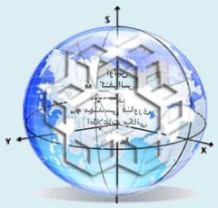
اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016



برآورد تغییرات مکانی رواناب در حوضه پارسل A سد قشلاق با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)

خالد اوسطی[۱]

۱- استادیارگروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

چکیده :

یکی از چالش‌های اساسی برای هیدرولوژیست‌ها، برآورد کمی رواناب می‌باشد که در فعالیت‌های عمرانی مختلف، برنامه‌ریزی در استفاده بهینه از مخازن، ساماندهی رودخانه، هشدار سیل و ... نقش کلیدی دارد. رایج‌ترین روش برآورد رواناب سطحی، روش SCS است که در صورت استفاده از ابزارهای پیشرفته‌ای مانند RS و GIS در محاسبات این روش، دقت و کارایی آن افزایش می‌یابد. براین اساس از ابزار مدلسازی رقومی بارش – رواناب ArcCN-Run off برای برآورد تغییرات مکانی رابطه بارش – رواناب در حوضه پارسل A سد قشلاق کردستان استفاده شده است. این ابزار با استفاده از روش‌های ادغام، روی‌هم‌گذاری و جدول مرجع تعیین مقدار شماره منحنی در ArcGIS، کارایی عملیات برآورد رواناب براساس روش شماره منحنی را افزایش داده و زمان لازم برای تهیه نقشه‌های پراکنش مکانی مقادیر CN، ارتفاع و حجم رواناب را کاهش می‌دهد. در مطالعه حوضه پارسل A سد قشلاق، نحوه اجرا و جزئیات مربوط به اکستنشن ArcCN-Run off، به عنوان یکی از اکستنشن‌های قابل استفاده در سیستم اطلاعات جغرافیایی، تشریح شده است.

واژه‌های کلیدی : ArcCN-Run off، بارش- رواناب، ArcGIS، حوضه پارسل A سد قشلاق

نویسنده مکاتبه کننده : خالد اوسطی
آدرس پستی : سنندج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان
تلفن : ۰۹۳۵۸۶۲۶۴۵۴
آدرس پست الکترونیک : K.Osati@uok.ac.ir :

۱- مقدمه

با توجه به اینکه در اکثر موارد، وزارت نیرو براساس اهداف خود ایستگاه‌های آب‌سنجی را در حوضه‌های با مساحتی بیش از ۳۰ کیلومتر مربع و دارای دبی جریان قابل ملاحظه راه‌اندازی می‌نماید، برای اکثر مطالعات آبخیزداری که عمدتا در سرشاخه‌ها انجام می‌شوند و یا حتی در بهترین پراکنش ایستگاهی در سطح کشوری نیز، حوضه‌های بزرگ متعددی وجود دارند که فاقد ایستگاه اندازه‌گیری دبی می‌باشند. بر این اساس می‌بایست از روش‌های تخمینی مناسبی استفاده نمود تا بتوان تقریب‌هایی نزدیک به واقعیت را در مورد پارامترهای هیدرولوژیک بدست آورد. روش‌های متعددی برای برآورد رواناب در حوضه‌های فاقد آمار ارائه شده‌اند. از میان آنها، روش شماره منحنی که توسط سرویس حفاظت خاک آمریکا(SCS که امروز به نام سرویس حفاظت از منابع طبیعی- NRCS – شناخته می‌شود) رایج‌ترین روش برآورد حجم رواناب است(ژان و هوانگ، ۲۰۰۴). در بسیاری از مدل‌های حوضه آبخیز از قبیل AGNPS(یونگ و همکاران، ۱۹۸۷)،EPIC(ویلیامز، ۱۹۹۵)،SWAT(آرنولد و همکاران، ۱۹۹۶) و WMS از این روش برای برآورد رواناب استفاده می‌گردد. همچنین این روش در مدل‌های دیگری مانند TR-55، TR-20، Hec-1، Hec-HMS(ژو، ۲۰۰۶)، KINEROS(هرناندز و همکاران، ۲۰۰۰)، TOPMODEL(دومنیتا و همکاران، ۲۰۱۲)، مدل بارش - رواناب NAM(بیلا و همکاران ۲۰۱۱)، Mike-11(الفوگورا و همکاران، ۲۰۱۱)، Hec_GeoHMS و ... استفاده شده است. در اکثر مدل‌ها پس از شبیه‌سازی جریان، انتقال رسوب و مواد مغذی براساس رواناب محاسبه شده از روش SCS برآورد می‌گردند(ژان و هوانگ، ۲۰۰۴).

