

برآورد ارتفاع رواناب حوزه آبخیز خارستان با روش SCS و ابزار Arc-CN Run off

محمد شعبانی^۱

^۱ گروه کشاورزی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.

چکیده

تعیین دقیق رواناب خروجی حوزه آبخیز از کلیدی‌ترین مباحث هیدرولوژیکی در مدیریت حوزه های آبخیز و منابع آبی یک منطقه می باشد. در بسیاری از کشورها از جمله کشور ایران، به علت عدم اطلاع از وضعیت رودخانه ها و نداشتن داده های هیدرومتری که نمایانگر مقدار آبدهی ماهانه یا سالانه یک رودخانه می باشد، برآورد رواناب از طریق روش های غیرمستقیم و تکنیک های GIS امری اجتناب ناپذیر می باشد. هدف از انجام این پژوهش برآورد ارتفاع رواناب سالانه با استفاده از روش شماره منحنی و ابزار Arc-CN Run off و پهنه بندی پتانسیل تولید رواناب در حوزه آبخیز خارستان شهرستان اقلید استان فارس می باشد. نتایج نشان داد که گروه هیدرولوژیک C با $55/08$ درصد مساحت از کل حوضه، بیشترین سطح حوضه را به خود اختصاص داده که $84/90$ درصد آن را کاربری مرتع، $13/41$ درصد کاربری باغ و $1/67$ درصد اراضی زراعی تشکیل می دهد. براین اساس پتانسیل تولید رواناب در حوزه آبخیز خارستان نسبتا زیاد ارزیابی می گردد. علاوه بر آن نتایج حاصل از خروجی ابزار Arc-CN Run off، نشان داد که ارتفاع متوسط رواناب برای بارش ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ ساله برابر $4/52$ میلی متر و متوسط حجم رواناب سالانه حاصل از آن برای کل حوضه $2752391/40$ مترمکعب می باشد.

