

ارزیابی ضریب رواناب ناشی از بارش در حوزه معرف کسلیان

محمود شریفی، حسینقلی رفاهی و محمد معز اردلان

بترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و استادیار

دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله ۷۵/۳/۳۰

خلاصه

هدف از این مطالعه تعیین ضریب رواناب ناشی از بارش می باشد که بدین منظور ابتدا روشهای مختلف موجود مورد بررسی قرار گرفته است. یکی از روشهای مهم و تجربی برآورد رواناب، روش حفاظت خاک آمریکا است که بر اساس آن می توان میزان رواناب سطحی ناشی از بارش را با در دست داشتن ارتفاع باران و دیگر ویژگیهای حوزه اعم از خصوصیات فیزیکی، نوع خاک، پوشش گیاهی و نحوه استفاده از زمین برآورد نمود. با توجه باینکه اطلاعات کاملی از حوزه در این روش بکارگرفته می شود بنابراین از دقت عمل بیشتری برخوردار بوده و کاربرد آن در دنیا عمومیت پیدا کرده است و در مطالعات حاضر نیز این روش مورد استفاده قرار گرفته است.

در این مطالعه اطلاعات مربوط به سه سیلاب ناشی از بارندگی انتخاب و ضمن تعیین و محاسبه کلیه پارامترهای لازم از جمله CN مشاهده شده، شماره منحنی رواناب سیلابها با استفاده از روش SCS تعیین و با مقایسه آن با شماره منحنی مشاهده شده، نهایتاً CN پیشنهادی برای حوزه ارائه گردید.

بر اساس نتایج حاصل از مطالعات جامع در حوزه اعم از فیزیوگرافی، هواشناسی، هیدرولوژی، خاکشناسی، زمین شناسی، پوشش گیاهی و نحوه استفاده از زمین و همچنین بررسی سیلابهای مورد نظر، شماره منحنی پیشنهادی برای حوزه $CNII=72/5$ می باشد. تحلیل آماری بعمل آمده نشان می دهد که بین میزان باران، ارتفاع رواناب و دبی پیک همبستگی معنی داری وجود دارد. شماره منحنی CNII با میزان باران و رطوبت پنج روز قبل (AMC) نیز همبستگی بالایی را نشان می دهد ولی با شدت بارندگی دارای همبستگی معنی داری نمی باشد. شماره منحنی CNII با باران، ارتفاع رواناب، دبی پیک و رطوبت پنج روز قبل نیز دارای همبستگی بالایی می باشد.

از آنجائیکه در مطالعه هیدرولوژی حوزه های فاقد ایستگاه هیدرومتری، جهت محاسبه دبی پیک سیل بدلیل سهولت امر معمولاً روش منطقی مورد استفاده قرار می گیرد لذا در این تحقیق روش منطقی در مقایسه با روش شماره منحنی مورد ارزیابی قرار گرفت که بر اساس آن مشخص گردید که روش شماره منحنی برای حوزه در سطح بسیار بالایی معنی دار بوده در حالیکه روش منطقی از دقت عمل لازم برخوردار نمی باشد.

مقدمه

شناخت پدیده های اقلیمی از آن جمله شدت، مدت و توزیع بارندگی و رواناب ناشی از آن در بررسی عمق و حجم سیلاب و تاثیر آن بر خاک و گیاه و تاسیسات حفاظتی حائز اهمیت می باشد.

در طول چند دهه گذشته تلاشهای زیادی جهت ابداع روشهای تجربی و مدل‌های ریاضی مناسب برای برآورد رواناب حاصل از بارندگیها در حوزه های آبخیز فاقد ایستگاههای هیدرومتری صورت گرفته است.

جهت تعیین مقدار CN در یک حوزه آبخیز نیاز به بررسی و مطالعه دقیق وضعیت سطحی آن از نظر خاک، پوشش گیاهی، استفاده از زمین و رطوبت اولیه خاک دارد که جهت دستیابی بدان ابتدا شناخت حوزه و سپس انجام محاسبات لازم انجام پذیرفته است.

۱- شناخت حوزه - این بخش شامل موارد زیر می باشد:

فیزیوگرافی:

حوزه کسلیان از مناطق سنگده - اوریملک و سوت کلا سرچشمه گرفته که در ۲۴ کیلومتری شرق پل سفید بین طول شرقی ۵۳°-۸' تا ۵۳°-۱۵' و عرض شمالی ۳۶°-۷' تا ۳۶°-۱۰' واقع می باشد. که معرف ارتفاعات حوزه میانی سلسله جبال البرز است.

وسعت این حوزه ۶۶/۷۸ کیلومتر مربع بوده که بین ارتفاعات ۱۱۰۰ تا ۲۷۰۰ متری قرار گرفته است زهکش آن رودخانه کسلیان می باشد که در واقع تشکیل دهنده سرشاخه اصلی رودخانه کسلیان بوسعت ۳۶۳ کیلومتر مربع می باشد که جزو مهمترین شاخه رودخانه تالار است و در محل شیرگاه بدان می پیوندد.

توپوگرافی و فیزیوگرافی حوزه معرف کسلیان به ترتیب در نقشه های شماره ۱ و ۲ نشان داده شده است. مشخصات فیزیوگرافی حوزه در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

هواشناسی عمومی حوزه:

شبکه ایستگاههای هواشناسی این حوزه که از سال ۱۳۴۹ تأسیس گردیده شامل ۳ ایستگاه هواشناسی بنامهای سنگده، درزیکلا و اوریملک می باشد که ایستگاه اوریملک از سال ۱۳۶۴ تعطیل شده است. همچنین این حوزه دارای شش ایستگاه بارانسنج معمولی (روزانه) بنامهای سنگده، درزیکلا، اوریملک، سوت کلا، کله، ولیک چال و شش ایستگاه بارانسنج ذخیره ای بنامهای کشته، خاکستر، که اوجا، پتارکا، خجیر دشت، والرو و گتی نو می باشد. بارش:

متوسط بارندگی سالانه حوزه در طول دوره آماری موجود با استفاده از شش ایستگاه باران سنج معمولی و همچنین ۱۲ ایستگاه بارانسنج کل باروش تیسن بترتیب ۷۶۳/۴ و ۷۸۳/۴ میلیمتر می باشد. حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته مشاهده شده برابر با ۵۸ میلیمتر در

یکی از روشهای مهم و تجربی برآورد روان آب روش سازمان حفاظت خاک آمریکا است که بر اساس آن می توان میزان رواناب سطحی ناشی از یک بارندگی را با در دست داشتن ارتفاع باران، ویژگیهای حوزه، خصوصیات خاک، گیاه، فیزیوگرافی و نحوه استفاده از زمین در یک حوزه آبخیز برآورد کرد (۸). در فاصله سالهای ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۰ در ارتباط با این روش تحقیقات متعددی انجام شده است. محققینی مانند بوسنی^۲ (۱)، هاوکینز^۳ (۳) و کووار^۴ (۶) در توسعه و بسط این روش تحقیقاتی را انجام داده اند. در ایران تا کنون در این رابطه اقدام موثری انجام نگرفته است و همزمان با این تحقیق در سطح برخی از حوزه های معرف نظیر حوزه امامه در تهران و حوزه معرف زاگرس نسبت به کالیبره کردن شماره منحنی^۵ (CN) حوزه های مربوطه در غالب پایان نامه های کارشناسی ارشد مطالعاتی انجام یافته که نتایج حاصل حاکی از دقت عمل روش مذکور می باشد.

مواد و روشها

تجربیات بسیاری نشان داده است در صورتیکه اطلاعات مربوط به خاک و پوشش گیاهی و ارتفاع باران از دقت لازم برخوردار باشد، میزان جریان سطحی برآورد شده از این روش که اصطلاحاً روش SCS نامیده می شود اختلاف چندانی با میزان اندازه گیری شده یا واقعی ندارد.

$$Q = (P - 0.2S)^2 + (P + 0.8S) \quad (1)$$

در این رابطه S تلفات بالقوه با احتساب تلفات اولیه (Ia) می باشد و به شرح زیر محاسبه می گردد.

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad \text{در سیستم انگلیسی برابر است با}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{در سیستم متریک برابر است با (۲)}$$

با توجه به فرمولهای فوق ملاحظه می شود که مقدار CN تنها پارامتری است که باید در روش SCS تعیین شود تا بتوان برای میزان مشخصی از بارندگی (P) میزان رواناب (Q) حاصل از همان بارش را برآورد نمود و هرچه مقدار CN در یک حوزه آبخیز دقیقتر باشد، رواناب برآورد شده از بارش مورد نظر به میزان واقعی آن نزدیکتر خواهد بود.

