نشریه علمی- ترویجی مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دوره هفتم، شماره ۴، آذر ماه ۱۳۹۵

تهیه نقشه شماره منحنی (CN) حوزه آبخیز حسن‌سو با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

حسین صالحی*[۱]، شادی احمدی[۲]، علی حقی‌زاده[۳]

[۱]دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری - گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری - دانشکده کشاورزی - دانشگاه لرستان
ho.salehi2144@gmail.com

[۲]دانشجوی کارشناسی مهندسی مرتع و آبخیزداری - گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری - دانشکده کشاورزی - دانشگاه لرستان
sh.ahmadi80026@gmail.com

[۳] استادیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری - دانشکده کشاورزی - دانشگاه لرستان
alihaghi20@gmail.com

(تاریخ دریافت خرداد ۱۳۹۵، تاریخ تصویب آذر ۱۳۹۵)

چکیده

امروزه روش‌های مختلفی جهت برآورد سیلاب در حوضه‌های آبخیز بکار گرفته می‌شود که اختلاف عمده آن‌ها در مقادیر دبی حداکثر سیلاب می‌باشد. شماره منحنی سطح هر حوزه نشانگر رفتار هیدرولوژیکی آن حوزه و رژیم آبدهی آن در مواقع بارندگی است. این مطالعه بر روی حوزه‌آبخیز حسن‌سو استان خراسان شمالی انجام شده‌است و هدف آن تهیه و ترسیم نقشه شماره منحنی حوزه می‌باشد. در این راستا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) مقدار متوسط وزنی حوزه بیشتر از ۸۰ در شرایط رطوبتی ۲ براورد گردید و بیشترین سطح حوزه دارای شماره منحنی ۸۰ می‌باشد. نتایج نشان داده است که بیشترین مقدار شماره منحنی در منطقه مورد مطالعه ۹۱ و کمترین آن ۶۰ می‌باشد. بالا بودن مقدار CN حوزه نشانگر نفوذپذیری کم حوزه و افزایش احتمال وقوع سیلاب به دلیل داشتن خاک‌های لسی می‌باشد. جهت جلوگیری از هدرروی منابع آب سطحی حوزه اقدامات اساسی در راستای افزایش نفوذ آب از طریق استقرار سیستم جمع‌آوری آب باران و عملیات پیتینگ و کنتورفارو همراه با پروژه‌های افزایش پوشش گیاهی شامل بذرپاشی و بوته‌کاری گیاهان مرتعی ضروری است.

واژگان کلیدی: شماره منحنی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، رفتار هیدرولوژیکی، نفوذپذیری

