منطقه تعیین شده است. شکل (۴-۲۰).

جدول ۴-۲۲- نحوه وزن دهی به لایه های اطلاعاتی مختلف تأثیرگذار بر تشکیل رواناب

وزن دهی	نام لایه اطلاعاتی
۳۰	لیتولوژی
۱۰	پوشش گیاهی
۳۰	شیب
۱۰	بارندگی
۲۰	پوشش سطحی زمین



شکل ۴-۲۰- مقدار شاخص رواناب در حوضه مورد مطالعه

۴-۴-۷- برآورد ارتفاع رواناب تولیدی در منطقه مورد مطالعه

پس از تهیه لایه های اطلاعاتی لیتولوژی، شیب، بارش، پوشش گیاهی و پوشش سطحی زمین در محیط نرم افزار ArcGIS 10 و امتیازدهی و وزن دهی به آنها مقدار شاخص رواناب محاسبه شده است. با استفاده از مقدار شاخص رواناب شماره منحنی طبق روش درستکار و کرمی (۱۳۹۰) برای نقاط مختلف حوضه برآورد شده است. سپس با استفاده از سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) ارتفاع رواناب با استفاده از معادله زیر محاسبه شده است:

$$Q = \frac{(Q - 0.2 Q)^2}{(Q + 0.8 Q)}$$

در این معادله R ارتفاع رواناب بر حسب اینچ، P ارتفاع بارندگی بر حسب اینچ و S نگهداشت سطحی زمین می باشد. برای محاسبه S از معادله زیر استفاده می شود:

$$Q = \frac{1000}{Q} - 10 \quad \text{معادله (۲-۴)}$$

که در این معادله CN شماره منحنی در حوضه می باشد. با توجه به محاسبات انجام شده مقدار میانگین CN در منطقه مورد مطالعه حدود ۲۵، میانگین بارندگی حدود ۴۷ اینچ و مقدار رواناب سالانه در منطقه مورد مطالعه حدود ۲۳/۶ اینچ برابر با ۶۰ میلیمتر برآورد شده است.

۴-۵- بررسی کیفی سیلاب در منطقه شمال کلاته ملا

به منظور بررسی کیفیت سیلاب در منطقه شمال کلاته ملا و مقایسه آن با کیفیت آب های زیرزمینی در این منطقه، از سیلابی که در تاریخ ۲۹ فروردین ۱۳۹۹ رخ داده است، نمونه برداری شده است. شکل های (۴-۲۱) و (۴-۲۲) تصاویری از سیلاب مذکور را نشان می دهد. نمونه برداشت شده در

آزمایشگاه زرازا مورد آنالیز قرار گرفته است و نتایج به دست آمده با نتایج نمونه آب چاه شیخ‌آباد (نزدیکترین چاه به ارتفاعات منطقه) مقایسه شده است.



شکل ۴-۲۱- تصویری از سیلاب رودخانه پشکی در تاریخ ۲۹ فروردین ۱۳۹۹



شکل ۴-۲۲- تصویری از سیلاب در محدوده روستا در تاریخ ۲۹ فروردین ۱۳۹۹

۴-۵-۱- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و غلظت یون‌های اصلی در سیلاب‌های منطقه

جدول (۴-۲۳) مقدار هدایت الکتریکی و غلظت یونهای اصلی در نمونه مربوط به سیلاب رودخانه پشکی در تاریخ ۲۹ فروردین ۱۳۹۹ و آب زیرزمینی نزدیکترین چاه به ارتفاعات منطقه را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود هدایت الکتریکی سیلاب برابر با ۸۱۰ میکروموس بر سانتیمتر است که در مقایسه با هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی منطقه (بین ۴۸۰۰ تا ۱۲۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر) به مراتب بهتر است.