دما:

شبکه دماسنجی و سایر پارامترهای اقلیمی حوزه شامل ایستگاههای سنگده، درزیکلا و اوریملک است که متوسط دمای سالانه در ۳ ایستگاه فوق بترتیب ۱۰/۸ و ۱۱/۳ و ۹ درجه سانتیگراد و حداکثر و حداقل مطلق درجه حرارت مشاهده شده در حوزه ۳۹/۵ و ۲۶/۵- درجه سانتیگراد می باشد.

بر اساس مقادیر محاسبه شده و میزان دما در ایستگاههای موجود، گرادیان حرارتی سالانه بصورت رابطه تغییرات درجه حرارت نسبت به ارتفاع مطابق رابطه زیر می باشد:

$$T = ۱۷/۷۶ - ۰/۰۰۵۲H$$

$$R = ۰/۹۸$$

که در آن:

T = متوسط حرارت سالانه، H ارتفاع به متر و R ضریب همبستگی می باشد.

بر اساس رابطه فوق میزان گرادیان یا افت حرارتی سالانه در حوزه به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۰/۵۲ درجه سانتیگراد می باشد.

تبخیر:

متوسط میزان تبخیر در طول دوره آماری موجود در ۳ ایستگاه سنگده، درزیکلا و اوریملک به ترتیب برابر با ۷۶۶/۱، ۷۹۰/۸ و ۷۳۸/۲ میلیمتر در سال می باشد که حداقل و حداکثر سالانه آن برابر با ۵۵۴/۹ و ۹۹۱/۴ میلیمتر در ایستگاه سنگده بوده است.

هیدرولوژی حوزه کسلیان

ایستگاه هیدرومتری موجود بر روی رودخانه کسلیان بنام ایستگاه ولیک بن در نزدیکی روستایی به همین نام که در محل خروجی حوزه واقع می باشد، و بصورت یک پارشال فلوم بتی با دهانه ای بعرض چهارمتر ساخته شده است و مجهز به اشل - پل اندازه گیری ولیمنوگراف می باشد و در واقع یک ایستگاه آبنسجی درجه یک است.

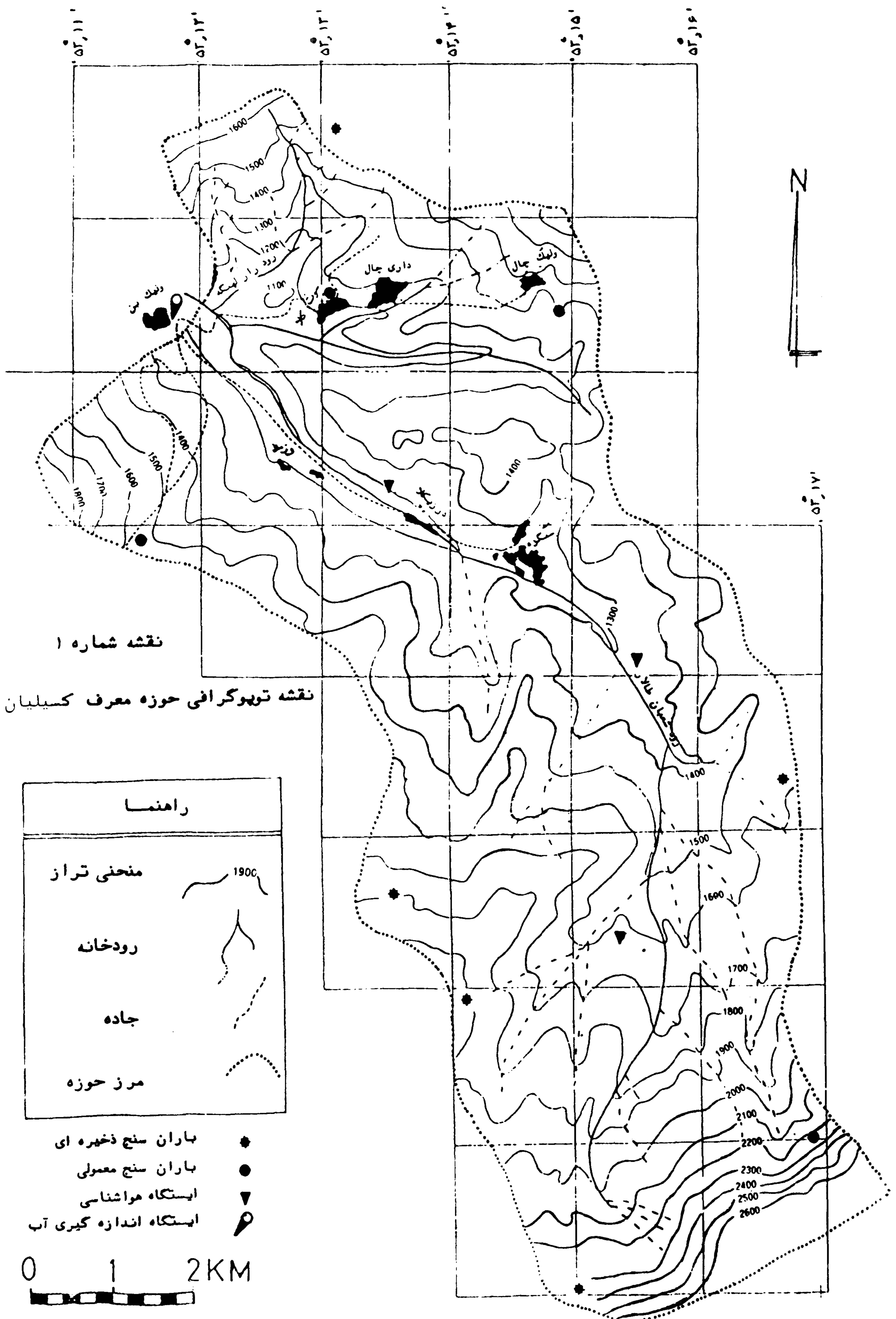
بر اساس جمع بندی آمار ۲۰ ساله موجود متوسط آبدهی رودخانه برابر با ۰/۴۶۸ متر مکعب در ثانیه و حجم ۱۴/۸۲ میلیون متر مکعب در سال می باشد. پر آب ترین ماه سال در فروردین با متوسط ۱/۱۶ متر مکعب در ثانیه و کم آب ترین ماه سال در آبان

جدول ۱ - مشخصات فیزیوگرافی حوزه معرف کسلیان

ردیف	عناوین	نتایج
۱	مساحت حوزه کیلومتر مربع	۶۶/۷۸
۲	محیط حوزه کیلومتر	۴۲/۴۲۵
۳	ضریب گراولیوس	۱/۴۵
۴	ارتفاع ابتدای حوزه متر	۲۷۰۰
۵	ارتفاع انتهای حوزه متر	۱۱۰۰
۶	طول کامل حوزه کیلومتر	۱۵/۲
۷	شیب متوسط حوزه %	۱۷/۸
۸	ارتفاع ابتدای رودخانه متر	۲۶۰۰
۹	ارتفاع انتهای رودخانه متر	۱۱۰۰
۱۰	طول رودخانه اصلی کیلومتر	۱۴/۷
۱۱	شیب رودخانه %	۹/۲
۱۲	مجموع طول آبراهه ها کیلومتر	۷۲/۵
۱۳	تراکم زهکشی	۱/۰۸
۱۴	تعداد شاخه های رودخانه	۲۸
۱۵	رنه رودخانه	۴
۱۶	تراکم سطحی	۰/۴۲
۱۷	ارتفاع متوسط حوزه متر	۱۵۷۶
۱۸	ارتفاع با فراوانی ماکزیمم متر	۱۲۵۰
۱۹	زمان تمرکز ساعت	۱/۹۱

