جغرافیا (نشریه علمی – پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران)
دوره جدید، سال دوم، شماره ۳،پائیز و زمستان ۱۳۸۳

برآورد نفوذ عمقی بارش در آبخوان آبرفتی کازرون به روش SCSدر محیط GIS

حمید رضا ناصری[۱] و قادر جوکار[۲]

چکیده

درک کامل یک سیستم هیدرولوژیکی بدون در نظر گرفتن فرآیند بارش- رواناب در آن سیستم امکان پذیر نیست. اصولاً هر روش هیدرولوژیکی که بخواهد فرآیند بارش- رواناب یک حوضه را به شکل مطلوبی تشریح کند، بدون در نظر گرفتن اطلاعات مربوط به خاک، کاربری/پوشش اراضی و توپوگرافی آن حوضه کامل نمی گردد. در این تحقیق میزان نفوذ عمقی از بارش به آبخوان آبرفتی کازرون در سالهای آبی ۷۳-۷۲ تا ۸۳-۸۲ به کمک روش SCS درمحیط GIS مورد بررسی قرار گرفت. این حوضه به مساحتی حدود ۵۶۰ کیلومتر مربع بخشی از حوضه آبریز رودخانه شاپور می‌باشد که در استان فارس واقع گردیده است. با توجه به نتایج حاصله، عوامل خاک و زمین شناسی، کاربری و پوشش اراضی و شیب سطح زمین می توانند نقش اساسی در توزیع آب به مخازن آبی مختلف (سطحی و زیرسطحی) ایفاء کنند. لایه خاک در مناطق شمالی دشت و دامنه‌ها به خصوص مخروطه افکنه‌های آبرفتی نفوذپذیری بیشتری دارد و در میانه دشت به واسطه پوشش گیاهی بیشتر، کاشت درختان و غلات و همچنین شیب ناچیز رواناب کمتری ایجاد می شود و میزان نفوذ به سفره بیشتر می باشد. میزان نفوذ عمقی برای آبخوان آبرفتی کازرون با استفاده از رابطه همبستگی به دست آمده از تلفیق معادله بیلان آب خاک و معادله بیلان آب زیرزمینی قابل محاسبه است. مقایسه نوسانات تراز آب زیرزمینی با میزان نفوذ سطحی به سفره آبرفتی نشان دهنده آن است که یک همخوانی مناسبی بین این

---

[1]. عضو هیات علمی گروه زمین شناسی- دانشگاه شهید بهشتی
[2]. دانشجوی کارشناسی ارشد آبشناسی- دانشگاه شهید بهشتی

دو فاکتور وجود دارد. اما چنانچه برداشت آب زیرزمینی به صورت کوتاه مدت (چند روزه) انجام گیرد، این تطابق خصوصاً در جاهایی که تراز آب زیر زمینی در عمق کمی واقع گردیده است، بهتر صورت می گیرد.

واژگان کلیدی: نفوذ عمقی بارش، روش SCS ، رودخانه شاپور کازرون، GIS

مقدمه

در بیشتر نوشته های مرتبط با هیدرولوژی یک حوضه، واژه هیدرولوژی مفهوم فرآیند بارش- رواناب آن حوضه را در ذهن تداعی می کند. بنابراین، در تحقیقات مختلف هیدرولوژی ضمن اهمیت به این موضوع جهت تشریح فرآیند بارش- رواناب حداکثر تلاش را جهت استفاده از تکنیکهای هرچه بهتر از جمله مدلها و ابزارهای پیشرفته به کار می گیرند. روش SCS[1] یکی از کاربردی ترین روشها در برآورد رواناب هنوز در تمام نقاط دنیا مورد استفاده قرار می گیرد. چون این روش از داده های ساده و قابل دسترس در هر حوضه آبریز که به راحتی قابل استخراج از نقشه های خاک و کاربری/پوشش اراضی می باشد، استفاده می کند. ورودی بارش روزانه از متغیرهای وابسته به زمان جهت محاسبه رواناب به این روش کفایت می‌کند. از آنجا که جهت اجرای مدل نیاز به داده های مکانی زیادی می‌باشد، لذا از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS)، به عنوان ابزاری مناسب جهت وارد کردن اطلاعات مکانی استخراج شده از تصاویر ماهواره ای، نقشه های موجود و یا درون یابی مکانی داده ها، استفاده شده است.

