مجله علمی-پژوهشی

علوم کشاورزی

سال دوازدهم، شماره (۲) ۱۳۸۵

بررسی تاثیر توان تفکیک مکانی یک مدل هیدرولوژیک در شبیه سازی دبی اوج سیل

سیدرضا الوانکار

دانش‌آموخته دوره دکتری آبیاری-هیدرولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات و عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

بهرام ثقفیان

دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

حسین صدقی

استاد گروه آبیاری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

چکیده

خصوصیات فیزیکی حوضه‌های آبریز در کلیه مناطق آن یکسان نیست. برای در نظرگرفتن این تغییر پذیری در محاسبه سیلاب، مدل‌های توزیعی توسعه یافته‌اند. از طرف دیگر با توسعه سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی امکان استفاده از مدل‌های توزیعی افزایش یافته است. این تحقیق با هدف اصلی بررسی تاثیر اندازه سلول در محاسبه دبی اوج سیلاب در مدل‌های توزیعی شبیه سازی هیدروگراف حاصل از بارش انجام گردیده و مطالعات موردی این تحقیق در حوضه آبخیز کن که در شمال غربی تهران واقع بوده و دارای آمار و اطلاعات مناسبی از اندازه‌گیری مقدار و توزیع زمانی بارش و همچنین سیلاب می‌باشد به اجرا درآمده است. با استفاده از مدل نفوذ SCS و مدل روندیابی توسعه یافته کلارک در شبیه سازی سیلاب، یک مدل توزیعی شبیه سازی سیل بر اساس GIS در محیط Visual Basic تدوین گردیده است. برای شناخت تشکیلات سطحی زمین از اطلاعات رقومی سنجنده TM Landsat با ترکیب باندهای ۱، ۴ و ۷ (RGB)، استفاده گردیده و محدوده‌های هم جنس با استفاده از روش Hard Classify در نرم افزار IDRISI دسته بندی گردیدند. برای تعیین میزان نفوذپذیری در محدوده‌های دسته بندی شده همجنس زمین، آزمایش‌های نفوذ پذیری به وسیله باران ساز به عمل آمده است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داده است که با افزایش اندازه سلول‌ها از ۳۰×۳۰ متر مربع به ۹۶۰×۹۶۰ مت رمربع دبی اوج سیلاب کاهش می‌یابد. میزان کاهش دبی اوج بستگی به توزیع مکانی عمق بارش و خصوصیات زمینی حوضه آبریز دارد. به طوری که با افزایش یکنواختی بارش یا نفوذپذیری در سطح حوضه، تغییرات دبی اوج سیلاب در اندازه سلول‌های مختلف کاهش می‌یابد. مدت زمان اجرای برنامه برای محاسبه سیلاب در روش توزیعی به دو عامل اندازه سلول و گام زمانی بستگی دارد، به طوریکه با کاهش هریک از این دو عامل، مدت زمان اجرای برنامه افزایش می‌یابد. افزایش هر دو عامل مزبور موجب کاهش پیک سیلاب محاسبه شده می‌گردد. بررسی‌های انجام شده نشان داده

تاریخ دریافت مقاله ۸۳/۳/۲۵ تاریخ دریافت نسخه نهایی ۸۴/۲/۲۴

Archive of SID

www.SID.ir

است که با افزایش گام زمانی از ۱۰ دقیقه به ۳۰ دقیقه مدت زمان اجرای مدل به میزان بیش از ۵۰٪ کاهش می‌یابد، این در حالی است که مقدار دبی حداکثر فقط حدود ۰/۵ درصد کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: شبیه سازی رواناب، مدل توزیعی بارش - رواناب، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، اندازه سلول

مقدمه

مدل‌های هیدرولوژیکی در راستای افزایش ترکیب فرآیندهای دخیل در تولید رواناب سطحی حوضه‌های آبریز توسعه یافته‌اند. به طور کلی، مدل‌های رواناب سطحی فرآیند تبدیل بارش به رواناب را با درنظر گرفتن تاثیر عواملی نظیر مشخصات خاک، پوشش گیاهی و توپوگرافی شبیه سازی می‌نمایند. مدل‌های یکپارچه[1] برای رسیدن به یک شرایط ساده، میانگینی از خصوصیات حوضه آبریز را در کل آبخیز به طور یکنواخت درنظر گرفته و از ناهمگنی آن چشم پوشی می‌نمایند. مدل‌های توزیعی برای شناسایی تاثیر تغییرات مکانی خصوصیات فیزیکی آبخیز بر شکل‌گیری رواناب توسعه یافته‌اند. شناسایی تغییرات مکانی کلیه خصوصیات آبخیز نظیر جنس زمین، رطوبت خاک، شیب زمین، بارش و سایر عوامل مشکل بوده ولی امروزه با استفاده از اطلاعات رقومی ماهواره‌ها و کامپیوترهای پیشرفته با سرعت پردازش و حجم حافظه بسیار بالا، بهمراه سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی[2] آسان‌تر شده است.

در اغلب روش‌های توزیعی، حوضه به واحدهای کوچک سلولی تقسیم‌بندی می‌شود . تبدیل بارش به رواناب برای هریک از سلول‌ها انجام گرفته و به خروجی حوضه منتقل می‌شود. با افزایش اندازه سلول‌ها، مدل از حالت توزیعی به سمت مدل یکپارچه سوق پیدا می‌کند. در صورت وجود اطلاعات دقیق از کلیه بخش‌های حوضه آبریز، نتایج محاسبات سیلاب در روش توزیعی دقیق‌تر شده ولی حجم محاسبات افزایش می‌یابد. به طور کلی مدل‌های جریان سطحی از دو بخش اصلی ذیل تشکیل می‌شوند:

- تبدیل بارش به بارش مازاد که در این بخش میزان و تغییرات زمانی آب جریان یافته در سطح زمین نسبت به کل بارش مشخص می‌گردد.
- تبدیل بارش مازاد به هیدروگراف که در این بخش بارش مازاد روندیابی شده و به خروجی حوضه منتقل می‌شود. در صورتیکه سیستم‌های تک واقعه‌ای مورد بررسی قرار گیرند، آنگاه مدل کردن هیدروگراف سیلاب هدف می‌باشد.

بررسی اثرات اندازه سلول در تهیه مدل جریان سطحی اولین بار با اعمال فیلتر بر روی مدل ارتفاعی رقومی[3] در دو روش هموارسازی[4] و به هم پیوستگی[5] با استفاده از نرم افزار GRASS GIS[6] و با روش موج سینماتیک یک بعدی در حوضه Spearfish با وسعت ۱/۱۷ کیلومتر مربع در داکوتای جنوبی واقع در شمال آمریکا مورد بررسی قرار گرفت [۱۵]. در روش هموار سازی با کنار هم گذاشتن سلول‌های ۳×۳ ، ۵×۵ و یا ۷×۷، میانگین مقادیر آنها محاسبه شده و برای سلول جدید مورد استفاده قرار گرفته است. روش به هم پیوستگی مشابه روش هموارسازی، سلول‌هایی با اندازه‌های ۳۰، ۹۰،۱۵۰ و ۲۱۰ متری به وجود آورده ولی رقوم سلول جدید معادل سلول مرکزی قبل از ترکیب آنها انتخاب می‌شود. در تحقیق مزبور جدا سازی مرز حوضه آبریز فقط با استفاده از سلول‌های ۳۰ متری انجام گردیده و در روش به هم پیوستگی با افزایش اندازه سلول از ۳۰ متر به ۲۱۰ متر میانگین ارتفاع محاسبه شده حوضه از مقدار ۱۵۶۳/۹ متر به ۱۵۱۰/۷ متر و شیب متوسط حوضه از ۱۲/۳ درجه به ۱۱/۱ کاهش یافت. همچنین در این روش طول مسیر جریان از ۲۳۴۰ متر به ۱۷۳۰ متر کاهش و مساحت حوضه از ۱/۱۷۵ کیلومتر مربع به ۱/۲۳۵ کیلومتر مربع

1 . Lump
2 . Geographical Information System
3 . Digital Elevation Model
4 . Smoothing
5 . Aggregation
6 . Geographical Resources Analysis Support System

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش یافته است. ولی در روش هموار سازی طول مسیر جریان و مساحت ثابت باقی مانده و شیب متوسط حوضه از ۱۲/۲۳۷ درجه به ۱۱/۱۳۸ درجه کاهش یافت. در شبیه سازی جریان سطحی به روش هموار سازی، با افزایش اندازه سلول از ترکیب سلول‌های ۳×۳ تا ۷×۷، دبی حداکثر به میزان ۱۲ درصد کاهش یافته، اما در روش به هم پیوستگی با افزایش اندازه سلول از ۳۰ متر به ۲۱۰ متر، دبی حداکثر به میزان ۹ درصد افزایش یافته است.