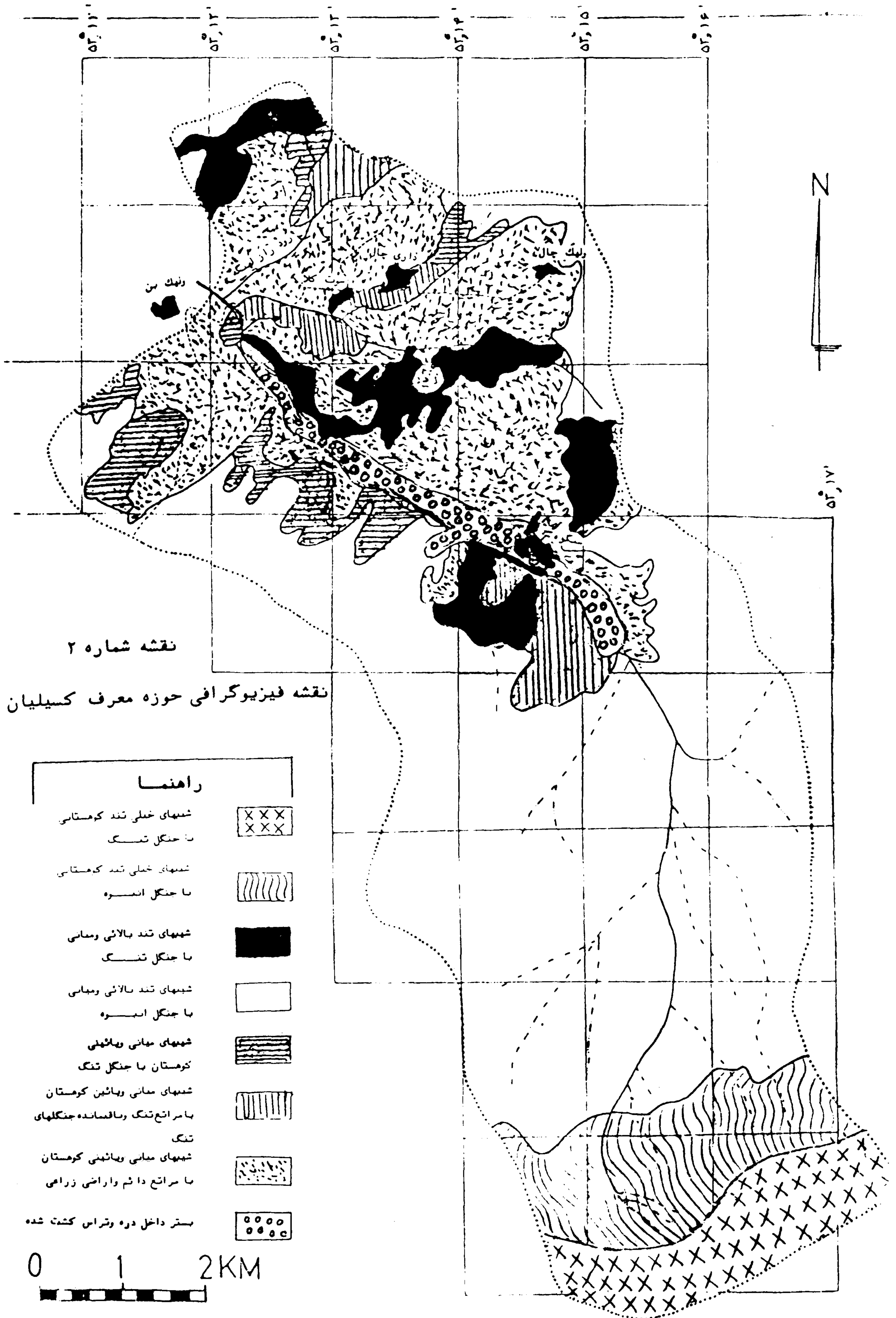
سنگده در تاریخ ۱۳۶۹/۲/۲۳ بوده است.

حداکثر باران سالانه مشاهده برابر با ۱۴۰۴/۳ میلیمتر در ایستگاه بارانسج ذخیره ای گتی نر و ۱۳۲۶/۵ میلیمتر در ایستگاه بارانسج معمولی ولیک چال ثبت شده است. بارندگی در سطح حوزه دارای توزیع مناسبی بوده بطوریکه حداقل آن در فصل زمستان با ۲۰/۴ درصد و بیشترین آن در فصل تابستان با ۳۰ درصد می باشد. درصد بارندگی در فصول بهار و پاتیز بترتیب ۲۷/۵ و ۲۲/۱ درصد است.



نقشه شماره ۱

نقشه توپوگرافی حوزه معرف کسلیان



رودخانه ها تشکیل گردیده که ناشی از فرسایش تدریجی خاکها توسط سیلابها، هرز آبهای سطحی و شستشو توسط باران و ... بوده که پس از حمل در جلگه ها و دره ها و بستر رودخانه ته نشین یافته و خاک رسوبی را تشکیل داده است.

زمین شناسی حوزه:

حوزه مشتمل بر دو ناحیه است ارتفاعات جنوبی که از سازند شمشک تشکیل شده است و بخش شمالی که از رسوبات پلیوسن - کوارترنری شامل کنگلومرا، رسوبات انباشته شده در دره ها شامل مارن، ماسه های سست و کنگلومرای گچ دار و در بخش های شمال شرقی و شمال غربی حوزه علاوه بر ماسه سنگهای شمشک، آهکهای آمونیت دار لار و مارن و آهکهای دلیچای هم دیده می شود. رشته کوه های البرز را به جزئی از سیستم چین خوردگی آلپ مربوط دانسته اند، این رشته کوهها در شرق و قسمت مرکزی تاقدیس مرکزی^۵ را در حاشیه شمالی ایران مرکزی تشکیل داده است. بیشترین سازندهای تشکیل دهنده این ارتفاعات مربوط به دوران مزوزوئیک بوده و از طبقات ضخیم آهک، ماسه سنگ و توف با هسته پالئوزوئیک و اثرات پایه پرکامبرین می باشد.

پوشش ضخیمی از سازندهای دوران دوم حوزه مورد مطالعه را پوشانده است. ارتفاعات مشرف به دره واقع در مرکز حوزه عموماً دارای شیب تند بوده و در برخی از نواحی خرد شده و فرسایش یافته هستند. زمین شناسی منطقه در نقشه شماره ۳ داده شده است.

پوشش گیاهی حوزه و نحوه کاربری اراضی:

حوزه کسلیان یک منطقه عمدتاً جنگلی است که بخشی از آن به مراتع و اراضی زراعی اختصاص یافته است. نزدیک به $\frac{2}{3}$ وسعت این حوزه دارای پوشش جنگلی است که شامل جنگلهای مرغوب و تجاری در بخش مرکزی و شرقی و مابقی که بخش اعظم آنرا تشکیل می دهد از نوع جنگلهای تخریب یافته بوده که به درختچه زار و ... تبدیل گشته است.

انواع استفاده از اراضی در جدول شماره ۲ و وضعیت پوشش گیاهی در شکل شماره ۴ ارائه شده است:

۲ - محاسبات لازم - شامل:

تعیین شماره منحنی (CN) استاندارد حوزه (با توجه به خصوصیات

و آذر با متوسط آبدهی ۰/۲۶ متر مکعب در ثانیه می باشد. از آنجائیکه بخشی از ریزشهای جوی حوزه از آذرماه لغایت فروردین بصورت برف است بنابراین متوسط آبدهی رودخانه در فصل پاییز با ۰/۲۹ متر مکعب در ثانیه کمترین مقدار را دارا می باشد در صورتیکه میزان آبدهی رودخانه در فصل تابستان برابر با ۰/۳۲ متر مکعب در ثانیه است. میزان آبدهی در فصول زمستان و بهار بترتیب ۰/۵۴ و ۰/۷۱ متر مکعب در ثانیه است. با توجه به مطالب بالا رودخانه کسلیان دارای رژیم برفی - بارانی می باشد.

حداکثر دبی روزانه رودخانه برابر با ۱۶/۷۲ متر مکعب در ثانیه در سال آبی ۵۱-۱۳۵۰ و حداکثر لحظه ای مشاهده شده در طول دوره آماری موجود برابر با ۴۶ متر مکعب در ثانیه بوده که در تاریخ ۱۳۵۳/۷/۱ جریان یافته است.

متوسط دبی ویژه رودخانه برابر با ۷/۰۶ لیتر در ثانیه در کیلومتر مربع است که دارای ارتفاع جریان ۲۱۸/۵ میلیمتر می باشد. تیپ آب رودخانه از لحاظ کشاورزی در حد عالی (C1S1) و خوب (C2-S1) می باشد که pH آن در حدود ۷/۵-۸ است. در سطح حوزه ۱۹ چشمه جریان داشته که دو چشمه مهم آن بنامهای تالار سربند و کل بست است که عمدتاً مورد استفاده اهالی قرار می گیرد. آبدهی سایر چشمه ها جزئی می باشد. خاکشناسی حوزه:

خلاصه وضعیت خاکهای حوزه که عمدتاً از نوع پدزولیک و قهوه ای جنگلی و خاک رسوبی می باشند بقرار زیر است:

خاک پدزولیک^۱

اکثر جنگلهای انبوه و قسمتی از جنگلهای تنک منطقه جزو گروه خاکهای گری براون پدزولیک^۲ می باشد پروفیل این خاکها دارای سه افق A، B و C می باشد.