در این تحقیق، با بهره گیری از اطلاعات و آمار موجود در حوضه آبریز کازرون، سعی شده است که با شبیه سازی این فرآیند به روش SCS، میزان نفوذ عمقی بارش محاسبه گردد. حوضه آبریز کازرون با موقعیت ´۳۰ °۵۱ تا ´۴۵ °۵۱ طول شرقی و ´۳۰ °۲۹ تا °۳۰ عرض شمالی، بخشی از حوضه آبریز رودخانه شاپور و در استان فارس واقع است. وسعت این حوضه ۵۶۰ کیلومتر مربع است (شکل۱). اقلیم منطقه که متأثر از فرآیندهای هواشناسی است، در فرآیند بارش- رواناب نقش زیادی دارد. اقلیم دشت در تقسیم بندی آمبرژه نیمه خشک معتدل، میانگین دمای سالانه ۲۲ درجه سانتیگراد، میانگین بارندگی حدود ۵۲۰ میلیمتر و میزان

[1]- Soil Conservation Service

تبخیر سالانه ۲۵۶۰ میلیمتر است.[1] ارتفاع متوسط حوضه از تراز دریا ۱۰۲۵ متر و شیب متوسط آن ۱۵/۵ درجه است. سطح دشت تحت استفاده کاربریهای مختلف کشاورزی (کاشت مرکبات، غلات و صیفی)، صنعتی و مسکونی (شهری و روستایی) است (شکلهای۲و۳). رودخانه شاپور زهکش اصلی منطقه است و از تنگ چوگان وارد دشت کازرون شده، پس از اتصال دو رودخانه دیگر به نامهای پهنک و سرابشیر به آن، در محل ایستگاه هیدرومتری بوشیگان از منطقه خارج می‌گردد (شکل۱). حوضه آبریز کازرون بنا به تقسیم بندی واحدهای ساختمانی ایران،[2] جزء مناطق چین خورده ساده زاگرس است.[3] سازندها از قدیم به جدید، عبارتند از: گنبد نمکی هرمز، سروک، گورپی، پابده، آسماری، گچساران، بختیاری و آبرفتهای کواترنری. نهشته های کواترنری با تغییر مکان دارای دانه بندی متفاوتی هستند که در نفوذپذیری و تشکیل رواناب این تغییرات ملحوظ هستند. سازندهای آسماری و سروک به لحاظ عدم پوشش خاکی، جزء واحدهای سنگی به حساب آمده، دارای نفوذپذیری پایینی هستند. سازندهای پابده و گورپی که شیلی هستند و سازند گچساران که از گچ و مارن تشکیل گردیده است، به خاطر بافت سنگینی که دارند، بنا به تقسیم بندی سازمان حفاظت خاک آمریکا، جز واحدهای بسیار کم نفوذ به شمار می روند. برای بررسی وضعیت میزان نفوذ عمقی به سفره آب زیرزمینی در این حوضه، نوسانات تراز آب در آبخوان آبرفتی می تواند شاخص خوبی باشد.

روش کار

شبیه سازی فرآیند بارش- رواناب و برآورد میزان نفوذ عمقی به آبخوان آبرفتی کازرون به روش SCS چنانکه در الگوریتم شکل۱۳ نیز آمده است، طی مراحل ذیل انجام گردیده است. از زبان برنامه نویسی *ویژوال بیسیک*[4] جهت شبیه سازی فرآیند بارش- رواناب و محاسبه بیلان آب در خارج از برنامه GIS استفاده شده است. این دو برنامه با همدیگر یک *مدل جعبه سیاه*[5] را

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1]. کوهنجانی و همکاران، ۱۳۷۸

[2]. Falcon, 1974

[3]. درویش زاده، ۱۳۷۰

4-viual Basic
5-Black Box

تشکیل می دهند. اطلاعات لازم به وسیله GIS وارد برنامه مدلسازی بارش- رواناب شده و بعد از پردازش به محیط GIS جهت نمایش برگردانده می شود.

تهیه نقشه CN: عدد منحنی[1](CN) حوضه از همپوشانی لایه کاربری/پوشش اراضی و لایه اطلاعاتی خاک با توجه به جداول مربوطه در کتابهای هیدرولوژی استخراج گردیده است. لایه کاربری/ پوشش اراضی محدوده مورد مطالعه از تصویر ماهواره هندی IRS-IC LISS III اسکن شده در سال ۲۰۰۲ و با قدرت تفکیک مکانی ۲۳/۵ متر (شکل۲) استخراج گردیده است (شکل۳). اطلاعات خاک محدوده مورد مطالعه نیز از نقشه تهیه شده توسط مؤسسه آب و خاک با مقیاس۱:۲۵۰۰۰۰ و نقشه زمین‌شناسی تهیه شده توسط شرکت ملی نفت ایران با مقیاس۱:۱۰۰۰۰۰ استخراج گردیده است (شکل۴). تغییرات مکانی نفوذپذیری خاک با توجه به دانه بندی آن از روی نقشه های خاک و زمین شناسی به صورت نقشه‌ای تحت عنوان نقشه *گروه های هیدرولوژیکی خاک* (HSG) مورد بررسی قرار گرفته است (شکل۵). در نقشه مذکور، خاک به چهار گروه هیدرولوژیکی A، B، C و D با توجه به نفوذپذیری خاک تقسیم بندی شده است. نقشه CN اصلاح شده جهت تهیه نقشه حداکثر نگهداشت پتانسیل خاک (S) مطابق رابطه۱ و محاسبه رواناب (*R*) مطابق رابطه۲ ضروری است.[2]