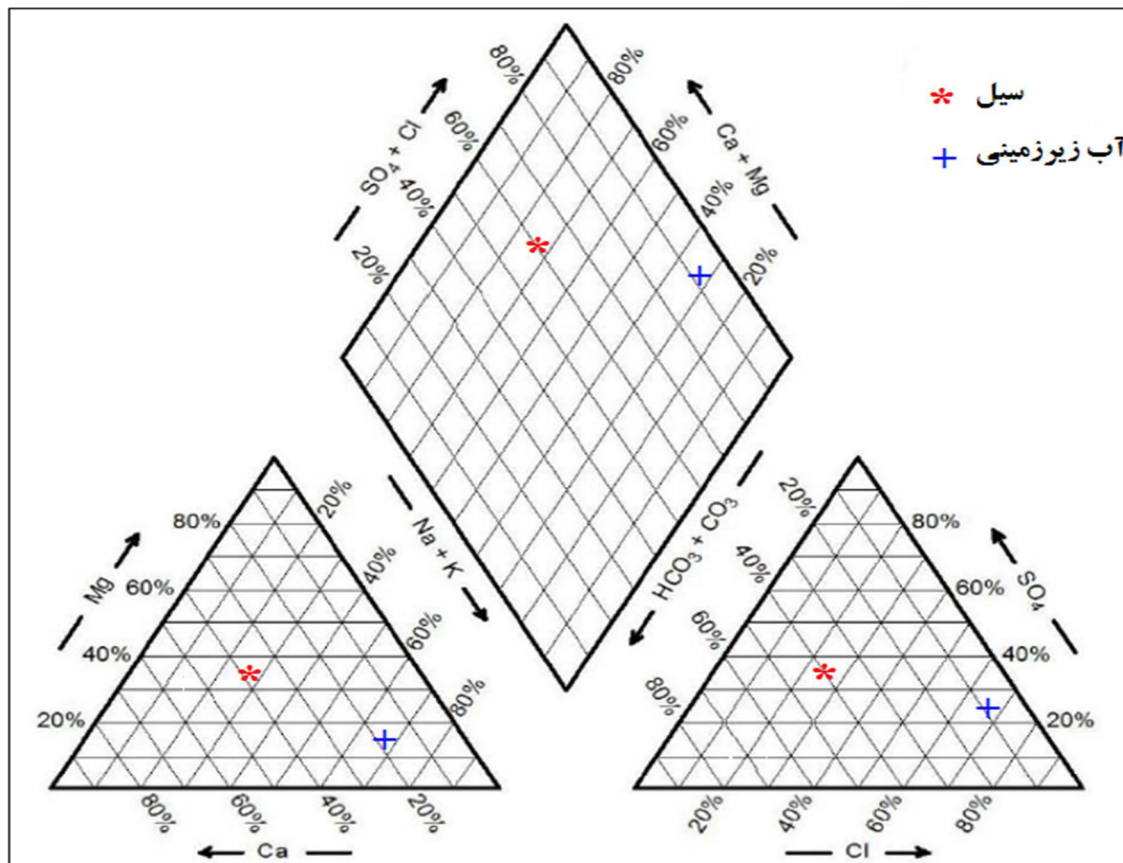
جدول ۴-۲۳- مقدار هدایت الکتریکی و غلظت یونهای اصلی در سیلاب و آب زیرزمینی

غلظت بر حسب میلی اکی والان بر لیتر						EC (micromhos/cm)	نمونه
Cl	SO4	HCO3	Na	Mg	Ca		
۲/۲	۳/۱	۳/۵	۲/۴	۲/۸	۳/۳	۸۱۰	سیلاب
۲۹/۵	۱۰/۵	۳/۸	۳۰/۸	۷/۲	۸/۲	۵۱۵۰	آب زیرزمینی

۴-۵-۲- تعیین رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی

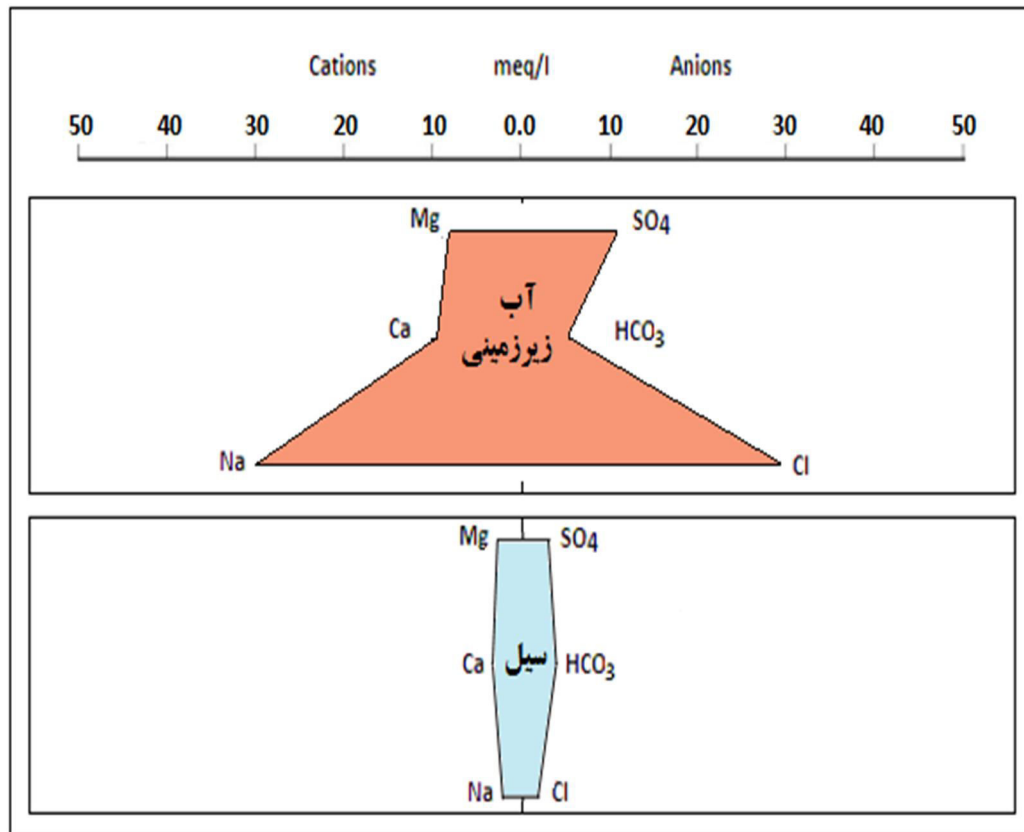
به منظور تعیین رخساره‌های شیمیایی نمونه سیلاب و مقایسه آن با نمونه نزدیکترین چاه به ارتفاعات منطقه از نمودارهای پایپر و استیف و ویلکاکس استفاده شده است. شکل (۴-۲۳) موقعیت نمونه سیلاب و آب زیرزمینی منطقه شمال کلاته ملا را در نمودار پایپر نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در نمونه سیلاب غلبه با عناصر قلیایی خاکی و اسیدهای ضعیف است در حالی که در نمونه آب زیرزمینی غلبه با عناصر قلیایی و اسیدهای قوی است. همچنین ملاحظه می‌شود که آب زیرزمینی به طور قابل توجهی به گوشه راست لوزی (که معرف آب‌های شور است) نزدیک شده است. دلیل این مطلب از این قرار است که آب زیرزمینی که منشاء آن با سیلاب‌های منطقه یکسان است، به علت