واژه های کلیدی: رواناب، SCS، Arc-CN Run off، حوزه آبخیز خارستان

۱. مقدمه

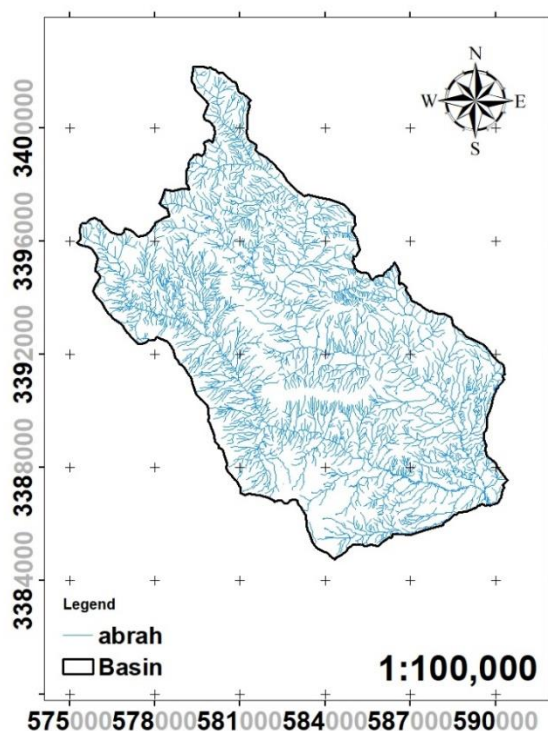
تعیین مقدار رواناب از این نظر اهمیت دارد که در بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشور ایران، به علت عدم اطلاع از وضعیت رودخانه ها و نداشتن داده های مربوط به مقدار دبی، ارقام یا کمیت هایی که نمایانگر مقدار آبدی ماهانه یا سالانه یک رودخانه باشد در دست نیست. از طرفی دیگر چون اهمیت هر طرح و پروژه ای به طور مستقیم یا غیرمستقیم به میزان آب آن حوضه بستگی دارد، لذا باید در جستجوی راه هایی بود که به نحوی تخمین مقدار رواناب را به دست دهد. از آنجایی که بسیاری از حوزه های آبخیز کشور فاقد ایستگاه هیدرومتری بوده لذا جهت برآورد ارتفاع رواناب ناچار به استفاده از روش های غیرمستقیم بوده تا بتوان از نتایج آنها در امر مدیریت حوزه های آبخیز استفاده کرد. علاوه بر این روش های مرسوم اندازه گیری رواناب در ایران به خاطر دسترس نبودن داده ها یک امر پرهزینه، وقت گیر و مشکل است. علاوه بر این در بیشتر حوزه های آبخیز ایران، ایستگاه های اندازه گیری بارش یا رواناب وجود ندارد و یا داده های موجود ناقص می باشند [۱]. جهت برآورد ارتفاع رواناب روش های مختلفی وجود دارد که از بین آنها می توان به روش های برآورد رواناب سطحی با استفاده از روش نفوذپذیری خاک، روش استدلالی، روش های تجربی مانند کریگر، فولر و روش SCN و غیره اشاره کرد. در بین این روش ها، روش SCN که از شماره منحنی (CN) استفاده می کند، به صورت دقیق تر و مطمئن تر کاربرد فراوانی در اقلیم های مختلف دنیا دارد [۸]. در دهه های اخیر توسعه مدل های هیدرولوژیکی مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در جهان مورد توجه محققان و دانشمندان قرار گرفت. یکی از این ابزارها Arc-CN Runoff است که توسط ژانگ و همکاران در سال ۲۰۰۴ جهت تعیین ارتفاع و حجم رواناب براساس روش SCS ارائه شده است. از ویژگی های این ابزار، محاسبه شماره منحنی و رواناب برای هر پلیگون به صورت مجزا است [۴]. مطالعات زیادی در جهان در مورد کاربرد روش SCS و تلفیق آن با کمک GIS انجام شده است که به برخی از آنها اشاره می گردد. ژانگ و هوآنگ (۲۰۰۴) به منظور تعیین شماره منحنی و برآورد ارتفاع رواناب در ایالت کانزاس در آمریکا از ابزار Arc-CN Runoff استفاده کردند و نتایج نشان داد که اراضی کشاورزی کمترین مقدار رواناب و اراضی شهری بیشترین مقدار رواناب را تولید می کنند. احمدی ثانی و همکاران (۱۳۹۷) کارایی ابزار Arc-CN Runoff را در برآورد میزان رواناب و مقایسه ی تغییرات آن در سال های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۰ در آبخیز هراز استان مازندران، ارزیابی کردند. براساس نتایج خطای نسبی برآورد رواناب در هر دو دوره ۱۳۷۵ و ۱۳۹۰ به هم نزدیک و نسبتاً کم (۱۰ درصد) می باشد. ابزار به کار رفته، رواناب را با صحت حدود ۹۰ درصد در هر دو دوره برآورد کرده است و می تواند برای ارزیابی و برآورد رواناب به کار برده شود. جواد و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از ابزار Arc-CN Run off در محیط نرم افزار GIS، ارتفاع رواناب حاصل از بارندگی ۶ ساعته در حوزه آبخیز آزاد رود را برآورد کردند. نتایج نشان داد که استفاده از ابزار Arc-CN Runoff برای تعیین رواناب، از دقت بالاتری نسبت به روش های سنتی برخوردار می باشد.