خاک قهوه ای جنگلی^۳

این نوع خاک عمدتاً در جنگلهای تنک و مراتع وجود دارد که ماده اولیه تشکیل دهنده این خاکها غالباً ترکیبات آهکی است. پروفیل این خاکها دارای سه افق A، B و C بوده که مرز بین انتهای آن واضح نبوده و تقریباً از بین رفته است.

خاک رسوبی^۴

این نوع خاک به مقدار کم در تراس پائینی و نزدیک

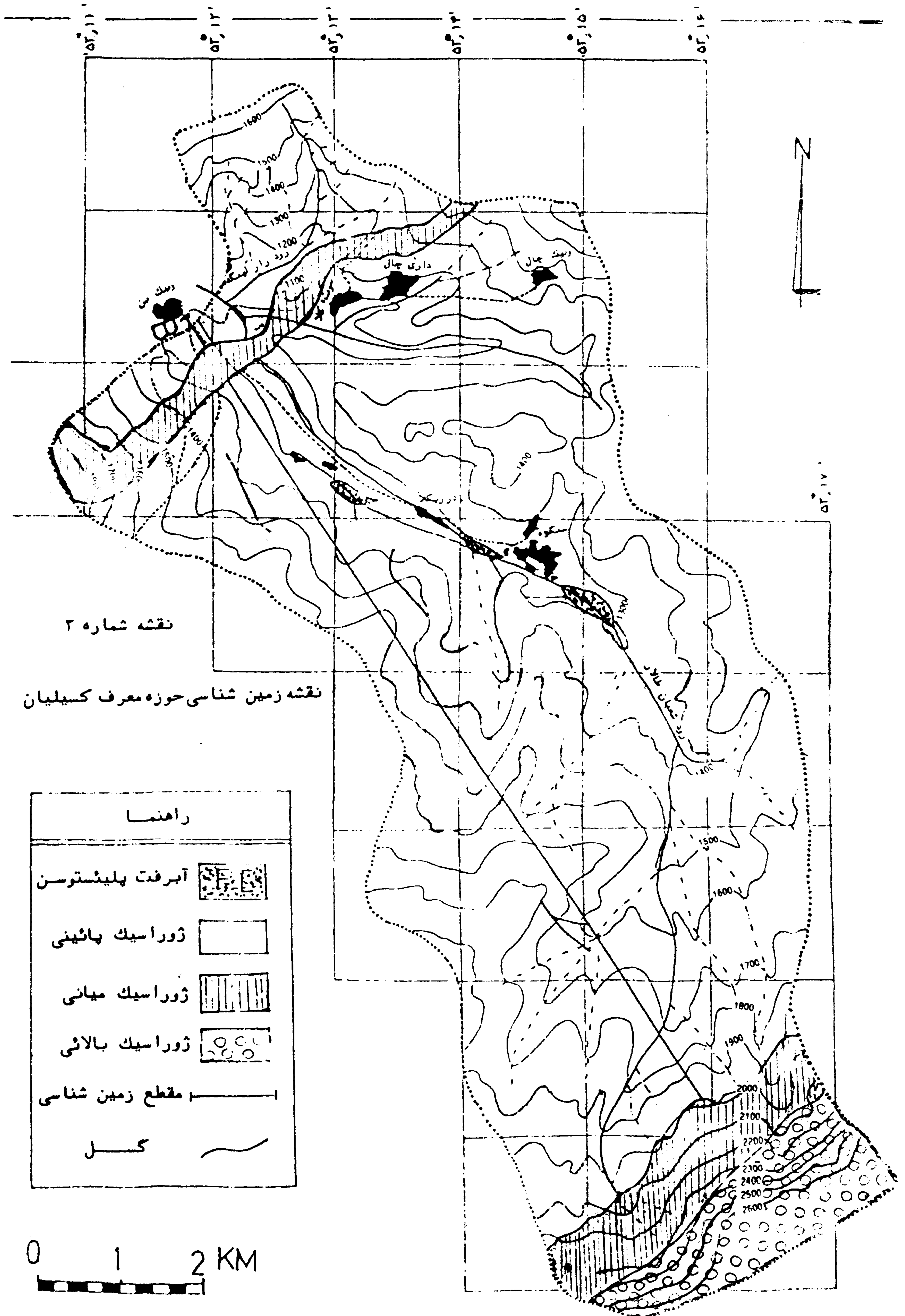
1- Podzolic soil

2- Grey Brown Podzolic

3- Brown forest soil

4- Alluvial soil

5- Anticlinorium



جدول ۲ - انواع استفاده از اراضی در حوزه معرف کسلیان

نوع استفاده	وسعت هکتار	درصد
پوشش جنگلی	۴۳۰۴	۶۴/۴۵
صخره ای	۳۲۷	۴/۹
مرتع	۷۱۶	۱۰/۷۲
زراعی	۱۲۵۳	۱۸/۷۶
مسکونی	۷۸	۱/۱۷
کل	۶۶۷۸	۱۰۰

حوزه):

برای تعیین شماره منحنی حوزه ابتدا نقشه پوشش گیاهی تهیه گردید. بر اساس این نقشه و مطالعات فیزیوگرافی حوزه شرایط ئیدرولوژیکی برای هر نوع استفاده از اراضی حوزه تعیین گردید. سپس نقشه گروههای ئیدرولوژیکی خاک تهیه شد (در نقشه شماره ۵ ارائه شده است). بر اساس شرایط ئیدرولوژیکی هر نوع استفاده از اراضی و گروههای ئیدرولوژیکی خاک شماره منحنی با استفاده از جدول استاندارد مربوطه تعیین و آنگاه شماره منحنی متوسط وزنی برای هر یک از انواع استفاده از زمین محاسبه گردید (۳). در نهایت شماره منحنی استاندارد در وضعیت رطوبتی متوسط (CNII) برای حوزه محاسبه و با استفاده از روابط شماره (۳) و (۴) CNI و CNII معادل نیز به دست آمد. نتایج در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

$$CNI = \frac{CNII}{\frac{2}{334} - 0/01334} \quad (3)$$

$$CNIII = \frac{CNII}{\frac{0}{4036} + \frac{0}{0059} CNII} \quad (4)$$

محاسبه شماره منحنی (CN) سیل های مشاهداتی در حوزه:

برای محاسبه شماره منحنی مشاهده شده برای حوزه با توجه به آمار ۲۰ ساله حوزه ۳۱ سیل انتخاب و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سیلابهای مورد بررسی منحصرًا از اواخر خرداد تا اوایل آبان ماه انتخاب شدند زیرا شرایط اقلیمی حوزه به گونه ای است که قسمتی از بارشها در زمستان و اوایل بهار به صورت برف می باشد. با بررسی اطلاعات ایستگاههای هواشناسی منطقه مشخص گردید که از آذرماه تا فروردین ماه قسمتی از بارشها به صورت برف است. به علاوه

گزارشات آماری این حوزه نشان می دهد که در اردیبهشت ماه و اوایل خرداد، سیلابهای ثبت شده "تواما" ناشی از بارش باران و ذوب برف زمستان بوده است.