واکنش با رسوبات منطقه و تا اندازه‌ای هجوم آب شور از سمت جنوب شرقی، کیفیت آن تخریب شده است.



شکل ۴-۲۳- نمودار پاییر نمونه‌های سیلاب و آب زیرزمینی در منطقه

شکل (۴-۲۴) نمودار استیف نمونه‌های سیلاب و آب زیرزمینی منطقه شمال کلاته ملا را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در نمونه سیلاب تیپ آب بی‌کربناته کلسیم است در حالی که در نمونه آب زیرزمینی تیپ آب کلروره سدیک است. علاوه بر این ملاحظه می‌شود که مساحت پلیگون مربوط نمونه سیلاب به مراتب کوچکتر از آب زیرزمینی می‌باشد که این مطلب بیانگر کیفیت بسیار بالاتر نمونه سیلاب در مقایسه با کیفیت آب زیرزمینی در منطقه است.



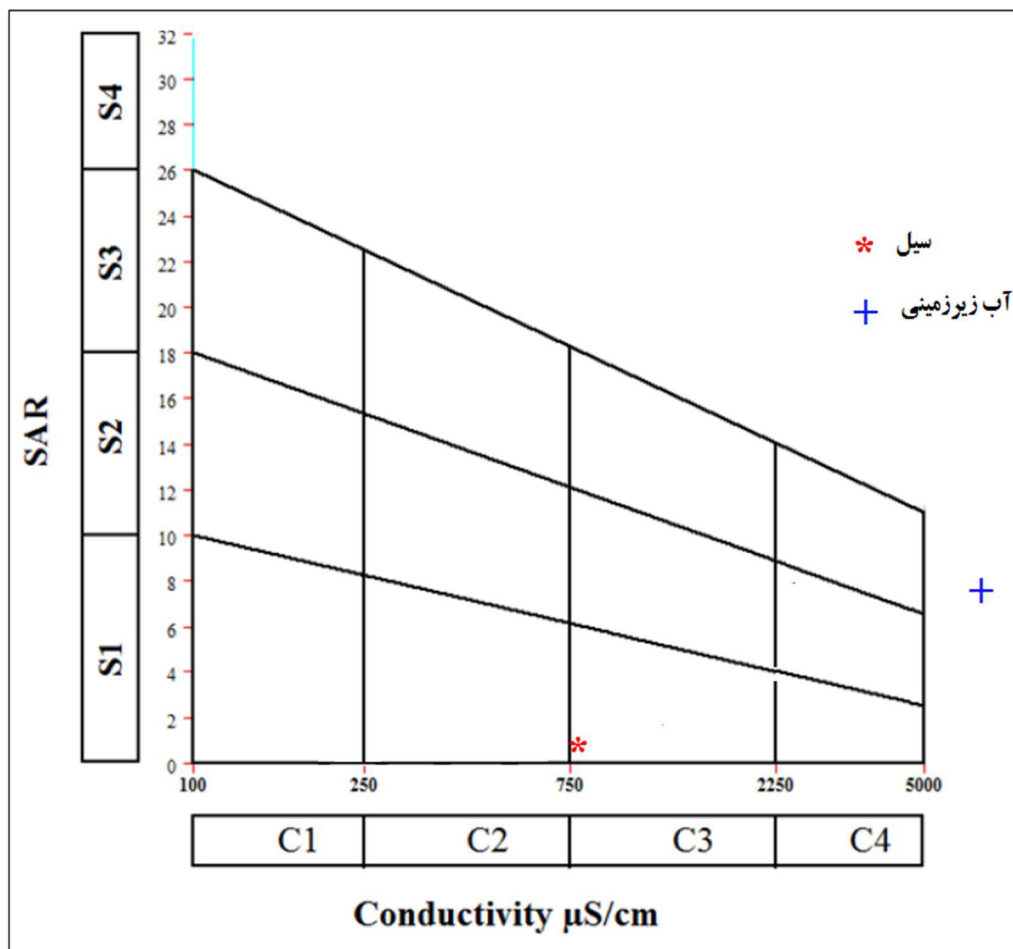
شکل ۴-۲۴- نمودار استیف نمونه‌های سیلاب و آب زیرزمینی در منطقه