اثرات اندازه سلول با مدل رقومی ارتفاعی بر روی شبیه سازی هیدرولوژیکی در دو آبخیز با وسعت‌های ۰/۳ و ۱/۲ کیلومتر مربع در غرب ایالات متحده آمریکا نیز انجام گردیده است [۱۶]. در بررسی مزبور مدل رقومی ارتفاعی حوضه با اندازه سلول‌های ۲، ۴، ۱۰، ۳۰ و ۹۰ متری با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی که فاصله ارتفاعی خطوط توپوگرافی آنها ۵ و ۶ متری بوده‌اند تهیه شده است. پارامترهای توپوگرافی مزبور در پیش بینی نواحی اشباع سطحی در معیار پیشنهادی O'Loughlin [۷] در سال ۱۹۸۶ و در شبیه سازی هیدروگراف در مدل "TOPMODEL" که شبیه سازی جریان روزانه را با توجه به جریان زیر سطحی انجام می‌دهد [۱]، با الگوریتم یک بعدی مورد استفاده قرار گرفتند. این مدل برای شدت‌های بارش از ۵ تا ۱۰۰ میلیمتر در ساعت شبیه سازی شده و نتایج به دست آمده با یکدیگر و نه با مقادیر مشاهده شده مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج مدل نشان داده که اولاً در هر دو حوضه اندازه سلول در تعیین پارامترهای توپوگرافی تاثیر می‌گذارد و ثانیا" اثر اندازه سلول در هیدروگراف‌ها بستگی به دو عامل شدت باران و جریان پایه دارد.

اثر اندازه سلول در رواناب سطحی با استفاده از مدل هیدرولوژیک دو بعدی جریان آبشاری CASC2D برای دو حوضه Goodwin Creek با وسعت ۲۱ کیلومتر مربع و Hickahala-Senatobia با وسعت۵۶۰ کیلومتر مربع در شمال می‌سی‌سی‌پی مورد بررسی قرارگرفت [۶] که در آن اندازه سلول‌های اولیه ۱۲۷ متر بوده و دو اندازه سلول ۲۵۴ و ۳۸۰ متر نیز برای آنالیز داده‌ها تهیه و مورد استفاده قرار گرفتند. تبدیل اندازه سلول‌های کوچک به بزرگ در محیط نرم افزار GRASS انجام گردیده است [۱۲]. در تحقیق مزبور نشان داده شده که با افزایش ابعاد سلول باید ضرایب زبری در آبراهه و سطح زمین را به منظور تطابق هیدروگراف شبیه سازی و مشاهده‌ای افزایش داد. همچنین نشان داده شده که جریان در سلول‌های دامنه‌ای[1] بیش از جریان در سلول‌های آبراهه‌ها[2] به اندازه سلول حساس است. از آنجا که در حوضه‌های آبریز بزرگ، جریان آبراهه‌ها عامل اصلی شکل‌دهی به هیدروگراف می‌باشند، لذا ابعاد بزرگ‌تر سلول می‌تواند برای مدل سازی بارش- رواناب حوضه‌های بزرگ مورد استفاده قرار گیرد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داده است که در صورت وقوع بارش‌های شدید و یا تداوم زمانی‌های زیاد سلول‌های با ابعاد بزرگ‌تر می‌تواند مناسب‌تر باشد.

در تحقیق دیگری حداکثر دبی سیلاب در ۴۴ حوضه با وسعت‌های ۰/۳۳ تا ۳۹ کیلومتر مربع با استفاده از مشخصات فیزیکی به دست آمده از مدل رقومی ارتفاعی با اندازه سلول‌های مختلف محاسبه گردیده و نتایج نشان داده است که با افزایش اندازه سلول، طول مسیر جریان، زمان تمرکز و شیب حوضه افزایش جزئی داشته ولی دبی حداکثر سیلاب کاهش جزئی نشان می‌دهد [۵]. در تحقیق مزبور مدل رقومی ارتفاعی حوضه‌ها در ۶ اندازه سلول از ۳/۷ متری تا ۹۰ متری تهیه شده و در هر یک مساحت حوضه، طول مسیر جریان و زمان تمرکز به دست آمده و با استفاده از مدل TR-55 [۱۱] پیک سیلاب محاسبه شده است.

هدف از این تحقیق بررسی تاثیر افزایش اندازه سلول در یک مدل توزیعی مفهومی[3] بر روی دبی اوج هیدروگراف سیلاب می‌باشد. بدین منظور یک برنامه کامپیوتری بر مبنای روش نفوذ SCS برای تبدیل بارش به بارش مازاد و روش روندیابی کلارک ارتقاء یافته، در محیط Visual Basic تدوین گردیده است.

1. Overland flow
2. Channel flow
3. Conceptual

Archive of SID

www.SID.ir

روش تحقیق

برای بررسی اهداف این تحقیق مطالعه موردی در حوضه رودخانه کن تا محل ایستگاه آب سنجی سولقان که یک حوضه معرف وزارت نیرو می‌باشد، انجام گرفته است. کلیه هیدروگراف‌های ثبت شده در ایستگاه خروجی این حوضه به همراه گراف‌های سه ایستگاه باران نگارثبات آن از بدو تاسیس تا پایان سال آبی۸۱ - ۱۳۸۰ جمع‌آوری گردیده است. در طول هر سیلاب نقشه عمق همبارش با استفاده از آمار ایستگاه‌های باران سنجی و به کمک نرم افزار SURFER تهیه و عمق بارش در هر سلول محاسبه شده است.

با استفاده از اطلاعات رقومی سنجنده Landsat TM در سال ۲۰۰۰، تصویر ترکیبی[1] باندهای ۱،۴و ۷ (RGB) برای تفکیک و دسته بندی سطح زمین ازنظر جنس یا نوع خاک یا سنگ پوشش دهنده حوضه، و تصویر NDVI [2] برای تعیین دقیق‌تر مناطق دارای پوشش گیاهی آن با استفاده از نرم افزار IDRISI تهیه گردیده است. بازدیدهای صحرایی از بسیاری مناطق حوضه همراه با GPS [3] انجام گردید و مکان‌های بازدید شده با تصویر ترکیبی زمین مرجع شده لندست مورد مقایسه قرارگرفتند. این مقایسه‌ها نشان دادندکه تصویر ترکیبی تهیه شده، جنس‌های مختلف سطح حوضه را با دقت زیادی تفکیک می‌نماید.تصویر ترکیبی تهیه شده دارای تنوع رنگ‌های زیاد و نزدیک به هم بوده و پس از کلاسه بندی از روشHard Classify از نوع Cluster با سطح تعمیم عریض[4] در نرم‌افزار IDRISI مناطق مشابه آن تفکیک گردیدند. در هر یک از مناطق تفکیک شده نفوذپذیری زمین با استفاده از دستگاه باران‌ساز، در چندین نقطه اندازه‌گیری گردید. با توجه به نتایج مشابه اندازه‌گیری‌ها در مناطق همگن، میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده نفوذپذیری در هر دسته به کل آن پهنه تعمیم داده شد، و سپس مقادیر CN در هر سلول برآورد گردید.

مدل رقومی ارتفاعی حوضه با شبکه بندی در ابعاد ۳۰×۳۰ متر، ۱۲۰×۱۲۰ متر و ۹۶۰×۹۶۰ متری با استفاده از نقشه توپوگرافی تهیه گردیده است. با استفاده از مدل نفوذ اداره حفاظت خاک آمریکا (SCS) و مدل رقومی بارش، در هر گام زمانی Δt، مدل رقومی رواناب ساخته شده و پس از روندیابی در مخزنی فرضی مطابق روش پیشنهادی کلارک [۳] به خروجی حوضه منتقل گردیده است. هیدروگراف کلارک که به آن هیدروگراف زمان- مساحت هم گفته می‌شود [۱۴] از دو مرحله اساسی انتقال و ذخیره تشکیل می‌گردد. بنابراین دبی جریان در هر لحظه تابع دو مشخصه زمان پیمایش آب و حجم آب ذخیره شده می‌باشد. تبدیل رواناب به هیدروگراف در مرحله انتقال به کمک زمان پیمایش آب از محل خود به خروجی حوضه انجام می‌شود. در شکل ۱ خطوط هم زمان پیمایش[5] حوضه کن که با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی حوضه و به کمک نرم‌افزار HYDRO در محیط ARCVIEW تهیه گردیده ارائه شده و در شکل ۲ هیستوگرام مساحت محدوده‌های هم پیمایش و زمان پیمایش یک حوضه فرضی ارائه شده است.

