

# شبیه سازی سیل و بررسی تاثیر زیر حوزه ها در سیل خیزی

جلیل وهابی

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور

آدرس: تهران- صندوق پستی ۱۱۳۶- ۱۳۴۴۵

تلفن: ۸-۴۴۹۰۱۲۱۴، دورنگار: ۴۴۹۰۵۷۰۹

Email: vahabi\_j@scwmri.ac.ir

## چکیده

مطالعات سیل به منظور برنامه ریزی، بهره برداری بهینه و مدیریت این پدیده طبیعی از جمله مسائل مبتلا به کشور است. شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک بخش وسیعی از کشور سبب شده است علیرغم تحمیل خسارات سنگین ناشی از بروز خشکسالی، همه ساله شاهد بروز سیلابهای مخرب با دامنه خسارات وسیع بود. تخریب شدید منابع طبیعی چه به صورت بهره برداری بی رویه از جنگلها و مراتع و چه به شکل تغییر کاربری اراضی و تبدیل آنها به اراضی کشاورزی نامناسب و یا ساخت بی رویه مناطق مسکونی، موجب شده است، سیلابها سال به سال چه از نظر تعداد وقوع و چه از نظر شدت خسارات افزایش یابند. در این تحقیق ضمن بررسی قابلیت مدل هیدرولوژیکی HEC- HMS در شبیه سازی هیدروگراف سیل با استفاده از قابلیت های سیستم های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در تهیه و آماده سازی اطلاعات مورد نیاز، میزان تاثیر هر یک از زیرحوزه ها در دبی اوج و میزان سیلاب خروجی با وقوع هر رویداد بارش در حوزه آبخیز دماوند تعیین گردید. بر اساس نتایج بدست آمده، زیر حوزه های ۶ و ۲ به ترتیب بیشترین و کمترین تاثیر را در ایجاد دبی سیلابی حوزه در بارش با دوره بازگشت ۱۰۰ سال داشته اند.

واژه های کلیدی: حوزه آبخیز دماوند، رواناب، سیل خیزی، واحدهای هیدرولوژیکی، HEC-HMS

## مقدمه

ایران از نظر اقلیمی در ناحیه خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است. حدود ۱۳ درصد از مساحت کشور دارای آب و هوای کوهستانی و سرد، ۱۴ درصد دارای آب و هوای معتدل و حدود ۷۳ درصد از مساحت دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک است. توزیع زمانی و مکانی بارش در کشور کاملاً متغیر و غیر یکنواخت بوده به طوری که حدود ۹۰ درصد بارش کل کشور در فصول سرد و مرطوب و در مناطق شمال و غرب کشور و تنها ۱۰ درصد بارش در فصول گرم و خشک سال و در مناطق مرکزی، جنوب و شرق کشور اتفاق می افتد.

بررسی آمار و اطلاعات خسارات سالانه ناشی از وقوع سیلاب ها در ایران و جهان بیانگر گستردگی صدمات ناشی از وقوع سیلاب به منابع طبیعی است. لذا تدوین برنامه ای جامع با هدف مهار، کنترل و بهره برداری بهینه با اعمال اقدامات مدیریتی متناسب با کلیه عوامل دخیل در ایجاد و طغیان سیلاب های منطقه ای است. با عنایت به تاثیر عوامل مختلف در بروز سیل، انواع اقدامات مدیریتی (آبخیزداری و مدیریت کاربری اراضی، برنامه ریزی و مدیریت در مسیر رودخانه ها و مسیل ها، پیش بینی و هشدار سیل، اقدامات پیش گیری و حمایتی در مناطق سیل گیر و پهنه بندی خطر سیل) می توانند در کاهش خسارات ناشی از آن مؤثر باشد.

از جمله اقدامات موثر و اساسی که می توان به منظور کاهش دبی اوج و یا حجم سیلاب با تغییر در مولفه هایی نظیر تلفات برگابی، نفوذ، ظرفیت ذخیره، تبخیر و تعرق، افزایش زمان تمرکز و یا انتقال رواناب انجام داد، عملیات آبخیزداری است. به عبارت دیگر با هدف حفاظت آب و خاک، با ایجاد پوشش گیاهی و اجرای عملیات سازه ای با کنترل جریان رواناب سطحی و آبراهه ای، ضمن کاهش میزان فرسایش و انتقال رسوب، شرایط مطلوبی را برای افزایش ذخیره برگابی، نفوذ پذیری و ذخیره رطوبت فراهم می گردد. بدیهی است شرایط مذکور کاهش رواناب سطحی (دبی اوج و حجم) و مهار سیلاب و کاهش خسارات ناشی از سیل و افزایش پتانسیل بهره برداری از منابع آب های سطحی و زیر زمینی را به دنبال خواهد داشت.