امروزه با توسعه و کاربرد روزافزون GIS در مدل‌های هیدرولوژیکی، ابزارهای متعددی ارائه شده‌اند. یکی از این ابزارها که توسط ژان و هوانگ(۲۰۰۴) ارائه شد، ArcCN-Runoff است. با توجه به اینکه تعیین شماره منحنی(CN) فاکتور اساسی در برآورد رواناب به روش SCS می‌باشد و روش معمول در برآورد شماره منحنی وقت‌گیر می‌باشد، از این رو اکستنشن ArcCN-Runoff در محیط GIS برای تسهیل در محاسبه شماره منحنی ارائه شده است(ژان و هوانگ، ۲۰۰۴: ژو، ۲۰۰۶). این ابزار جهت آنالیز بصری وضعیت رواناب و تفسیر آسان و دقیق‌تر تغییرات مکانی رواناب بسیار کارا می‌باشد. مراحل کار با ArcCN-Runoff، ساده و فقط به داده‌های ورودی محدودی نیاز دارد(کاموجو، ۲۰۱۵). اکستنشن ArcCN-Runoff برای برآورد تغییرات مکانی CN و مدلسازی راحت‌تر رواناب براساس روش شماره منحنی ارائه شده است و به غیر از فرمت رستری، تمامی فرمت‌های پلیگونی با هر شکلی را قبول می‌نماید. ادغام لایه‌های یکسان زمان لازم برای محاسبات این روش را کاهش می‌دهد. جدول مرجع تعیین مقدار CN، مقادیر شماره منحنی بر مبنای داده‌های کاربری اراضی و خاک را ارائه می‌نماید. این جدول به عنوان یک جدول مرجع به راحتی قابل ویرایش می‌باشد و کاربر می‌تواند جدول مربوط به منطقه خود را با توجه به اطلاعات کاربری اراضی و خاک موجود تهیه نماید. این ابزار برای بررسی پاسخ حوضه به وقایع بارش و بررسی نحوه اثرگذاری تغییرات کاربری ارضی، خاک و توپوگرافی بر عملکرد حوضه کارا می‌باشد.

در مطالعات متعددی از اجرای روش SCS در محیط GIS برای برآورد رواناب و با اهداف متفاوتی استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به تعیین مناطق بالقوه استحصال آب(راماکریشنان و همکاران، ۲۰۰۹: کادام و همکاران، ۲۰۱۲)، تعیین رواناب با استفاده از RS و GIS و روش SCS (شادید و المسری،۲۰۱۰: ژیائو و همکاران، ۲۰۱۱: مالکانی و همکاران، ۲۰۱۴: بو و همکاران، ۲۰۱۱ و کاموجو، ۲۰۱۵) اشاره نمود.

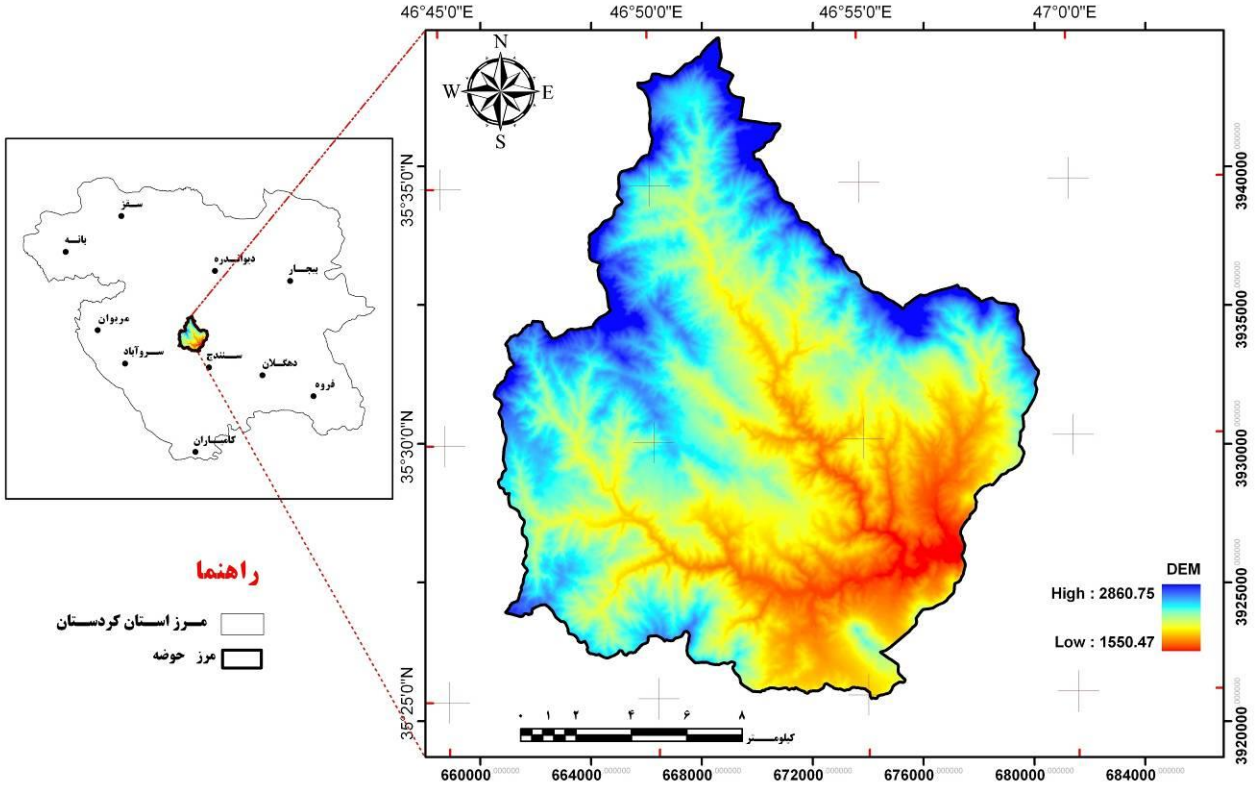
این مطالعه در تلاش است تا بر اساس نقشه‌های رقومی حوزه آبخیز پارسل A سد قشلاق و با استفاده از اکستنشن ArcCN-Runoff، نقشه شماره منحنی و نقشه ارتفاع رواناب مربوط به بارش با دوره بازگشت ۲۵ ساله را تهیه نماید. همچنین نقشه CN تهیه شده برای محاسبه ارتفاع و حجم رواناب برای رگبارهای منفرد و یا بارش‌های متوسط ماهانه