با استفاده از مدل نفوذ SCS عمق رواناب در هرگام زمانی ΔT در هر سلول محاسبه گردیده و از حاصلضرب عمق رواناب در مساحت سلول، حجم رواناب محاسبه شده است. میزان دبی انتقال یافته از سلول‌ها به خروجی حوضه در هر گام زمانی از رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

$$Q=Pe/\Delta T \qquad (1)$$

که در آن ΔT گام زمانی و Pe حجم رواناب است. در صورتی که در شکل ۲ دبی را جایگزین مساحت حوضه نمائیم هیدروگراف سیلاب به دست می‌آید. در مرحله دوم اثر ذخیره در روش کلارک به کمک یک مخزن مجازی در محل خروجی حوضه منظور می‌شود. حجم آب ذخیره شده مخزن S در مدت زمان t تابعی خطی از دبی خروجی O از آن است یعنی:

1. Composit
2. Normalized Difference Vegetation Index
3. Global Positioning System
4. Broad
5. Isochrone

Archive of SID

www.SID.ir

$$S_t = K\, Q_t \qquad (۲)$$

که در آن St میزان ذخیره در زمان t ، K ضریب ذخیره و Qt دبی خروجی در زمان t است. همچنین رابطه پیوستگی عبارت است از:

$$I_t - Q_t = dS_t/dt \qquad (۳)$$

در این رابطه I_t دبی ورودی به مخزن فرضی در زمان t است. با استفاده از روابط ۲ و ۳ خواهیم داشت:

$$Q_2 = \bar{I}\left(\frac{2\Delta t}{2K+\Delta t}\right) + Q_1\left(\frac{2K-\Delta t}{(2K+\Delta t}\right) \qquad (۴)$$

در این رابطه $\hat{I}$ میانگین جریان ورودی بوده و ضریب ذخیره نیز از رابطه ذیل در نقطه عطف هیدروگراف‌های ثبت شده به دست می‌آید [۹].

$$K = -\left(\frac{Q}{\frac{\Delta Q}{\Delta t}}\right)` \qquad (۵)$$

در روش توسعه یافته هیدروگراف واحد لحظه‌ای کلارک[1]، زمان پیمایش آب از هر سلول تا خروجی حوضه از رابطه ذیل به دست می‌آید:

$$T_{cell} = T_c\left(\frac{d_{cell}}{d_{\max}}\right) \qquad (۶)$$

که در آن Tc زمان تمرکز حوضه و T_{cell} زمان پیمایش آب از سلول تا خروجی حوضه بوده و d_{cell} فاصله پیمایش سلول تا خروجی حوضه و d_{max} فاصله حداکثر مسیر پیمایش در حوضه است. در صورتی که در حالت توزیعی از روش کلارک استفاده شود، آن را روش توسعه یافته کلارک گویند [۴] [۸].

برای انجام محاسبات یک برنامه کامپیوتری در محیط Visual Basic تدوین گردیده است. با استفاده از این برنامه کامپیوتری برای هر واقعه بارش که اطلاعات همزمان باران نگار ثبات و هیدروگراف آن موجود بوده، هیدروگراف سیلاب نیز محاسبه شده و با هیدروگراف ثبت شده مورد مقایسه قرار گرفته است. با انجام این مقایسه تاثیر تغییرات هر یک از پارامترهای CN، Tc و K برروی شکل هیدروگراف انجام گرفته و پارامترهای مزبور در هر سیل کالیبره گردیدند. به منظور بررسی تاثیر اندازه سلول در نتایج محاسبات، سلول‌های مبنا که اندازه اولیه آنها ۳۰×۳۰ مترمربعی بوده‌اند با یکدیگر ترکیب گردیده و سلول‌های ۱۲۰×۱۲۰ متر مربعی و ۹۶۰×۹۶۰ متر مربعی در کلیه لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده است.

ویژگی‌های عرصه تحقیق

حوضه آبخیز رودخانه کن تا ایستگاه آب سنجی سولقان به مساحت ۲۰۶/۳۸ کیلومتر مربع، در شمال غربی تهران قرار داشته و از سال ۱۳۷۵ به بعد به عنوان حوضه آبریز معرف وزارت نیرو انتخاب گردیده است. این حوضه مجهز به ۴ ایستگاه آب سنجی، ۳ ایستگاه تبخیر سنجی و یک ایستگاه باران سنجی می‌باشدکه موقعیت آنها در شکل ۳ نشان داده شده است. این حوضه آبریز بین عرض جغرافیایی ″۴۹ و ′۴۵ و °۳۵ تا ″ ۱۱ و ′۵۷ و ° ۳۵ و طول شرقی ″۹و ′۵۳ و °۵۱ تا ″۲۲ و ′۲۹ و °۵۱ قرار دارد.

1 .Modified Clark Instantinus Unit Hydrograph

Archive of SID

www.SID.ir

حداکثر ارتفاع حوضه ۳۷۵۹ متر از سطح دریا بوده و حداقل ارتفاع آن نیز در ایستگاه آب سنجی سولقان ۱۳۸۰ متر از سطح دریا است. بلندترین طول آبراهه ۲۳/۵ کیلومتر بوده که از کوه سیاه سنگ در ارتفاعات ۳۵۵۱ متری از سطح دریا سرچشمه می‌گیرد. برای محاسبه ارتفاع و شیب متوسط حوضه آبریز، مدل رقومی ارتفاعی حوضه تهیه گردیده است. بدین منظور خطوط هم ارتفاع از نقشه توپوگرافی سازمان جغرافیایی ارتش رقومی گردیده و به کمک نرم افزار IDRISI پس از تبدیلVector به Raster، مدل رقومی ارتفاعی آن تهیه شده است. شبکه سلولی اولیه مشابه ابعاد سلول‌های ماهواره لندست،۳۰ متری انتخاب شده است. محدوده‌های هم ارتفاع حوضه کن که به کمک نرم افزار IDRISI تهیه شده و به همراه موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی در شکل ۴ نشان داده شده است. شیب هر سلول نیز با توجه به ارتفاع سلول‌های مجاور محاسبه گردیده و میانگین آن درسطح حوضه۵۰ ٪ می‌باشد. زمان تمرکز از رابطه‌های کالیفرنیا [۱۳] و برانزبی ویلیامز[۲] به ترتیب، ۴/۵ ساعت و ۳/۸ ساعت محاسبه گردیده است. پس از تطویل آمار بارش سالانه ایستگاه‌های هواشناسی، مدل همبارش تهیه گردیده و میانگین آن در سطح حوضه کن ۳۸۸ میلیمتر محاسبه گردیده است. بیشترین شدت بارش ثبت شده در این منطقه حدود ۷ میلیمتر در ساعت می‌باشد که تداوم زمانی آن حدود ۳ ساعت است. بیشترین تداوم زمانی بارش ثبت شده کمتر از ۱۶ ساعت بوده و شدت متوسط بارش آن ۲ میلیمتر در ساعت می‌باشد. میانگین آبدهی ماهانه ایستگاه آبسنجی سولقان واقع بر رودخانه کن ۲/۴۶ متر مکعب بر ثانیه یا ۷۷/۷ میلیون متر مکعب در سال است.

برای تعیین میزان نفوذپذیری، تصویری از ترکیب داده‌های رقومی لندست در باندهای ۱، ۴ و۷ (RGB) تهیه گردیده که در شکل ۵ نشان داده شده است. نقشه زمین شناسی و بازدیدهای صحرایی نشان داد که تصویر مزبور با دقت بسیار مناسبی لیتولوژی سطح حوضه را تفکیک نموده است. تصویر ترکیبی مزبور پس از بکارگیری روش Hard Classify از نوع Cluster با سطح تعمیم عریض در نرم افزار IDRISI ، جنس‌های مختلف سطح زمین را برای واحدهای همگن در سطح حوضه تفکیک نموده است. میزان نفوذپذیری با انجام آزمایش‌هایی توسط باران ساز در واحدهای همگن اندازه‌گیری شد و با توجه به پوشش گیاهی کم حوضه که فقط محدود به حاشیه رودخانه‌ها می‌باشد نقشه CN تهیه گردید که در شکل ۶ ارائه شده است. برای تدقیق عدد CN ضریبی درنظر گرفته شده است که این ضریب برای هر یک از وقایع ثبت شده بارش و رواناب نظیر آن کالیبره گردیده است.