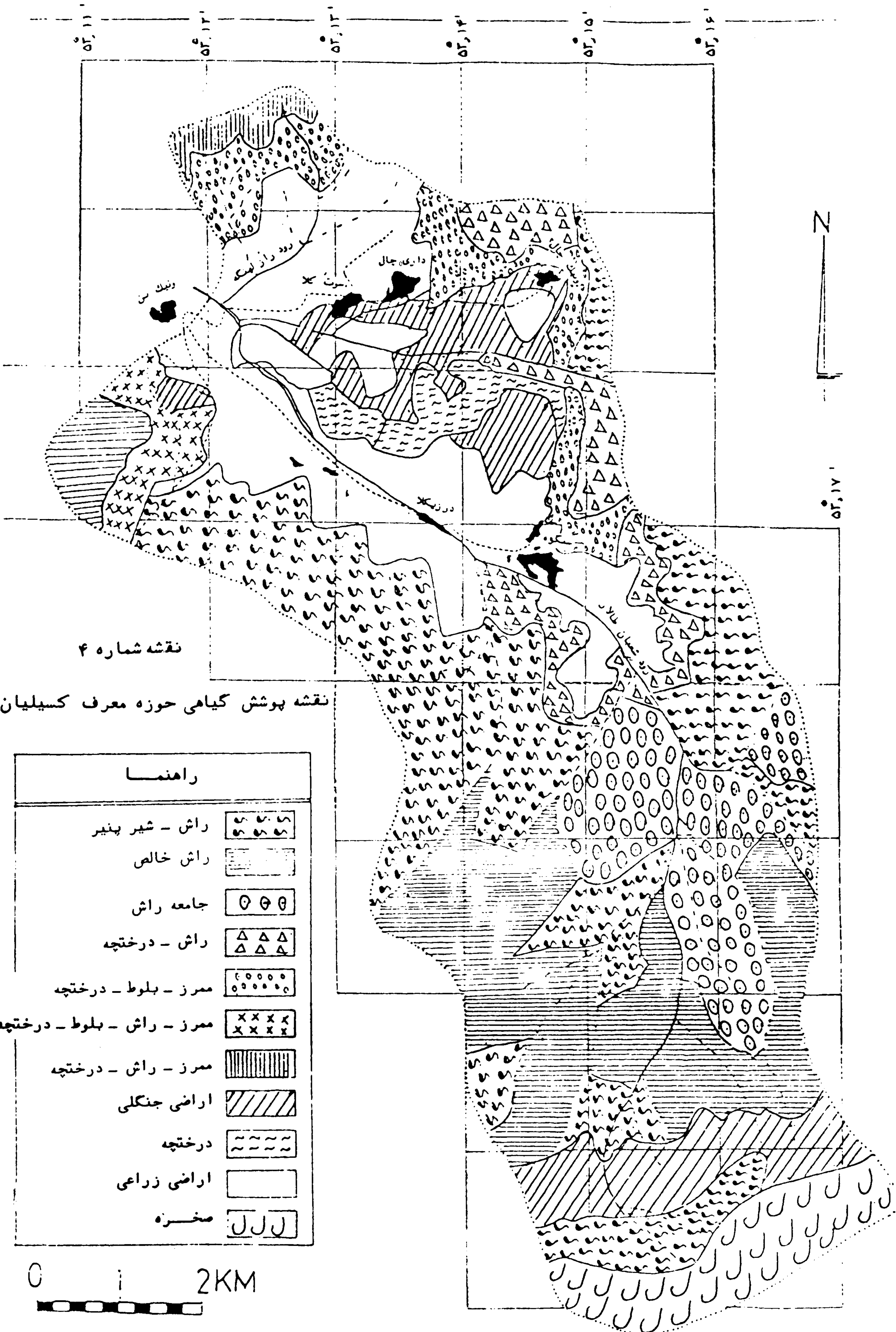
برای محاسبه شماره منحنی سیلابهای مورد بررسی ابتدا میزان بارش عامل سیلابها با استفاده از کلیه ایستگاههای هواشناسی و باران سنجی موجود در سطح حوزه با روش تیسن برای هر سیلاب تعیین گردید.

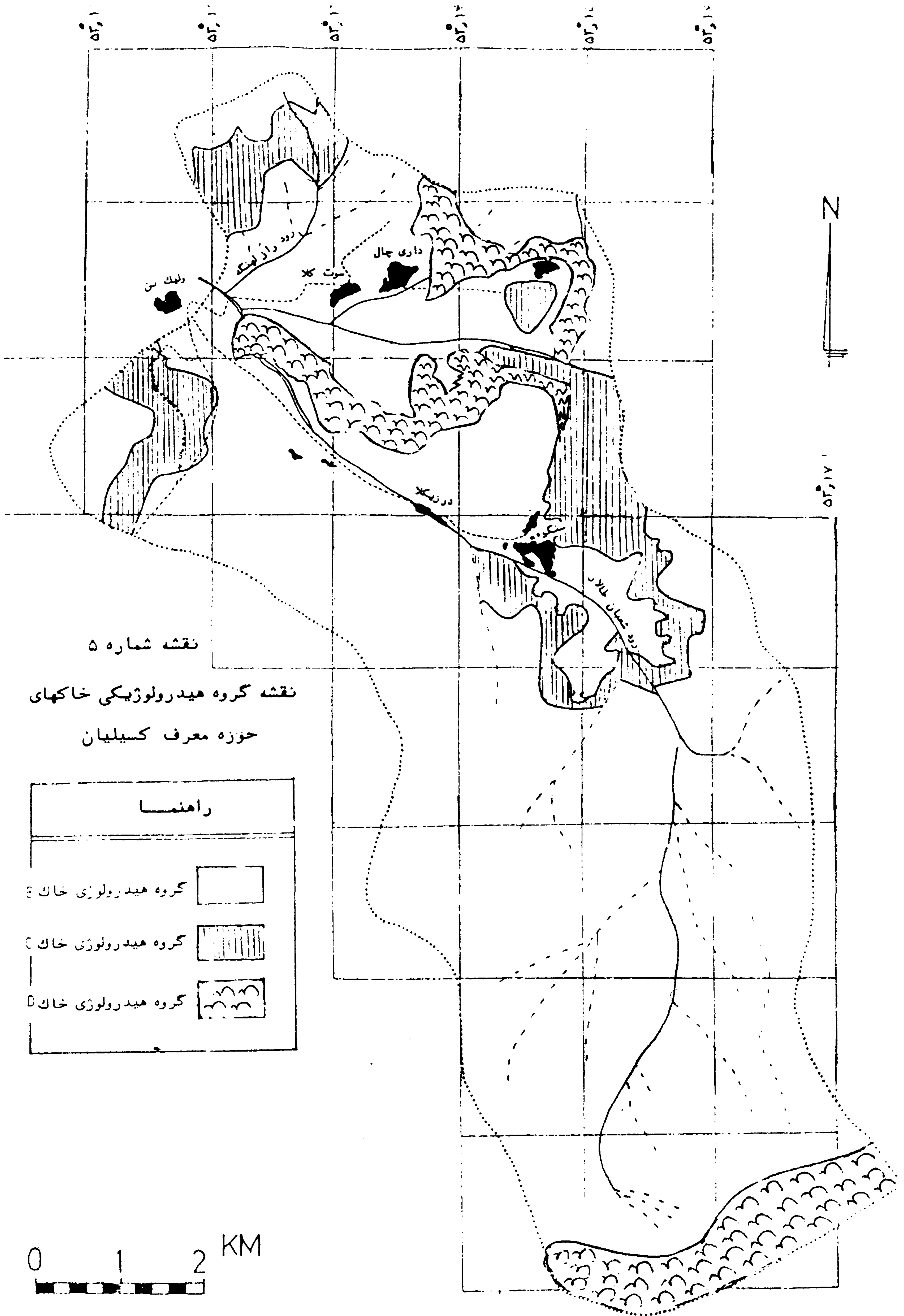
جهت تعیین شرایط پیشین رطوبتی حوزه در زمان وقوع رگبارهای مورد بررسی، میزان بارندگیهای پنج روز قبل از باران مورد نظر کنترل و بررسی شد. برای این منظور با توجه به پراکندگی مناسب ایستگاههای هواشناسی و باران سنجی در سطح حوزه ابتدا شبکه تیسن آن رسم و با منظور نمودن میزان بارش در سطح پلی گون هر ایستگاه، متوسط وزنی باران در سطح حوزه از پنج روز قبل از شروع باران مورد نظر به ازای هر روز بارش تعیین و بر اساس آن میزان رطوبت پنج روز قبل از باران بدست آمد.

از آنجائی که مدت جریان تمام سیلابهای ثبت شده بیش از یک روز و در مواردی چهار تا پنج روز نیز بوده است، بدین جهت میزان باران به ازای هر روز سیلاب نیز تعیین شده و در نهایت میزان رطوبت پنج روز قبل متوسط حوزه برای هر سیلاب محاسبه گردیده است و با استفاده از جدول استاندارد مربوطه شرایط رطوبتی پیشین (AMC) حوزه برای هر سیلاب نیز تعیین گردید.