حسین زاده و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقی به برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی و ابزار Arc-CN Runoff در حوزه آبخیز افجه پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که نوع کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک در عکس العمل هیدرولوژیکی حوزه آبخیز افجه مؤثر بوده است. این نکته بیانگر این بود که در مناطقی از حوزه آبخیز افجه که برون-زدگی های سنگی وجود دارد شماره منحنی بالاتر و در نتیجه پتانسیل تولید رواناب بیشتر می باشد. محرم پور و همکاران (۱۳۹۷) شماره منحنی و ارتفاع رواناب را در محیط Arc GIS با ابزار Arc CN-Runoff در حوزه ی آبخیز نازلوچای ارومیه برآورد کردند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار شماره منحنی رواناب در شرایط رطوبتی متوسط در منطقه برابر با ۱۰۰ و کمترین آن برابر با ۵۶ است. هدف از انجام این پژوهش، برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی و ابزار Arc-CN Runoff و پهنه بندی پتانسیل تولید رواناب در حوزه آبخیز خارستان به منظور پیش بینی سیلاب و کاهش خطرات ناشی از آن می باشد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز خارستان یکی از زیر حوزه‌های آبخیز سد درودزن می‌باشد که در دامنه جنوبی رشته کوه‌های زاگرس و در شمال غرب شهرستان اقلید واقع در استان فارس قرار دارد. این حوضه در محدوده جغرافیائی ۵۱ درجه و ۴۷ دقیقه و ۹ ثانیه تا ۵۲ درجه و ۵۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۳۵ دقیقه و ۳۴ ثانیه تا ۳۰ درجه و ۴۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی با مساحتی نزدیک به ۱۲۳/۰۹ کیلومترمربع و محیطی برابر با ۵۸/۱۰ کیلومتر واقع شده است (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه از شمال به دهستان دژکرد، از شرق به دهکده سفید، از جنوب به روستای چوخله و از غرب به دهستان کاکان متصل می‌باشد که دارای ارتفاع حداکثر ۳۰۴۰ متر، ارتفاع حداقل ۱۹۰۰ متر، ارتفاع متوسط وزنی ۲۳۳۷ متر از سطح دریا و شیب متوسط وزنی ۲۵/۶۷ درصد می‌باشد. متوسط بارندگی منطقه براساس ترسیم خطوط همباران ۵۸۰/۷۵ میلی‌متر و متوسط دمای منطقه برابر با ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس روش دمارتن از نوع مدیترانه‌ای و نیمه‌مرطوب و بر اساس روش آمبرژه، اقلیم منطقه از نوع کوهستانی و نیمه مرطوب محاسبه شده است.



شکل ۱- نقشه حوزه آبخیز خارستان

۲-۲. روش تحقیق

در این تحقیق پس از جمع آوری داده‌ها از طریق مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای موجود، نقشه‌های مورد نظر در محیط ArcGIS رقومی گردید. به منظور برآورد ارتفاع رواناب در حوزه آبخیز خارستان از روش شماره منحنی (CN) و ابزار Arc-CN Run off که توسط ژانگ و همکاران در سال ۲۰۰۴ معرفی گردید، استفاده شد. جهت تهیه نقشه ارتفاع و حجم رواناب به کمک ابزار Arc-CN Run off دو نقشه کاربری اراضی و نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک در منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. سپس به کمک ابزار Arc-CN Run off لایه‌ها و نقشه شماره منحنی (CN) تهیه و در نهایت پس از تهیه نقشه بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ ساله، نقشه ارتفاع و حجم رواناب ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ ساله در حوضه خارستان بر

اساس روش SCS تهیه شد. از ویژگی های ابزار Arc-CN Run off محاسبه شماره منحنی و رواناب برای هر پلیگون به صورت جداگانه است. علاوه براین جهت محاسبات ریاضی از نرم افزار Excel نیز استفاده گردید.

۲-۲-۱. بر آورد رواناب به روش SCS

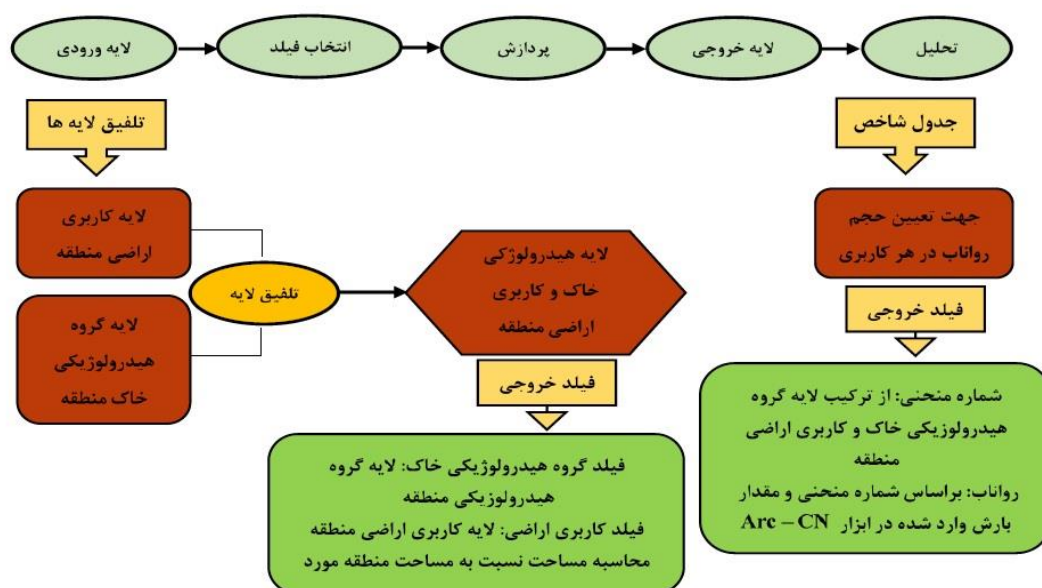
در روش SCS ارتفاع رواناب از رابطه (۱) به دست می آید.