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

کشور ایران به دلیل قلت ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن، در زمره کشورهای خشک و نیمه-خشک جهان قرار دارد. از طرفی به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های کشاورزی و صنعت پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه است. تداوم افزایش میزان تقاضا برای آب، باعث افزایش شکاف میان عرضه و تقاضای آب در آینده خواهد شد. افزایش این شکاف، توجه جدی به مبانی برنامه‌ریزی اقتصادی منابع آب و تخصیص بهینه آب را اجتناب‌ناپذیر نموده و مدیریت تقاضای آب را ضروری می‌نماید[۱]. ایران دارای میانگین بارندگی ۲۴۰ میلیمتر در سال می‌باشد که کمتر از یک سوم میانگین ۸۶۰ میلیمتری در جهان است. طبق گزارش وزارت نیرو، کل نزولات جوی در پهنه ایران، ۴۲۹ میلیارد متر مکعب است که ۳۰۵میلیارد مترمکعب (۷۱درصد) به صورت تبخیر- تعرق مستقیم از دسترس خارج شده وبه اتمسفر باز می-گردد. از ۱۸۶ میلیارد متر مکعب باقیمانده، ۳۸ میلیارد متر مکعب باعث تغذیه اکی‌فرها و ۸۶ میلیارد متر مکعب به صورت رواناب جاری می‌شود. کل حجم آب ورودی از کشورهای همسایه ۸ میلیارد متر مکعب (۱۳ میلیارد متر مکعب ورودی و ۵ میلیارد متر مکعب خروجی) است که بدین ترتیب پتانسیل منابع آب کشور ۱۳۲ میلیارد متر مکعب می‌شود که ۹۰ میلیارد متر مکعب آب سطحی و ۴۲ میلیارد متر مکعب آب زیرزمینی است. در شرایط کنونی، کل آب مصرفی کشور ۸۷ میلیارد متر مکعب است. هم‌اکنون به دلیل کمبود آب در سطح کشور فقط از ۲۶ درصد اراضی مستعد کشاورزی یعنی ۱۸ میلیون هکتار بهره گیری می‌نماییم. در شرایطی که در غالب نقاط مشکل کم آبی وجود دارد، متأسفانه بخش عمده‌ای از رواناب‌های سطحی به هدر می‌رود بنابراین جهت مقابله باخشکی، لازم است که استفاده مطلوب ازمنابع آب انجام گیرد و این کار در صورتی عملی خواهد بود که شناخت کاملی از پدیده‌های هیدرولوژیکی داشته باشیم. تعدادی از محققین از تکنیک سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS جهت تعیین شماره منحنی و حجم سیل در مناطق مختلف جهان استفاده نموده‌اند که از آن جمله می‌توان به تحقیقات پندی و همکاران [۲] ،[۳]، ژانگ و همکاران[۶]، پتیال و همکاران[۴]، رشمیدو[۵]، و ابراهیمیان[۷] اشاره نمود. لویس و همکاران [۸] میزان رواناب یک حوزه جنگلی را در ایالت کالیفرنیا از طریق جداول دارای کمترین دقت ممکن در براورد رواناب دانسته و مقدار رواناب را کمتر از حد واقعی براورد می‌کند.

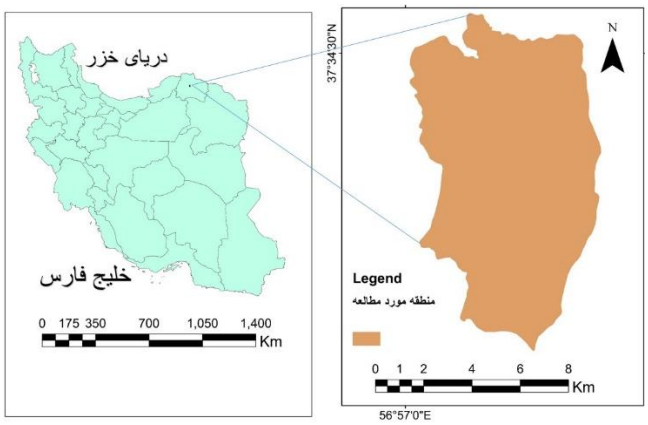
بنابر مطالعات ذکر شده یک ابزار قوی و موثر در تهیه و مهیا کردن بیشتر داده‌های ورودی مورد نیاز در روش شماره منحنی و برآورد رواناب خروجی حوزه‌های آبخیز می‌باشد. هدف از این پژوهش تعیین میزان CN بوسیله سیستم اطلاعات جغرافیایی است.

۲- منطقه مورد مطالعه

حوزه‌آبخیز حسن‌سو در جنوب شرقی شهرستان مانه و سملقان و جنوب غربی شهرستان بجنورد در فاصله حدود ۳۲ کیلومتری غرب شهر بجنورد قرار دارد. این منطقه از شمال شرق به روستای سریوان عاشقان، از شمال غرب به روستای کریک، از جنوب شرق به دره گرگ و از جنوب غرب به کوه صیاد منتهی می‌گردد و روستاهای حسن‌سو و شورک در داخل منطقه واقع می‌باشند. در قسمت شمالی منطقه کارخانه پنبه پاک کنی و روغن‌کشی بهپاک، کارخانه پنبه مسعود و کارخانه آرد آشخانه واقع شده‌اند. شکل۱ و جدول۱ موقعیت منطقه را در سیستمهای مختصات Lat/Lon و UTM نشان می‌دهد.