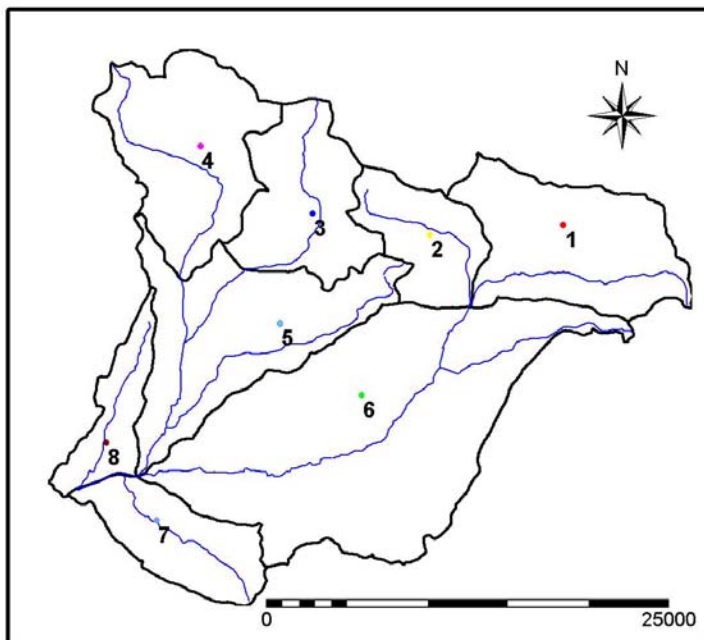
انجام عملیات آبخیزداری در گستره حوزه های آبخیز نیازمند توان مالی و اجرایی بسیار بالایی است. لذا باید در یک برنامه ریزی جامع با لحاظ پتانسیل نیروی انسانی متخصص، امکان تامین اعتبارات لازم از منابع ملی و خصوصی و همچنین مطالعه و اولویت بندی حوزه های آبخیز و زیر آبخیزها از نظر میزان تاثیر در تولید رواناب و بروز سیلاب، اقدامات آبخیزداری، مطالعه، طراحی و اجرا گردد تا بتوان سیل را در سر منشاء آن یعنی زیر حوزه ها مهار نمود. لذا، شناسایی واحدهای هیدرولوژیکی که پتانسیل بالایی در تولید سیل دارند، امکان بهینه سازی عملیات اجرایی را در سطوح کوچک اما موثر از نظر تولید سیل فراهم می نماید.

از جمله روش هایی که با فراهم شدن امکان دسترسی به تصاویر ماهواره ای و کاربرد سیستم های اطلاعات جغرافیایی برای پردازش، نگهداری و به روز کردن لایه های اطلاعات منابع زمینی می تواند در محاسبه سیل ناشی از یک بارش معین بکار رود، مدل های هیدرولوژیکی هستند. این مدل ها می توانند با لحاظ توزیع مکانی خصوصیات بارش و حوزه آبخیز برآوردهای قابل قبولی را به دست دهند. مدل های هیدرولوژیکی قادر به شبیه سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی سطح زمین به منظور بهبود مدیریت منابع آب می باشند (Dovonec, 2000). مدل های بارش-رواناب یکی از روش های تخمین رواناب و ابزاری مناسب برای مطالعه فرآیندهای هیدرولوژیکی و ارزیابی منابع آبی می باشند (Lang, 1999). دو کاربرد مهم مدل های بارش-رواناب، پیش بینی سیلاب و شبیه سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی است (Gautam, 2001). در دهه های گذشته مدل های متعددی توسط محققین ارائه شده است.

## منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز دماوند بین  $40^{\circ} 46' 52''$  تا  $5^{\circ} 12' 52''$  طول شرقی و  $35^{\circ} 32' 48''$  تا  $39^{\circ} 51' 35''$  عرض شمالی واقع شده است. این حوزه از شمال به حوزه آبریز سد لار و هراز، از شرق به حوزه آبخیز ایوانکی و دریاچه تار، از غرب به حوزه آبخیز لتیان و از جنوب به منطقه ورامین محدود می شود. فاصله حوزه از محل شهر دماوند تا تهران ۵۰ کیلومتر و وسعت حوزه  $762/75$  کیلومتر مربع است. ارتفاع متوسط حوزه  $2107$  متر از سطح دریا بوده و حدود ۵۰ درصد سطح این حوزه در ارتفاع بالاتر از ۲۰۰۰ متر واقع شده است. بلندترین نقطه حوزه در شمال شرقی آن به ارتفاع ۴۰۱۰ متر روی کوه چنگیز چال و پست ترین نقطه در دهانه خروجی حوزه، در ارتفاع ۱۲۵۰ متری نزدیک روستای ماملو قرار دارد. شکل حوزه به طور کلی شبیه به چند ضلعی است. ضریب شکل حوزه با استفاده از روش گراولیوس  $1/38$  برآورده شده است. شیب متوسط حوزه  $32/2$  درصد است و تراکم آبراهه در کل حوزه  $2/62$  کیلومتر بر کیلومتر مربع است. زمان تمرکز محاسبه شده برای حوزه بر مبنای رابطه برانسیبی ویلیامز،  $8/79$  ساعت می باشد. متوسط نزولات جوی سالانه حوزه  $443/4$  میلی متر است که از این مقدار  $378$  میلی متر به صورت برف نازل می گردد. متوسط دبی رودخانه دماوند در دوره آماری ۳۳ ساله (۱۳۷۹ - ۱۳۴۸) برابر  $2/4$  متر مکعب در ثانیه برآورد شده است. سیلاب هایی که در منطقه دماوند رخ می دهد عمدتاً تحت تاثیر دو علت اصلی صورت می پذیرد. وقوع رگبارهای شدید و کوتاه مدت در فاصله ماههای خرداد تا مهر که بدلیل شدت زیاد و زمان وقوع و با توجه به دخالت بی رویه عوامل انسانی در حریم رودخانه خسارت جانی و مالی بسیار به بار می آورد. ریزش های طولانی مدت همزمان با بالا رفتن درجه

حرارت و ذوب برف که منجر به خسارات زیاد نمی شوند. در این تحقیق، حوزه آبخیز دماوند بر اساس ویژگی های فیزیوگرافی به هشت زیر حوزه تقسیم گردید (شکل ۱). خصوصیات فیزیوگرافی مورد نیاز زیر حوزه های مورد مطالعه در حوزه دماوند در جدول (۱) ارائه شده است.



شکل (۱) نقشه واحدهای مطالعاتی (زیر حوزه ها) حوزه آبخیز دماوند

جدول (۱) معرفی خصوصیات فیزیوگرافی زیر حوزه های مورد مطالعه

شماره زیر حوزه	مساحت (کیلومتر مربع)	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	شیب آبراهه اصلی (درصد)	زمان تمرکز (ساعت)	زمان تاخیر (ساعت)
۱	۹۷,۱۳۷	۱۶,۸۸۴	۱۰,۸	۸,۸۰	۵,۳۲
۲	۴۶,۱۷۲	۱۲,۳۹۶	۵,۴	۳,۹۲	۲,۳۵
۳	۸۲,۱۶	۲۱,۰۷۶	۷,۵	۵,۳۵	۳,۲۱
۴	۱۱۰,۱۱	۲۳,۱۶۹	۵,۳	۶,۱۳	۳,۶۸
۵	۸۵,۹۳	۲۴,۶۳۳	۵,۲	۶,۷۰	۴,۰۲
۶	۲۵۳,۵۸	۳۶,۱۲۲	۵,۱	۸,۸۶	۵,۳۲
۷	۵۱,۶۴	۱۲,۰۵۹	۷,۸	۳,۱۸	۱,۹۸
۸	۳۲,۲۶	۱۲,۲۷۱	۳,۵	۴,۰۱	۲,۴۱
کل حوزه	۷۵۸,۹۲	—	۲,۳۰	۸,۷۹	۵,۲۷

## مواد و روش

در این تحقیق منظور از سیل خیزی، میزان تاثیر هر یک از واحدهای هیدرولوژیکی در ایجاد دبی اوج خروجی از حوزه می باشد. لذا در صورت تعیین سهم هر یک از زیر حوزه ها در دبی اوج ناشی از یک رویداد بارش، می توان میزان مشارکت هریک از زیر حوزه ها را مشخص و اولویت بندی نمود. به منظور برآورد دبی

اوج سیلابی ناشی از وقوع بارش های مختلف در خروجی حوزه و زیر حوزه ها، مدل هیدرولوژیک HEC-HMS مورد استفاده قرار گرفت (USACE, 2000).