مدل توزیعی این تحقیق

به منظور انجام محاسبات یک مدل هیدرولوژیک در محیط Visual Basic تدوین گردیده است. روش انجام محاسبات در این مدل که بر اساس مدل توزیعی توسعه یافته کلارک تهیه شده به طور خلاصه به شرح ذیـل بوده و فلوچارت برنامه مطابق شکل ۷ می‌باشد.

۱- استفاده از هیتوگراف و نقشه عمق بارش برای محاسبه بارش در هر گام زمانی ارئه شده در هیتوگراف

۲- تهیه مدل رقومی تجمعی عمق باران مازاد در هر گام زمانی هیتوگراف

۳- تهیه مدل رقومی در زمان جزئی[1] باران مازاد در هر گام زمانی

۴- محاسبه زمان پیمایش هر سلول تا خروجی بر اساس طول مسیر پیمایش هر سلول و زمان تمرکز

۵- محاسبه حجم آب رسیده به خروجی حوضه از هر سلول در زمان t

۶- انتخاب زمان Δt و محاسبه دبی در هر مقطع زمانی از رابطه (۱)

۷- روندیابی میزان دبی Q در بند قبلی با استفاده از مخزن خطی $St = K\,Qt$ (رابطه ۲) .

اطلاعات رقومی مربوط به بارش، عدد منحنی، طول مسیر جریان، و توزیع زمانی بارش به یک فایل با فرمت ASCII تبدیل شده و به کمک برنامه کامپیوتری تهیه شده عدد منحنی، ضریب ذخیره و زمان تمرکز با استفاده از آمار بارش و سیلاب‌های نظیر

1. Incremental

Archive of SID

www.SID.ir

ثبت شده آنها کالیبره گردیده است. به عنوان نمونه نقشه همباران مربوط به سیلاب ۷۶/۱/۹ در شکل ۸ ارائه شده است. منحنی‌های هم‌باران به کمک روش Kriging در نرم افزار SURFER محاسبه و سپس مقادیر بارش در هر سلول محاسبه و به مدل رقومی بارش[1] تبدیل گردیده است. هیدروگراف سیلاب محاسبه شده از این بارش در شکل ۹ به همراه هیدروگراف به وقوع پیوسته مقایسه گردیده است. محاسبه هیدروگراف با استفاده از پارامترهای، زمان تمرکز ۴/۵ ساعت، ضریب ذخیره ۷/۱ ساعت، ضریب عدد منحنی برابر ۰/۸۸ و نسبت تلفات اولیه بارش[2] به میزان ذخیره[3] برابر ۰/۱ در سلول‌های ۳۰×۳۰ مترمربع انجام شده است.

نتایج

خلاصه نتایج کالیبراسیون پارامترها برای سایر تاریخ‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. همانطـــور که در این جدول ملاحظه می‌گردد میانگین زمان تمرکز، ضریب شماره منحنی، و ضریب ذخیره کلارک به ترتیب ۵/۵، ۰/۹۳ و ۸/۲ محاسبه شده است. بارش ۷۷/۱/۹ با میانگین بارش ۴۵ میلیمتر در سطح حوضه که حدود دو برابر بارش سایر تاریخ‌ها می‌باشد، دارای ضریب ذخیره بالاتری است. بنابراین توصیه می‌شود برای برآورد هیدروگراف سیلاب در بارش‌های حدود ۲۵ میلیمتر در سطح حوضه از ضریب ذخیره ۷ ساعت و برای بارش‌های حدود ۴۵ میلیمتری از ضریب ذخیره حدود ۱۲ ساعت استفاده گردد.

به منظور اعتبار سنجی مدل و پارامترها از اطلاعات ثبت شده بارش ۸۱/۱/۲۳ و سیلابی که در اثر آن به وقوع پیوسته استفاده شده است. میانگین بارش حوضه در این تاریخ برابر ۳۷ میلیمتر بوده و ضریب کلارک $K = 12$ ساعت مورد استفاده قرارگرفته است. با استفاده از ضریب شماره منحنی برابر ۰/۹، هیدروگراف سیلاب محاسبه و در شکل ۱۰ با هیدروگراف ثبت شده مقایسه شده است. همان طور که در این شکل ملاحظه می‌گردد، هیدروگراف محاسبه شده و هیدروگراف ثبت شده تطابق نسبتاً مناسبی با یکدیگر دارند. در شکل ۱۱ تاثیر تغییرات هر یک از پارامترهای زمان تمرکز، گام زمانی و ضریب ذخیره بر دبی حداکثر سیلاب نشان داده شده است. همانطورکه در این شکل ملاحظه می‌گردد، دبی حداکثر جریان، بیشترین حساسیت را به ضریب ذخیره کلارک و پس از آن به زمان تمرکز و سپس به گام زمانی دارد.

به منظور بررسی اثر اندازه سلول بر حداکثر جریان سیلاب محاسبه شده در روش توزیعی، شبکه‌بندی با اندازه سلول‌های ۳۰×۳۰ متری، ۱۲۰×۱۲۰ متری، و ۹۶۰×۹۶۰ متری از حوضه کن تهیه گردید. سپس مدل رقومی عمق بارش، مدل رقومی ارتفاع، مدل رقومی طول مسیر جریان[4] تا خروجی حوضه و مدل رقومی CN برای هر یک از اندازه سلول‌ها و برای کلیه سیلاب‌ها تهیه گردیده و نتایج محاسبات برای سیلاب ۸۱/۱/۲۳ در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۱۲ ملاحظه می‌گردد با افزایش اندازه سلول از ۳۰×۳۰ متری به۹۶۰×۹۶۰ متری حداکثر دبی هیدروگراف سیلاب محاسبه شده به مقدار ۵/۱ درصد کاهش یافته است. میزان کاهش دبی حداکثر محاسبه شده در طی این سیلاب برای اندازه سلول‌های مختلف در شکل ۱۳ ارائه شده است. مقادیر حداکثر جریان سیلاب برای کلیه وقایع در دو اندازه سلول ۳۰ و ۹۶۰ متری محاسبه شده و درصد کاهش پیک سیلاب نسبت به ضریب تغییرات عمق بارش در شکل ۱۴ نشان داده شده است. همانطور که در این شکل ملاحظه می‌شود با افزایش ضریب تغییرات بارش در سطح حوضه به طور کلی پیک سیلاب کاهش می‌یابد و در مقایسه بارش ۷۷/۲/۲۳ نسبت به بارش ۷۷/۱/۹ مقدار پیک سیلاب تا حدود ۲۷ درصد نیز کاهش یافته است. به طور کلی با افزایش ضریب تغییرات خصوصیات فیزیکی حوضه و یا ضریب تغییرات بارش، میزان دبی حداکثر سیلاب با افزایش اندازه سلول کاهش می‌یابد.

مدت زمان اجرای برنامه برای محاسبه سیلاب در روش توزیعی به دو عامل تعداد سلول‌های حوضه و تعداد تکرار زمانی برای شبیه سازی دارد. تعداد سلول‌های حوضه عبارت است از نسبت مساحت حوضه به مساحت یک سلول و تعداد تکرار زمانی عبارت است از مدت زمان شبیه سازی به گام زمانی انتخاب شده. در حوضه کن که داری مساحت ۲۰۶ کیلومتر مربع است دارای ۲۲۳ سلول ۹۶۰

1. Digital Rainfall Model
2. Initial Abstraction
3. Storage
4. Digital Flow Length

Archive of SID

www.SID.ir

متری بوده و برای ۱۰۰ ساعت شبیه سازی هیدروگراف با گام زمانی ۱۰ دقیقه، تعداد ۶۰۰ تکرار زمانی به دست خواهد آمد. برای اجرای برنامه با ۶۰۰× ۲۲۳ تکرار، زمان اجرای برنامه با پردازنده ۱/۴ گیگاهرتز ۵ ثانیه بوده و در صورت انتخاب سلول‌هایی با اندازه ۳۰ متر و گام زمانی ۵ دقیقه حداقل ۲/۵ ساعت زمان لازم است. البته با افزایش تعداد تکرارها معمولاً سرعت عملکرد حافظه فعال کامپیوتر کندتر شده و مدت زمان اجرای برنامه نسبت به افزایش تکرارها به صورت رابطه خطی عمل نمی‌نماید. به عنوان مثال در مورد اشاره شده مدت زمان اجرای برنامه به جای ۲/۵ ساعت به بیش از ۴ ساعت نیز می‌رسد. بررسی‌های انجام شده نشان داده است که با افزایش گام زمانی از ۱۰ دقیقه به ۳۰ دقیقه، مدت زمان اجرای برنامه به میزان بیش از ۵۰٪ کاهش می‌یابد، در حالی که مقدار دبی حداکثر فقط حدود ۰/۵ درصد کاهش می‌یابد. با عنایت به این موضوع توصیه می‌گردد در حوضه‌های بزرگ با بارش‌های بلند مدت حتی‌الامکان اندازه سلول‌ها را کوچک انتخاب نموده ولی گام زمانی برای شبیه سازی را تا حدود ۳۰ دقیقه افزایش داد.