جدول۱- موقعیت جغرافیایی حوزه در سیستم مختصات Lat/Lon و UTM

Lat/Lon	X	۵۷° ۰۲´ ۳۱" تا ۵۶° ۵۷´ ۰۷"
	Y	۳۷° ۳۵´ ۲۴" تا ۳۷° ۲۷´ ۴۹"
UTM	X	۴۹۵۷۶۰ تا ۵۰۳۶۹۲
	Y	۴۱۴۶۳۱۸ تا ۴۱۶۰۳۲۵



شکل۱- منطقه مورد مطالعه

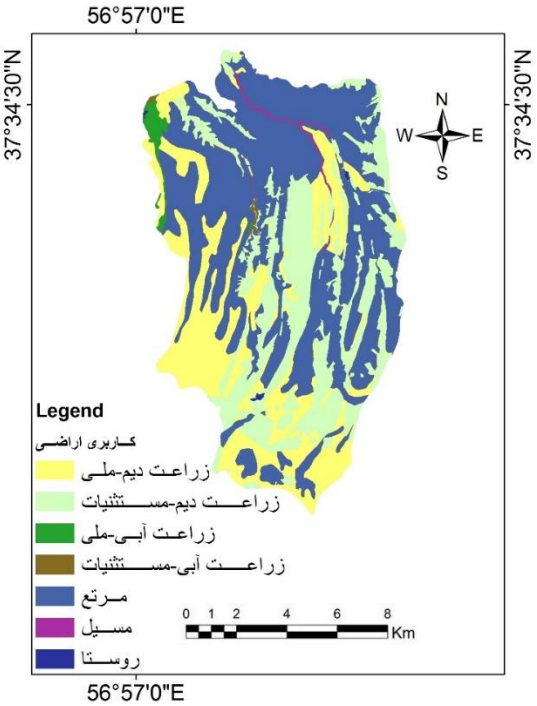
۲-۱- روش تحقیق

مقدار CN بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است با افزایش CN میزان نفوذپذیری سطوح کاهش پیدا کرده و در CN برابر ۱۰۰ تمامی بارش در سطح زمین جریان یافته و ارتفاع

رواناب برابر ارتفاع بارندگی خواهد بود. CN براساس مشخصات خاک، نوع بهره‌وری از زمین و شرایط رطوبت قبلی خاک تعیین می‌گردد. جهت برآورد مقدار CN حوزه و زیرحوزه‌ها، در محیط GIS برش نقشه‌های گروه هیدرولوژیکی، کاربری و پوشش صورت گرفته و با توجه به جدول شماره (۳) برای هر پلی‌گون حاصل از برش نقشه‌ها، مقدارCN و سپس به صورت وزنی برای هر واحد هیدرولوژیکی نیز محاسبه شده‌است. نقشه شماره (۴) مقادیر CN در حوزه را نشان می‌دهد.

۲-۲- تهیه نقشه کاربری اراضی حوزه

جهت تهیه نقشه کاربری ابتدا با استفاده از نقشه‌های موجود کاربری اراضی و بهره گیری از نرم‌افزار Google Earth محدوده اولیه کاربری‌های موجود در حوزه مشخص گردید سپس در صورت لزوم برای بعضی مناطق با بازدید میدانی نوع کاربری محدوده‌های مشخص شده کنترل شد . در نهایت نقشه کاربری اصلاح شده شامل پنج کاربری متفاوت به دست آمد (بیش‌ترین کاربری مربوط به مرتع می‌باشد) (شکل۲).