برای اجرای مدل مذکور، اطلاعات مورد نیاز با بررسی های کتابخانه ای (اطلاعات بارش، سیل و بررسی خصوصیات خاک منطقه، بازمینی و اصلاح نقشه خاک و تعیین محل دقیق مناطق آموزشی به منظور کاربرد در پردازش تصاویر ماهواره ای منطقه مورد نظر) و بهره گیری از نرم افزار ILWIS برای پردازش تصاویر ماهواره ای برای تهیه نقشه های تراکم پوشش گیاهی<sup>۱</sup> و پوشش سطحی<sup>۲</sup> حوزه و زیرحوزه ها و همچنین بکارگیری نرم افزار ILWIS به منظور تولید مدل ارتفاعی رقومی حوزه، نقشه های شیب زیر حوزه ها، نقشه های شماره منحنی<sup>۳</sup> (CN) زیرحوزه ها بدست آمد.

بعد از تهیه اطلاعات مورد نیاز و واسنجی و آزمون مدل HEC-HMS، هیدروگراف سیل خروجی در زیرحوزه های مورد مطالعه به روش SCS برای بارش های مورد نظر بدست آمد. در برآورد هیدروگراف سیل برای هر رویداد بارش به منظور تعیین نقش هر یک از واحدهای هیدرولوژیکی حوزه در میزان دبی اوج سیلاب، مدل برای هر رویداد بارش با حذف هیدرولوژیکی هر یک از زیر حوزه ها اجرا گردید و هیدروگراف سیلاب مربوطه برآورد گردید. بدین ترتیب، با مقایسه مقادیر دبی اوج برای هر رویداد می توان سهم هر یک از زیر حوزه ها را در دبی اوج خروجی حوزه تعیین شده است. برای حصول نتایج مورد انتظار در این تحقیق مراحل انجام کار به شرح زیر برنامه ریزی و انجام گردید:

## ۱- برآورد زمان تاخیر در زیر حوزه ها

با عنایت به محدودیت اعلام شده جهت کاربرد فرمول ارائه شده توسط اداره حفاظت خاک امریکا که کاربرد این فرمول را در حوزه ها تا ۸۰۰ هکتار توصیه نموده است، زمان تاخیر در زیر حوزه های مورد مطالعه با استفاده از رابطه برانسی ویلیامز ارائه شده در ذیل محاسبه گردیده است:

$$T_c = \frac{L}{1.5D} \left( \frac{M^2}{F} \right)^{0.2} \quad (1)$$

که در آن:  $T_c$  زمان تمرکز (ساعت)،  $L$  طول آبراهه اصلی (کیلومتر)،  $D$  قطر دایره همسطح با حوزه آبخیز (کیلومتر)،  $M$  مساحت حوزه آبخیز (کیلومتر مربع) و  $F$  شیب متوسط آبراهه اصلی (در ۱۰۰ متر) است. بعد از برآورد زمان تمرکز برای کلیه زیر حوزه ها با استفاده از رابطه زیر زمان تاخیر برای واحدهای مطالعاتی هشت گانه محاسبه گردید (جدول ۲):