$$Q = \frac{(P - \gamma S)^{\gamma}}{(P + \lambda S)^{\lambda}} \quad (1)$$

که: Q: ارتفاع رواناب (mm)، P: ارتفاع بارش (mm)، CN: شماره منحنی و S: تلفات کل (mm) که از رابطه زیر به دست می آید.

$$S = \left(\frac{(\gamma \Delta f \dots)}{CN} \right) - \gamma \Delta f \quad (2)$$

شکل ۲ مراحل اجرای کار در ابزار Arc-CN Run off جهت محاسبه ارتفاع رواناب با استفاده از روش SCS را نشان می دهد.



شکل ۲- مراحل اجرای محاسبه ارتفاع رواناب با استفاده از ابزار Arc-CN Run off (منبع: حسین زاده و

ایمنی، ۱۳۹۷)

۳. نتایج

شکل ۳ نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز خارستان و شکل ۴ نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک را نشان می‌دهد. کاربری اراضی بیانگر وضعیت بهره‌وری از زمین است که یکی از عوامل موثر بر تولید رواناب و محاسبه CN محسوب می‌شود. خصوصیات خاک روی تحول و پیدایش رواناب اثر داشته و باید در محاسبات مربوط به آن در نظر گرفته شود. خصوصیات خاک می‌تواند با یک عامل هیدرولوژیکی بیان گردد که آن حداقل سرعت نفوذپذیری در حالت مرطوب بودن طولانی مدت

خاک است [۵ و ۷]. نتایج مربوط به توزیع کاربری های مختلف و گروه های هیدرولوژیکی خاک منطقه مورد مطالعه به ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. جدول ۳ توزیع گروه های هیدرولوژیکی خاک در کاربری های مختلف را نشان می دهد. براساس نقشه کاربری اراضی حوزه خارستان، ۷۹/۳۳ درصد از حوزه دارای کاربری مرتع، ۱۰/۴۷ درصد اراضی زراعی، ۱۱/۱۵ درصد اراضی باغی و ۹/۰۴ درصد برون زدگی سنگی می باشد (جدول ۱). براساس نقشه گروه های هیدرولوژیک خاک حوزه، خاک های با گروه هیدرولوژیک A، B، C و D به ترتیب ۳/۸۱، ۷/۶۳، ۵۵/۰۸ و ۳۳/۴۸ درصد از سطح حوزه را به خود اختصاص داده اند (جدول ۲). بر اساس جداول ۲ و ۳، گروه هیدرولوژیک A که معرف مناطق با کمترین پتانسیل تولید رواناب می باشد، فقط ۳/۸۱ درصد از حوزه را شامل می شود. که ۵۹/۵۶٪ آن را اراضی زراعی، ۵/۲۰٪ اراضی باغی و ۳۵/۲۳٪ آن را مراتع تشکیل می دهد. گروه هیدرولوژیک B که معرف مناطق با پتانسیل تولید رواناب متوسط می باشد، فقط ۷/۶۳ درصد از حوزه را شامل می شود. که ۹۸/۰۱٪ درصد آن را کاربری مرتع، ۱/۹۲٪ اراضی زراعی و ۰/۰۷٪ از آن را اراضی باغی تشکیل می دهد. گروه هیدرولوژیک C که معرف مناطق با پتانسیل تولید رواناب نسبتا زیاد می باشد، ۵۵/۰۸ درصد حوزه را شامل می شود که ۸۴/۹۰٪ از این سطح اختصاص به کاربری مرتع، ۱۳/۴۱٪ و ۱/۶۷٪ به ترتیب اختصاص به دو کاربری اراضی زراعی و باغی و ۰/۰۲٪ آن به برون زدگی سنگی اختصاص دارد. گروه هیدرولوژیک D که معرف مناطق با پتانسیل تولید رواناب خیلی زیاد می باشد، ۳۳/۴۸ درصد از سطح حوزه را شامل می شود که ۷۰/۹۱٪ آن را کاربری مرتع، ۲۷٪ آن را برون زدگی سنگی و صخره ها، ۲٪ اراضی زراعی و ۰/۰۹٪ آن را اراضی باغی تشکیل می دهد. با توجه به نتایج به دست آمده و بر اساس گروه های هیدرولوژیک خاک، پتانسیل تولید رواناب در حوزه آبخیز خارستان نسبتا زیاد ارزیابی می گردد.