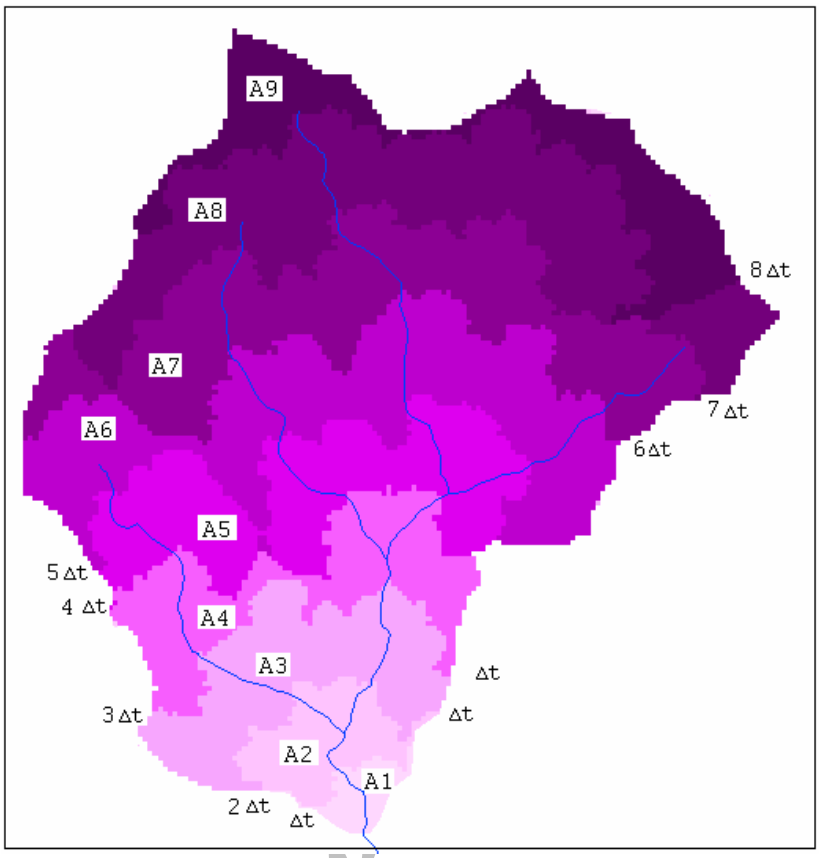
نتایج به دست آمده در این تحقیق از نظر کاهش دبی پیک سیلاب با افزایش اندازه سلول با تحقیقات Moglen [۵] و Vieux [۱۵] همخوانی دارد. همچنین از نظر امکان استفاده از سلول‌های بزرگ‌تر در حوضه‌های آبریز بزرگ نیز با تحقیق Monlar [۶] هماهنگ می‌باشد. وجه تمایز این تحقیق با تحقیقات قبلی در بررسی تاثیر تغییرات پارامترهایی نظیر ضریب کلارک، گام زمانی، زمان تمرکز و ضریب تغییرات عمق بارش در سطح حوضه با نرخ کاهش دبی پیک سیلاب محاسبه شده برای اندازه سلول‌های مختلف است.

منابع و مآخذ:

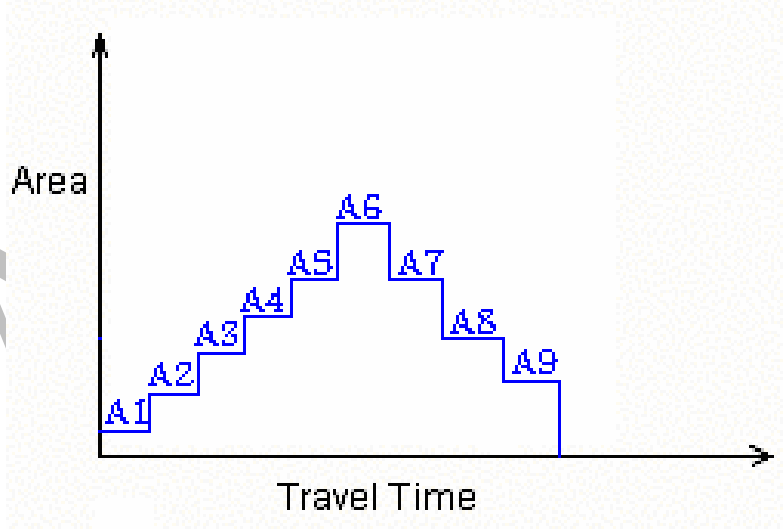
1. Beven, K. and Kirkby M.J., 1979. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. Hydrologic Science Bulletin, 24: 43-69.
2. Bransby Williams, G., 1922. Flood discharge and the dimentions of the spillways in India. The engineer (London), 121: 321-322.
3. Clark, C.O., 1945. , Storage and the unit hydrograph, Transactions, ASCE, 110:1419-1446.
4. Kull, D. and Feldman, A., 1998. Evolution of clark's unit graph method to spatially distributed runoff. Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, 3(1): 9-19.
5. Moglen, G.E. and Hartman, G.L., 2001. Resolution effects on hydrologic hodeling parameters and peak discharge. Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, 6(6): 490-497.
6. Monlar, D.K. and Julien, P.Y. Jan. 2000. Grid size effects on surface runoff modeling. Journal of Hydrological Engineering, ASCE, 5(1): 8-16.
7. O'Loughlin, E.M., 1986. Prediction of surface saturation zones catchments by topographic analysis. Water Resources Research, 22:794-804.
8. Peters, L. and Easton, D., 1996. Runoff simulation using radar rainfall data. Water Resources Bulletin, AWRA, 32(4): 753-760.
9. Ponce, V.M., 1989. Engineering hydrology principels and Practices, Prentice hall. Englewood cliffs, New Jersey.
10. Soil Conservation Service, 1971. National engineering handbook. Section 4: Hydrology. USDA, Springfield.
11. Soil Conservation Service, 1986. Urban hydrology for small watersheds, Tech. Release 55, Washington, D.C.
12. USACE, 1993.GRASS 4.1 user's reference manual. Compiled at Construction Engineering Research Labs., Champaign, Ill., 458.
13. U.S. Bureau of Reclamation, 1973.Design of small dams. 2nd ed., Washington, D.C., pp. 67-71.
14. Viessman, W.Jr, and Lewis G. L., 1996.Introduction to hydrology. Harper Collins college publishers.
15. Vieux, B.E, 1993. DEM Aggregation and smoothing effects on surface runoff modeling. Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE , 7(3):310-338
16. Zhang, W. and Montgomery, D.R., 1994.Digital elevation model grid size landscape representation, and hydrologic simulations.Water Resources Research. , 30(4):1019-1028.