$$T_L = 0.6 t_c \quad (2)$$

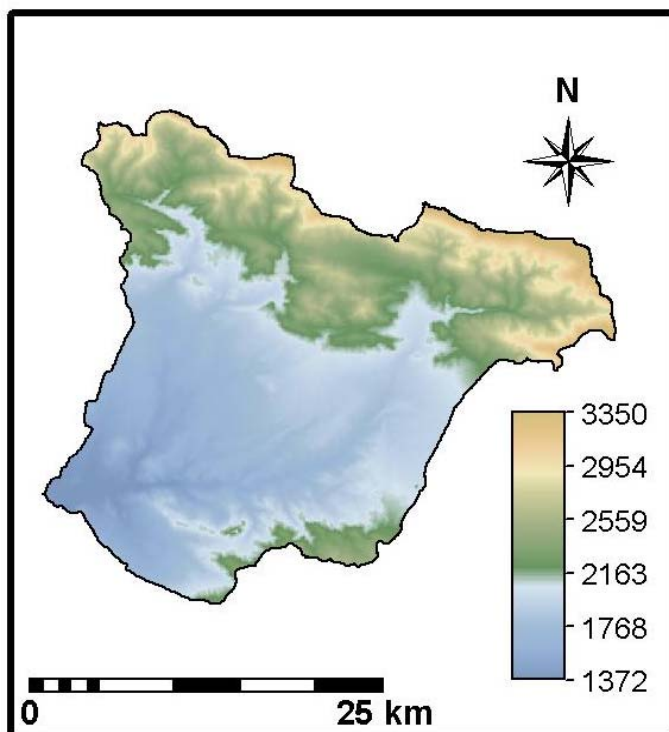
که در آن:  $T_L$  زمان تاخیر برحسب ساعت،  $T_c$  زمان تمرکز برحسب ساعت میباشد.

## ۲- برآورد مساحت و شیب زیر حوزه ها

به منظور بررسی و برآورد ویژگی های فیزیوگرافی و توپوگرافیکی مورد نیاز از منطقه تحقیق، نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ حوزه آبخیز دماوند به عنوان نقشه پایه لحاظ و رقومی گردید. با توجه به شرایط توپوگرافی و تراکم زهکشی حوزه، واحدهای هیدرولوژیکی تفکیک و مرز واحدها رسم گردید. با تولید مدل

- 
- Vegetation Intensity
  - Land Cover
  - Curve Number

ارتفاعی رقومی حوزه (شکل ۲)، نقشه شیب حوزه و زیر حوزه ها تهیه و مقادیر شیب متوسط و مساحت زیر حوزه ها برآورد گردید (جدول ۲).



شکل (۲) مدل ارتفاعی رقومی (DEM) حوزه آبخیز دماوند

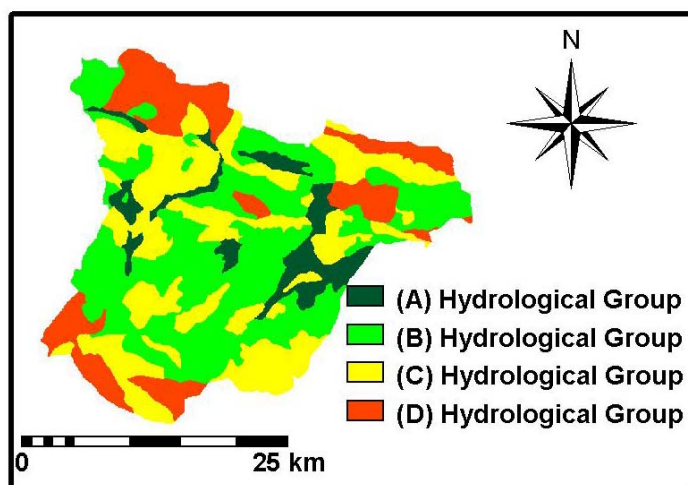
جدول (۲) اطلاعات ورودی مورد نیاز مدل HEC-HMS به منظور برآورد هیدروگراف سیل به روش SCS

شماره زیر حوزه	مساحت زیر حوزه (کیلومتر مربع)	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	شیب آبراهه اصلی (درصد)	شماره منحنی (CN)II	زمان تاخیر (ساعت)	ضریب نگهداشت سطحی (S)
۱	۹۷/۱۴	۱۶/۸۸۴	۱۰/۸	۷۰	۵/۳۲	۱۰/۹
۲	۴۶/۱۷	۱۲/۳۹۴	۵/۴	۶۰	۲/۳۵	۱۶/۹
۳	۸۲/۱۶	۲۱/۰۶	۷/۵	۷۰	۳/۲۱	۱۰/۹
۴	۱۱۰/۱۱	۲۳/۱۶۹	۵/۳	۶۹	۳/۶۸	۱۱/۴
۵	۸۵/۹۳	۲۴/۶۳۳	۵/۲	۶۷	۴/۰۲	۱۲/۵
۶	۲۵۳/۵۸	۳۶/۱۲۲	۵/۱	۶۷	۵/۳۲	۱۲/۵
۷	۵۱/۶۴	۱۲/۰۵۹	۷/۸	۷۶	۱/۹۱	۸/۰
۸	۳۲/۲۶	۱۲/۲۷۱	۳/۴	۷۲	۲/۴۱	۹/۹