حوضه کارا خواهد بود. شرح مراحل اجرا و استفاده از اکستنشن ArcCN-Run off به همراه توصیه‌هایی کاربردی جهت ارتقا و افزایش دقت برآورد رواناب از دیگر اهداف این مطالعه می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها:

۲- ۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از نظر موقعیت مکانی در بالادست سد قشلاق در بخش مرکزی شهرستان سنندج در استان کردستان و بین مختصات "۱۰ ' ۴۵ °۴۶ تا "۵۶ '۵۹ °۴۶ طول شرقی و "۴۹ '۲۴ °۳۵ تا "۰۱ '۳۸ °۳۵ عرض شمالی واقع شده است(شکل ۱). حداکثر ارتفاع حوضه ۲۸۶۱ متر و حداقل آن ۱۵۵۰ متر می‌باشد. وسعت حوزه آبخیز پارسل A سد قشلاق ۲۷۰۲۱/۸۴ هکتار می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه آن ۳۵۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه حدود ۱۱ ° C برآورد شده است. روستاهای کلکان، تودار صمدی، گاودره، دویسه، چهل‌گزی، تازه‌آباد چهل گزی(تازه‌آباد دویسه)، چرندو، قلقله، عالیجان، چتان، خاک‌روزی، معین‌آباد، کانی‌تالا، قلوزه و مادیان دول(مائین دول) در حوزه آبخیز مورد مطالعه قرار دارند.

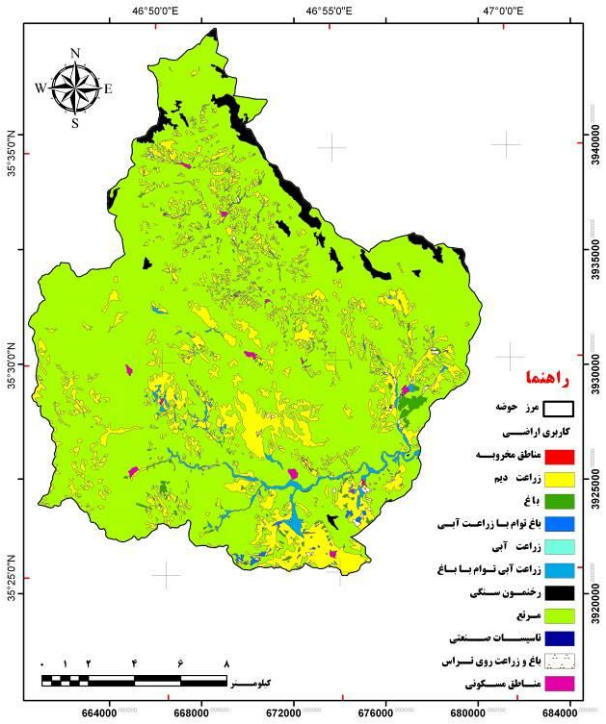


شکل ۱ - نقشه موقعیت حوزه آبخیز پارسل A سد قشلاق

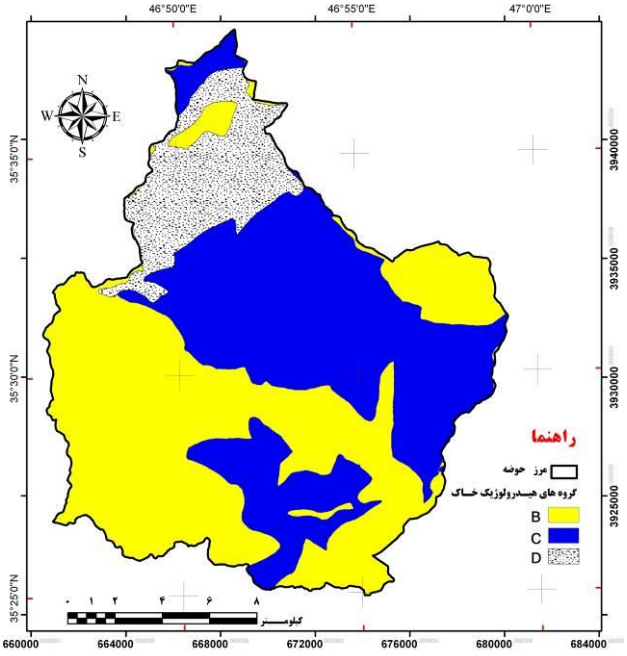
نقشه کاربری اراضی حوضه پارسل A سد قشلاق در شکل ۲ ارائه شده است. کاربری اراضی در واقع نشانگر وضعیت بهره‌وری از زمین است که یکی دیگر از عوامل موثر بر تولید رواناب و محاسبه CN محسوب می‌شود. اطلاعات اولیه نقشه کاربری اراضی مورد استفاده در قالب مطالعات تفصیلی اجرایی آبخیزداری انجام شده در حوضه گردآوری شده است که براساس تصاویر گوگل ارث و بازدید میدانی بروزرسانی شده است.

گروه‌های هیدرولوژیکی خاک بر اساس توان تولید رواناب تعریف می‌شوند. در این مورد، تمام خاک‌ها براساس توان تولید رواناب به چهار گروه A(پتانسیل تولید رواناب کم) تا D(پتانسیل تولید رواناب زیاد) تقسیم می‌شوند. اطلاعات

نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک مورد استفاده نیز در قالب مطالعات تفصیلی اجرایی آبخیزداری انجام شده در حوضه تهیه شده است(شکل ۳).