۴-۵-۳- بررسی کیفیت سیلاب برای مصارف کشاورزی

مناسب بودن آب برای مصارف کشاورزی به املاح موجود در آب، نوع گیاه و شرایط زه‌کشی خاک بستگی دارد. غلظت سدیم در خاک نقش مهمی در تعیین کیفیت آب آبیاری دارد و غلظت بالای آن باعث کاهش نفوذپذیری خاک گردد. متداول‌ترین روش برای بررسی کیفیت آب برای مصارف کشاورزی استفاده از نمودار ویلکاکس است. در این نمودار از دو پارامتر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم (SAR) استفاده می‌شود. نسبت جذب سدیم با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}}$$

با استفاده از اطلاعات ارائه شده در جدول (۴-۲۳)، مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR) برای نمونه‌های سیلاب و آب زیرزمینی به ترتیب برابر با $۱/۳۹$ و $۷/۸۲$ محاسبه شده است. شکل (۴-۲۵) موقعیت نمونه‌های سیلاب و آب زیرزمینی منطقه شمال کلاته ملا را بر روی نمودار ویلکاکس نمایش می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود نمونه سیلاب در مقایسه با نمونه آب زیرزمینی برای اهداف کشاورزی از کیفیت بسیار بهتری برخوردار است.



شکل ۴-۲۵- نمودار ویلکاکس نمونه‌های سیلاب و آب زیرزمینی در منطقه

۴-۶- ارائه راهکارهای مناسب برای مهار سیلاب در منطقه شمال کلاته ملا

وقوع سیلاب از دو دیدگاه حائز اهمیت است. اول این که حجم قابل توجهی از آب‌های با کیفیت مناسب از دسترس خارج می‌شوند. دوم این که سیلاب‌ها باعث بروز خسارتهای جبران ناپذیری می‌-

شوند. بنابراین، مهار سیلاب های برای جلوگیری از خسارت های ناشی از آنها در مناطق پائین دست و همچنین ذخیره سازی آب برای مصارف مختلف (به ویژه در مناطق خشک که با کمبود شدید آب مواجه هستند) از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است.

منطقه شمال کلاته ملا به دلایل متعددی سیل خیزی بالایی را شامل می شود. مهمترین این دلایل شامل تمرکز بارش سالانه در دو یا سه واقعه بارشی و شدت بالای آن، شیب بسیار زیاد منطقه کوهستانی شمال کلاته ملا و نفوذپذیری بسیار کم اکثریت سنگ های منطقه می باشد. با توجه به افت شدید سطح آب زیرزمینی در منطقه و همچنین تخریب کیفیت آب های زیرزمینی منطقه، جلوگیری از هدر رفتن سیلاب های منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است. در زیر، راهکارهای مناسب برای مهار سیلاب های منطقه شمال کلاته ملا به طور مختصر معرفی می شوند.