### ۳- تعیین شماره منحنی (CN) در زیر حوزه ها

برای تعیین شماره منحنی در واحدهای مطالعاتی ابتدا گروه های هیدرولوژیکی خاک در زیر حوزه های مورد نظر با استفاده از بررسی های خاکشناسی حوزه (مطالعات جامع حوزه آبریز دماوند) و میزان حداقل شدت نفوذ پذیری واحدهای مختلف خاک براساس خصوصیات فیزیکی، با استفاده از جداول تجربی ارائه شده،

تعیین گردید. سپس با استفاده از جدول ارائه شده تبه وسیله سازمان حفاظت خاک آمریکا، گروه های هیدرولوژیکی در محیط GIS با ایجاد جدول طبقه بندی بر پایه واحدهای خاک موجود در حوزه و مقادیر حداقل شدت نفوذ پذیری تعیین شده برای هر واحد، نقشه رقومی واحدهای خاک حوزه، نقشه گروه های هیدرولوژیکی خاک برای حوزه و واحدهای مطالعاتی به تفکیک تعیین گردید (شکل ۳).

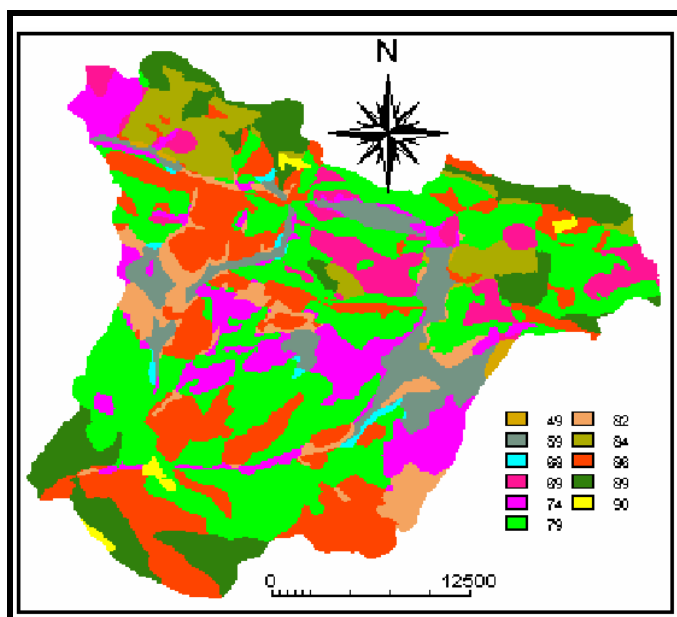


شکل (۳) نقشه گروه های هیدرولوژیکی خاک حوزه آبخیز دماوند

نقشه پوشش سطحی منطقه با استفاده از ترکیب تصاویر ماهواره ای با باندهای TM<sub>2,3,4</sub> تهیه شد. برای تهیه نقشه تراکم پوشش گیاهی<sup>۱</sup>، نسبت به تعیین شاخص تراکم پوشش گیاهی<sup>۲</sup> (NDVI) با بهره گیری از قابلیت نرم افزار ILWES و باندهای TM<sub>3</sub> و TM<sub>4</sub> پردازش شده اقدام گردید. با تعیین نقشه های گروه های هیدرولوژیکی خاک، پوشش سطحی و تراکم پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش های همپوشی لایه ها و ایجاد و اعمال جدول طبقه بندی، شماره منحنی (CN) حوزه تهیه گردید. بعد از این مرحله با توجه به این که برای استفاده از مدل HEC-HMS، شماره منحنی (CN) زیر حوزه ها مورد نیاز است، با داشتن نقشه رقومی محدوده زیر حوزه ها در نقشه کلی منطقه، نقشه CN زیر حوزه ها با استفاده از نقشه CN حوزه حاصل گردید (شکل ۳).