تهیه نقشه شیب: شیب حوضه که از فاکتورهای مهم در تشکیل رواناب است، از اطلاعات مربوط به توپوگرافی منطقه مورد مطالعه استخراج گردیده است. برای نیل به این هدف در ابتدا با استفاده از فایلهای رقومی داری ارتفاع با *قالب* DGN تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری کشور با فواصل کنتوری ۲۰ متر *شبکه مثلثهای نامنظم* (TIN) (شکل۶) و در نتیجه *مدل ارتفاع رقومی* (DEM) با سلولهایی با ابعاد ۱۰۰ متر تهیه گردید. از DEM ساخته شده شیب و جهت شیب حوضه با همان ابعاد تهیه شده است (شکل۷).

تهیه اطلاعات مربوط به متغیرهای زمانی: آمار و اطلاعات بارندگی، تبخیر، دبی رودخانه و تراز آب زیرزمینی توسط پایگاه اطلاعاتی *مایکروسافت اکسز* ذخیره شده است. تغییرات مکانی میزان بارش و تبخیر در منطقه مورد مطالعه زیاد است. هر دو متغیر از طریق درون یابی مکانی به *روش کریجینگ* در محیط GIS جهت استخراج اطلاعات مربوطه برای ۱۱ سال آبی (۷۳-۷۲ تا ۸۳-۸۲) مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ایستگاههای باران سنجی مورد استفاده در این

1-curve number
2 -Chow et al, 1998

تحقیق شامل ایستگاههای کازرون، پریشان، رشن آباد و دوان و ایستگاههای تبخیر سنجی نیز شامل کازرون، پریشان و کمارج بودند. دبی رودخانه که به صورت روزانه برداشت شده است و جهت کالیبراسیون CN مورد استفاده قرار گرفته است. تراز آب زیرزمینی که از روی نقشه های هم پتانسیل حاصل از درون‌یابی اطلاعات چاههای پیزومتری می‌باشد، جهت برآورد میزان نفوذ عمقی به روش معکوس مورد استفاده قرار گرفته اند.

مرحله محاسبه رواناب ، اصلاح و کالیبراسیون CN: در این مرحله میزان رواناب تشکیل شده از هر بارش روزانه طبق رابطه۲ ارائه شده توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا، محاسبه گردیده است. میزان رواناب تابع مقدار حداکثر نگهداشت پتانسیل خاک (S) که این پارامتر به نوبه خود تابع عدد منحنی (CN) برای هر سلول است. CN یک حوضه از همپوشانی لایه اطلاعاتی کاربری/ پوشش اراضی آن حوضه با توجه به جداول مربوطه در کتابهای هیدرولوژی قابل استخراج است که لازم به اصلاح است. شرایط پیشین خاک نیز مد نظر قرار گرفته (روابط۳و۴) که همراه با شیب حوضه، برای اصلاح CN به کار گرفته شده اند (رابطه۵). بعداز محاسبه CN اصلاح شده مقدار آن با استفاده از اطلاعات به دست آمده از اشل نصب شده بر خروجی حوضه، کالیبره شده است. این نقشه CN اصلاح شده جهت تهیه نقشه حداکثر نگهداشت پتانسیل خاک (S) مطابق رابطه۱ و محاسبه رواناب (*R*) مطابق رابطه۲ ضروری است.[1] در این تحقیق شیب حوضه به صورت درصد از نقشه DEM تهیه گردیده و با استفاده از رابطه۵[2] نقشه شیب جهت اصلاح CN، با نقشه CN ترکیب می شود و نتیجه آن یک نقشه CN اصلاح شده است (شکل۹). برای کالیبراسیون CN از اطلاعات روزانه برداشت شده از ایستگاه هیدرومتری بنه سید که بر روی رودخانه پهنک نصب شده است، استفاده گردیده است و نتایج این کالیبراسیون به صورت نمودار در شکل۱۵ آمده است. از سه روش *محدوده زمانی ثابت محدوده زمانی جابجا شونده لغزشی* و *حداقل موضعی*[3] برای جدا کردن دبی پایه از دبی کل با استفاده از نرم افزار HYSEP[4] استفاده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1 . ibid
2 . Kulkarni et al, 2004
3 . Pettyjohn & Henning, 1997
4 - Hydrograph Separation Program

واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی

تشابه هیدرولوژیکی ابزار دیگری است که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. در این راستا، از فاکتورهای مهم و مؤثر در تشکیل رواناب شامل کاربری/ پوشش اراضی، خاک و شیب جهت تهیه نقشه *واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی* (HRUs) استفاده شده است. HRU در واقع یک تابع توزیع بوده که از طریق یک *مدل تابع انتقال* معین می گردد. یک HRU از سلولهایی با ویژگیهای یکسان از فاکتورهای نامبرده مشخص می‌گردند. با این وجود حوضه به ۱۴۷ زیرحوضه تقسیم شده است (شکل۱۰). که هر کدام از این زیرحوضه‌ها نسبت به این فاکتورها در ایجاد رواناب و نفوذپذیری دارای ارزش معینی هستند. با داشتن نقشه HRU تعداد محاسبات در هنگام برآورد رواناب و محاسبه بیلان کاهش یافته که به نوبه خود می‌تواند ظرفیتهای اشغال شده از حافظه کامپیوتر را پایین آورد.[1] HRU می تواند برای حوضه های فاقد ایستگاه اندازه گیری با دانستن میزان تشکیل رواناب از هر بارندگی و همین طور میزان نفوذ به کار گرفته شود.