Archive of SID

www.SID.ir

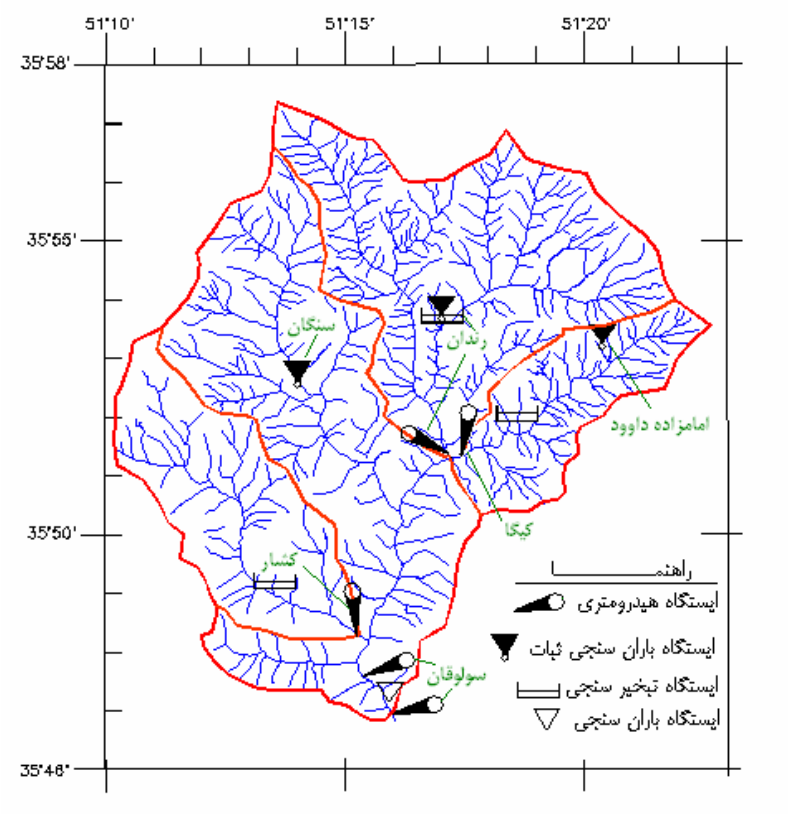


شکل۱: خطوط هم پیمایش (ایزوکرونال) در حوضه آبریز کن

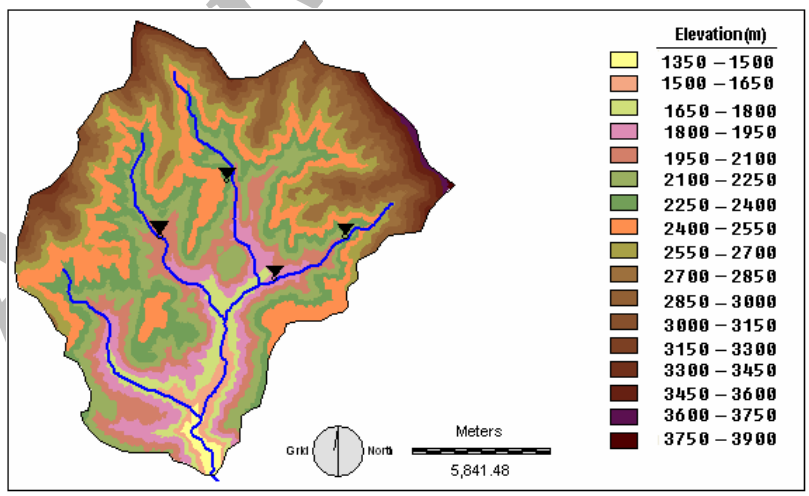


شکل۲ : هیستوگرام زمان – مساحت در یک حوضه فرضی

www.SID.ir

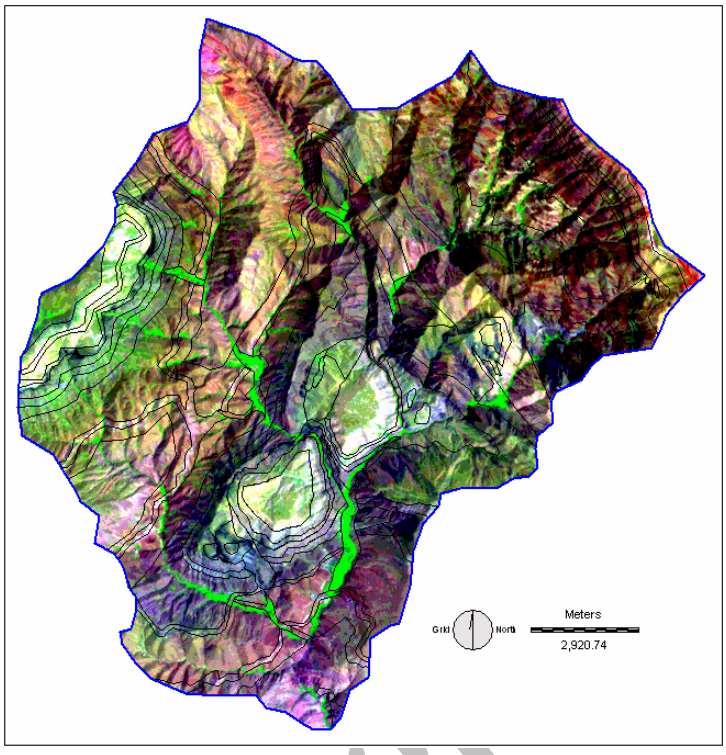


شکل شماره ۳ : موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی و آب سنجی در حوضه آبریز کن

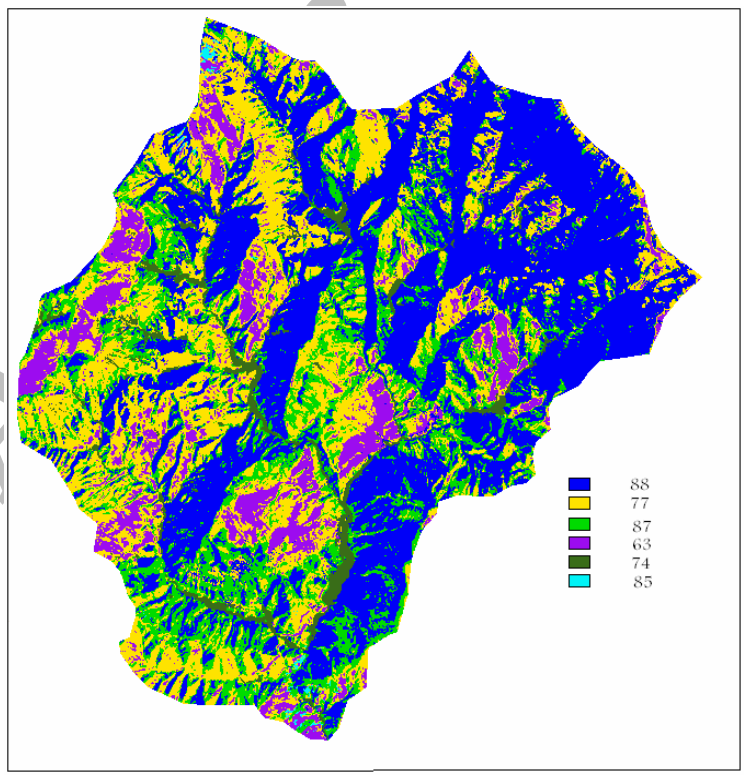


شکل ۴ : محدوده های هم ارتفاع و موقعیت ایستگاههای هواشناسی

Archive
www.SID.ir

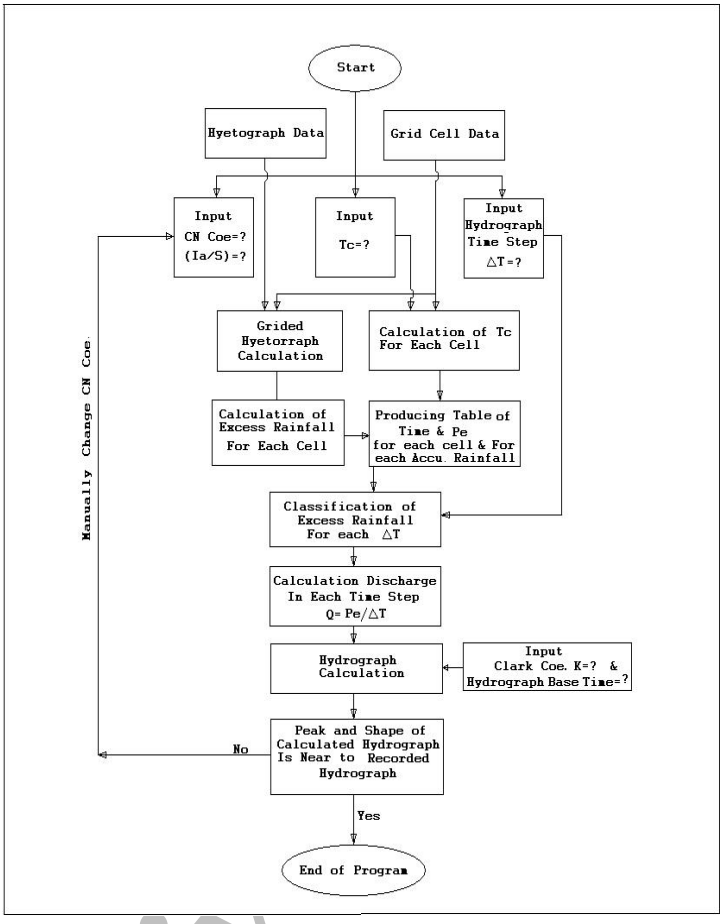


شکل شماره ۵ : تصویر ترکیبی باندهای ۱، ۴ و ۷ ماهواره لندست
به همراه مرز لیتولوژی‌های تفکیک شده نقشه زمین شناسی