## ۵ - تعیین هیدروگراف و میزان دبی اوج سیل در خروجی حوزه و زیر حوزه ها

در این تحقیق با توجه به کمبود ایستگاه باران سنجی در حوزه مورد مطالعه و وجود تنها یک ایستگاه باران سنج ثابت در ایستگاه آبعلی برای واسنجی و آزمون مدل HEC-HMS از آمار موجود این ایستگاه استفاده شد. البته به منظور حصول دقت لازم در نتایج بدست آمده از بکارگیری مدل، با استفاده از رابطه تغییرات ارتفاع-بارندگی حوزه برای مراکز ثقل کلیه زیر حوزه ها میزان برآوردی از یک بارش مشخص در محاسبات لحاظ گردید و هیتوگراف سه بارش ثبت شده دارای هیدروگراف سیل در خروجی از ایستگاه آبعلی برای واسنجی و آزمون مدل استفاده شد. به منظور برآورد هیدروگراف سیل برای دوره بازگشت مورد نظر با توجه به زمان تمرکز حوزه ( ساعت  $t_c = 8/79$ )، هیتوگراف بارش ۹ ساعته برای دوره بازگشت ۱۰۰ سال برآورد و منظور گردید.



شکل (۳) نقشه شماره منحنی (CN) حوزه آبخیز دماوند

برای تعیین میزان تاثیر زیر حوزه ها در سيل خیزی حوزه به ازای بارش ۱۰۰ ساله با زمان تداوم ۹ ساعت و تشکیل فایل ورودی مدل مورد نظر برای برآورد دبی ناشی از بارش مذکور و روندیابی جریان در داخل روخانه به روش ماسکینگام، میزان دبی اوج برای بارش مذکور در زیر حوزه ها و خروجی حوزه برآورد گردید. در ادامه برای تعیین میزان تاثیر هر کدام از زیر حوزه ها در سيل خروجی از حوزه، هیدروگراف و دبی اوج سيل به تناوب با حذف هر یک از زیر حوزه ها برای بارش مورد نظر برآورد گردیدند (جدول ۳).

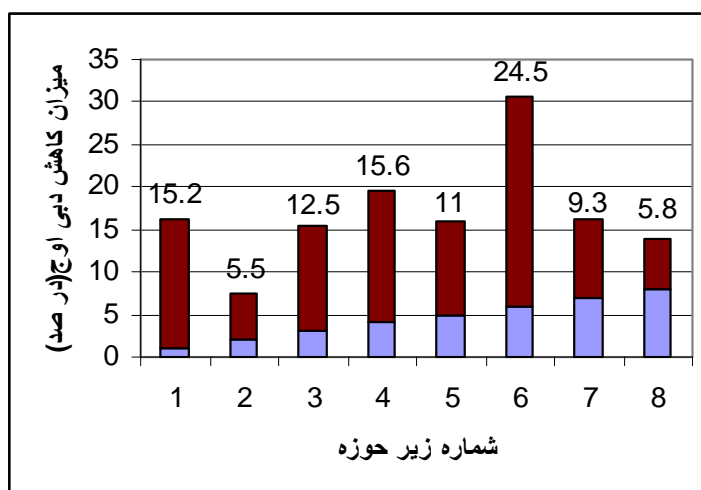
## ۶- نتایج و بحث

در مرحله اول از اجرای مدل با بارش ۱۰۰ ساله با زمان تداوم ۹ ساعت مقدار دبی اوج خروجی از حوزه و هر یک از زیرحوزه ها برآورد گردیدند (ستون دوم جدول ۳). با توجه به نتایج حاصل از اجرای مدل زیر حوزه ۶ با مساحت ۲۵۳/۵۸ کیلو مترمربع و زیر حوضه شماره ۸ با مساحت ۳۲/۲۶ کیلو مترمربع به ترتیب با دبی اوج های ۱۹۸/۸۹ و ۳۸/۸۱۴ متر مکعب بر ثانیه، بیشترین و کمترین دبی خروجی را داشته اند. زیر حوزه ۶ با داشتن بیشترین مساحت و زیر حوزه ۸ با کمترین مساحت به ترتیب بیشترین و کمترین دبی اوج را تولید نموده اند، با بررسی اطلاعات موجود در ستون های ۲ و ۳ جدول ۳، مشخص می شود که همیشه میزان مساحت نمی تواند تنها عامل تعیین کننده در میزان دبی خروجی باشد، چرا که اطلاعات ستون های مذکور در ترتیب اولویت زیر حوزه ها از نظر مساحت و میزان دبی خروجی در زیر حوزه های ۱، ۳، ۴ و ۵ بر خلاف این باور می باشد.