شکل ۲ - نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز پارسل A سد قشلاق



شکل ۳ - نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوزه آبخیز پارسل A سد قشلاق

۲-۲- روش کار

همانگونه که در مقدمه تحقیق بیان گردید، جهت برآورد رواناب حوضه پارسل A سد قشلاق با بکارگیری اکتنشن ArcCN-Run off، از روش SCS استفاده شده است. شرح روش SCS و نحوه اجرا و استفاده از اکتنشن ArcCN-Run off به قرار زیر است:

۲-۲-۱- برآورد رواناب به روش SCS

روش SCS براساس مشاهدات متعدد در حوضه‌های معرف و در اقالیم مختلف آمریکا ارائه شده است. در این روش، ارتفاع رواناب(Q) ناشی از باران(P) با توجه به تلفات مربوط به برگاب، نفوذ و ذخیره سطحی(S) محاسبه می‌گردد. البته در صورتی‌که بارش کمتر از تلفات اولیه باشد($P \le 0.2S$)،ارتفاع رواناب صفر در نظر گرفته می‌شود اما هنگامی که بارش بیش از تلفات اولیه باشد، در آنصورت $Q = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S}$ خواهد بود. این رابطه در مورد بارش برف نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و آب پایه را نیز دربر نمی‌گیرد. همچنین حجم رواناب بصورت ارتفاع رواناب هر پلیگون ضربدر مساحت آن پلیگون قابل محاسبه خواهد بود. مقدار تلفات کل یا S، توسط رابطه زیر و با یک عامل بدون بعد بنام شماره منحنی یا CN(Curve Number)، بیان می‌گردد:

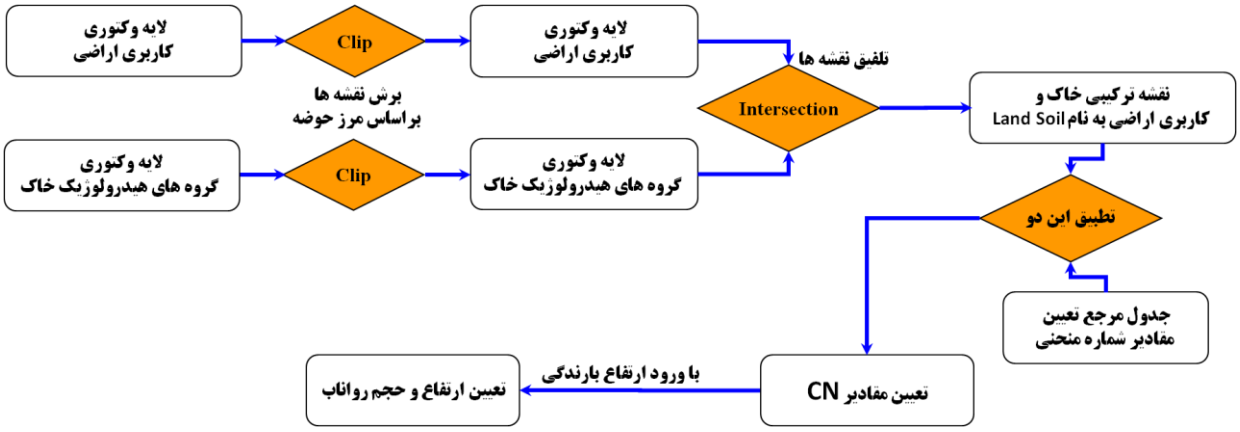
$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

که در آن، S برحسب میلی‌متر بوده و مقادیر CN بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است. مقادیر بالای CN معرف مناطق با پتانسیل تولید رواناب بالا و نفوذ کم(مانند مناطق صخره‌ای و مناطق آسفالته) و مقادیر کم CN بیانگر مناطق با پتانسیل تولید رواناب پایین و نفوذپذیری بالا(مانند مناطق جنگلی) می‌باشد.

از آنجا که روش SCS به مقدار CN بسیار حساس است، بنابراین تعیین دقیق شماره منحنی حائز اهمیت بالایی است(بیلز و بتسون ، ۱۹۸۱ و کاموجو، ۲۰۱۵). بیلز و بتسون(۱۹۸۱) با مطالعه ویژگی‌های فیزیکی ۳۶ حوزه آبخیز و با آنالیز ۵۸۵ واقعه سیلاب مشاهده‌ای بیان می‌کنند که کاربری اراضی و ویژگی‌های فیزیکی خاک، مهمترین عوامل در تعیین شماره منحنی هستند.

۲-۲-۲- اکستنشن ArcCN

فلوچارت مراحل کاری اکستنشن ArcCN-Runoff در شکل ۴ نشان داده شده است. این اکستنشن براساس برنامه-نویسی با ویژوال بیسیک ۶ در محیط کاری ArcGIS 8.3 تهیه شده است و مراحل کار مبتنی بر یک مرحله استفاده از دستور Clip، یک مرحله استفاده از ابزار Intersection، یک جدول مرجع تعیین مقدار شماره منحنی و عملیات لازم در محیط کاری اکستنشن برای معرفی لایه‌های ورودی و خروجی می‌باشد(ژان و هوانگ، ۲۰۰۴). البته براساس منابع جدید، تهیه نقشه CN با استفاده از اکستنشن ArcCN-Runoff در نسخه‌های متعدد سیستم اطلاعات جغرافیایی مانند نسخه ۹.۳(کادام و همکاران، ۲۰۱۲)، ۱۰.۱(کاستاچه و همکاران، ۲۰۱۴) و ۱۰.۲(روبرتس، ۲۰۱۵) نیز گزارش شده است. در این مطالعه نیز از ArcGIS 9.3 استفاده شده است.