۴-۶-۱- احداث بندهای ذخیره ای کوچک در خروجی حوضه ها

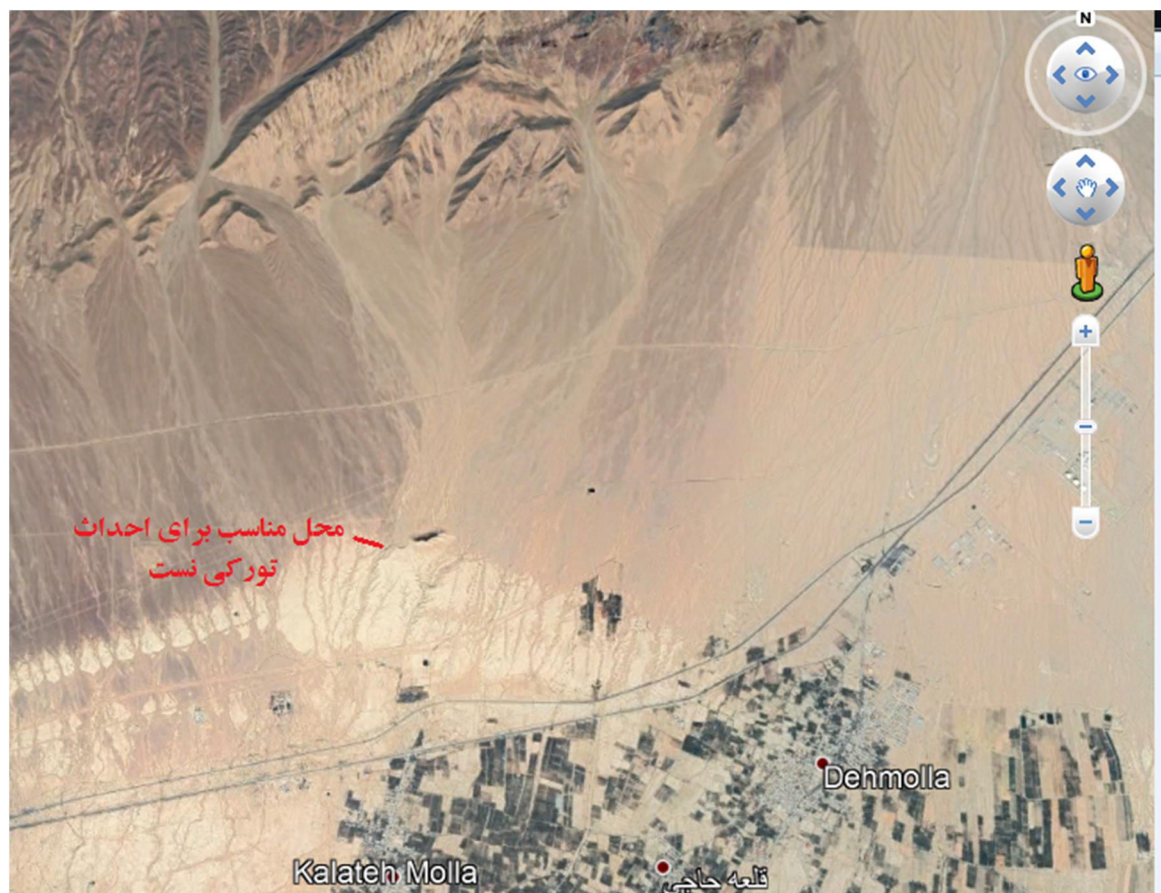
همانطور که قبلاً اشاره شده است، در منطقه شمال کلاته ملا پنج حوضه کوچک وجود دارد. با توجه به این که خروجی این حوضه ها در مجاورت بخش کوهستانی واقع شده است و دره های با عرض نسبتاً کم را شامل می شوند، امکان احداث بندهای ذخیره ای کوچک در محل خروجی این حوضه ها وجود دارد. از آب های ذخیره شده در پشت این بندهای ذخیره ای، پس از ته نشین شدن گل و لای آنها می توان برای تغذیه مصنوعی آبخوان منطقه به روش تغذیه در بستر رودخانه استفاده نمود. شکل (۴-۲۶) یکی از این دره های با عرض نسبتاً کم را نشان می دهد.



شکل ۴-۲۶- تصویری از یک دره کوهستانی با عرض کم در شمال کلاته ملا

۴-۶-۲- احداث تورکی‌نست در محدوده ورچندکوهی

با توجه به سیل‌خیزی منطقه مورد مطالعه و همچنین احتمال بسیار زیاد سرریز شدن بندهای مخزنی در بارندگی‌های شدید، لازم است که حداقل یک تورکی‌نست (Turkeynest) در مجاورت ورچندکوهی احداث شود. آب‌های ذخیره شده در این تورکی‌نست می‌توان به مصرف کشاورزی برسد و در زمان استفاده از این منبع آبی لازم است که چاه‌های پمپاژ منطقه خاموش باشند. این امر ضمن این که به دلیل کیفیت بسیار بهتر آب کمک به بهبود شرایط خاک در منطقه می‌کند بلکه به کاهش افت سطح آب زیرزمینی هم کمک قابل توجهی خواهد نمود. علاوه بر این، ضرورت دارد که استفاده از این منبع آبی در اولین فرصت پس از ذخیره‌سازی آب باشد. دلیل این مطلب از این قرار است که تبخیر آب از این منبع آبی کاهش پیدا کرده و در نتیجه از کاهش کمیت و کیفیت آب ذخیره شده جلوگیری می‌کند. محل مناسب برای احداث تورکی‌نست در شکل (۴-۲۷) ارائه شده است.