نتایج حاصل از اجرای مدل در مرحله دوم که برای نشان دادن میزان تاثیر هر یک از زیر حوزه ها در میزان دبی اوج خروجی از حوزه آبخیز انجام گردید. بررسی نتایج بدست آمده نشان می دهد که زیر حوزه ۶ با ۲۴/۵ در صد و زیر حوزه ۲ با ۵/۵ در صد، بیشترین و کمترین تاثیر را در میزان دبی اوج و یا به عبارتی در سيل خیزی حوزه داشته اند. آنچه که از نتایج این تحقیق می توان به عنوان توصیه عملی ارائه نمود، اولویت بندی اجرای عملیات آبخیزداری در حوزه می باشد. با توجه به میزان اعتبارات تخصیصی، نیروی متخصص و شرایط منطقه ای می توان با تجزیه و تحلیل تاریخی سيل های وقوع یافته در حوزه و اراضی پائین دست و پهنه بندی خطر سيل در آن، نسبت به ارائه برنامه زمان بندی اجرای عملیات به نحوی که از ایجاد سيلاب با دامنه تخریب وسیع جلوگیری نماید و با لحاظ محدودیت های موجود اقدام نمود.

جدول (۳) - نتایج حاصل از اجرای مدل HEC-HMS برای سیلاب طرح با دوره بازگشت ۱۰۰ سال

اولویت بندی بر اساس میزان تاثیر	میزان تاثیر در دبی اوج خروجی (درصد)	دبی اوج خروجی از حوزه بدون زیر حوزه مربوطه (متر مکعب بر ثانیه)	میزان رواناب خروجی (میلیمتر)	میزان دبی اوج (متر مکعب بر ثانیه)	شماره زیر حوزه
۳	۱۵/۲	۱۳۱/۴۳	۲۸/۶	۱۱۰/۹۷۰	۱
۸	۵/۵	۱۴۸/۶۰	۲۰/۸	۴۰/۱۷۴	۲
۴	۱۲/۵	۱۳۶/۶۵	۲۸/۳	۸۷/۳۲۰	۳
۲	۱۵/۶	۱۳۲/۵۱	۲۷/۲	۱۰۸/۷۶۰	۴
۵	۱۱	۱۴۰/۳۱	۲۵/۳	۷۷/۳۶۶	۵
۱	۲۴/۵	۱۲۰/۲۲	۲۳/۸	۱۹۸/۸۹۰	۶
۶	۹/۳	۱۳۹/۹۶	۳۴/۴	۷۱/۰۸۷	۷
۷	۵/۸	۱۴۷/۶۵	۳۰/۴	۳۸/۸۱۴	۸
---	---	---	۲۶/۴	۶۹۶/۵۵۰	حوزه



شکل (۴) - میزان تاثیر هر یک از زیر حوزه ها در دبی اوج خروجی



## منابع مورد استفاده :

- ۱ - افشار، ع. ۱۳۶۴. هیدرولوژی مهندسی، چاپ مرکز نشر دانشگاهی، ۴۵۹ صفحه.
- ۲ - مهدوی، محمد. ۱۳۷۶. بررسی آثار اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی خسارات سیل، کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه ها.
- ۶- وزیری، فریبرز. ۱۳۷۰. تجزیه و تحلیل رگبارها ( تعیین منحنی های شدت - مدت ) در نقاط مختلف ایران.
- ۷- طرح جامع آبخیزداری حوزه آبخیز دماوند. ۱۳۷۰. شرکت خدمات مهندسی جهاد - وزارت جهاد کشاورزی.
- ۸ - گزارش های آمار بارندگی ایستگاههای باران سنجی آبعلی، چشمه اعلاء، مرآه، آردینه و ماملو، طی سالهای ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۵، سازمان آب منطقه ای تهران و سازمان هواشناسی کشور.
- ۹ - گزارشهای سیلاب رودخانه دماوند در ایستگاه هیدرومتری ماملو، سازمان آب منطقه ای تهران
- 10- Dovonce, E. 2000: A physically based distributed hydrologic model, Master of Science Thesis, the Pennsylvania State University.
- 11- Gautam, D.K. and P., Holz. 2000. Rainfall runoff modeling using adaptive neuro-fuzzy system, J. Hydro Information, 3:3-10.
- 12- Lang, J., A. P. Schick and C. Leibundgut, 1999. A noncalibrated rainfall-runoff model for larg, arid catchment, Water Resource Research, 35(7): 2126-2177.
- 13- 1617- USACE. 2000. Hydrologic modeling System (HEC-HMS), Technical Reference Manual.