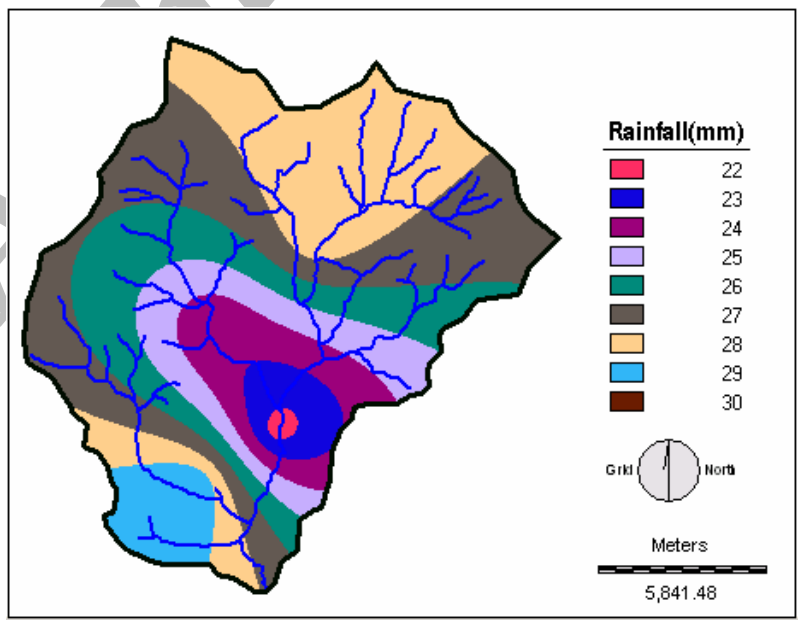


شکل شماره ۶ : محدوده‌های هم CN در حوضه آبخیز کن

www.SID.ir

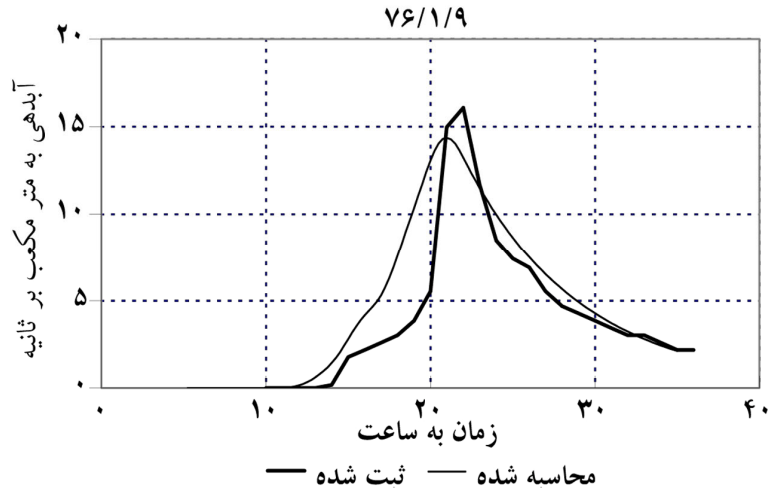


شکل ۷: فلوچارت مدل توزیعی سیلاب تهیه شده در این تحقیق



شکل ۸: منحنی های همباران مورخ ۷۶/۱/۹ در حوضه آبریز کن

www.SID.ir



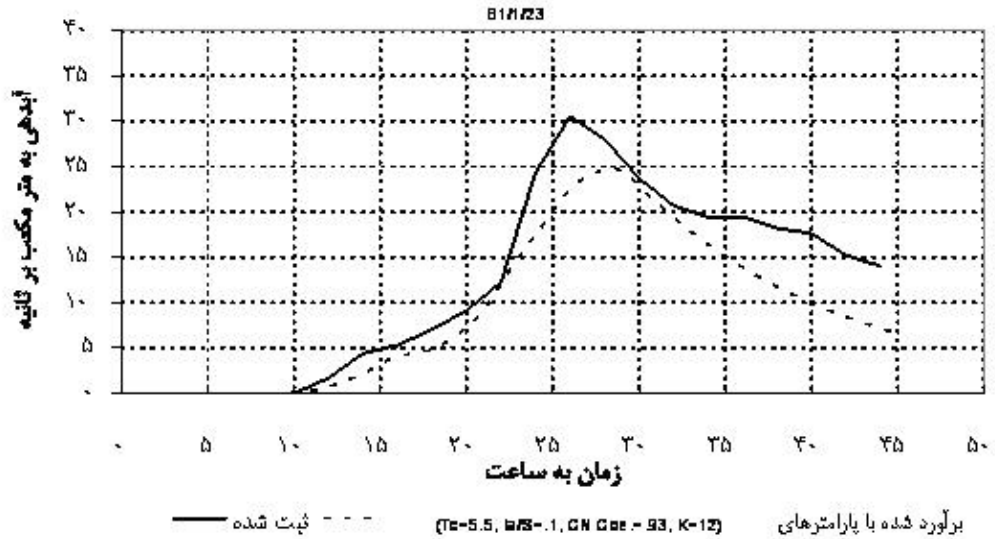
شکل ۹: مقایسه هیدروگراف- محاسبه شده از روش توزیعی کلارک با هیدروگراف ثبت شده

جدول ۱ : نتایج کالیبراسیون بارش-رواناب در حوضه آبریز کن

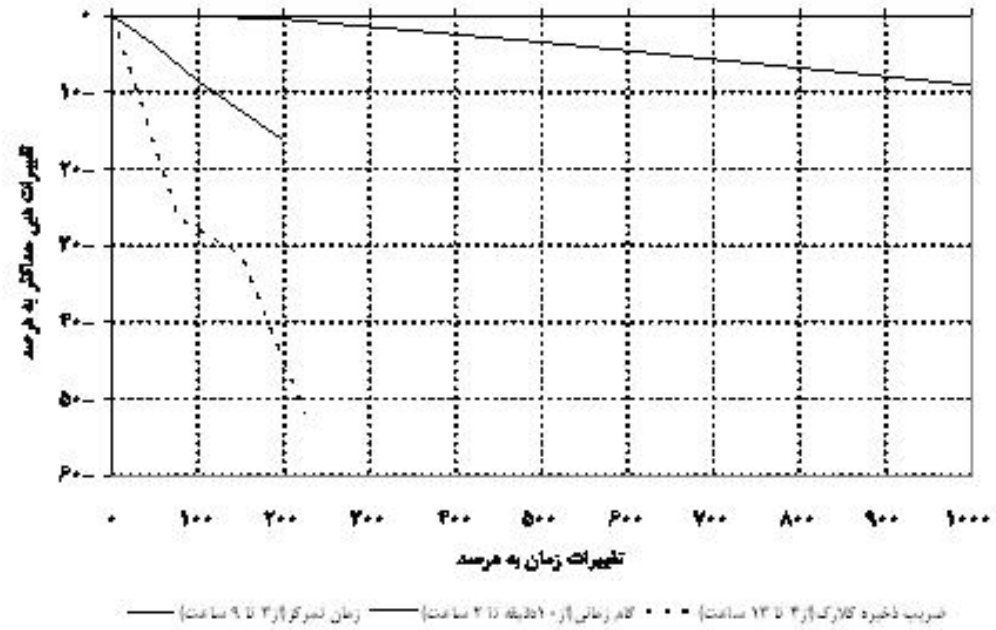
ردیف	تاریخ	عمق بارش	زمان تمرکز	ضریب CN	ضریب کلارک
		(mm)	(hr)		(hr)
۱	۷۶/۱/۹	۲۶/۵	۴/۵	۰/۸۸	۷/۱
۲	۷۶/۱/۱۶	۲۰/۸	۴/۵	۱	۷/۱
۳	۷۶/۱۱/۱۹	۱۷/۵	۶/۵	۰/۹۶۵	۷/۱
۴	۷۷/۱/۹	۴۵/۵	۸	۱	۱۲
۵	۷۷/۲/۲۳	۱۶/۴	۴	۰/۹۶	۷/۱
۶	۷۷/۳/۴	۱۲/۱	۶	۱/۱	۷/۱
۷	۷۹/۹/۱۰	۴۷/۹	۵	۰/۶۵	۱۰
	میانگین		۵/۵	۰/۹۳	۸/۲
	حداقل		۴	۰/۶۵	۷/۱
	حداکثر		۱۰	۱/۱	۱۲
	انحراف معیار		۲/۱	۱/۰	۱/۹۹