بیلان آب خاک: مؤلفه رواناب (بارش مؤثر) به دست آمده از مرحله قبل جهت محاسبه میزان نفوذ از طریق خاک به معادله بیلان آب خاک (رابطه۶) وارد می شود. مؤلفه های دیگر بیلان از جمله بارش و تبخیر از ایستگاههای مربوطه برداشت شده است. از آنجا که رواناب در این تحقیق به روش SCS به صورت روزانه محاسبه شده، بیلان آب خاک فقط جهت روزهای بارش محاسبه شده است، تبخیر در روزهای بارش بسیار اندک بوده و همچنین آب در این روزها جهت تبخیر شدن نیز در دسترس بوده است، بنابراین در این تحقیق تبخیر پتانسیل که از حاصلضرب تبخیر در ضریب تشت (۰/۷۵) به دست می آید، به عنوان تبخیر واقعی در نظر گرفته شده است. هدف از تهیه بیلان آب خاک محاسبه میزان نفوذ سطحی از طریق خاک است.

بیلان آب زیر زمینی: در این مرحله با برآورد میزان خروجی ها و ورودی ها از/ به آبخوان، تغییرات ذخیره آبخوان ($\pm\Delta s$) با استفاده از رابطه۷ محاسبه شده است. مؤلفه های ورودی و خروجی جانبی این بیلان با رسم شبکه جریان و تعیین مقاطع ورودی و خروجی به/از آبخوان برآورد شده است. هدف از تهیه این بیلان تعیین حجم بالا آمدگی آب ($\Delta s>0$) زیرزمینی جهت برآورد میزان نفوذ عمقی بوده است.

[1] . Beven, 2001

محاسبه میزان نفوذ عمقی: در این مرحله از تلفیق مراحل ۲ و ۳ برای رسیدن به یک معادله همبستگی (رابطه۸) جهت ارزیابی نفوذ عمقی استفاده شده است. به منظور بررسی صحت میزان نفوذ عمقی، نوسانات حجم تراز آب زیرزمینی با حجم نفوذ به سطح تراز آب زیرزمینی مقایسه گردیده است (شکل۱۶). حجم بالا آمدگی آب زیرزمینی ($\Delta s>0$) در این تحقیق به عنوان معیاری جهت برآورد میزان نفوذ عمقی مورد بررسی قرار گرفته است.

بحث

در این تحقیق و در راستای استفاده بهینه از آبخوان آبرفتی کازرون، میزان نفوذ عمقی از بارش به آبخوان آبرفتی مذکور در محیط GIS مورد بررسی قرار گرفته است. چون بارش از انواع مختلف در یک حوضه ممکن است تغییرات زیاد و سریعی نسبت به مکان از خود نشان دهد، لذا درک این موضوع جهت ابداع یک تکنیک مناسب برای فرآیندی کردن معادله بارش- رواناب اهمیت زیادی دارد. منطقه مورد مطالعه که قسمتی از زاگرس است، دارای بارش هایی از نوع نقطه ای است. تبخیر و تعرق که خود تحت تأثیر متغیرهای دیگری از جمله دما قرار دارد، می تواند روند کلی فرآیند بارش- رواناب را در یک حوضه دگرگون سازد؛ بنابراین برای تهیه یک بیلان دقیق که بتواند توزیع آب را در یک حوضه تشریح کند، باید تدابیر مناسبی جهت برآورد سهم تبخیر از بارش اتخاذ کرد. از آنجا که محاسبه میزان رواناب به روش SCS و محاسبه بیلان آب خاک به صورت روزانه انجام گرفته اند، لذا تبخیر پتانسیل روزانه جهت روزهای بارانی تقریباً معادل تبخیر واقعی می باشد؛ چرا که تبخیر در این روزها چنانچه قبلاً هم بیان گردید، اندک بوده و آب برای تبخیر شدن نیز در دسترس است.