پس از رسم ئیدروگراف یا آنمود سیلابها بابدست آوردن سطوح آنها، حجم سیلابها محاسبه و با تقسیم آن به سطوح حوزه ارتفاع رواناب جریان یافته به تفکیک برای هر یک از سیلابها مشخص گردید. همچنین با استفاده از ئیدروگراف مربوطه، دبی پیک هر سیل نیز مشخص گردید.

با در دست داشتن میزان بارش عامل سیلابها و ارتفاع روان آب ناشی از آن، با استفاده از روابط (۱) و (۲) مقدار شماره منحنی (CN) مشاهداتی برای هر سیلاب محاسبه گردید و در نهایت با استفاده از روابط (۳) و (۴) شماره منحنی وضعیت رطوبتی یک و سه به وضعیت رطوبتی دو (CNII) محاسبه و در جدول ۴ ارائه شده است که حداکثر و حداقل آن به ترتیب برابر ۹۱/۱ و ۴۴/۳۴ و میانگین آن برای ۳۱ سیلاب مورد بررسی برابر ۷۳/۷ می باشد. برای کنترل بهتر، واریانس، انحراف معیار و ضریب تغییرات برای





ضریب روان آب با توجه به گروه هیدرولیکی خاکها، نقشه کاربری اراضی، مطالعات فیزیوگرافی و خاکشناسی به عمل آمده در سطح حوزه با استفاده از جدول های مربوطه برای هر بخش از حوزه تهیه و سپس متوسط وزنی آن تعیین گردید (۵). در آخر ضریب رواناب متوسط حوزه به روش وزنی برای کل حوزه به دست آمده که برابر $C = 0/36$ می باشد و در جدول شماره ۶ عرضه شده است:

نتایج و بحث

به طوری که جدول ۳ نشان می دهد بیشترین شماره منحنی مربوط به نقاط صخره ای با شیب بسیار تند و گروه هیدرولوژیکی D) و کمترین آن مربوط به جنگل انبوه با شیب متوسط تا زیاد و دارا بودن لاشبرگ فراوان در سطح خاک و گروه هیدرولوژیکی B) بوده است که شماره منحنی آنها به ترتیب برابر با ۹۶ و ۵۷/۵ محاسبه گردیده است.

با استفاده از جدول شماره ۳ شماره منحنی متوسط وزنی حوزه برای شرایط استاندارد (CNII)، وضعیت رطوبتی I و III برآورد شد که به ترتیب برابر $CNII = 67/65$ و $CNI = 47/26$ و $CNIII = 84/27$ می باشد.

با مقایسه شماره منحنی CNII محاسباتی (۶۷/۷) و مشاهداتی (۷۳/۷) ملاحظه می گردد که مقدار شماره منحنی مشاهداتی قدری بیشتر از مقدار شماره منحنی محاسباتی بوده و اختلاف آن دو حداکثر ۸ درصد می باشد که این اختلاف معنی دار نمی باشد.

بطوریکه در جدول ۴ ملاحظه می شود در مورد بارندگی های بیشتر از ۳۰ میلیمتر ارتفاع رواناب مشاهداتی بیشتر از رواناب محاسباتی می باشد و بالعکس در بارندگی های کمتر از ۳۰ میلیمتر ارتفاع رواناب محاسباتی بیشتر از ارتفاع رواناب مشاهداتی است.

با توجه به جدول شماره ۵ و بررسی دبی پیک مشاهداتی و محاسباتی ملاحظه می گردد که دبی پیک محاسبه شده به روش منطقی در مورد تمام سیلابها بیشتر از دبی پیک مشاهداتی بوده و اختلاف زیادی بین آن دو وجود دارد. جهت بررسی دقیق تر، همبستگی بین آن دو محاسبه گردید که معادله رگرسیون و ضریب همبستگی آن به قرار زیر می باشد:

CNII مشاهداتی نیز محاسبه گردید که به مقدار زیر می باشند:

$$S^2 = 152/2 \text{ واریانس}$$

$$S = 12/3 \text{ انحراف معیار}$$

$$C.V = 16/7 \text{ ضریب تغییرات}$$

ضریب تغییرات شماره منحنی مشاهداتی کمتر از ۲۵ بوده که نشان دهنده کنترل خوب عوامل ایجاد کننده این تغییرات می باشد.

جهت مقایسه ارتفاع روان آب مشاهده شده و محاسباتی ارتفاع روان آب سیلابها با روش استاندارد سرویس حفاظت خاک آمریکا محاسبه گردید که نتایج در جدول ۴ آمده است. ارتفاع روان آب محاسباتی بر اساس میزان بارش عامل سیلابها و همچنین مقدار شماره منحنی (CN) استاندارد حوزه و بادر نظر گرفتن شرایط پیشین رطوبت برای هر سیلاب به دست آمده است (۸).

برای مقایسه دبی پیک مشاهده شده با دبی پیک محاسبه شده، دبی پیک با دو روش به شرح زیر محاسبه گردید:

۱- در روش اول برای محاسبه دبی پیک با استفاده از شماره منحنی از روش پیشنهادی مک کوئین^۱ (روش گرافیکی) استفاده به عمل آمد. نتایج در جدول ۵ ارائه شده است. در این روش ابتدا باید شیب متوسط حوزه را بدست آورد و آن گاه ضمن تعیین زمان تمرکز حوزه به توان دبی پیک آن را برآورد نمود. برای تعیین شیب متوسط حوزه از روش شبکه بندی استفاده شده که مقدار آن برابر $17/8$ درصد می باشد. برای محاسبه زمان تمرکز حوزه از روش زمان تاخیر استفاده به عمل آمد. قابل ذکر است که استفاده از این روش برای حوزه هایی با زمان تمرکز کمتر از ۵ ساعت و محدوده شماره منحنی $50 - 95$ توصیه شده است به علاوه وضعیت خاک و پوشش حوزه بایستی حتی الامکان یکنواخت باشد.

۲- در روش دوم جهت محاسبه دبی پیک از روش منطقی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۵ آمده است. معادله روش منطقی به صورت زیر می باشد.

$$QP = \frac{1}{360} CIA$$

که در آن: QP دبی پیک بر حسب متر مکعب در ثانیه، I شدت بارندگی بر حسب میلیمتر در ساعت برای بارندگی به طول زمان تمرکز حوزه، ۸۰ سطح حوزه بر حسب هکتار و C ضریب روان آب سطحی می باشد.

جدول ۳ - تعیین گروه‌های مختلف هیدرولوژیکی و شماره منحنی (CN) در واحدهای مختلف هیدرولوژیکی حوزه

درصد از کل مساحت	CNII	CN			شرایط هیدرولوژیکی			مساحت گروه هیدرولوژیکی خاک بر حسب هکتار			نوع استفاده از اراضی
		D	C	B	خوب	متوسط	فقیر	D	C	B	
۴۹/۴	۵۷/۵			۵۷/۵	*	*				۳۲۹۸	جنگل انبوه
۱۱/۸	۷۲/۳	۷۹	۷۳	۶۰	*		۱۱۶	۵۷۴	۹۶		جنگل تنک - درختچه
۳/۳	۸۳	۸۳			*		۲۲۰				درختچه زار
۱۰/۷	۷۷/۶	۸۴	۷۹	۶۹	*		۲۱	۵۸۶	۱۰۹		مرتع
۱۸/۷	۷۴/۱		۸۲	۷۴	*		۰	۳۰	۱۲۲۳		اراضی زراعی
۴/۹	۹۶	۹۶					۳۲۷				صخره
۱/۲	۹۲	۹۲					۷۸				نقاط مسکونی و جاده ها
۱۰۰										۶۶۷۸	مساحت کل

CNII CNI CNIII

۶۷/۶۵ ۴۷/۲۶ ۸۴/۲۷

همبستگی بین آنها محاسبه و نتایج حاصل به صورت معادلات رگرسیون دو متغیره و چند متغیره به ترتیب در جدولهای شماره ۷ و ۸ ارائه شده است.

همبستگی بین میزان بارش و ارتفاع رواناب مشاهده شده و همچنین همبستگی بین میزان بارش با دبی پیک مشاهده شده در سطح بسیار بالایی معنی دار می باشد.

میزان بارش با شماره منحنی دارای همبستگی ضعیفی بوده ولی این رابطه برای شرایط فصل رویش و فصل خواب تفکیک شده دارای همبستگی معنی داری می باشد. در هر حال با افزایش بارش مقدار شماره منحنی کاهش می یابد و بالعکس، که موید نفوذ پذیری بیشتر خاک در صورت ادامه باران و افزایش مقدار بارش می باشد.

همبستگی بین ۳ عامل شماره منحنی، بارش و ارتفاع رواناب مشاهده شده در سطح بسیار بالایی معنی دار می باشد و با وارد نمودن عامل دبی پیک، چهار عامل فوق همچنان از همبستگی مطلوبی برخوردار می باشند. در نهایت با وارد نمودن فاکتور رطوبت پنج روز قبل مشخص می گردد که همبستگی بین ۵ عامل فوق نیز در سطح

$$Y = 10/49344 - 0/048988 \quad R = 0/11$$

با توجه به ارزیابی به عمل آمده، رابطه بین دبی پیک مشاهداتی و محاسبه شده به روش منطقی فاقد همبستگی معنی داری می باشد.

در مورد مقایسه دبی پیک مشاهداتی و محاسبه شده به روش گرافیکی (با استفاده از شماره منحنی) ملاحظه می گردد که دبی پیک محاسبه شده در تمام موارد بیشتر از دبی پیک مشاهداتی بوده است، ولی غیر از سه مورد با زمان تمرکز محدود که ارتفاع رواناب مشاهده شده آن نیز بسیار بالا می باشد. در سایر موارد اختلاف بین آن دو محدود است. جهت ارزیابی دقیق تر این دو فاکتور رابطه همبستگی آنها محاسبه گردید که به قرار زیر می باشد:

$$Y = 3/93726 + 0/195741 \quad R = 0/86$$

با توجه به معادله رگرسیون و ضریب همبستگی به دست آمده ملاحظه می گردد که همبستگی بین آن دو در سطح بسیار بالایی (۹۹/۹۹ درصد) معنی دار می باشد.

به منظور بررسی تاثیر عوامل اقلیمی بر شماره منحنی CNII،

جدول ۴ - مشخصات سیلابها، شماره منحنی CNII و ارتفاع رواناب محاسبه شده

شماره منحنی (CNII) مشاهداتی	میزان رطوبت ۵ روز قبل (میلیمتر)	دبی پیک مشاهده ای مترمکعب بر ثانیه	ارتفاع رواناب (میلیمتر)		میزان بارش روزهای سیلاب (میلیمتر)
			محاسباتی	مشاهداتی	
۷۰	۲۳/۷۵	۵/۷۵	۲/۴۱	۳/۳۶	۴۲/۶۵
۶۵	۱۵/۹۲	۱۱	۳/۴۹	۴/۸۱	۲۶/۹۵
۷۶/۴	۱۵/۴۶	۲/۲	۱/۶۸	۱/۸۲	۱۹/۳
۶۷/۵	۲۷/۱۸	۲/۳	۲/۴	۲/۴۶	۳۱/۷۸
۷۸/۴	۱۲/۷۹	۱/۸۸	۱/۲۲	۱/۵	۱۷/۷۳
۷۸/۸	۴۹/۲۸	۱۲/۰۳	۳/۸۳	۱/۷۷	۲۵/۵۹
۴۴/۳۴	۲۰	۲/۶۳	۲/۴۶	۳/۶۴	۳۱/۴۸
۸۶/۱	۱۹/۱۴	۴/۱۸۵	۴/۱۳	۴/۶۱	۲۴/۴۷
۵۹/۴	۲۸/۵	۵/۲۷	۱/۶۵	۵/۵	۳۶/۴۳
۴۶/۳	۳۱/۸	۱۵/۳	۱۲/۲۲	۱۵/۹۶	۴۰/۴۳
۷۴/۱	۲۲/۷	۲/۱۱۶	۲/۷۶	۱/۹۲	۲۲/۳۹
۶۷/۱	۲۳/۰۶	۶/۳	۶/۳۶	۶/۰۳	۵۵/۴۵
۸۳/۱	۱۷/۵	۴/۵۵	۲/۲۶	۲/۲۱	۸/۸۱
۷۸/۲	۳۶/۰۷	۷/۹۷	۱/۷۳	۵/۹۹	۳۷/۸۹
۸۵/۱	۳۵/۷۹	۱۰/۴۳	۱۷/۸۱	۱۸/۸۷	۴۸/۷۹
۸۹/۶	۴۲/۴	۶/۲۱	۱/۱۳	۳/۲۳	۱۷/۳۸
۸۰/۹	۵۴/۹۴	۴۴	۳۹/۵۸	۳۳/۸۳	۷۶/۹
۷۷/۴	۱۴/۶۷	۲/۹	۷/۴۵	۲/۶۹	۱۴/۳۱
۷۱/۵	۱۷/۶۳	۲/۰۹	۳/۲۷	۱/۷۵	۲۷/۸۳
۷۱/۹	۱۵/۶۸	۲/۰۹	۳/۷۵	۱/۹۵	۲۵/۹۱
۵۹/۲	۴۱/۳۶	۱۱/۳	۱۲/۹۲	۶/۱۱	۷۰/۹
۷۹/۷	۹/۴۸	۲/۰۵	۱/۰۵	۱/۲۳	۱۷/۱
۵۶/۶	۳۱	۳/۲۵	۴/۴	۴/۱	۴۹/۷۳
۷۹/۲	۵۰/۸	۱۹/۰۹	۳۱/۸۵	۲۴/۱۷	۶۷/۴
۹۱/۱	۲۰/۱	۱۲/۸۱	۱/۰۱	۲/۲۸	۱۳/۷
۹۰/۲	۴۰/۸	۸/۶۳	۳/۸	۸/۵۲	۲۵/۷
۷۶/۲	۱۴/۸	۸/۴۷	۲/۱۴	۴/۹	۹/۲
۸۹/۱	۲۷/۸۷	۲۱/۳۶	۱۳/۴۷	۱۹/۴۷	۴۲/۳۷
۸۷/۱	۱۷/۳	۵/۰۶	۴/۳۲	۴/۹۴	۲۳/۸
۶۰/۶	۲۳/۶	۲/۲۵	۵/۱	۱/۸	۵۱/۸
۶۵/۶	۲۹/۸	۱۳/۰۵	۵/۰۵	۶/۷	۲۱/۳

جدول ۵ - زمان تمرکز و محاسبه دبی پیک به روش گرافیکی و منطقی

عمق بارش (میلیمتر)	CNII مشاهده شده	زمان تمرکز (ساعت)	دبی پیک (مترمکعب در ثانیه)		
			مشاهده شده	محاسبه شده با شماره منحنی	محاسبه شده با روش منطقی
۴۲/۶۵	۷۰	۲/۲۳	۵/۷۵	۹/۵	۱۵/۳
۲۶/۹۵	۶۵	۲/۵۴	۱۱	۱۲/۵	۱۸/۷
۱۹/۳	۷۶/۴	۱/۸۶	۲/۲	۵/۹	۲۹/۲
۴۰/۴۳	۴۶/۳	۴/۱	۱۵/۳	۲۹/۶	۳۸/۷
۵۵/۴۵	۶۷/۱	۲/۴	۶/۳	۱۶/۱	۳۳/۴
۸/۸۱	۸۳/۱	۱/۵۱	۴/۵۵	۸/۴	۲۴
۱۷/۱	۷۹/۷	۱/۶۸	۲۰/۵	۴/۴	۲۲/۷
۶۴/۴	۷۹/۲	۱/۷۱	۱۹/۰۹	۴۵	۳۰/۱
۲۵/۷	۹۰/۲	۱/۱۶	۸/۶۳	۴۰	۳۲/۷
۹/۲	۷۶/۲	۱/۸۷	۸/۴۷	۱۵/۷	۱۹/۴
۴۲/۳۷	۸۹/۱	۱/۲۱	۲۱/۳۶	۴۷/۲	۳۱/۴
۲۳/۸	۸۷/۱	۱/۳۱	۵/۰۶	۲۱	۴۰
۵۱/۸	۶۰/۶	۲/۸۵	۲/۲۵	۴/۳	۷۳/۵
۲۱/۳	۶۵/۶	۲/۵	۱۳/۰۵	۱۷/۷	۳۶/۷

جدول ۶ - تعیین ضریب روان آب (C) برای حوزه

نوع استفاده از اراضی	مساحت گروه نیدرولوژیکی خاک بر حسب هکتار			ضریب رواناب (C)			متوسط ضریب روان آب
	D	C	B	D	C	B	
جنگل انبوه		۳۲۹۸				۰/۳	۰/۳
جنگل تنک - درختچه	۱۱۶	۵۷۴	۹۶	۰/۳	۰/۳۵	۰/۵	۰/۳۵
درختچه زار	۲۲۰					۰/۵	۰/۵
مرتع	۲۱	۵۸۶	۱۰۹	۰/۳	۰/۳۵	۰/۵	۰/۳۵
اراضی زراعی		۳۰	۱۲۲۳	۰/۴	۰/۶	-	۰/۴
صخره	۳۲۷					۰/۷	۰/۷
نقاط مسکونی و جاده ها	۷۸					۰/۶۵	۰/۶۵

حالت و با در نظر گرفتن موارد فوق می توان شماره منحنی برای حوزه کسلیان را برابر با $CN=۷۲/۵$ پیشنهاد نمود که نتایج همبستگی های به عمل آمده نیز آنرا تأیید می کند.

روش شماره منحنی برای حوزه معرف کسلیان بسیار مناسب

۹۷/۵ درصد معنی دار می باشد و محاسبات حاصل مویده همبستگی بیشتر بین عوامل فوق در رگرسیون پنج متغیره نسبت به رگرسیون چهار متغیره ولی کمتر از رگرسیون سه متغیره می باشد. با توجه به شماره منحنی محاسبه شده و مشاهداتی در دو

جدول ۷ - معادلات رگرسیون دو متغیره

ملاحظات	درصد معنی دار بودن	ضریب همبستگی R	معادلات رگرسیون
n= ۳۱	۹۹/۹۹	۰/۶۶۶۸	$H = -۲/۷۶۳۶ + ۰/۲۸۵۹P$
n= ۳۱	۹۹/۹۹	۰/۵۷۵۲	$H = ۱۹/۸۷۰۸۵ + ۷/۹۱۸۳۵۱np$
n= ۳۱	۹۹/۹۹	۰/۵۵۴۶	$Q = -۰/۲۶۲۴۳ + ۰/۲۶۱۱۱۱P$
n= ۳۱	۹۰	-۰/۲۹۸۷	$P = ۸/۳۷۲۳ - ۰/۰۴۶۶۵CNII$
n= ۱۷	۹۹/۹۹	-۰/۷۶۵۱۶	$P = ۸۴/۲۸۳۸۷ + ۰/۸۴۹۴۹CNII$
وضعیت رطوبتی I			
n= ۱۴	۹۸	-۰/۶۴۱۱۲	$P = ۱۵۰/۹۴۳۹ - ۱/۳۶۱۸۷CNII$
وضعیت رطوبتی II III			
n= ۳۱	معنی دار نیست	-۰/۲۷	$I = ۸/۳۷۲۳ - ۰/۰۴۶۶۵CNII$
n= ۳۱	۹۹/۹۹	۰/۵۷۴	$AMC = ۴۷/۴۷۶۷ - ۰/۳۸۷۸۵CNII$
n= ۳۱	۹۹/۹۹	۰/۶	$AMC = ۴/۳۳۰۶۶e - ۰/۰۱۹۷۱CNII$

جدول ۸ - معادلات رگرسیون چند متغیره

ملاحظات	درصد معنی دار بودن	ضریب همبستگی R	معادلات رگرسیون
n= ۱۷ (وضعیت رطوبتی I)	۹۹	۰/۸۲	$CNII = ۸۴/۷۴ - ۰/۷۶۶۰۷ + ۰/۹۳۲۰۸H$
n= ۳۱	۹۹	۰/۷	$CNII = ۸۴/۳۹ - ۰/۵۹۷۳۸۶P + ۱/۳۶۹۶۹۸H$
n= ۱۷ (وضعیت رطوبتی I)	۹۹	-	$CNII = ۱۰۵/۱۳۳۹ - ۱۳۳۹P + ۸/۳۷۵۸H - ۶/۷۴۳۰۲Q$
n= ۳۱	۹۷/۵	۰/۵۳	$CNII = ۱۰۴/۴۲۵۹ - ۰/۶۱۴۴۳P + ۲/۰۱۴۰۸۷H - ۲/۸۴۸۳Q$
n= ۱۷ (وضعیت رطوبتی I)	۹۷/۵	۰/۷۷	$CNII = ۸۵/۷۸۲۲ - ۰/۷۰۴۹۸P + ۰/۰۹۶۳۸H + ۰/۰۰۷۲۳Q + ۰/۰۰۲۲AMC$

مربع از کارآئی مطلوبی برخوردار نمی باشد. با بررسی نتایج حاصل در این تحقیق می توان عنوان نمود که روش شماره منحنی در حوزه های مورد مطالعه و حوزه های مشابه از کارائی مطلوبی برخوردار می باشد و شماره منحنی محاسباتی و مشاهداتی از اختلاف معنی داری برخوردار نبوده و استفاده از شماره

می باشد و این امر در آزمون به عمل آمده جهت محاسبه دبی پیک سیلاب به دو روش منطقی و گرافیکی نیز تأیید گردید، که روش شماره منحنی برای حوزه در سطح بسیار بالائی معنی دار می باشد. در حالیکه به کار بردن روش منطقی برای حوزه معنی دار نبوده و مویده این امر هست که روش منطقی برای حوزه های بزرگتر از ۱۰ کیلومتر

مختلف سال تعیین گردد.

منحنی محاسباتی برای حوزه های مشابه فاقد آمار و اطلاعات جهت به دست آوردن فاکتورهای مورد نیاز کاملاً منطقی و منطبق با واقعیت می باشد.

سپاسگزاری

اعتبار مالی این تحقیق از محل بودجه تحقیقاتی شواری پژوهشی دانشگاه تهران تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می شود.

جهت افزایش دقت در محاسبه شماره منحنی و پرهیز از خطاهای احتمالی به دلیل تنوع در پوشش گیاهی در سطح حوزه و پراکندگی باران بهتر است شماره منحنی (CNII) حداقل برای فصول

REFERENCES

- 1 - Bosznay , M. 1989. *Generalization of the Soil Conservation Service Curve Number method . Journal of Irrigation and Drainage Engineering , A.S.C.E. Vol . 115.*
- 2 - Gray , D.M. 1970. *Handbook on the principles of hydrology. Secretariat Canadian National Committee for the International Hydrology Decade, Ottawa, Canada.*
- 3 - Hawkins, R.H. 1980. *Run off Curve Number with varying site moisture . Journal of Irrigation and Drainage, A.S.C.E. Vol. 106.*
- 4 - Hjelmfelt, A.T. Jr., L.A. Kramer & R.Burwell. 1981. *Curve Number as random variable on rainfall- run off modeling. Water Resource, Engineering , W.R.P.*
- 5 - Hjelmfelt, A.T. Jr. & J.J. Cassidy .1984 . *Hydrology for engineers and planners. Iowa University Press. Ames Iowa.*
- 6 - Kovar ,P. 1989. *Rainfall Run off Event Model Using Curve Number. Wageningen Agricultural University ,the Netherlands.*
- 7 - McCuen, R. 1982. *A guide to hydrologic analysis using Soil Conservation Service methods. Prentice Hall Inc. London.*
- 8 - Rallison, R.E. & N. Miller , 1981. *Past Present and Future Soil Conservation Service run off procedure. Water Resource Engineering.*

Evaluation of Run off Coefficient in Kissilian Basin

M.SHARIFI,H.RAFAHI AND M.MOEZ-ARDALAN

**Former Graduate Student ,Professor and Assistant Professor, Department
of Soil Science , College of Agriculture, University
of Tehran , Karaj,Iran.**

Accepted 19 June.1996

SUMMARY

The purpose of this study is to determine the run off coefficient in Kissilian Basin. On the basis of of USDA methodology surface run off can be evaluated if environmental factors like soil physical properties vegetative cover and land use planning is considered. In this study required data for the surface run off in the area was collected and finally observed CN and run off curve number in Soil Conservation Service method was calculated and reported in this paper. Some studies such as physiography , meteorology , hydrology , soil characteristics , geology , vegetative cover and land use have been conducted to get essential information. The results of the studies indicated a CN value of 72.5 for the Kissilian Basin. Statistical analysis has shown that there is a logical correlation between the rate of precipitation and the height of run off and peak discharge. Also , the curve number has shown excellent correlation between the rate of precipitation and the relative of the five anticient moisture days. The selected curve number (CN II) based on basin characteristic has shown an excellent correlation between the rate of precipitation, height of run off, peak discharge and the relative humidity of the anticient moisture. The estimation of peak discharge by computation which is determined by curve number method is suitable method for Kissilian basin.