Archive of SID

www.SID.ir

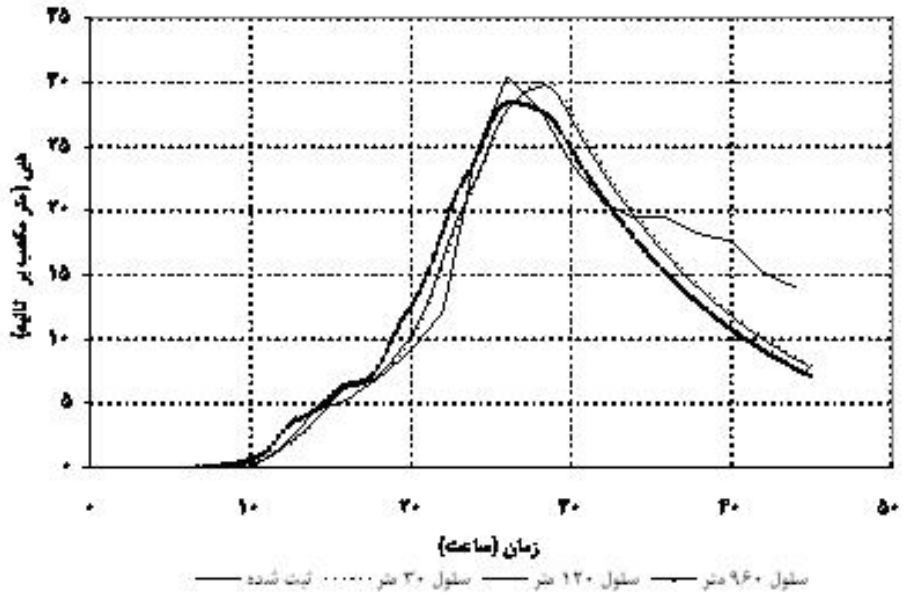


شکل۱۰ : اعتبار سنجی هیدروگراف سیلاب در ایستگاه آب سنجی سولقان در تاریخ ۸۱/۱/۲۳

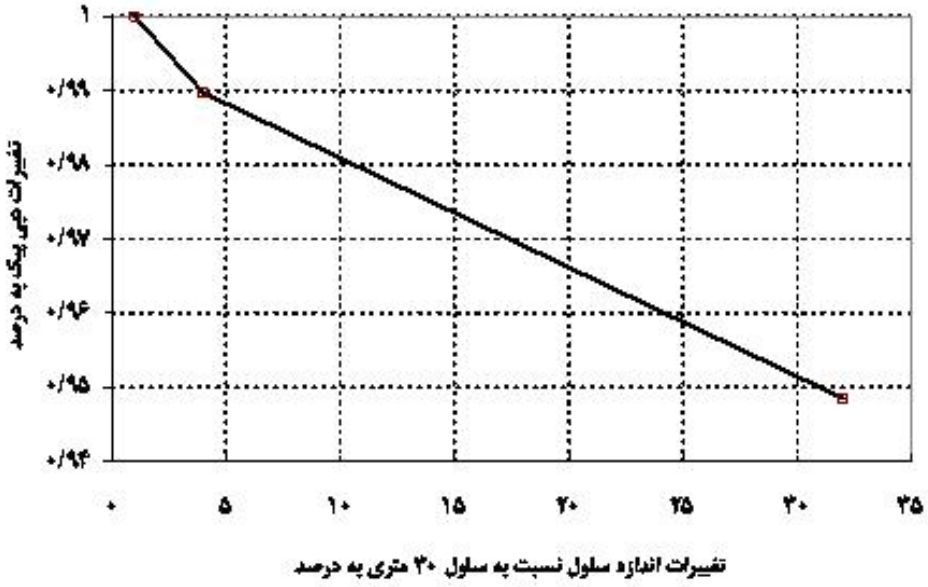


شکل ۱۱ : بررسی تاثیرافزایش زمان تمرکز، گام زمانی و ضریب ذخیره کلارک بر دبی حداکثر سیلاب

www.SID.ir

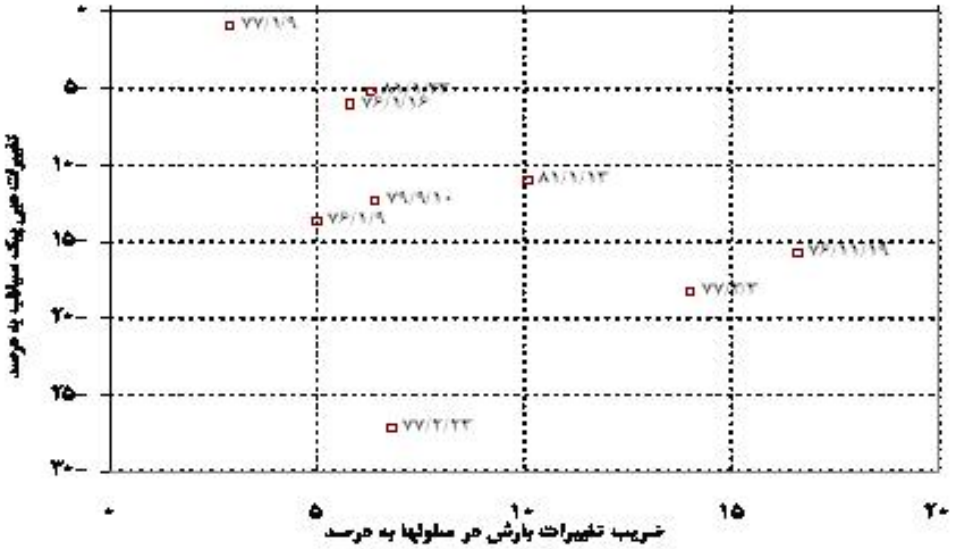


شکل ۱۲ : مقایسه هیدروگراف های محاسبه شده با سلولهای۳۰ ،۱۲۰و ۹۶۰ متر مربعی با هیدروگراف ثبت شده در تاریخ۸۱/۱/۲۳



شکل ۱۳ : بررسی اثر افزایش اندازه سلول در کاهش پیک هیدروگراف در سیلاب ۸۱/۱/۲۳

www.SID.ir



شکل ۱۴ : تغییرات پیک سیلاب با افزایش اندازه سلول از ۳۰ به ۹۶۰ متر نسبت به ضریب تغییرات بارش

Archive of SID

www.SID.ir

JOURNAL OF
AGRICULTURAL
SCIENCES
Islamic Azad University

Effect of Pixel Size of A Hydrologic Model on Simulation of Flood Peak

Sayyed. R. Alvankar
Former Ph.D. Student of Islamic Azad University, Science and Research Campus & Civileng. Department, Islamic Azad University, South Branch.
B. Saghafian
Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
H. Sedghi
Professor, Irrigation Department, Islamic Azad University, Science and Research Campus

Keywords: Runoff Simulation, Distributed Rainfall- Runoff Model, GIS, Grid Size

Abstract

Physical properties of watersheds are not uniform throughout the watershed. Distributed rainfall-runoff models have been developed to account for spatial distribution of watershed characteristics on flood hydrographs. On the other hand, due to advances in geographical information systems (GIS), the possibility of using distributed rainfall-runoff models has become more feasible. This research studies the effect of grid cell size on flood hydrograph in Kan watershed with an area of 206 Km^2 located North West of Tehran. A distributed hydrological model on the basis of SCS infiltration and Clark flow routing using Visual Basic programming language is developed. Landsat TM Color composites bands 1, 4, and 7 are used for lithology recognition by hard classify method in IDRISI software. For determining infiltration in each classified lithology, infiltration measurements by rainfall simulator are conducted in each lithology zone. The result of this research shows that with increasing cell size from 30 meter to 960 meter, maximum flood discharge decreases. The rate of decrease depends on the spatial variation of rainfall and physical properties of land in the basin. By decreasing spatial variation of rainfall and infiltration in the watershed, the variation of maximum flood discharge will decrease. The results of this research show that by increasing time step from 10 minutes to 30 minutes, the computer run time will decrease by more than 50%, while maximum flood discharge will decrease by about 0.5%.

Archive of SID

www.SID.ir