جدول ۱- توزیع کاربری های مختلف در حوزه آبخیز خارستان

کاربری	مساحت (ha)	درصد مساحت
کشاورزی	1288.39	10.47
باغ	142.13	1.15
مرتع	9765.43	79.33
برون زدگی سنگی	1113.22	9.04
جمع	12309.16	100.00

جدول ۲- توزیع گروه های هیدرولوژیکی خاک در حوزه آبخیز خارستان

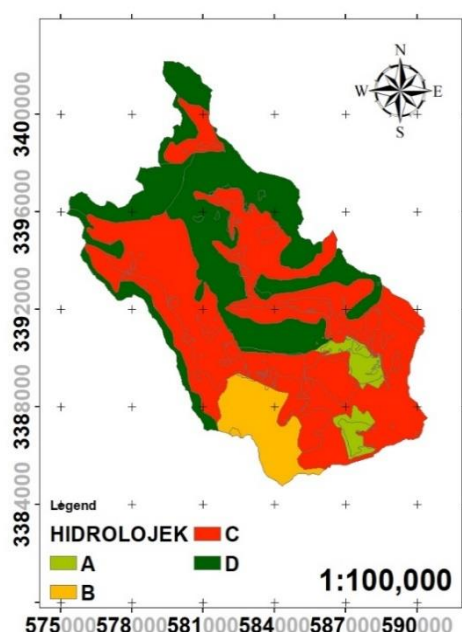
گروه هیدرولوژیک	مساحت (ha)	درصد مساحت
A	468.50	3.81
B	939.81	7.63
C	6779.69	55.08
D	4121.37	33.48
جمع	12309.37	100.00

جدول ۳- توزیع گروه های هیدرولوژیکی خاک در کاربری های مختلف

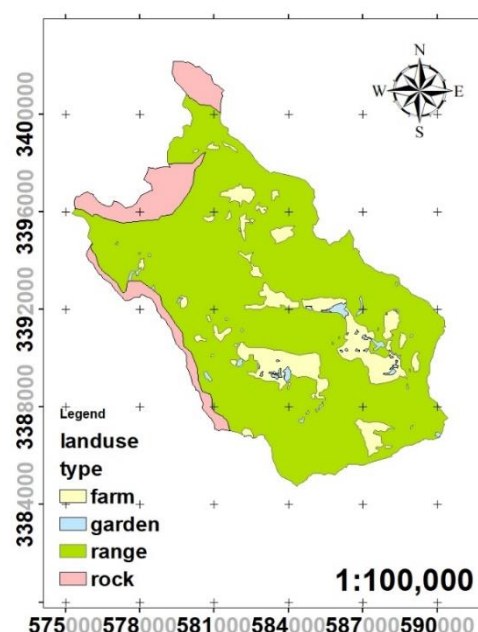
گروه کاربری	A		B		C		D	
	مساحت (ha)	درصد	مساحت (ha)	درصد	مساحت (ha)	درصد	مساحت (ha)	درصد
کشاورزی	279.06	59.56	18.01	1.92	908.88	13.41	82.45	2.00
باغ	24.38	5.20	0.66	0.07	113.36	1.67	3.72	0.09
مرتع	165.06	35.23	921.14	98.01	5756.15	84.90	2922.64	70.91

26.99	1112.56	0.02	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	برون زدگی سنگی
100.00	4121.37	100.00	6779.69	100.00	939.81	100.00	468.50	جمع