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی

جدول۲- مساحت کاربری‌های موجود در حوزه

نوع کاربری	مساحت (هکتار)	نوع کاربری	مساحت (هکتار)
زراعت دیم-ملی	۱۸۵۶	زراعت آبی- ملی	۸۴/۶۶
زراعت دیم- مستثنیات	۲۰۱۰	زراعت دیم- مستثنیات	۱۵/۵۴
مرتع	۳۵۸۷	مسیل	۴۹/۲۸
روستا	۱۰/۴۳		

۲-۳- تهیه نقشه گروه‌های هیدرولوژیک

با توجه به نقشه پایه خاک‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰ که از حوزه وجود داشت و با استفاده از نرم افزار Arc GIS ۱۰ نقشه رقومی خاک منطقه که شامل اطلاعاتی از قبیل بافت خاک، عمق و دیگر خصوصیات است تهیه شد .با توجه به تعاریف استاندارد و عمدتاً با تکیه بر بافت و عمق خاک، نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوزه تهیه شد[۱].

۲-۴- تهیه نقشه شماره منحنی(CN) حوزه و تعیین میانگین وزنی شماره منحنی(CN) کل حوزه

نقشه کاربری اراضی و نقشه گروههای هیدرولوژیک خاک در محیط(GIS) با یکدیگر تلفیق شده و در نتیجهٔ آن نقشه‌ای با واحدهای کوچکتر به دست آمد که هر واحد ریز دارای یک نوع گروه هیدرولوژیکی با کاربری مشخص است . در مرحله بعد با استفاده از جداول مربوط به شماره منحنی (جدول شماره۳) برای انواع کاربری‌های اراضی حوزه و با توجه به گروه‌های هیدرولوژی خاک، مقدار شماره منحنی در شرایط رطوبت پیشین متوسط (حالت۲) تعیین شد . سپس با وارد کردن مقدار شماره منحنی هر واحد و یکی کردن واحدهای همگن از لحاظ مقدار شماره منحنی، نقشه نهایی شماره منحنی حوزه بدست آمد .در نهایت میانگین وزنی شماره منحنی حوزه با استفاده از رابطه ۱ به دست آمد (مهدوی، ۲۰۰۲)

$$CN = \frac{\sum CNi\ Ai}{A} \qquad (۱)$$

CN بیانگر میانگین وزنی شماره منحنی حوزه ، CNi شماره منحنی هر واحد، Aiمساحت هر واحد و A مساحت

جدول۳- تعیین شماره منحنی CN با توجه به کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک

الف: مناطق شهری					
کدکاربری	شرح کاربری	شماره منحنی			
		A	B	C	D
منطقه شهری کاملاً توسعه‌یافته					
فضای‌باز(پارک‌ها،چمن‌ها؛میادین گلف،گورستان‌ها و...)					
۱	شرایط ضعیف(پوشش گیاهی کمتر از ۵۰٪)	۶۸	۷۹	۸۶	۸۹
۲	شرایط متوسط(پوشش گیاهی ۵۰ تا ۷۵٪)	۴۹	۶۹	۷۹	۸۴
۳	شرایط خوب(پوشش گیاهی بیش از ۷۵٪)	۳۹	۶۱	۷۴	۸۰
مناطق غیرقابل نفوذ					
۴	تفریگاه‌های سنگفرش شده به همراه سقف و خیابان و	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸
۵	خیابان آسفالت به همراه حفاظ کنترل سیلاب و منهول دفع فاضلاب	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸
۶	خیابان آسفالت به همراه جوی آب سرباز	۸۳	۸۹	۹۲	۹۳
۷	خیابان‌های سنگفرش	۷۶	۸۵	۸۹	۹۱
۸	خیابان‌های خاکی	۷۲	۸۲	۸۷	۸۹
مناطق شهری بیابانی					
۹	بیابان‌های طبیعی با فضای سبز طبیعی(فقط بخش نفوذپذیر)	۶۳	۷۷	۸۵	۸۸
۱۰	بیابان‌های مصنوعی (بیابان‌هایی که با درختچه و مالچ کنترل می‌شوند)	۹۶	۹۶	۹۶	۹۶
مناطق شهری					
۱۱	مناطق تجاری و اداری با ۸۵ درصد مساحت غیر قابل نفوذ	۸۹	۹۲	۹۴	۹۵
۱۲	مناطق صنعتی با ۷۲ درصد مساحت غیر قابل نفوذ	۸۱	۸۸	۹۱	۹۳
مراکز مسکونی					
۱۳	مناطق مسکونی با قطعه‌های ۵۰۰ مترمربع و ۶۵ درصد مساحت غیرقابل نفوذ	۷۷	۸۵	۹۰	۹۲
۱۴	مناطق مسکونی با قطعه‌های ۱۰۰۰ مترمربع و ۳۸ درصد مساحت غیرقابل نفوذ	۶۱	۷۵	۸۳	۸۷
۱۵	مناطق مسکونی با قطعه‌های ۱۳۰۰مترمربع و ۳۰ درصد مساحت غیرقابل نفوذ	۵۷	۷۲	۸۱	۸۶
۱۶	مناطق مسکونی با قطعه‌های ۲۰۰۰ مترمربع و ۲۵ درصد مساحت غیرقابل نفوذ	۵۴	۷۰	۸۰	۸۵
۱۷	مناطق مسکونی با قطعه‌های ۴۰۰۰ مترمربع و ۲۰ درصد مساحت غیرقابل نفوذ	۵۱	۶۸	۷۹	۸۴
۱۸	مناطق مسکونی با قطعه‌های ۸۰۰۰ مترمربع و ۱۲درصد مساحت غیرقابل نفوذ	۴۶	۶۵	۷۷	۸۲
۱۹	مناطق تازه تسطیح شده (فقط بخش نفوذناپذیر و پوشش گیاهی ندارد)	۷۷	۸۶	۹۱	۹۴

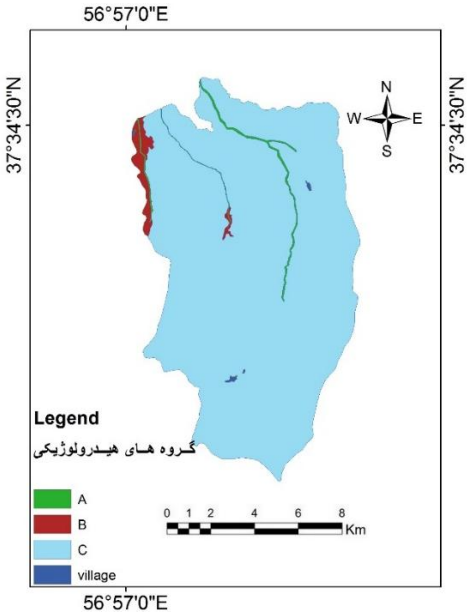
ب: مناطق کشاورزی و علفزارها						
کدکاربری	شرح کاربری	شرایط هیدرولوژیکی	شماره منحنی			
			A	B	C	D
۲۰	چراگاه‌ها، علفزارها یا مراتع همیشه دایر برای چرا*	ضعیف	۶۸	۷۹	۸۶	۸۹
۲۱	چراگاه‌ها، علفزارها یا مراتع همیشه دایر برای چرا	متوسط	۴۹	۶۹	۷۹	۸۴
۲۲	چراگاه‌ها، علفزارها یا مراتع همیشه دایر برای چرا	خوب	۳۹	۶۰	۷۴	۸۰

ادامه جدول۳- تعیین شماره منحنی CN با توجه به کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک

ب: مناطق کشاورزی و علفزارها						
کدکاربری	شرح کاربری	شرایط هیدرولوژیکی	شماره منحنی			
			A	B	C	D
۲۳	چمنزار و علوفه‌کاری همیشه دایر، حفاظت شده در برابر چرا	-	۳۰	۵۸	۷۱	۷۸
۲۴	بوته‌ها، علف‌هرز و چمن به طوری‌که بوته‌ها عضو اصلی باشند**	ضعیف	۴۸	۶۷	۷۷	۸۳
۲۵	بوته‌ها، علف هرز و چمن به طوریکه بوته‌ها عضو اصلی باشند	متوسط	۳۵	۵۶	۷۰	۷۷
۲۶	بوته‌ها، علف هرز و چمن به طوریکه بوته‌ها عضو اصلی باشند	خوب	۳۰	۴۸	۶۵	۷۳
۲۷	باغات ، درختچه‌های ترکیبی با علفزار	ضعیف	۵۷	۷۳	۸۲	۸۶
۲۸	باغات ، درختچه‌های ترکیبی با علفزار	متوسط	۴۳	۶۵	۷۶	۸۲
۲۹	باغات ، درختچه‌های ترکیبی با علفزار	خوب	۳۲	۵۸	۷۲	۷۹
۳۰	جنگل***	ضعیف	۴۵	۶۶	۷۷	۸۳
۳۱	جنگل	متوسط	۳۶	۶۰	۷۳	۷۹
۳۲	جنگل	خوب	۳۰	۵۵	۷۰	۷۷
۳۳	ساختمان‌های روستایی - جاده‌ها و زمین‌های اطراف آن	*	۵۹	۷۴	۸۰	۸۶
*	شرایط ضعیف: کمتر از ۵۰ درصد پوشش همراه با چرای ناشیانه دام بدون هیچگونه کود گیاهی یا دامی					
	شرایط متوسط: بین ۷۰-۵۰ درصد پوشش بدون چرای ناشیانه دام					
	شرایط خوب: بیشتر از ۷۵ درصد پوشش همراه با چرای کم دام و یا تنها چرای منظم					
**	شرایط ضعیف: کمتر از ۵۰ درصد پوشش					
	شرایط متوسط: بین ۷۰-۵۰ درصد پوشش					
	شرایط خوب: بیشتر از ۷۵ درصد پوشش					
***	شرایط ضعیف: جنگل ریخته و پاشیده همراه با درختان کوچک که علفهای هرز به وسیله چرای دام یا سوزاندن از بین رفته است.					
	شرایط متوسط: درختان صدمه دیده ولی سوخته نشده و مقداری پوشش جنگلی ریخته و پاشیده زمین را پوشانده است.					
	شرایط خوب: درختان از صدمه مصون مانده وعلف هرز و پوشش جنگلی زمین را پوشانده است.					

۳- یافته‌ها

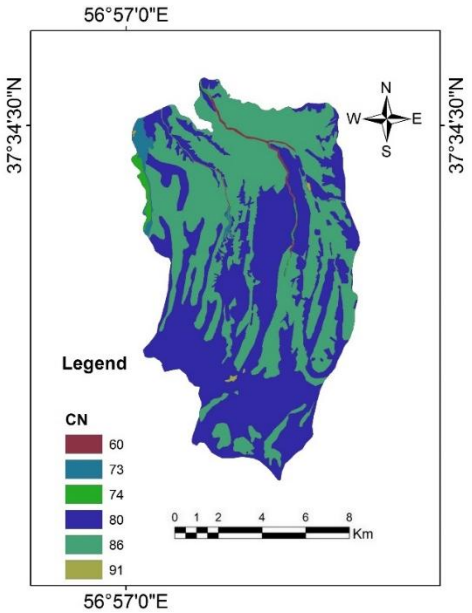
نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک تهیه شده از روی اطلاعات بافت و عمق خاک در شکل۳ نشان داده شده است . بر اساس نتایج این بخش، در حوزه آبخیز مراوه تپه۳ نوع گروه هیدرولوژیکی A، B، C وجود دارد با مساحت‌های به ترتیب ۹۱/۳۶، ۱۳۴/۳۶، ۷۳۸۵/۷۸ وجود دارد .نقشه شماره منحنی به دست آمده از تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک‌های منطقه در شکل۴ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد کمترین و بیشترین شماره منحنی موجود در حوزه به ترتیب ۶۰ و ۹۷ بوده و شماره منحنی ۷۹ بیشترین مساحت از اراضی سطح حوزه را در بر گرفته است. مساحت اراضی مربوط به هر یک از مقادیر شماره منحنی در جدول۲ قابل مشاهده‌است.