شکل ۴ - فلوچارت مراحل کاری اکستنشن ArcCN-Runoff

برای استفاده از این اکستنشن، بایستی ابتدا فایل مربوطه از آدرس زیر دانلود شود:
http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=13311

در فولدر دانلود شده، سه پوشه، یک فایل word و یک فایل pdf قرار دارند. فایل pdf مقاله ژان و هوانگ(۲۰۰۴) درباره ArcCN-Runoff است و در آن نحوه استفاده از این ابزار شرح داده شده است. فایل‌های آموزشی در پوشه dll+data قرار دارند که می‌توان فایل‌های آموزشی را در ArcMap باز نموده و براساس روش ذکر شده در مقاله از آنها استفاده نمود. برای اضافه نمودن اکستنشن به محیط ArcMap بایستی به صورت زیر عمل نمود:

۱. نرم افزار ArcMap بصورت Run as administrator اجرا شود.
۲. از طریق Tools > Customize پنجره‌ای باز می‌شود که بایستی در آن add from file انتخاب شده و سپس به مسیر پوشه dll+data رفته و فایل dll مورد نظر بنام CNPrj9.dll اضافه گردد.

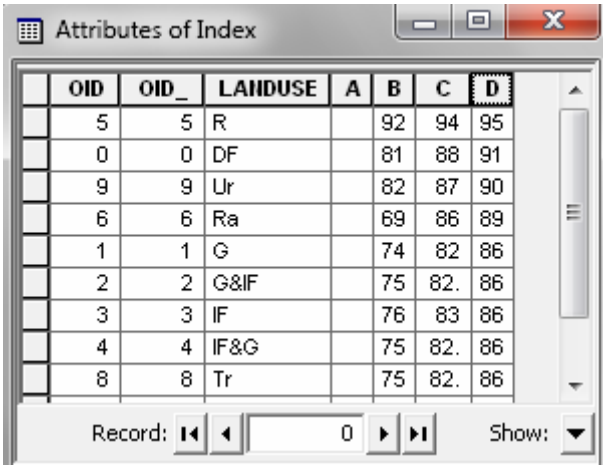
بدین طریق، اکستنشن ArcCN بنام computing composite curve number به toolbars اضافه خواهد شد.
ژان و هوانگ(۲۰۰۴) پیش‌پردازش‌های زیر را قبل از محاسبه CN توصیه می‌نمایند:

۱. برش نقشه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک بر مبنای مرز حوضه توسط دستور clip
۲. ادغام پلیگون‌های مشابه در نقشه کاربری اراضی و همچنین در نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک بر مبنای ستون مربوطه در جدول مشخصات لایه(FAT) توسط دستورDissolve (این مرحله با کاهش تعداد پلیگون-های لایه‌ها، زمان لازم برای انجام محاسبات بعدی را به میزان بسیار زیادی کاهش می‌دهد)
۳. روی‌هم‌اندازی نقشه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک جهت تهیه محدوده‌های همگن از نظر کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک توسط دستور Intersection(با توجه به اینکه هیچ پلیگون و محدوده‌ی ریزی در این مرحله حذف نمی‌گردد، بنابراین جزئیات تغییرات مکانی CN حفظ می‌شود و از این روست که محققین ارائه دهنده اکستنشن، آن را نسبت به روش‌های محاسبه‌ای CN براساس لایه‌های رستری و مقادیر میانگین محاسبه‌ای از سایر روش‌ها ارجح‌تر می‌دانند)