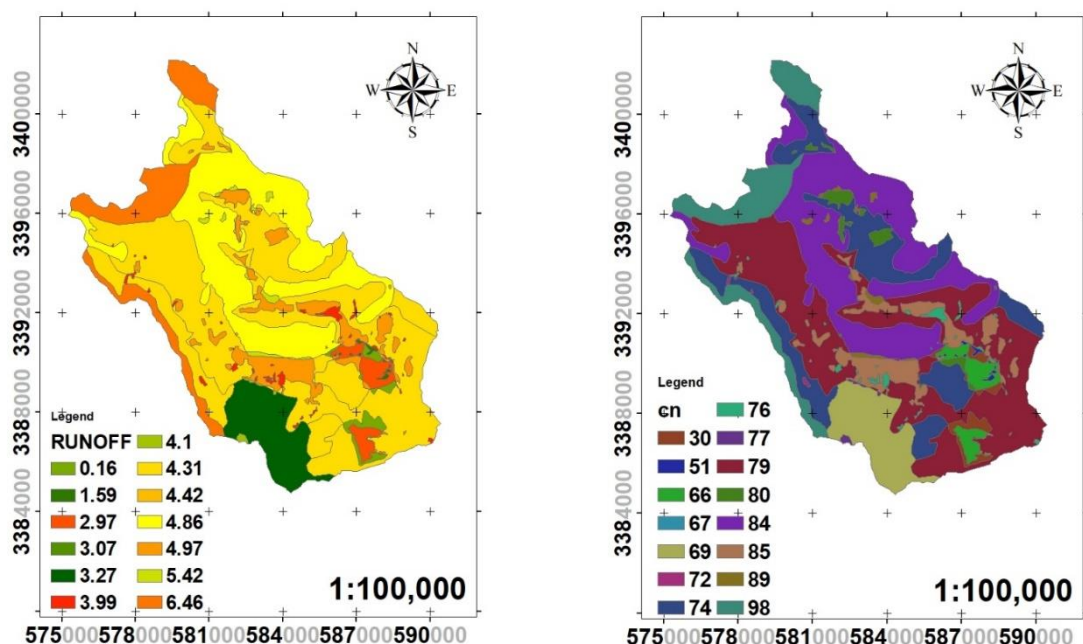
با توجه به اطلاعات کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک، لایه شماره منحنی (CN) حوزه آبخیز خارستان تهیه شد (شکل ۵). بر اساس نقشه شماره منحنی، متوسط CN حوزه به روش وزنی برابر ۷۸ می‌باشد. براساس نقشه رقومی شماره منحنی (شکل ۵)، نقشه ارتفاع رواناب برای بارش با دوره بازگشت ۲ ساله تهیه گردید (شکل ۶). با توجه به محاسبات انجام شده، ارتفاع متوسط رواناب برای بارش ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ ساله برابر ۴/۵۲ میلی‌متر محاسبه شد. متوسط حجم رواناب حاصل از بارش با دوره بازگشت ۲ ساله، از حاصل ضرب ارتفاع رواناب در مساحت هر پلیگون محاسبه گردید که برای کل حوزه برابر با ۲۷۵۲۳۹۱/۴ مترمکعب می‌باشد.



شکل ۴- نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز خارستان



شکل ۵- نقشه شماره منحنی (CN) حوزه آبخیز خارستان شکل ۶- نقشه رواناب ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ ساله