از سمت دامنه های مشرف به تاقدیس دشتک به سمت میانه های دشت (از شرق به غرب) آبرفت همچنان در جهت شیب توپوگرافی ریزدانه‌تر می شود و دامنه ها و مخروطه افکنه های شرقی دارای نفوذپذیری حداکثر می باشند. گروه هیدرولوژیکی خاک (HSG) با توجه به نفوذپذیری خاک شامل گروههای A، B، C و D است (شکل۵). گروه D با حداقل نفوذ پذیری بیشترین درصد را از نظر مساحت به خود اختصاص می دهد، چرا که واحدهای سنگی فاقد پوشش خاکی (سازندهای آسماری و سروک) و واحدهای متراکم (سازندهای شیلی پابده و گورپی و سازند مارنی و گچی گچساران) بخش عمده ای از منطقه را پوشش می دهند. خاک

گروه A (با درصد بالایی از ماسه) در منطقه وجود ندارد و میانه های دشت نیز عمدتاً مشتمل بر خاکهایی از نوع گروه C است.

در نقشه تجمع جریان هر طیف رنگ نشان دهنده عددی است که بیان می کند که چند سلول در بالا دست سلول مذکور وجود دارد. چنانچه مقدار رواناب جهت هر سلول در هر واقعه بارش تعیین شود، عدد مذکور نشان دهنده رواناب ایجاد شده در خود سلول به علاوه رواناب ایجاد شده توسط سلولهای بالا دست است.

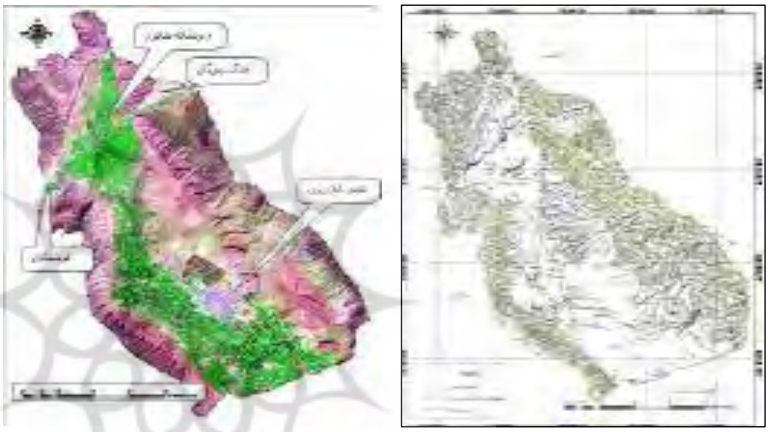
نتیجه گیری

- روش SCS اصولاً یک روش تجربی است. بنابراین، در به کارگیری آن در معادله بیلان آب خاک باید دقت کرد، زیرا که ممکن باعث ایجاد یک خطای تصنعی در معادله بیلان شود.
- خطای ناشی از تغییرات مکانی پارامترها در مدلهای توزیعی به مدلهای لامپ[۱] ممکن است چشمگیر باشد بنابراین بهتر است که حوضه را با استفاده از یک تابع توزیع به کمک مدل تابع انتقال به چندین زیرحوضه تقسیم کرد.
- میزان نفوذ عمقی در حوضه آبریز کازرون به سفره آبرفتی در مناطقی که تحت کشت گیاهان سالیانه از جمله جو و گندم است بیشتر از مناطق تحت کشت درخت است.
- فاکتور شیب در دشت آبرفتی کازرون (دارای شیب صفر درصد) مهمترین عامل در نفوذپذیری خاک است چرا که با تلفیق CN با شیب میزان رواناب ایجاد شده به میزان زیادی کاهش یافت. بنابراین نفوذ ناشی از رواناب اهمیت زیادی در میزان تغذیه دارد.
- در مناطقی از حوضه که سطح تراز آب زیرزمینی در عمق کمی واقع گردیده است، نوسانات تراز آب زیرزمینی در پاسخ به بارش نسبت به مناطق عمیق سریعتر واکنش نشان می دهد. بنابراین در این مناطق استفاده از روش نوسانات تراز آب زیرزمینی به شرط اینکه برداشت تراز آب در محدوده های زمانی چند روزه صورت گیرد بسیار مناسب است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[۱۸]- Lumped Models

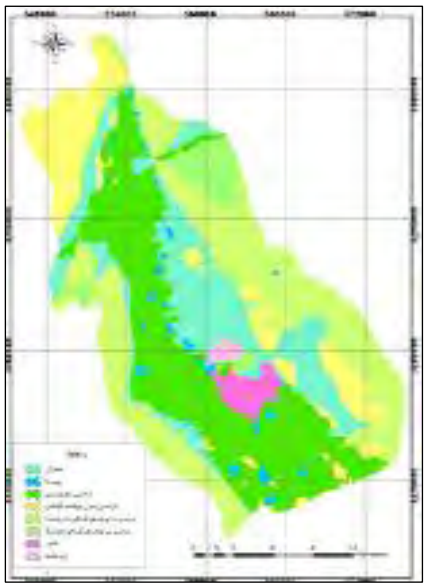
- با توجه به سیستم حاکم بر منطقه بارش از نوع نقطه ای می باشد، بنابرین هرچه حوضه مورد مطالعه از مساحت کمتری برخوردار باشد، روش SCS با نتایج بهتری همراه است.
- میزان نفوذ عمقی تابع عمق تراز آب زیرزمینی می باشد. در مناطقی از حوضه که عمق تراز آب زیرزمینی زیاد می‌باشد، میزان نفوذ عمقی بیشتر است. چرا که میزان نفوذ عمقی تابع جریان جانبی آب زیرزمینی و تشکیل *پشته آب زیرزمینی*[۱] است. در مناطقی از حوضه نظیر مخروطه افکنه های شرق حوضه، که تراز آب در عمق کمی قرار گرفته است، میزان نفوذ عمقی در ابتدا زیاد و سپس کاهش می یابد. در مناطق دیگر که تراز آب در عمق بیشتری قرار دارد، زیرا تشکیل پشته در این مناطق با تأخیر همراه است.