شکل۳- نقشه گروه‌های هیدروژیک حوزه

۴- بحث و نتیجه گیری

در تحقیق حاضر یکی از قابلیت‌های نرم افزار GIS در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، پوشش گیاهی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و محاسبه شماره منحنی روش CN برای گروه‌های خاک استفاده شده و مشخص شد که این ابزار می‌تواند سرعت عمل و دقت محاسبات را افزایش دهد. براساس نتایج بدست آمده، حداکثر شماره منحنی مربوط به، مناطق مسکونی و حداقل آن مربوط به اراضی با پوشش خوب درختچه می‌باشد .با توجه به این که در نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی بیشترین درصد حوزه به گروه‌های با خصوصیات نفوذپذیری کم تعلق داشت، و در نقشه کاربری، اراضی با نفوذ کم و یا غیرقابل نفوذ بیشترین مساحت را در حوزه به خود اختصاص داده‌است، لذا باید اقدامات اساسی در جلوگیری از ایجاد رواناب و سیل در مواقع بارش صورت گیرد. استقرار سیستم جمع‌آوری آب باران نیز با توجه به نفوذپذیری کم خاک منطقه می‌تواند مؤثر بوده و مورد استفاده پوشش گیاهی و دیگر مصارف قرار گیرد. شماره منحنی هر حوزه می‌تواند بیانگر شرایط خاک و پوشش گیاهی آن باشد.



شکل۴- نقشه شماره منحنی حوزه

جدول۲- مساحت مناطق دارای شماره منحنی‌های مختلف در حوزه

شماره منحنی	مساحت(هکتار)	شماره منحنی	مساحت(هکتار)
۶۰	۴۹/۲۸	۸۶	۳۵۸/۷۲
۷۳	۱۰۰/۲	۹۱	۱۱/۳۶
۸۰	۳۸۰/۳۹		

شماره منحنی وزنی به دست آمده از رابطه ۱ مقدار ۸۰ است که نشانگر وجود رواناب نسبتاً بالا در حوزه است.

مراجع

[۱] مهدوی- محمد، هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۲.

[1] Pandey, A. and A. K. Sahu, 2002. Generation of curve number using remote sensing and Geographic Information System", http://www.GISdevelopment.net

[2] Pandey, A., V. M. Chowdary, B. C. Mal, and P. P. Dabral, 2003. "Estimation of runoff for agricultural watershed using SCS curve number and Geographic Information System", Htpp://www.GISdevelopment.net

[3] Patila. J. P., A. Sarangia, A. K. Singha, T. Ahmadb. 2008. Evaluation of modified CN methods for watershed runoff estimation using a GIS-based interface. Biosystems Engineering. 100. 137 – 146

[4] Reshmidevi a. T. V, R. Jana, T. I. Eldho. 2008. Geospatial estimation of soil moisture in rain-fed paddy fields using SCS-CN-based model. agricultural water management 95.457-447

[5] Zhan, X. and M. L. Huang, 2004. "ArcCN-Runoff: An ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps", Environmental Modelling & Software 19, pp.875–879.

[6] Ebrahimian, M. Lai, F.S. Ismail, M.H. Malek, I.A, 2009, Application of Natural Resources Conservation Service–Curve Number Method for Runoff Estimation with GIS in the Kardeh Watershed, Iran. European Journal of Scientific Research. ISSN: 1450-216X Vol.34 No.4 (2009), pp.575-590.

[7] Lewis, D., M. J. Singer and K. W. Kate. 2000. Applicability of SCS curve number method for a California Oak Woodlands Watershed, Journal of Soil and Water Conservation, Second Quarter, 48-55.