۴. بحث و نتیجه گیری

رواناب یکی از متغیرهای مهم چرخه هیدرولوژیکی و بوجود آورنده جریان رودخانه ایست [۹]. آگاهی از مقدار و اندازه آن نقش بسیار مهمی در ایجاد و مدیریت پروژه های آبی و عمرانی دارد. به عبارتی دیگر رواناب، پایه و مبنای پروژه های آبیاری، طراحی مخازن سدها، کنترل سیلاب ها، و بالاخره پروژه های تامین آب مورد نیاز کشاورزی، شرب و صنعت می باشد. در این تحقیق به منظور برآورد ارتفاع رواناب در حوزه آبخیز خارستان واقع در شهرستان اقلید استان فارس، از روش SCS که یکی از روش های مرسوم و پرکاربرد در علم هیدرولوژی می باشد به کمک ابزار Arc-CN Run off استفاده شد. در روش سنتی SCS، معمولاً یک CN برای کل حوضه محاسبه و لحاظ می گردید. بنابراین جزئیات تنوع مکانی در حوضه با این روش نادیده گرفته می شد. اما با بکارگیری ابزار Arc-CN Run off، تغییرات مکانی CN قابل محاسبه خواهد بود. در این ابزار، CN برای هر پلیگون همگن جداگانه محاسبه می شود. این ابزار قادر است، رواناب را در هر نقطه از حوضه محاسبه نماید و از این رو برآورد رواناب از طریق چنین مدل های هیدرولوژیکی رقومی، زمان لازم برای محاسبات را کاهش داده و دارای دقت و تفکیک مکانی بالاتری می باشد [۲]. نتایج نشان داد که براساس نقشه گروه های هیدرولوژیک خاک، به ترتیب ۳/۸۱، ۷/۶۳، ۵۵/۰۸ و ۳۳/۴۸ درصد از سطح حوضه را به خود اختصاص داده اند. گروه هیدرولوژیک C که معرف مناطق با پتانسیل تولید رواناب نسبتاً زیاد می باشد، بیشترین سطح حوضه (۵۵/۰۸ درصد) را به خود اختصاص داده که ۸۴/۹۰٪ از این سطح اختصاص به کاربری مرتع، ۱۳/۴۱٪ و ۱/۶۷٪ به ترتیب اختصاص به دو کاربری اراضی زراعی و باغی و ۰/۰۲٪ آن به برون زدگی سنگی اختصاص دارد. براین اساس با توجه به گروه های هیدرولوژیک خاک حوزه آبخیز خارستان، پتانسیل تولید رواناب آن نسبتاً زیاد ارزیابی می گردد. علاوه بر آن نتایج حاصل از خروجی ابزار Arc-CN Run off، نشان داد که ارتفاع متوسط رواناب برای بارش ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ ساله برابر ۴/۵۲ میلی متر و متوسط حجم رواناب سالانه حاصل از آن برای کل حوضه ۲۷۵۲۳۹۱/۴ مترمکعب، می باشد.

منابع و مراجع

- ۱- احمدی ثانی، ناصر؛ کریم، سلیمانی؛ رزاق نیا، لیدا؛ مصطفی زاده، رئوف؛ جلال، زندی. (۱۳۹۷). ارزیابی کارایی ابزار Arc-CN Run off در برآورد میزان رواناب و مقایسه تغییرات آن در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۰ در آبخیز هراز استان مازندران. دوره ۴، شماره ۱۶، ۱۵۸-۱۳۹.
- ۲- اوسطی، خالد. (۱۳۹۴). برآورد تغییرات مکانی رواناب در حوضه پارسل A سد قشلاق با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS. اولین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، تهران، دانشکده مهندسی نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- ۳- جوادی، محمدرضا؛ میردار هریجانی، فرشاد؛ زهرا، چترسیماب. (۱۳۹۰). برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی در محیط نرم افزاری Arc GIS با ابزار Arc-CN Run off. (مطالعه موردی: حوضه آبخیز آزاد رود). مجله کاربرد سنجش ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه ریزی، سال دوم، شماره ۳، ۶۲-۵۵.
- ۴- حسین زاده، محمد مهدی؛ ایمنی، سپیده. (۱۳۹۷). برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی و ابزار Arc-CN Run off در حوضه آبخیز افجه. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال پنجم، شماره ۲، ۱۰۶-۹۱.
- ۵- شعبانی، محمد. (۱۳۸۹). هیدرولوژی مهندسی، ترجمه. انتشارات دانشگاه نیریز. ۵۱۰ ص.
- ۶- محرم پور، الهام؛ نظرنژاد، حبیب؛ سیاوش، بابایی (۱۳۹۷). برآورد شماره منحنی و ارتفاع رواناب در محیط Arc GIS با ابزار Arc-CN Run off در حوضه آبخیز نازلوچای ارومیه. پژوهش‌های آبخیزداری، دوره ۳۱، شماره ۲، ۴۹-۴۱.
- ۷- مهدوی، محمد (۱۳۷۸). هیدرولوژی کاربردی. جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۷ ص.
- 8-Chow Vent, e., Maidment, D., Mays Larry, W. (1988). Applied Hydrology. McGraw-Hill international editions civil Engineering series, pp: 572.
- 9-Lalitha Muthu, A. C., Helen Santhi, M. (2015). Estimation of Surface Runoff Potential using SCS-CN Method Integrated with GIS, Indian Journal of Science and Technology, ۸(۲۸).
- 10-Zhan, X., Huang, M.L(2004). ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. Environmental Modelling & Software, 19, 875 -879.