شکل ۴-۲۷- تصویری از محل مناسب برای احداث تورکی نست

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

همانطور که در فصل اول ذکر شد، موضوع مورد تحقیق بررسی سیل‌خیزی در منطقه شمال کلاته ملا می‌باشد. در این فصل ابتدا خلاصه‌ای از نتایج به دست آمده از این تحقیق ارائه می‌شود و سپس پیشنهادهایی جهت کار بیشتر در منطقه ارائه خواهد شد.

۵-۱- نتیجه‌گیری

مهمترین نتایج به دست آمده از بررسی سیل‌خیزی در منطقه شمال کلاته ملا دامغان شامل موارد زیر است:

۵-۱-۱- تهیه نقشه همباران منطقه

برای ترسیم نقشه همباران حوضه مورد مطالعه، ابتدا با استفاده از میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های باران‌سنجی دهملا، حسین‌آباد، طزره و دیباج، نمودار ارتفاع - بارش منطقه ترسیم شده است. سپس با استفاده از این نمودار و همچنین با کمک اطلاعات توپوگرافی منطقه، نقشه همباران منطقه با دقت مناسبی تهیه شده است. بر اساس نقشه همباران منطقه، میانگین بارش سالانه منطقه از مناطق پست تا ستیغ کوهها بین ۱۲۲ تا ۲۲۷ میلیمتر متغیر است.

۵-۱-۲- بررسی عوامل موثر بر ظهور سیلاب در منطقه

با توجه به آمار و اطلاعات موجود و همچنین بازدیدهای صحرایی انجام شده در منطقه، عوامل مهم موثر بر ظهور سیلاب در منطقه شمال کلاته ملا به طور مختصر ارائه می‌شوند. تمرکز بالای بارش در منطقه موجب شده که منطقه برای وقوع سیلاب های ناگهانی (به ویژه در فاصله زمانی اسفند تا اردیبهشت) بسیار مستعد باشد. بخش عمده ارتفاعات شمال کلاته ملا را سازندهای با لیتولوژی شیل، ماسه سنگ و دولومیت تشکیل می‌دهند که نفوذپذیری ناچیز آنها بر شدت سیل خیزی منطقه تاثیر زیادی دارد. همچنین بخش کوهستانی منطقه مورد مطالعه دارای شیب بسیار زیاد است. به این ترتیب که بر اساس محاسبات انجام شده شیب توپوگرافی در منطقه کوهستانی به طور متوسط حدود ۴۲ درصد است. بنابراین، منطقه مورد مطالعه به لحاظ شیب توپوگرافی از پتانسیل سیل خیزی بالایی برخوردار است. علاوه بر این، بخش کوهستانی عمدتاً از سنگ‌های برهنه (Bare rocks) تشکیل شده است. علاوه بر عوامل مذکور، ملاحظه شد که پوشش گیاهی در کل منطقه مورد مطالعه ضعیف است و دلیل آن بارندگی کم منطقه می‌باشد. بنابراین، منطقه مورد مطالعه به لحاظ پوشش گیاهی نیز از پتانسیل سیل خیزی بالایی برخوردار است.

۵-۱-۳- برآورد ضریب رواناب در منطقه

یکی از روش هایی که با به کارگیری آن می‌توان مقدار ضریب رواناب را به طور نسبتاً دقیقی برآورد نمود استفاده از داغ سیلاب و اطلاعات مربوط به شدت بارندگی است. در حوضه مورد مطالعه با استفاده از اطلاعات بارندگی که در تاریخ ۱۳۹۸/۰۶/۲۸ رخ داده است و با توجه به میانگین شدت این بارندگی و معادله استدلالی مقدار ضریب رواناب حوضه های مسیل پشکی و مسیل ورچندکوهی به ترتیب برابر با ۰/۳۷ و ۰/۲۸ برآورد شده است.

۵-۱-۴- برآورد حجم و دبی اوج سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف

برای برآورد حجم و دبی اوج سیلاب در رگبارها، از مقدار و شدت بارندگی در دوره‌بازگشت‌های مختلف نزدیکترین ایستگاه سینوپتیک استفاده شده است. با استفاده از مقدار بارندگی در دوره-بازگشت‌های مختلف و مقادیر مساحت و ضریب رواناب حوضه‌های مسیل‌های پشکی و ورچندکوهی، حجم رواناب برای رگبارهای با تداوم‌های مختلف در دوره بازگشت‌های متفاوت برای این حوضه‌ها محاسبه شده است. همچنین با استفاده از شدت بارندگی در دوره‌بازگشت‌های مختلف و مقادیر مساحت و ضریب رواناب، دبی اوج سیلابی برای رگبارهای با تداوم‌های مختلف در دوره بازگشت‌های متفاوت برای حوضه‌های مذکور به دست آمده است.