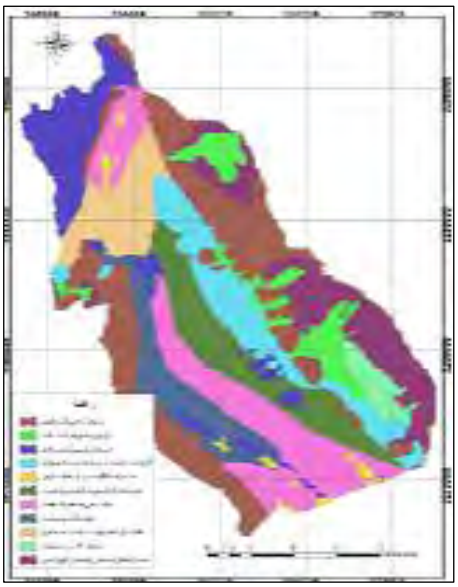
شکل۱- شبکه هیدروگرافی و توپوگرافی حوضه آبریز کازرون شکل۲- تصویر ماهواره ای محدوده مورد مطالعه کازرون

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

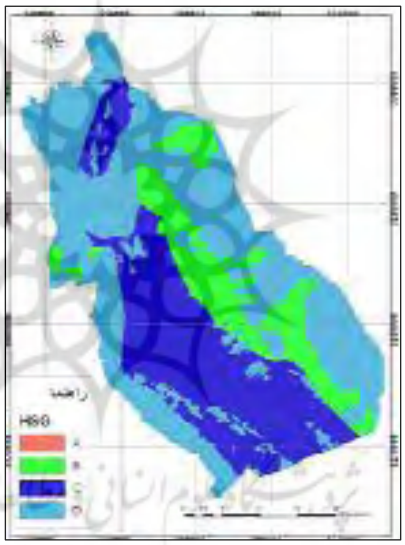
[۱۹] -Groundwater Mound



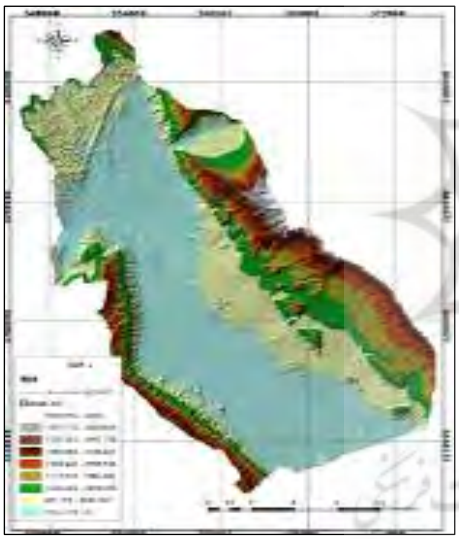
شکل ۳- نقشه پوشش/ کاربری اراضی حوضه آبریز **کازرون**



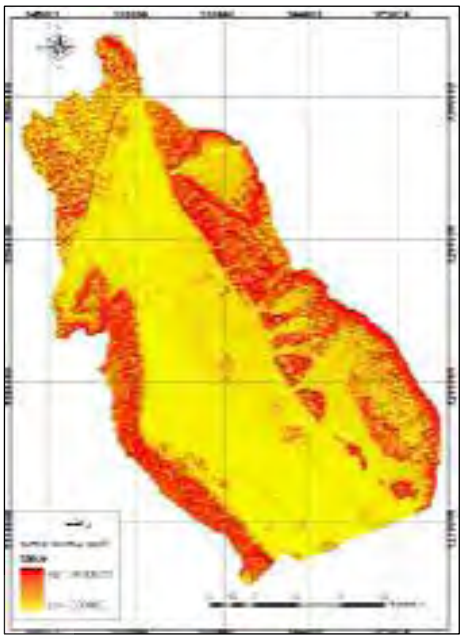
شکل۴- نقشه خاک و زمین شناسی حوضه آبریز کازرون