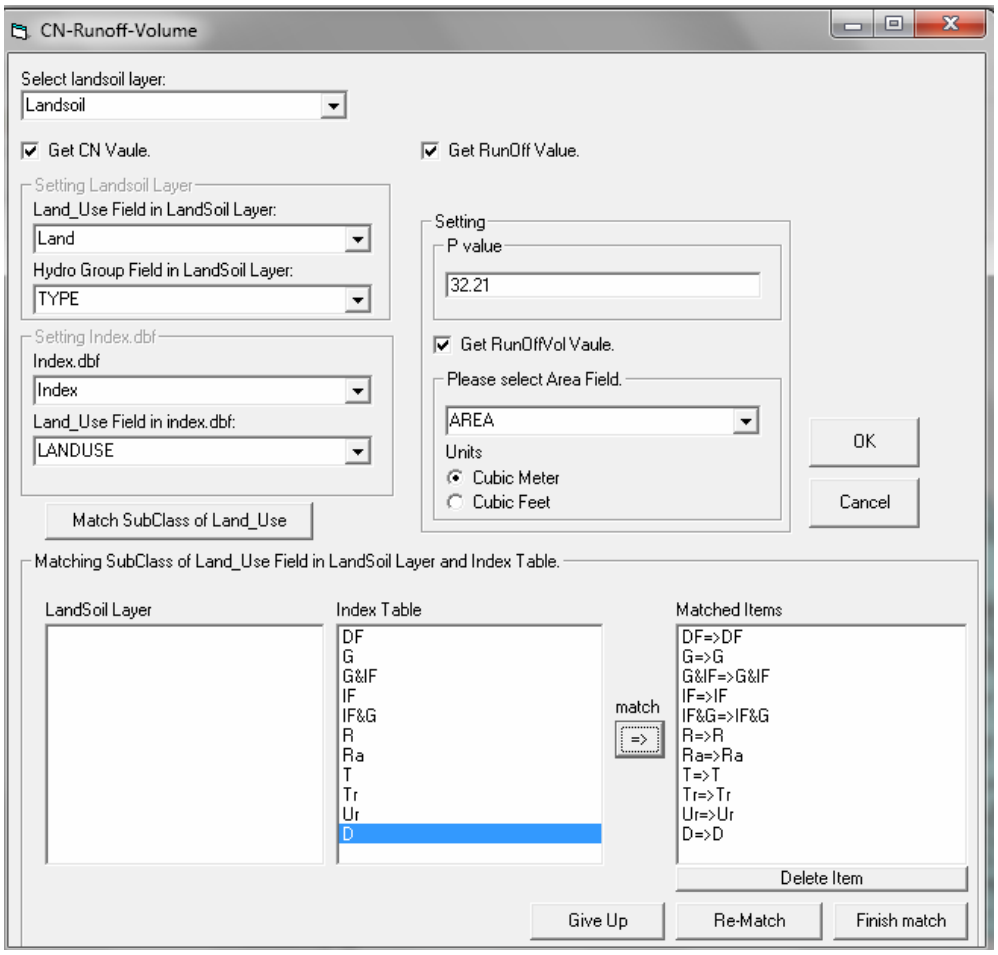
جهت تعیین CN، جدول مرجع تعیین مقدار شماره منحنی(بصورت فایل Index.dbf) براساس اطلاعات منطقه مطابق شکل ۵ تهیه شد و در مرحله بعد در محیط کاری ارائه شده در شکل ۶ اکشتنشن ArcCN، لایه‌های ورودی و ستون مربوط به کلاس‌بندی آنها معرفی گردید. سپس کلاس‌های مختلف نقشه کاربری اراضی با ستون مربوطه در فایل Index تطبیق داده شد تا مقادیر CN توسط اکستنشن ArcCN محاسبه و به جدول خصوصیات لایه Landsoil اضافه گردد. در بخش مربوط به محاسبه رواناب و حجم رواناب، مقدار بارش و اطلاعات لازم معرفی شدند. ابتدا مقادیر بارش

چندین واقعه منتخب بارش - رواناب جهت اصلاح CN معرفی شدند سپس با توجه به CN اصلاح شده، مقادیر بارش حداکثر روزانه منطقه مورد مطالعه براساس داده‌های بارش حداکثر روزانه ثبت شده در ایستگاه‌های اطراف حوضه در دوره بازگشت ۲۵ محاسبه گردید و به عنوان بارش ورودی به اکشتنشن معرفی گردید تا براساس آن نقشه ارتفاع رواناب و حجم رواناب مربوط به آن محاسبه گردد.

لازم به ذکر است که محاسبه رواناب براساس روش شماره منحنی SCS در اکستنشن ArcCN-Run off بصورت خودکار و براساس فرمول‌های ذکر شده انجام می‌گیرد.



شکل ۵ - جدول مرجع تعیین مقدار شماره منحنی برای حوضه پارسل A سد قشلاق

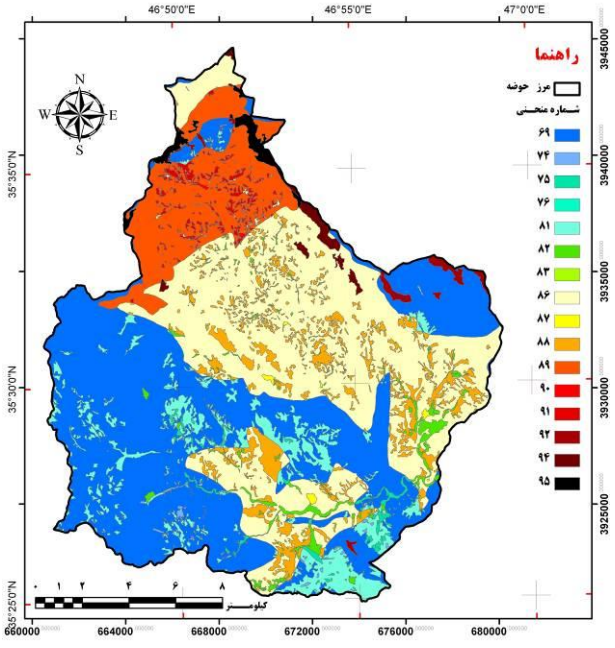


شکل ۶ - محیط کاری اکشتنشن ArcCN-Run off و نحوه اجرا و معرفی اطلاعات ورودی

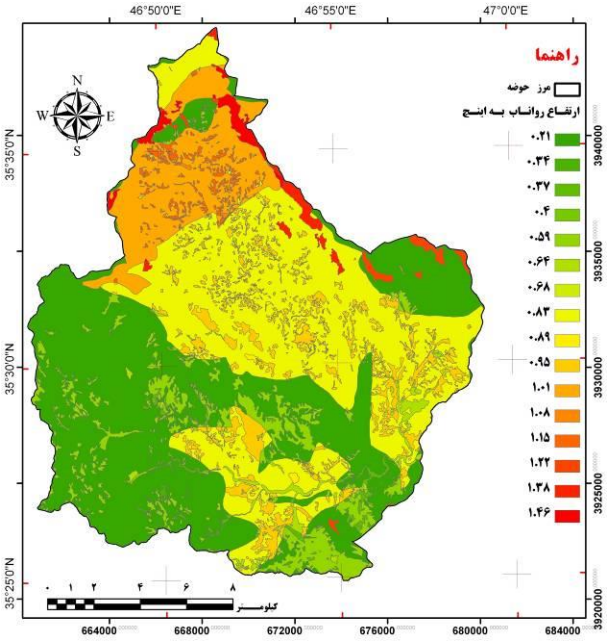
۳- نتایج:

براساس نقشه کاربری اراضی حوضه پارسل A سد قشلاق، حدود ۷۹ درصد از حوضه دارای کاربری مرتع می‌باشد و براساس نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوضه، خاک‌های با گروه هیدرولوژیک B، C و D به ترتیب ۴۶، ۴۲ و ۱۲ درصد از سطح حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. این اعداد بیانگر پتانسیل تولید رواناب زیاد خصوصا در بخش سرشاخه و سراب حوضه(با گروه هیدرولوژیک D) می‌باشند. گروه هیدرولوژیک A که معرف مناطق با کمترین پتانسیل تولید رواناب می‌باشد، در حوضه دیده نمی‌شود. براین اساس با توجه به شیب نسبتا بالای حوضه و گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوضه پارسل A سد قشلاق، پتانسیل تولید رواناب آن نسبتا زیاد ارزیابی می‌گردد.

با توجه به اطلاعات کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوضه، لایه اولیه شماره منحنی حوضه پارسل A سد قشلاق تهیه شد. براساس نتایج شبیه‌سازی و برآورد ارتفاع رواناب ۱۲ واقعه بارش - رواناب مورد بررسی در حوضه پارسل A سد قشلاق، ضریب اصلاحی ۰/۹۴ برای افزایش دقت در برآورد CN و رواناب بدست آمد. پس از اعمال ضریب مذکور لایه شماره منحنی نهایی حوضه پارسل A سد قشلاق تهیه گردید(شکل ۷). بر اساس نقشه نهایی شماره منحنی، متوسط CN حوضه به روش وزنی معادل ۷۴/۸ می‌باشد. در ادامه براساس نقشه نهایی شماره منحنی، نقشه ارتفاع رواناب برای بارش با دوره بازگشت ۲۵ ساله تهیه گردید(شکل ۸). ارتفاع متوسط رواناب برای بارش با دوره بازگشت ۲۵ ساله برابر ۱۵/۶۶ میلی‌متر محاسبه شده است. حجم رواناب حاصل از بارش با دوره بازگشت ۲۵ ساله، بصورت ارتفاع رواناب هر پلیگون ضربدر مساحت آن پلیگون محاسبه گردید که برای کل حوضه ۴۲۴۵۴۵۱ مترمکعب می‌باشد



شکل ۷- نقشه شماره منحنی حوزه آبخیز پارسل A سد قشلاق



شکل ۸ - نقشه رواناب تولیدی حاصل از رگبار با دوره بازگشت ۲۵ ساله حوزه آبخیز پارسل A سد قشلاق

۴- بحث و نتیجه گیری:

در این مطالعه موردی تلاش شده است تا در وهله نخست، با بیان تفصیلی مراحل اجرا و استفاده از اکستنشن ArcCN-Run off، نحوه استفاده از آن، به عنوان یک ابزار کاربردی در محاسبات متعدد هیدرولوژیکی در بخش‌های مختلف کشور، برای محققین تسهیل شده و در وهله بعدی، توصیه‌هایی جهت ارتقا و افزایش دقت برآورد رواناب ارائه گردد.

هر چند در مورد تعیین شماره منحنی تحقیقات گسترده‌ای صورت گرفته است اما تعیین دقیق آن برای هر حوضه نیازمند گردآوری اطلاعات جامعی از وضعیت خاک، پوشش گیاهی و حتی داده‌های فیزیوگرافی می‌باشد. در مطالعات برآورد رواناب انجام شده براساس روش SCS، معمولا یک CN میانگین برای هر زیرحوضه محاسبه و لحاظ می‌گردید اما با بکارگیری اکستنشن ArcCN-Run off، تغییرات مکانی CN قابل محاسبه خواهد بود. در این ابزار، CN برای هر پلیگون همگن جداگانه محاسبه می‌شود. این اکستنشن رواناب را در هر نقطه از حوضه نیز محاسبه می‌نماید و از این رو برآورد رواناب از طریق چنین مدل‌های هیدرولوژیکی رقومی، زمان لازم برای محاسبات را کاهش داده و دارای دقت و تفکیک مکانی بالاتری می‌باشد(منطبق با یافته‌های ژان و هوانگ، ۲۰۰۴ و کاموجو، ۲۰۱۵).

نکته حائز اهمیت در استفاده از اکستنشن ArcCN-Run off، تطبیق اطلاعات کاربری اراضی حوضه با دیتابیس نرم افزار یا حتی ایجاد فایل جدید Index می‌باشد که نیازمند تجربه بالایی می‌باشد. همچنین نتایج حاصله از اکستنشن ArcCN-Run off می‌تواند به عنوان ورودی برای مدل‌های مرتبط قابل استفاده باشد و از این رو چنین بررسی‌هایی در حفاظت از کیفیت و مقادیر منابع آب حوضه‌ها دارای اهمیت قابل توجهی می‌باشد. ارتقای اکستنشن ArcCN-Run off می‌تواند بصورت توسعه آن در جهت امکان ورود سری زمانی بارش(ژان و هوانگ، ۲۰۰۴) و لحاظ نمودن شرایط رطوبت پیشین خاک(ژان و هوانگ، ۲۰۰۴: شادید و المسری، ۲۰۱۰) باشد که بر مقادیر CN و رواناب محاسباتی تاثیرگذار می‌باشند. همچنین در مکانیسم تولید رواناب در مناطق خشک و نیمه خشک، به غیر از مقدار بارش، خصوصیات بارش به ویژه شدت بارش (شادید و المسری، ۲۰۱۰) و الگوی توزیع مکانی و زمانی آن نقش بسیار تعیین کننده‌ای دارند.

منابع و ماخذ:

1. AlFugura A., Billa, L., Pradhan B., Mohamed T.A., Rawashdeh S., 2011, Coupling of hydrodynamic model and aerial photogrammetry-derived digital surface model for floods imulation scenarios using GIS: Kuala Lumpur flood, Malaysia, Disaster Advances, 4(4), 2011, 20-28.

2. Arnold, J.G., Williams, J.R., Srinivasan, R., King, K.W., 1996, SWAT: Soil and Water Assessment Tool. USDA-ARS, Grass–land, Soil and Water Research Laboratory, Temple, TX.

3. Bales, J. & Betson R. P., 1981, The Curve Number as a Hydrologic Index, Proceeding International Symposium on Rainfall-Runoff Modeling, Mississippi State University, pp. 371-386

4. Billa L., Assilzadeh H., Mansor S., Mahmud A. R., Ghazali A. H., 2011, Comparison of recorded rainfall with quantitative precipitation forecast in a rainfall-runoff simulation for the Langat River basin, Malaysia, Central European Journal of Geosciences, 3(3), 2011, 309-317.

5. Bo X., Qing-Hai W., Jun F., Feng-Peng H., Quan-Hou D., 2011, Application of the SCS-CN Model to Runoff Estimation in a Small Watershed with High Spatial Heterogeneity, Pedosphere 21(6): 738–749.

6. Costache R., Fontanine I., Corodescu E., 2014, Assessment of surface run off depth changes in Saraţel River basin, Romania using GIS techniques, Central European Journal of Geosciences 6(3), 2014, 363-372, DOI: 10.2478/s13533-012-0181-0.

7. Domnita M., 2012, Runoff modeling using GIS. Application in torrential basins in the 591 Apuseni Mountains, Ph.D Thesis, Cluj Napoca. 2012.

8. Hernandez M., Miller S. N., Goodrich D. C., Goff B. F., Kepner W. G., Edmonds C. M., Jones K. B., 2000, Modeling runoff response to land cover and rainfall spatial variability in semi-arid watersheds, Environmental Monitoring And Assessment, 64, 2000, 285–298.

9. Kadam A. K., Kale S. S., Pande N. N., Pawar N. J., Sankhua R. N., 2012, Identifying Potential Rainwater Harvesting Sites of a Semi-arid, Basaltic Region of Western India, Using SCS-CN Method, Water Resour Manage (2012) 26:2537–2554, DOI 10.1007/s11269-012-0031-3.

10. Kamuju N., 2015, Rainfall-Runoff Estimation and Comparative Analysis Using Advanced Geospatial Digital Hydrological Modelling Tools, ArcCN-Runoff & ArcSWAT, SSRG International Journal of Geo informatics and Geological Science (SSRG-IJGGS) – volume 2 Issue 4 September to October 2015.

11. Malekani L., Khaleghi S., Mahmoodi M., 2014, APPLICATION OF GIS IN MODELING ZILBERCHAI BASIN RUNOFF, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-2/W3, 2014.

12. Ramakrishnan, D., Bandopadhay A., Kusuma K. N., 2009, SCSCN and GIS based approach for identifying potential runoff harvesting sites in the Kali watershed, Mahi River basin, India. Journal of Earth System Sciences, 118 (4), pp. 355368.

13. Roberts A. D., 2015, The effects of current landscape configuration on streamflow within selected small watersheds of the Atlanta metropolitan region, Journal of Hydrology: Regional Studies(2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.11.002.

14. Shadeed S., Almasri M., 2010, Application of GIS-based SCS-CN method in West Bank catchments, Palestine, Water Science and Engineering, 2010, 3(1): 1-13.

15. Williams J.R., 1995. The EPIC model, In: Singh, V.P. (Ed.), Computer Models of Watershed Hydrology. Water Resources Publications, Highlands Ranch, CO, pp. 909–1000.

16. Xiao, B., Wang Q.H., Fan J., Han F.P., Dai Q.H., 2011, Application of the SCS-CN Model to Runoff Estimation in a Small Watershed with High Spatial Heterogeneit, Pedosphere 21(6), pp. 738–749.

17. Xu, A. L., 2006, A new curve number calculation approach using GIS technology, ESRI 26th International User Conference on Water Resources.

18. Young R.A., Onstad C.A., Bosch D.D., Anderson W.P., 1987, AGNPS, Agricultural Non-Point Source Pollution Model: A Watershed Analysis Tool. USDA Conservation Report 35. USDA-ARS, Washington, DC.

19. Zhan X., Huang M.L., 2004, ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps, Environmental Modeling & Software, 19, pp.875-879.