۵-۱-۵- ارزیابی کیفی سیلاب در منطقه

برای ارزیابی کیفیت سیلاب در منطقه شمال کلاته ملا، از سیلابی که در تاریخ ۲۹ فروردین ۱۳۹۹ رخ داده است، نمونه‌برداری شده و نتایج آنالیز شیمیایی آن با نتایج نمونه آب چاه شیخ‌آباد (نزدیکترین چاه به ارتفاعات منطقه) مقایسه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده ملاحظه می‌شود که هدایت الکتریکی سیلاب برابر با ۸۱۰ میکروموس بر سانتیمتر است که در مقایسه با هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی منطقه (بین ۴۸۰۰ تا ۱۲۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر) به مراتب بهتر است. همچنین ملاحظه می‌شود در نمونه سیلاب غلبه با عناصر قلیایی خاکی و اسیدهای ضعیف است در حالی که در نمونه آب زیرزمینی غلبه با عناصر قلیایی و اسیدهای قوی است. تیپ آب در نمونه سیلاب بی‌کربناته کلسیم است در حالی که در نمونه آب زیرزمینی تیپ آب کلروره سدیک است. مقایسه نمونه سیلاب با نمونه آب چاه شیخ‌آباد بیانگر این است که نمونه سیلاب در مقایسه با نمونه آب زیرزمینی منطقه برای آبیاری از کیفیت بسیار بهتری برخوردار است.

۵-۲- پیشنهادها

بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، پیشنهادهایی برای مطالعات بیشتر در منطقه به شرح زیر ارائه می‌شود:

- پیشنهاد می‌شود که مقدار ضریب رواناب حوضه های مورد مطالعه برای بارش‌های مختلف برآورد شود و روند تغییرات ضریب رواناب در منطقه با شدت بارندگی و سایر عوامل مورد بررسی قرار گیرد.
- پیشنهاد می‌شود که از سیلاب های منطقه در نقاط مختلف (در طول مسیر مسیل‌های پشکی و ورچندکوهی) نمونه‌برداری شود و کیفیت سیلاب برای مسیل‌های مختلف و همچنین در طول مسیر مورد ارزیابی و مقایسه قرار گیرد.
- پیشنهاد می‌شود که یک یا دو باران‌سنج ذخیره‌ای در ارتفاعات منطقه نصب شود و از اطلاعات آن برای افزایش دقت نمودار ارتفاع - بارش و نقشه همباران منطقه استفاده شود.

مراجع مورد استفاده

امیدی پ. (۱۳۸۰)، "تحلیل ساختاری و دینامیکی تفصیلی پهنه‌های گسلی در حاشیه جنوبی البرز خاوری (گستره

سمنان

– دامغان)، پایان نامه دکتری دانشگاه تربیت مدرس.

اروجی ب. و مقدس صدقیانی ت. و دهقان تنها م. و قلیچ پور ح. (۱۳۸۹)، "بررسی اثرات فعالیتهای کشاورزی بر

کمیت و کیفیت آب دشت نجف آباد اصفهان"، همایش ملی آب با رویکرد آب پاک.

پور محمدی سمانه. و دستورانی محمد تقی. (۱۳۹۱)، "بررسی ویژگی‌های رژیم جریان و رسوب در حوضه های

خشک و نیمه خشک، مطالعه موردی استان لرستان"، نشریه جغرافیا و توسعه شماره ۳۹.

توحیدی فر ف. و کرمی غ. (۱۳۹۳)، "ارزیابی منابع آب زیرزمینی منطقه معلمان، دامغان"، همایش کاربرد

کامپیوتر در علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور.

جعفریان زینب. و همکاران (۱۳۹۴)، "اثر پوشش گیاهی بر کاهش رواناب و هدر رفت خاک با استفاده از سبیه سازی

باران در مراتع نشو استان مازندران"، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

جعفری ف. و رضایی م. (۱۳۸۹)، "ارزیابی هیدروژئوشیمیایی آبخوان آبرفتی دشت قوچان شیروان"، نخستین همایش

ملی پژوهشهای کاربردی منابع آب ایران.

درویش زاده ع. (۱۳۸۳)، "زمین شناسی ایران"، انتشارات امیر کبیر، تهران.

رحیمی ز. و کرمی غ. (۱۳۹۰)، "ارزیابی سیل خیزی حوضه های کوهستانی غرب تروند"، چهارمین کنفرانس

مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران.

رحیمی ز. و کرمی غ. و امامقلی زاده و. (۱۳۸۹)، "برآورد رواناب سطحی در حوضه ولکانیکی واجارود"، چهارمین

همایش

انجمن زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، ارومیه.

شرکت آب منطقه ای سمنان، (۱۳۸۹)، "مطالعات شناسایی منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی کویر مرکزی"،

وزارت نیرو.

علیزاده ا. (۱۳۹۶)، "اصول هیدرولوژی کاربردی"، چاپ چهل و یکم، انتشارات آستان قدس رضوی.

کرمی غ. (۱۳۷۵)، "بررسی سیلاب ها و منابع آب زیرزمینی در منطقه بیابانی احمد آباد خارتوران، شاهرود"، دومین همایش ملی بیابان زایی و روش های مختلف بیابان زدایی، کرمان، ۱۲ الی ۱۴ شهریور سال ۱۳۷۵.

کمال ک. و کیاسیرتی ج. (۱۳۸۶)، "بررسی تغییرات خصوصیات خاک در ایستگاه های پخش سیلاب با نگاهی بر تحقیقات انجام شده پیشین".

مهدوی م. (۱۳۹۷)، "هیدرولوژی کاربردی"، انتشارات دانشگاه تهران.

Reference

- Berberian, M. (1914), “ Natural hazard and the first earthquake catalog of iran”.Vol.1 , Historical hazards in iran prior to 1900. International institute of earthquake engineering and seismology (iiees), pp.603.
- Bastawesy M. and Ghadi K. (2013), “ Assessment and Management of the Flash Floods in Al Qaseem Area, Kingdom of Saudi Arabia”. International Journal of Water Resources and Arid Environments vol.2(3), pp.146-157.
- Hadadian N. (2013),” Evaluation of several techniques for estimating stormwater runoff”
- Hames A. (2012), “ An empirical method for peak discharge prediction in ungauged arid and semi – arid region catchments based on morphological parameters and SCS curve number”. Journal of Hydrology, vol.456 - 457 , pp.94-100 , August 2012.
- Khaldoon A. (2011), “ Floods As Water Resource and As a Hazard in Arid Regions: a Case Study in Southern Jordan “. Jordan Journal of Civil Engineering, Vol. 5 , pp.10-16.
- Lana-Renault N., Latron J., Karssenberg D., Serrano-Muela P., Regues D., Bierkens M.F.P ., (2011), “ Differences in Stream flow in relation to changes in land cover: A comparative study in two sub-Mediterranean mountain catchments”. Journal of Hydrology Vol. 411 , pp.366-236.
- Meijerink A.M.J. (1985), “ Estimates of peak runoff from hilly terrain with varied lithology”. Journal of Hydrology , vol. 77 , pp.227-236.
- Ouyang w., Hao F.H., Hao C.Z. Lin C., (2010), “ Vegetation response to 30 years hydro power cascade exploitation in upper stream of Yellow River “. Communication in Non linear science and numerical simulation, July 2010.
- Zhou X., Makeasorn A., Chang N.B., (2008), “ Short – term stream flow forecasting with global climate change implication S-A comparative study between genetic programming and neural network models”. Journal of Hydrology, 15 may 2008.

Zheng B., Yang L., Mao C., Zhang P., (2006), “ QTLs and candidate for rice roots growth under flooding and upland conditions”. *Acta genetica sinica* , vol. 33 , pp.141-151 , February 2006.

Abstract

The study area includes the northern heights of Kalateh Molla in the city of Damghan, which, like most areas of Semnan province, is facing severe water shortages. Despite the severe shortage of water in this area, every year large floods flow from the northern heights of the village and while losing a significant volume of high quality water, they cause a lot of damage in the area of Kalat-e-Mola. . In this study, flooding in the northern heights of Kalathamla village has been investigated. There are two main waterways in the study area, which are called Peshaki and Varchekouh issues. According to the available statistics as well as the information obtained from field visits, it can be seen that the high concentration of rainfall in the region, the low permeability of most formations in the region, the very steep slope of the mountainous region (which is about 42% on average) The bareness of the majority of rocks in the mountainous part and the insignificant vegetation have caused the area to have a high flood potential. Due to the relatively large flood water heat that occurred on September 19, 1398, the peak flow rate of the said flood has been estimated using the Manning method. Then, using the reasoning method, the runoff coefficient for Peshaki and Verchandkoochi basins is estimated to be 0.37 and 0.28, respectively. Using the information of showers with different continuities and return periods in the nearest synoptic station (Shahrroud meteorological station), the volume and peak discharge of the relevant floods for the fishery and mountainous basins have been calculated. In order to investigate the quality of floods in the region, the flood sample on April 20, 2016 has been chemically analyzed. Comparison of the chemical results of the flood sample with the groundwater of the region indicates a much higher quality of the flood sample. Thus, the electrical conductivity of the flood is equal to 810 micromoles per centimeter, which is much less than the electrical conductivity of groundwater in the region (between 4800 to 12000 micromoles per centimeter). It is also observed that the water type in the calcium bicarbonate flood sample is sodium chloride in all groundwater samples.

Keywords: Flooding, Runoff coefficient, Peak discharge, Storm, Kalatemolla



Shahrood University of Technology
Faculty of Earth Sciences
M.Sc. Thesis in Environmental Geology

Study on flooding of hights in north of Kalatemolla, Damghan

By: Mohsen javid

Supervisor:

Dr . Gholam hossin karami

October 2020