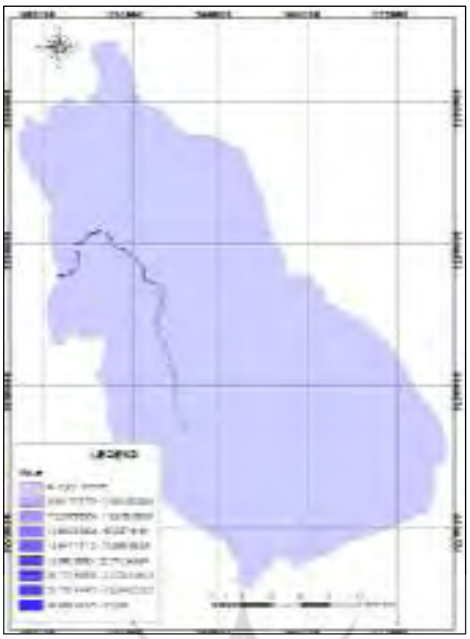
شکل۵- نقشه گروههای هیدرولوژیکی خاک حوضه آبریز کازرون



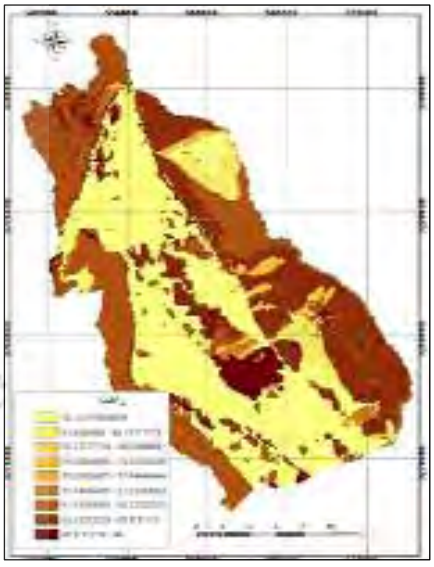
شکل۶- نقشه شبکه مثلثهای نامنظم حوضه آبریز کازرون



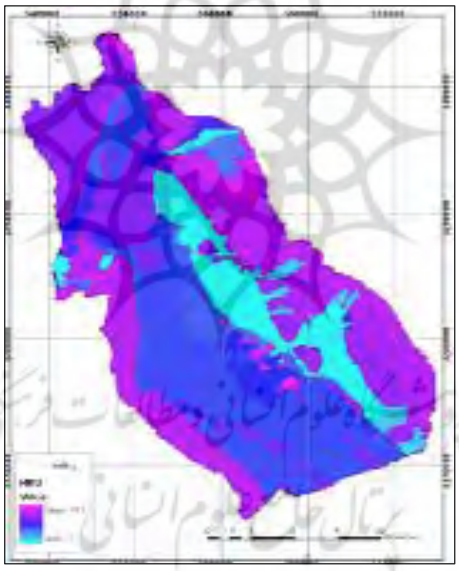
شکل۷- نقشه شیب حوضه آبریز کازرون



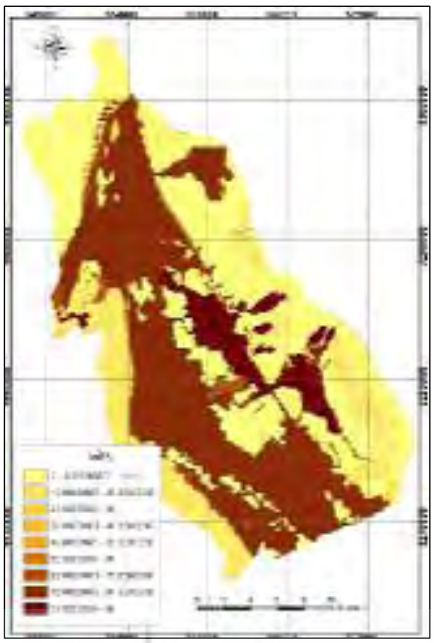
شکل ۸ - نقشه تجمع جریان حوضه آبریز کازرون



شکل۹- نقشه عدد منحنی اصلاح شده حوضه آبریز کازرون



شکل۱۰- نقشه واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی حوضه آبریز کازرون



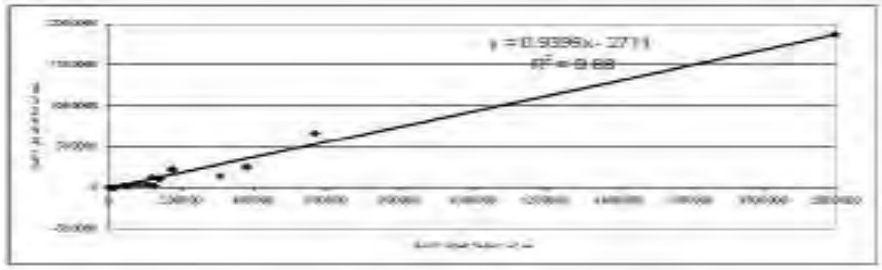
شکل۱۱- درصد نفوذ از بارش مازاد بر رواناب حوضه آبریز کازرون

شکل۱۲ –نقشه خطوط جریان در تراز هیدرولیکی حداکثر آبخوان

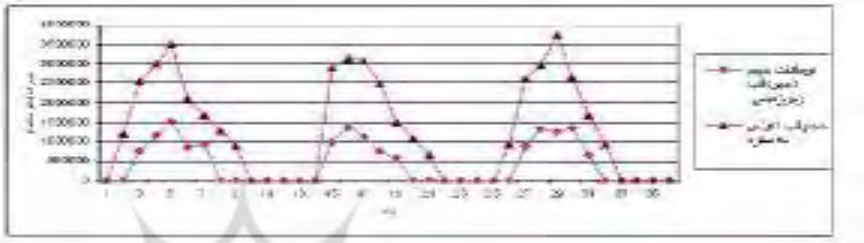
شکل۱۳ نمایش کلی از روند به کارگیری لایه های مختلف اطلاعاتی در محیط GIS جهت شبیه سازی فرآیند بارش

پرتال جامع علوم انسانی

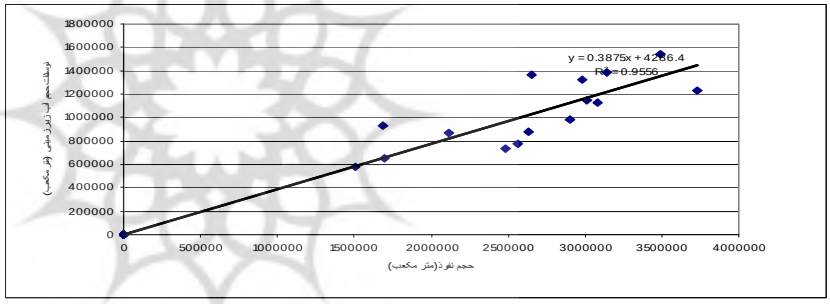
- رواناب و برآورد میزان نفوذ به سفره آب زیرزمینی



شکل۱۴ کالیبراسیون CN حوضه با استفاده از اطلاعات برداشت شده از رودخانه پهنک سالهای آبی ۸۳ تا ۷۲



شکل۱۵ نمودار مقایسه ماهیانه نوسانات حجم ذخیره آب زیرزمینی و حجم آب نفوذی به سفره آبرفتی جهت سه سال آبی ۸۰ تا ۸۳



شکل۱۶ رابطه بین حجم آب نفوذی سطحی محاسبه شده و نوسانات حجم تراز آب زیرزمینی در سالهای آبی ۸۰ تا۸۳.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱- بهروز کوهنجانی سیاوش، رستگار رزیتا، خوبان محمدرضا، فیاض محمدعلی، .....، ۱۳۷۸، گزارش تلفیق مطالعات منابع آب حوضه آبریز کازرون- پریشان، سازمان آب منطقه ای فارس، بوشهر و کهگیلویه و بویراحمد؛

۲- درویش زاده علی، ۱۳۷۰، زمین شناسی ایران، نشر دانش امروز؛

۳- سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳۷۶، نقشه های توپوگرافی رقومی با قالب DGN، بلوک ۹۸ (کازرون) با مقیاس۲۵۰۰۰: ۱؛

۴- مؤسسه آب و خاک، ۱۳۸۱، نقشه خاک استان فارس- کازرون با مقیاس ۲۵۰۰۰۰: ۱

5. Beven, K. J., 2001, *Rainfall-Runoff Modeling*, John Wiley & Sons,. p. 360;

6. Chow, V. T., Maidment, D. R. and Mays, L. M., 1988, *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, p.571;

7. MacLeod, J.H. and Majedi, M., 1972, KĀZERŪN, GEOLOGICAL COMPILATION MAP, 1:100000, IRANIAN OIL OPERATING COMPANIES;

8. Kulkarni, A. A., Aggarwal, S. P. and Das, K. K., 2004, *Estimation of Surface Runoff using Rainfall- Runoff Modeling of Warasgaon Dam Catchmen*t, Indian Institute of Remote Sensing, p. 15.

9. Ronald A. Sloto and M. Y. C., 1996, *HYSEP: A COMPUTER PROGRAM FOR STREAMFLOW HYDROGRAPH SEPARATION AND ANALYSIS*, U.S. GEOLOGICAL SURVEY, Water-Resources Investigations Report 96-4040, p. 54;

10. Rushton, K. R., 2003, *Groundwater Hydrology, Conceptual and Computational Models*, John Wiley & Sons, p. 416;

11. Rushton, K.R., 1988, *Numerical and conceptual models for recharge estimation in arid and semi-arid zones*. Reidel Publishing Company, pp. 233-238;

12. Scanlon, B.R., Healy, R.W., and Cook, P.G., 2002, *Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge*, Hydrogeology Journal, Vol. 10(1), pp. 18-39;

13. Sophocleous, M.A., 1991, *Combining the soil-water balance and water-level fluctuation methods to estimate natural ground-water recharge practical aspects*, Journal of Hydrology, Vol. 124(3-4), pp. 229-241.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی