Archive of SID

تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال دوم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۵
Volume 2, No. 1, Spring 2006 (IR-WRR)
۱۸-۲۸

بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوزه آبریز سد گلستان

بهرام ثقفیان[۱]، حسن فرازجو[۲]، عادل سپهری[۳] و علی نجفی نژاد[۳]

چکیده

یکی از عوامل اصلی در تغییر روند رژیم سیلابی حوزه‌های آبریز، تغییر کاربری اراضی در سطح حوزه است. حوزه آبریز سد گلستان در سالهای اخیر شاهد سیل‌های ویرانگر بوده است که احتمال تشدید آنها در اثر تغییر کاربری اراضی مطرح می‌باشد. در این تحقیق با تلفیق سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل هیدرولوژیک HEC-HMS اثرات تغییر پوشش گیاهی بر دبی اوج و حجم سیل حوزه آبریز سد گلستان بررسی و واکنش هیدرولوژیک حوزه به ازای سناریوهای مختلف کاربری اراضی نیز پیش بینی شده است. بدین منظور، پس از تهیه نقشه پوشش گیاهی حوزه مربوط به سالهای ۱۳۴۶ و ۱۳۷۵ و تلفیق با نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک در محیط GIS، مدل هیدرولوژیک HEC-HMS با استفاده از روش نفوذ شماره منحنی (CN) و آبنمود واحد SCS در سطح زیرحوزه‌ها و نیز به روش روندیابی ماسکینگام در شبکه رودخانه‌ها در مقابل داده‌های بارش ـ رواناب مشاهده‌ای، واسنجی و اعتباریابی شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که به علت تغییرات کاربری اراضی و تخریب جنگلها و مراتع حوزه، دبی اوج سیل در دوره بازگشت ۵ و ۱۰۰۰ ساله به ترتیب ۳۱/۷ و ۱۷/۸ درصد افزایش داشته است. بنابراین پوشش گیاهی به تنهایی نقش محدودی در کنترل سیلابهای مهیب با دوره بازگشت بالا ایفا می‌نماید. نتایج حاصل از پیش‌بینی آبنمود سیل در سناریوی کاربری اراضی بد بینانه (ادامه روند تخریب پوشش گیاهی) نیز نشان می‌دهد که در صورت تخریب بیشتر جنگلها و مراتع حوزه و توسعه اراضی کشاورزی، دبی اوج سیل با دوره بازگشت‌های ۵ و ۱۰۰۰ سال به ترتیب به میزان ۳۵ و ۲۴ درصد افزایش خواهد یافت.

کلمات کلیدی: دبی اوج، سیل، تغییرات کاربری اراضی، مدل هیدرولوژیک، حوزه آبریز سد گلستان.

۱- دانشیار پژوهشی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری و استاد مدعو دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۲- کارشناس ارشد سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان – مدیریت آبخیزداری
۳- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

Effects of Land Use Change on Floods in Golestan Dam Drainage Basin

B. Saghafian[1] , H. Farazjoo[2], A. Sepehry[3], A. Najafinejad[4]

Abstract

One of the major governing factors in flood trends is the changes in land use. Golestan Dam basin in North-East of Iran has recently experienced devastating floods. Land use changes are believed to be partialy reponsible for this flood intensification. In this paper, using GIS tools and HEC-HMS model, the effects of changing vegetation cover on flood hydrographs in Golestan Dam basin are assessed. The flood condition corresponding to two limiting land use scenarios are then evaluated. Landuse maps from 1967 and 1996 along with the soil map were overlaid using GIS tools to produce CN maps. HEC-HMS hydroloigc model was calibrated and validated based on three methods; curve number (CN) method for infiltration, SCS unit hydrograph for subwatershed rainfall-runoff routing, and Muskingum method for river routing. The results show that recent changes in land use has caused upward trend in flood magnitudes of different frequencies, e.g., 31.7 and 17.8 percent increase in flood peak corresponding to 5-yr and 1000-yr return periods, respectively. This impact reduces as return period increases. Also, the results of deteriorating land use in the pessimistic scenarios show that loss of forests and rangelands increases flood peaks of 5 and 1000-yr by as much as 35 and 24 percent, respectively.

Keywords: Peak discharge, Flood, Land use changes, Hydrologic model, Golestan Dam Drainage Basin.

1 - Associate Prof., Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, saghafian@scwmri.ac.ir
2 - Watershed Hydrologist, Jihad-e-Agriculture Organization of Golestan Province, hassanfarazjoo@yahoo.com
3 - Assistant Prof., Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, adelsepehry@gau.ac.ir
4- Assistant Prof., Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, najafinejad@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

در دهه‌های آینده، توسعه مناطق کشاورزی و شهری و بهره‌برداری بیشتر از جنگلها درجهت برآوردن رشد روز افزون نیاز انسانها باعث تغییرات چشمگیری در رژیم هیدرولیکی حوزه‌های آبریز خواهد شد. تغییر کاربری اراضی به عنوان یکی از چالش‌های عمده در قرن بیست و یکم مطرح خواهد بود و برخی حتی اعتقاد به شدیدتر بودن تاثیرات آن نسبت به پدیده تغییر اقلیم دارند (Sala et al., 2000). عموما سه ویژگی اولیه حوزه آبریز شامل خاک، پوشش گیاهی و توپوگرافی تغییرات هیدرولوژیک را در قالب فرآیندهای بارش- رواناب و فرسایش اداره می‌کنند. دو ویژگی خاک و توپوگرافی، تغییرات کوتاه مدت ندارند و می‌توان آنها را جزء عوامل ایستا محسوب کرد. لیکن تغییر در واکنش هیدرولوژیک یک حوزه آبریز در مقیاس زمانی میان مدت و بلند مدت به تغییر در نوع و توزیع پوشش گیاهی بستگی دارد (Miller et al., 2002). تاثیرات هیدرولوژیک کاربری اراضی و مدیریت پوشش گیاهی در قالب تغییر در عمق رواناب، دبی حداقل، دبی حداکثر، رطوبت خاک و تبخیر و تعرق آشکار می‌شود (Sikka et al., 2003).

شواهد کمی در مورد میزان و شدت تاثیر تغییر کاربری اراضی و اقدامات مدیریتی، هنوز به میزان کافی ارائه نشده است. از این رو به کارگیری حوزه‌های آبریز شاهد و مدل‌های هیدرولوژیک به عنوان مهمترین ابزار ارزیابی تغییرات در سیستم‌های هیدرولوژیکی و پیش بینی آینده مطرح می‌باشد. بررسی منابع علمی مربوط به اثر تغییر کاربری اراضی نشان می‌دهد که نتایج روش استفاده از حوزه‌های شاهد، مناسب بوده است (Post, 1996). برخلاف حوزه‌های کوچک آزمایشی، کاربرد این روش در حوزه‌های متوسط مقیاس (۱۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلومتر مربع) با مشکلات زیر روبرو می‌باشد:

- کاربری اراضی این حوزه‌ها توسط جوامع روستایی و ساکنین آنها تعیین می‌شود و بنابراین انتخاب صحیح یک حوزه شاهد، بسیار مشکل است.

- به علت وسعت زیاد این حوزه‌ها، تعیین حوزه مجاوری که از نظر توپوگرافی، زمین شناسی، خاک، شکل، مساحت، شبکه رودخانه و رژیم بارندگی مشابه باشد، به راحتی امکان پذیر نیست.

هم چنین تکرارپذیری آزمایش‌ها برای دامنه وسیعی از شرایط طبیعی در حوزه‌های جفتی بسیار محدود است. در این صورت، استفاده از مدل‌های هیدرولوژیک ، برابر و یا بهتر از استفاده از روش آبخیزهای آزمایشی جفتی است و اثر تفاوت اقلیمی دو حوزه را نیز جبران می‌کند (Lorup et al., 1998). علاوه بر این، تنها با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی می‌توان اقدام به شبیه‌سازی و پیش بینی اثرات سناریوهای آینده نیز نمود.

مطالعات انجام شده در مورد تاثیر تغییر کاربری اراضی با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی، میزان افزایش ضریب رواناب حوزه‌های آبریز در اثر کاهش سطح جنگلها و توسعه اراضی کشاورزی و شهری را متفاوت گزارش کرده‌اند (Croke and Jakeman, 2001, Fohrer et al., 2002).

Niehoff et al. (2002) اعتقاد دارند که تاثیر وضعیت کاربری اراضی بر فرآیند بارش ـ رواناب به طور عمده‌ای به خصوصیات بارندگی و توزیع مکانی آن بستگی دارد و این تاثیرات فقط در بارندگی‌های همرفتی با شدت زیاد ، قابل ملاحظه هستند. بررسی منابع جدید نشان می‌دهد که ترکیب مدل‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی در سالهای اخیر برای شبیه‌سازی تاثیر تغییرات کاربری اراضی در حوزه‌های آبریز مورد توجه قرار گرفته‌اند، به نحوی که به علت موفقیت این نوع مطالعات، استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری به طور فزاینده‌ای مورد علاقه مدیران منابع آب و راهنمای تصمیم گیران می‌باشد (Even and Parkin,1996). هم چنین در مدیریت غیرسازه‌ای سیلاب در سطح حوزه‌های آبریز، نقش پوشش گیاهی از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است و می‌توان از طریق مدل‌های شبیه‌سازی، تاثیر سناریوهای مختلف کاربری اراضی بر وضعیت سیل حوزه را بررسی نمود.

حوزه آبریز سد گلستان در سالهای اخیر شاهد سیل‌های ویرانگری بوده است که احتمال تشدید آنها در اثر تغییر کاربری اراضی مطرح می‌باشد(Sharifi et al., 2002). در صورت وجود روند ناشی از تغییرات کاربری، بازنگری در مبنای طراحی سازه‌های هیدرولیکی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. در این مقاله با استفاده از تلفیق قابلیت‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولوژیک HEC-HMS، اثر تغییر کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر رژیم سیلابی حوزه آبریز سد گلستان مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین پیش بینی واکنش هیدرولوژیک حوزه به ازای سناریوهای مختلف کاربری اراضی از دیگر اهداف این تحقیق است.

۲- رئوس روش تحقیق

با توجه به اهداف این تحقیق، ابتدا نقشه‌های پوشش گیاهی و کاربری اراضی حوزه آبخیز سد گلستان در سالهای ۱۳۴۶ و ۱۳۷۵ تهیه می‌گردد و میران و توزیع مکانی تغییرات کاربری بررسی

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود. پس از تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی با نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک در محیط GIS، دو نقشه شماره منحنی متناسب با دوره زمانی حاصل خواهد شد. خصوصیات فیزیوگرافیک حوزه نیز در محیط GIS بر مبنای مدل رقومی ارتفاعی (DEM) حوزه استخراج می‌شود.

در مرحله بعدی، مدل هیدرولوژیک HEC-HMS بر مبنای روش نفوذ شماره منحنی SCS CN و آبنمود واحد SCS با تعدادی واقعه ثبت شده بارش ـ رواناب، واسنجی و اعتباریابی می‌گردد. در مرحله پیش بینی اثر تغییرات کاربری اراضی، بارش طراحی روزانه در ۱۲ ایستگاه باران‌سنجی منطقه محاسبه و توزیع مکانی آن با استفاده از روش عکس مربع فاصله در محیط GIS تعیین می‌شود. سپس مدل واسنجی شده، آبنمود متناسب با هر یک از شرایط پوشش گیاهی سالهای ۱۳۴۶ و ۱۳۷۵ را شبیه‌سازی می‌نماید و نتایج از نظر میزان تغییرات در دبی و حجم سیل در زیرحوزه ها و کل حوزه مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین به منظور پیش‌بینی تاثیر سناریوی تخریب بیشتر جنگلها و مراتع حوزه و نیز پیش‌بینی اثر سناریوی اقدامات مدیریتی و اصلاح کاربری اراضی، دو سناریوی کاربری اراضی خوش بینانه و بدبینانه تعریف شده و واکنش هیدرولوژیک حوزه نسبت به آنها شبیه‌سازی می‌شود. حساسیت نتایج شبیه‌سازی نسبت به دوره‌های بازگشت بارش های طراحی نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳- ویژگی‌های عمومی حوزه آبریز سد گلستان

حوزه آبریز سد گلستان با مساحت ۴۸۰۲ کیلومتر مربع بین عرضهای ″۳۰ ′۵۷ °۳۶ تا ″۳۷ ′۴۶ °۳۷ شمالی و طولهای ″۵۹ ′۱۳ °۵۵ تا ″۰۰ ′۲۸ °۵۶ شرقی واقع شده است. حوزه سد گلستان از سه زیرحوزه اصلی مادرسو (دوغ)، حاجی قوشان و اوغان تشکیل می‌شود بنحوی که رودخانه‌های اصلی این سه زیرحوزه قبل از ورود به سد گلستان به یکدیگر می‌پیوندند. بهره‌برداری از سد گلستان واقع در ۱۳ کیلومتری شرق شهرستان گنبد در سال ۱۳۷۹ آغاز شده است. در این حوزه بارندگی سالانه از غرب به شرق کاهش می‌یابد به طوری که مقدار بارش متوسط سالانه در بخش غربی حوزه حدود ۴۵۰ میلی متر و در مناطق شرقی حوزه در حدود ۱۸۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. در مجموع با توجه به شرایط توپوگرافی، اقلیم‌های متفاوتی در حوزه حاکم است. در غرب، اقلیم‌های نیمه خشک تا نیمه مرطوب معتدل و در شرق، اقلیم‌های خشک تا نیمه خشک سرد وجود دارد.

حوزه آبریز سد گلستان بر اساس وضعیت توپوگرافی و شبکه آبراهه‌ها به ۲۱ زیرحوزه تقسیم شده است که شکل (۱) موقعیت مکانی آنها را نشان می‌دهد. مدل ارتفاعی رقومی (DEM) حوزه با قدرت تفکیک مکانی ۵۰ متر براساس نقشه‌های توپوگرافی۱:۲۵۰۰۰۰ در محیط GIS تهیه گردید (شکل ۲). سپس سایر خصوصیات مهم مانند مساحت و شیب متوسط با تکیه بر DEM برای کلیه زیرحوزه‌ها استخراج گردید. مساحت زیرحوزه‌ها بین ۱۲ تا ۵۹۵ کیلومترمربع و شیب متوسط آنها بین ۰/۲ تا ۱۷/۸ درصد متغیر است (فرازجو، ۱۳۸۲).

۴- مراحل اولیه تحقیق

تغییرات زمانی پوشش گیاهی و عدد منحنی (CN)

نقشه پوشش گیاهی سال ۱۳۴۶ مناطق شمال کشور با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ توسط سازمان جنگلها و مراتع کشور تهیه گردیده است. شیت‌های مربوط به حوزه سد گلستان به صورت موزاییک و یکپارچه در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ رقومی گردید. نقشه های کاربری اراضی و پوشش اراضی سال ۱۳۷۵ کشور نیز با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ در وزارت کشاورزی وقت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM و عملیات میدانی تهیه شده است. شکل‌های (۳) و (۴) نقشه‌های پوشش گیاهی حوزه را در سالهای ۱۳۴۶ و ۱۳۷۵ نشان می‌دهند.

شماره منحنی (CN) پارامتر بی بعدی است که در روش SCS برای تعیین پارامتر تلفات اولیه و تعیین زمان تاخیر حوزه به کار می‌رود. در این مرحله، نقشه‌های موجود گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوزه آبریز سد وشمگیر که در پایین دست سد گلستان واقع شده است، رقومی گردید (مدیریت آبخیزداری استان گلستان،۱۳۸۰) و محدوده حوزه سد گلستان از آن استخراج شد. سپس برای تهیه نقشه شماره منحنی، نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک با هر یک از نقشه‌های پوشش گیاهی سالهای ۱۳۴۶و ۱۳۷۵ در محیط GIS تلفیق شد و با استفاده از جداول مربوط به تعیین CN (USACE, 2000)، شماره منحنی در هر واحد چند ضلعی حاصل از تلفیق نقشه کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیک خاک، تعیین شد. سپس شماره منحنی متوسط وزنی در هر زیر حوزه محاسبه گردید. تغییرات عدد منحنی زیرحوزه‌ها بین ۴۷ تا ۶۳ در سال ۱۳۴۶ و بین ۵۰ تا ۶۸ در سال ۱۳۷۵در شرایط رطوبتی و خشک متغیر می‌باشد (فرازجو،۱۳۸۲).

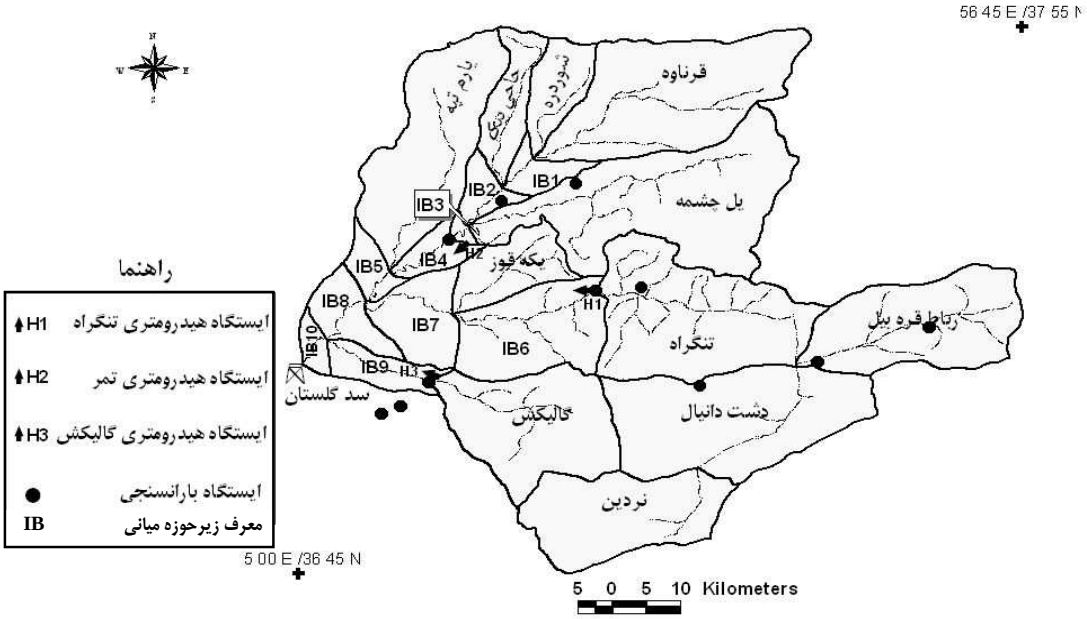
واسنجی و اعتباریابی مدل هیدرولوژیک HMS

آبنمود سیلاب‌های ایستگاه‌های هیدرومتری تنگراه، تمر و گالیکش از اداره آب منطقه‌ای گنبد اخذ شد و آبنمودهایی که در ایستگاه باران‌سنج ثبات جنگل گلستان دارای بارش همزمان بودند، تفکیک گردید. سپس در زمان وقوع هر سیل، با استفاده از بارش روزانه ثبت شده در ۱۲ ایستگاه باران سنجی داخل و اطراف حوزه آبریز سد گلستان، توزیع مکانی رگبار با استفاده از روش عکس مربع فاصله در

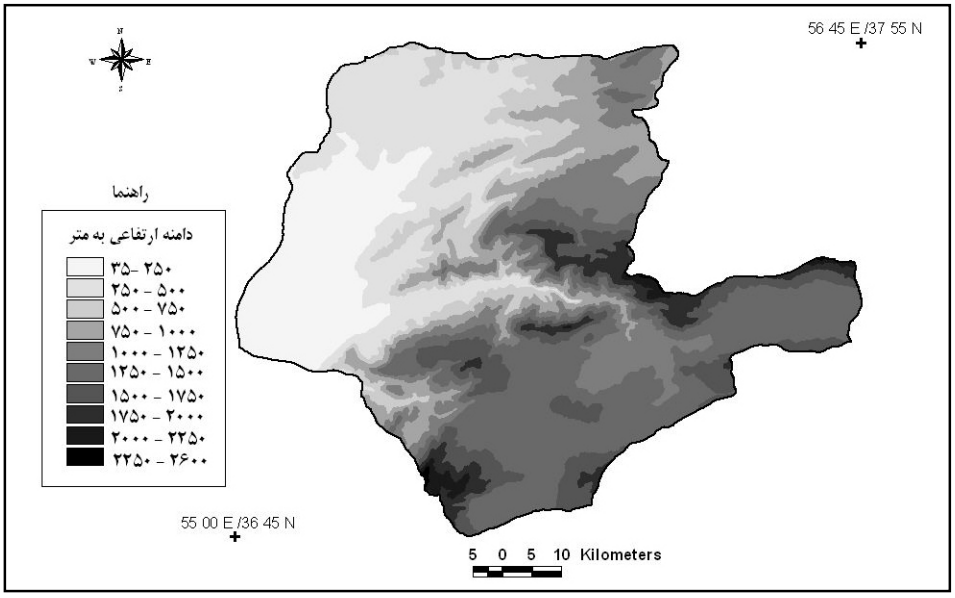
www.SID.ir

Archive of SID

محیط GIS و با شبکه سلولی ۵۰ متر تعیین شد. توزیع زمانی رگبارها نیز با استفاده از کاغذهای باران نگار ایستگاه ثبات جنگل گلستان بدست آمد. علی رغم وجود تعداد مناسب وقایع ثبت شده سیل در ایستگاههای هیدرومتری و به دلیل ضعف شبکه باران‌سنج‌های ثبات منطقه، در ایستگاه هیدرومتری گالیکش تنها چهار رویداد سیل، در ایستگاه تمر یک رویداد و در ایستگاه تنگراه دو رویداد انتخاب گردیدند (جدول ۱).



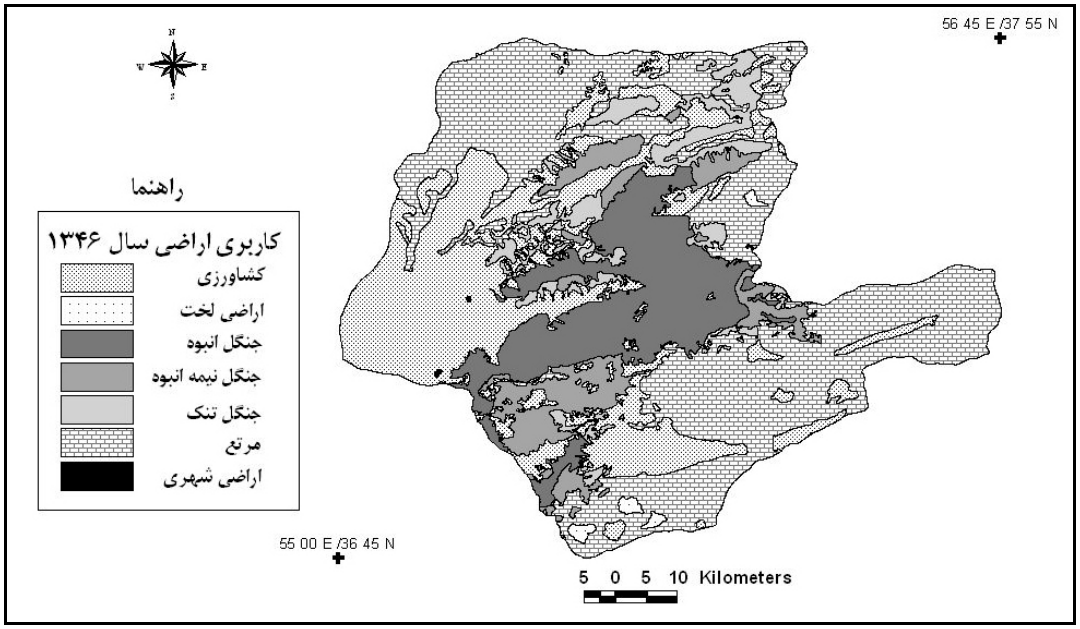
شکل ۱ - محدوده زیرحوزه‌های آبریز سد گلستان و موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری حوزه



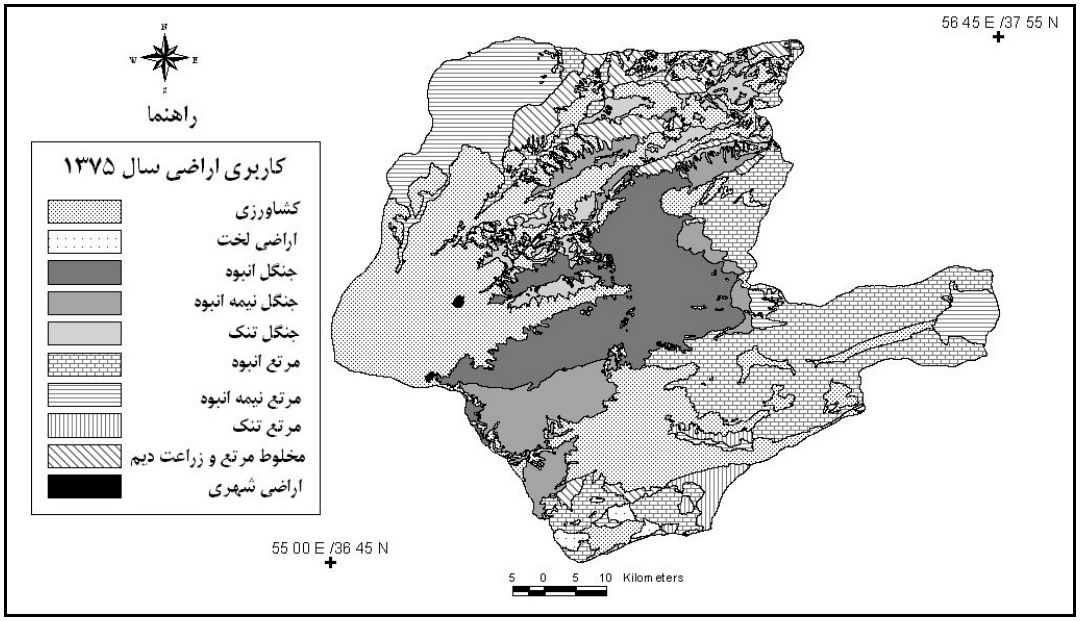
شکل ۲- مدل ارتفاعی رقومی (DEM) حوزه آبریز سد گلستان

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نقشه پوشش گیاهی و کاربری اراضی حوزه آبریز سد گلستان در سال ۱۳۴۶



شکل ۴- نقشه پوشش گیاهی و کاربری اراضی حوزه آبریز سد گلستان در سال ۱۳۷۵

در این تحقیق، تلفات اولیه بارش و نفوذ بر اساس روش شماره منحنی و آبنمود رواناب مستقیم زیر حوزه‌ها از روش آبنمود واحد SCS در قالب مدل HEC-HMS (USACE, 2000) شبیه‌سازی گردید. با انجام عملیات میدانی و مقطع برداری از بازه‌های روند یابی، خصوصیات هیدرولیکی آبراهه‌ها و پارامتر K برای روندیابی سیل به روش ماسکینگام در هر بازه تعیین گردید (فرازجو،۱۳۸۲). پارامتر X ماسکینگام نیز معادل ۰/۲ منظور گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ – مشخصات بارش – رواناب مشاهده‌ای برای واسنجی و اعتباریابی مدل HEC-HMS

ایستگاه هیدرومتری	مساحت بالادست به کیلومتر مربع	تاریخ وقوع سیلاب	شرایط رطوبتی خاک	دبی اوج سیل (متر مکعب بر ثانیه)
تمر	۱۴۳۸	۲۰ تا ۲۲ فروردین ۱۳۷۸	خشک	۲۶/۴
تنگراه	۱۷۲۴	۴ تا ۶ اردیبهشت ۱۳۷۷	خشک	۱۸/۲
		۲۰ تا ۲۲ فروردین ۱۳۷۸	خشک	۱۶/۸
گالیکش	۳۷۳	۸ تا ۱۰ خرداد ۱۳۷۷	خشک	۱۰۴/۳
		۱۴ تا ۱۵ مرداد ۱۳۷۷	خشک	۲۹۹/۹
		۲۰ تا ۲۲ فروردین ۱۳۷۸	خشک	۲۱/۲
		۳ تا ۴ مرداد ۱۳۷۸	خشک	۹۷/۵

برای واسنجی و اعتباریابی مدل HEC-HMS از آزمون ساده تقسیم نمونه‌ها (Simple-Split Sample Test) استفاده شد (Even and Parkin, 1996). در این روش، سیلابهای مشاهده‌ای به دو گروه تقسیم می‌شوند. پارامترهای مدل با یک گروه از داده‌ها با تابع هدف حداقل‌سازی خطای پیش بینی دبی اوج واسنجی می‌گردد. سپس اعتباریابی مدل از طریق اجرای مدل با پارامترهای بهینه شده برای گروه دوم داده‌ها انجام می‌شود و آبنمود مشاهده‌ای و آبنمود شبیه‌سازی شده با یکدیگر مقایسه می شوند. پارامترهای تلفات اولیه و زمان تاخیر مربوط به زیرحوزه‌های بالادست ایستگاه هیدرومتری تمر با یک رویداد سیل، واسنجی گردید. در ایستگاه هیدرومتری تنگراه یک رویداد برای واسنجی و یک رویداد نیز برای اعتباریابی مدل استفاده شد. در ایستگاه هیدرومتری گالیکش نیز مدل با دو رویداد سیل واسنجی و با دو رویداد دیگر اعتباریابی شد. در کلیه زیرحوزه ها، پارامتر شماره منحنی براساس نقشه در طول واسنجی بدون تغییر نگاه داشته شد.

شبیه سازی سیلابهای حوزه در شرایط پوشش گیاهی سالهای ۱۳۴۶ و ۱۳۷۵

در این مرحله، مدل واسنجی و اعتباریابی شده در شرایط پوشش گیاهی سالهای ۱۳۴۶ و ۱۳۷۵ به ازای بارشهای طراحی مختلف شبیه‌سازی شد و تغییرات مقادیر دبی اوج و حجم سیل در هر زیرحوزه مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه زمان تمرکز حوزه براساس فرمول زمان تاخیر SCS حدود ۲۱ ساعت است، تداوم بارش‌های طرح معادل ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد. برای تعیین بارش‌های ۲۴ ساعته با دوره بازگشت‌های مختلف به عنوان بارش‌های طراحی، آمار حداکثر بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های باران‌سنجی داخل و اطراف حوزه آبریز سد گلستان در دوره آماری موجود از اداره کل آب منطقه‌ای استان گلستان اخذ گردید. شرح کامل داده‌های ایستگاهها در فرازجو (۱۳۸۲) گزارش شده است. برازش انواع مختلف توزیع‌های فراوانی برمبنای آزمون کای ۲ بر روی آمار حداکثر بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های باران‌سنجی بررسی شد و توزیع فراوانی مناسب برای هر ایستگاه تعیین شد. توزیع مناسب در منطقه لوگ پیرسون نوع سه بدست آمد که براساس آن مقدار حداکثر بارش ۲۴ ساعته در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه گردید. سپس با استفاده از روش عکس مربع فاصله در محیط GIS ، ابتدا نقشه پراکنش مکانی بارش طرح در سطح حوزه برای هر دوره بازگشت و سپس مقدار متوسط بارش در هر زیر حوزه محاسبه شد. با توجه به اینکه ایستگاه باران سنجی ثبات گلستان فاقد طول آماری بلندمدت جهت تعیین الگوی زمانی بارش بود، از الگوی توزیع زمانی بارش ۲۴ ساعته ایستگاه سینوپتیک گرگان استفاده گردید.

پیش بینی واکنش هیدرولوژیک حوزه به ازای سناریوهای کاربری اراضی

یکی از اهداف این تحقیق، پیش‌بینی دامنه تغییرات آبنمود سیل در سناریوهای مختلف کاربری اراضی می‌باشد. بدین منظور دو سناریو خوش‌بینانه و بدبینانه در نظر گرفته شد و نقشه پوشش گیاهی آنها در محیط GIS تهیه گردید. در این سناریوها، با فرض تداوم حفاظت در محدوده پارک ملی گلستان واقع در زیر حوزه تنگراه، هیچ نوع تغییرکاربری نسبت به شرایط فعلی اعمال نشد. در سناریوی بد بینانه روند تخریب پوشش گیاهی حوزه آبریز سد گلستان مطابق با جدول (۲) در نظر گرفته شد و با استفاده از نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۵ حوزه به عنوان شرایط اولیه ، نقشه پوشش گیاهی برای سناریوی

www.SID.ir

Archive of SID

بدبینانه در محیط GIS تهیه گردید. در سناریوی خوش بینانه نیز فرض شد که پوشش گیاهی حوزه تا حد ممکن احیا گردد و در مناطق جنگلی کم تراکم، عملیات جنگل کاری صورت گیرد. همچنین فرض شد که قسمتی از اراضی کشاورزی شیب‌دار طبق طرحهای پیشنهادی منطقه به باغات زیتون تبدیل گردند. جدول (۳) وضعیت پوشش گیاهی را در این سناریو نشان می‌دهد.

جدول ۲- وضعیت تخریب پوشش گیاهی در سناریوی بدبینانه

کاربری اراضی فعلی (۱۳۷۵)	کاربری اراضی در سناریوی بدبینانه
جنگل متراکم	جنگل نیمه متراکم
جنگل نیمه متراکم	جنگل کم تراکم
جنگل کم تراکم	زراعت
مراتع متراکم, نیمه متراکم و کم تراکم	مراتع کم تراکم
زراعت	زراعت
مخلوط مرتع و زراعت دیم	زراعت

برای تهیه نقشه پوشش گیاهی در سناریوی خوش‌بینانه، نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۵ حوزه با نقشه شیب حوزه در محیط GIS، همپوشانی شد و مناطقی که دارای کاربری زارعی با شیب بالاتر از ۱۰ درصد بودند، تفکیک شد و کاربری آنها به باغ تغییر داده شد. در مورد سایر کاربری ها نیز پس از مکان یابی آنها، تغییرات مورد نظر اعمال و نهایتا نقشه پوشش گیاهی برای این سناریوها تهیه گردید. شماره منحنی زیرحوزه ها بین ۴۴ تا ۶۴ در سناریوی خوش بینانه و بین ۵۴ تا ۷۴ در سناریوی بدبینانه متغیر می‌باشد. در مرحله بعد دبی اوج ناشی از وقوع بارش های طراحی توسط مدل HMS شبیه‌سازی شد.

۵- نتایج

نتایج واسنجی مدل HMS در حوزه آبریز سد گلستان نشان می‌دهد که اختلاف بین زمان تاخیر محاسبه شده بر اساس فرمول SCS و زمان تاخیر واسنجی شده، نسبتا کم می‌باشد. بنابراین در سایر زیرحوزه‌های فاقد آمار از مقدار محاسباتی استفاده شد. زمان تاخیر زیرحوزه‌ها بین ۱ تا ۱۰/۵ ساعت تغییرمی‌کند. میانگین تلفات اولیه در زیرحوزه‌ها معادل S ۰/۰۵ (S پتانسیل نگهداشت آب) و بین ۱/۶ تا ۲۰/۲ میلی‌متر در زیرحوزه‌ها واسنجی گردید. شکل (۵) نمونه‌ای از واسنجی وقایع بارش – رواناب در ایستگاه هیدرومتری تمر را نشان می دهد.

جدول ۳- وضعیت بهبود پوشش گیاهی در سناریوی خوش بینانه

کاربری اراضی فعلی (۱۳۷۵)	کاربری اراضی در سناریوی خوش بینانه
جنگل متراکم	جنگل متراکم
جنگل نیمه متراکم	جنگل متراکم
جنگل کم تراکم	جنگل نیمه متراکم
مراتع متراکم	مراتع متراکم
مراتع نیمه متراکم	مراتع متراکم
مراتع کم تراکم	مراتع نیمه متراکم
مخلوط مرتع و زراعت دیم	مراتع نیمه متراکم
اراضی فاقد پوشش گیاهی	مراتع نیمه متراکم
زراعت در شیبهای بالاتر از ۱۰ درصد	باغات
زراعت در شیب‌های کمتر از ۱۰ درصد	زراعت با انجام عملیات حفاظت خاک
قطعات بسیار کوچک زراعت درون مناطق جنگلی	جنگل نیمه متراکم
قطعات بسیار کوچک زراعت درون مناطق مرتعی	مرتع نیمه متراکم

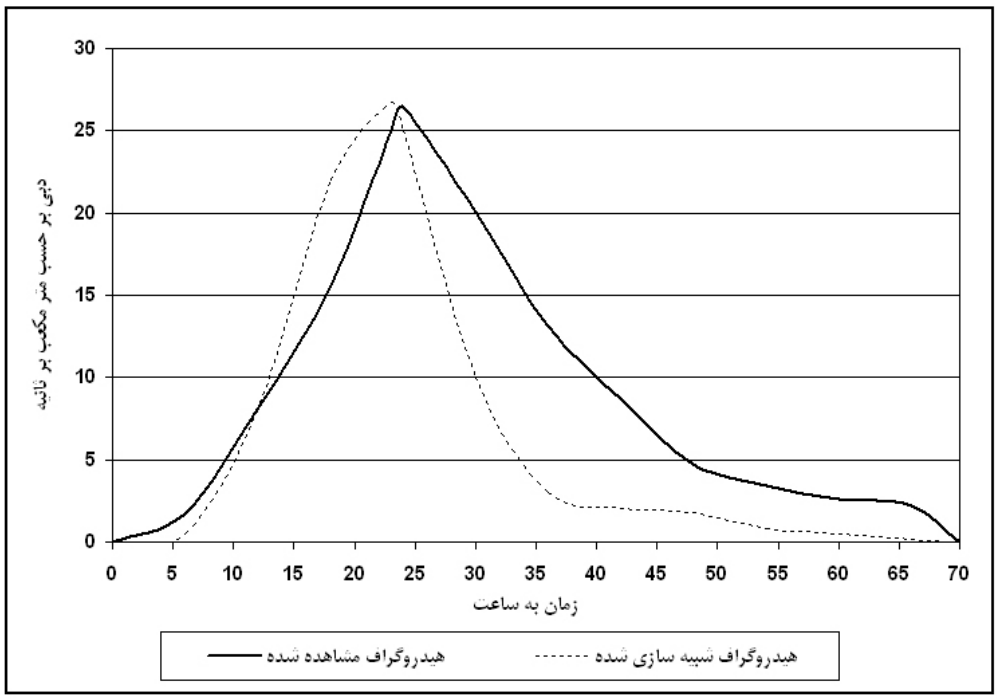
نتایج بررسی تغییرات انواع کاربری اراضی از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۵ در هر زیرحوزه را نشان می‌دهد که بیشترین نوع تغییر کاربری تبدیل مراتع به اراضی زراعی می‌باشد و در تمام زیرحوزه‌ها وسعت اراضی زراعی افزایش پیدا کرده است. اما این تغییرات به طور یکنواخت در سطح حوزه روی نداده و در زیرحوزه‌های شوردره و حاجی بیک دارای شدت بیشتری می‌باشد به طوری که به ترتیب ۴۶ و ۳۴ درصد به وسعت اراضی زراعی آنها افزوده شده است. تغییرات در سطح کاربری اراضی در حوزه آبریز سد گلستان از سال ۱۳۴۶ تا سال ۱۳۷۵ در جدول (۴) ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴ - تغییرات کاربری اراضی در کل حوزه آبریز سد گلستان از سال ۱۳۴۶ تا سال ۱۳۷۵

کاربری	سال ۱۳۴۶		سال ۱۳۷۵		درصد تغییرات
	مساحت به کیلومترمربع	درصد فراوانی	مساحت به کیلومترمربع	درصد فراوانی	
زراعت	۱۳۶۱/۴	۲۸/۳	۱۹۸۸/۶	۴۱/۴	۱۳/۱
اراضی لخت و فاقد پوشش گیاهی	۲۷/۰	۰/۵۶	۳۶/۲	۰/۷۵	۰/۱۹
جنگل متراکم	۷۴۵/۶	۱۵/۵	۶۵۷/۱	۱۳/۷	-۱/۸۴
جنگل نیمه متراکم	۳۸۱/۴	۷/۹	۳۷۶/۱	۷/۸	-۰/۱۱
جنگل کم تراکم	۳۱۰/۲	۶/۴	۲۱۰/۷	۴/۴	-۲/۰۷
مرتع	۱۹۷۵/۷	۴۱/۱	۱۵۲۹/۷	۳۱/۸	-۹/۲۸
اراضی شهری	۱/۴	۰/۰۳	۳/۶	۰/۰۷	۰/۰۴
جمع	۴۸۰۲/۷	۱۰۰	۴۸۰۲/۷	۱۰۰	---



شکل ۵ - آبنمود مشاهده‌ای و شبیه‌سازی در مرحله واسنجی رویداد ۲۰ تا ۲۲ فروردین ۱۳۷۸ در ایستگاه هیدرومتری تمر

اثر تغییر پوشش گیاهی و کاربری اراضی در بین سالهای ۱۳۴۶ و ۱۳۷۵ بر دبی اوج و حجم سیل متناظر با بارندگی‌های با دوره بازگشت‌های ۵ تا ۱۰۰۰ ساله در زیرحوزه‌های آبریز سد گلستان با کمک مدل HMS شبیه‌سازی گردید. جدول (۵) مقایسه دبی اوج و حجم سیل کل حوزه در محل سد گلستان را در اثر تغییر پوشش گیاهی نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که در اثر تخریب جنگلها و مراتع حوزه و توسعه اراضی زراعی از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۵ دبی اوج و حجم سیل حوزه آبخیز سد گلستان روند افزایشی داشته است. اما به علت تغییرات مکانی در چگونگی و میزان تغییر در کاربری اراضی، تغییرات دبی اوج و حجم سیل در زیرحوزه‌ها متفاوت است. کمترین تاثیر ناشی از تغییر کاربری در زیرحوزه تنگراه (منظور ایستگاه تنگراه نیست) دیده می‌شود که علت آن وجود پارک ملی جنگل گلستان و تداوم حفاظت از آن در دوره مورد بررسی می‌باشد. بیشترین درصد تغییرات دبی اوج سیل نیز در زیرحوزه‌های قرناوه ، شوردره ، حاجی

www.SID.ir

Archive of SID

بیک و یارم تپه دیده می‌شود که در آنها سطح وسیعی از اراضی مرتعی به زراعت تبدیل شده است.

هم چنین، تغییرات دبی اوج سیل زیرحوزه‌های آبریز سد گلستان در دوره بازگشت‌های ۵ تا ۱۰۰۰ ساله در سناریوی کاربری اراضی خوش بینانه و بد بینانه تعیین گردید. جدول (۶) مقایسه دبی اوج کل حوزه در محل سد گلستان در سناریوهای کاربری اراضی را نشان می‌دهد. درصد تغییرات دبی اوج سیل در این دو سناریو نیز در شکل (۶) ارائه شده است.

مقایسه اثر سناریوهای کاربری اراضی خوش بینانه و بد بینانه بر دبی اوج سیل نشان می‌دهند که عکس‌العمل هیدرولوژیک حوزه آبریز سد گلستان نسبت به تخریب پوشش گیاهی تا اندازه‌ای شدیدتر است. به عبارت دیگر، قدر مطلق درصد تغییرات در دبی اوج به‌ازای سناریوی بدبینانه بیشتر از سناریوی خوش بینانه است. لذا اگر روند تخریب پوشش گیاهی حوزه به سمت سناریوی بدبینانه میل نماید، مقدار دبی اوج سیل به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت که تاکیدی دوباره بر لزوم حفظ و احیا پوشش گیاهی حوزه می‌باشد. به عنوان مثال در دوره باز گشت ۵ ساله در صورت ادامه روند تخریب حوزه ، دبی اوج سیل ۳۵/۵ درصد نسبت به شرایط فعلی افزایش خواهد یافت.

جدول۵ - اثر تغییرات پوشش گیاهی بر دبی اوج و حجم سیل کل حوزه در محل سد گلستان در دوره بازگشت‌های مختلف

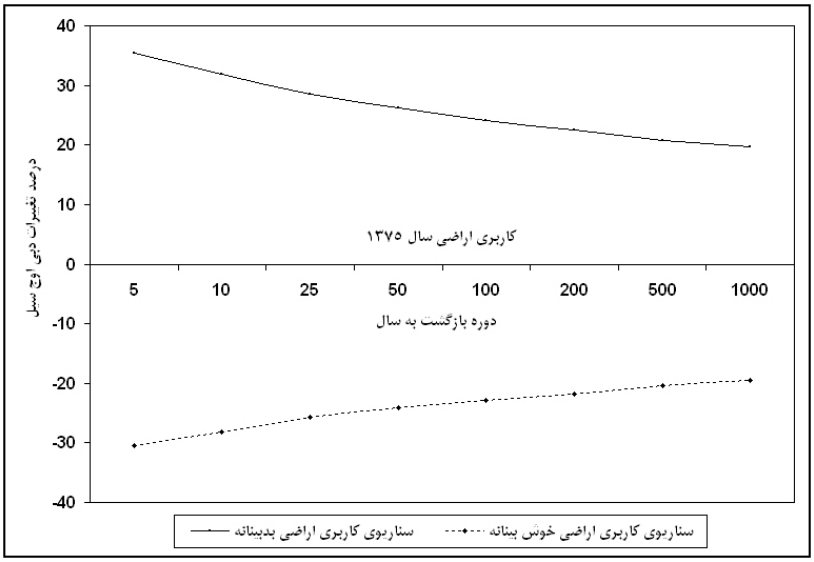
دوره بازگشت به سال	دبی اوج سیل برحسب مترمکعب برثانیه			حجم سیل برحسب هزار مترمکعب		
	سال ۱۳۴۶	سال ۱۳۷۵	درصد افزایش	سال ۱۳۴۶	سال ۱۳۷۵	درصد افزایش
۵	۴۷۶/۶	۶۲۷/۷	۳۱/۷	۳۰۷۱۴	۳۹۵۲۲	۲۸/۷
۱۰	۷۰۱/۴	۹۰۱/۲	۲۸/۵	۴۵۵۱۹	۵۷۲۱۲	۲۵/۷
۲۵	۱۰۴۱/۵	۱۳۰۲	۲۵	۶۸۰۵۱	۸۳۵۷۰	۲۲/۸
۵۰	۱۳۳۲/۴	۱۶۴۰/۲	۲۳/۱	۸۷۶۲۹	۱۰۶۰۹۹	۲۱
۱۰۰	۱۶۵۶/۱	۲۰۱۴/۸	۲۱/۶	۱۰۹۲۷۸	۱۳۰۷۲۶	۱۹/۶
۲۰۰	۲۰۱۱/۲	۲۴۲۰	۲۰/۳	۱۳۳۳۶۲	۱۵۷۸۴۱	۱۸/۳
۵۰۰	۲۵۳۱/۵	۳۰۰۸/۱	۱۸/۸	۱۶۸۹۹۶	۱۹۷۵۰۸	۱۶/۹
۱۰۰۰	۲۹۶۵/۶	۳۴۹۴/۱	۱۷/۸	۱۹۸۹۳۳	۲۳۰۵۸۸	۱۵/۹

جدول ۶ - دبی اوج سیل کل حوزه در محل سد گلستان با دوره بازگشت های مختلف در سناریو های بدبینانه و خوش بینانه

دوره بازگشت به سال	دبی اوج سیل برحسب مترمکعب بر ثانیه			درصد افزایش دبی اوج در سناریوی بدبینانه نسبت به کاربری فعلی	درصد کاهش دبی اوج در سناریوی خوش بینانه نسبت به کاربری فعلی
	کاربری فعلی	سناریوی بدبینانه	سناریوی خوش بینانه		
۵	۶۲۷/۷	۸۵۰/۵	۴۳۶/۳	۳۵/۵	۳۰/۵
۱۰	۹۰۱/۲	۱۱۸۸/۱	۶۴۶/۸	۳۱/۸	۲۸/۲
۲۵	۱۳۰۲	۱۶۷۲/۶	۹۶۷/۸	۲۸/۵	۲۵/۷
۵۰	۱۶۴۰/۲	۲۰۷۰	۱۲۴۴/۱	۲۶/۲	۲۴/۱
۱۰۰	۲۰۱۴/۸	۲۵۰۲/۱	۱۵۵۳	۲۴/۲	۲۲/۹
۲۰۰	۲۴۲۰	۲۹۶۳/۶	۱۸۹۲/۹	۲۲/۵	۲۱/۸
۵۰۰	۳۰۰۸/۱	۳۶۳۳/۵	۲۳۹۲/۷	۲۰/۸	۲۰/۴
۱۰۰۰	۳۴۹۴/۱	۴۱۸۴/۸	۲۸۱۰/۹	۱۹/۸	۱۹/۵

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- مقایسه اثر سناریوهای کاربری اراضی بر دبی اوج سیل حوزه آبخیز سد گلستان

۶- بحث و نتیجه گیری

بررسی تغییرات کاربری اراضی در کل حوزه آبریز سد گلستان نشان می‌دهد که در دوره ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۵در اثر تخریب جنگلها و مراتع منطقه بیش از ۱۳ درصد به وسعت اراضی زراعی افزوده شده که بخش قابل توجهی از آن بر روی دامنه‌های شیب‌دار قرار گرفته و دارای نقش موثری در افزایش رواناب حوزه می‌باشد. در همین دوره زمانی، سطح کل جنگلهای حوزه از ۱۴۳۷ کیلومترمربع به ۱۲۴۴ کیلومترمربع کاهش یافته است. لذا در حدود ۲۰۰ کیلومترمربع (معادل ۴ درصد سطح حوزه) از مساحت اراضی جنگلی کم شده است.

نتایج شبیه‌سازی مدل HMS نشان می‌دهد که در بین زیرحوزه‌های آبریز سد گلستان ، زیرحوزه گالیکش دارای بیشترین دبی ویژه اوج سیل می‌باشد. مقایسه آمار رگبارهای ثبت شده در ایستگاههای باران‌سنجی اطراف حوزه و نیز آمار سیلابهای ایستگاه هیدرومتری گالیکش واقع در خروجی این زیرحوزه با سایر ایستگاههای نیز تایید می‌کند که این زیر حوزه شاهد سیلابهای بزرگی بوده است. این در حالی است که بیش از ۶۲/۵ درصد از سطح این زیرحوزه را جنگلهای انبوه و نیمه انبوه فراگرفته است. این مشاهده نشان دهنده نقش موثر تغییرات مکانی شدت و مقدار بارندگی بر رژیم سیل خیزی واحدهای هیدرولوژیکی حوزه آبریز سد گلستان می‌باشد.

نتایج این تحقیق هم چنین تاکید می‌کند که اثر تغییرات پوشش گیاهی بر واکنش هیدرولوژیک، در برخی زیرحوزه‌ها محسوس‌تر است. به عنوان مثال در زیرحوزه شوردره ، تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۵ باعث شده تا دبی اوج سیل ۵ ساله آن ۱۶۱ درصد افزایش یابد. در حالی که در همین دوره بازگشت در کل حوزه آبریز سد گلستان تنها ۳۱/۷ درصد افزایش در دبی اوج سیل مشاهده می‌گردد. بنابراین عملکرد یک زیرحوزه به تنهایی نمی‌تواند معیار واکنش هیدرولوژیک یک حوزه آبریز وسیع قرار گیرد و عواملی همچون موقعیت مکانی زیرحوزه‌ها و روندیابی سیل در رودخانه اصلی، از عوامل موثر در تعیین رژیم سیلابی حوزه می‌باشد.

نتایج همچنان نشان داد که اثر تغییر کاربری اراضی با افزایش دوره بازگشت سیل حوزه سد گلستان کاهش می‌یابد به طوری که دبی اوج کل حوزه در محل سد گلستان در اثر تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۵ در دوره بازگشت ۵ ساله، ۳۱/۷ درصد ولی در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله تنها ۲۱/۶ درصد افزایش نشان می‌دهد. بنابراین همانطور که Niehoff et al. (2002) نیز گزارش کرده‌اند، پوشش گیاهی در کاهش نسبی سیلاب‌های مهیب با دوره بازگشت بالا تاثیر کمتری دارد. در بررسی اثر تغییرات پوشش گیاهی بر دبی اوج و حجم سیل نیز مشاهده می‌گردد که دبی اوج سیل نسبت به تغییرات کاربری اراضی حساس‌تر است.

به منظور پیش بینی تاثیر مدیریت غیر سازه‌ای سیلاب با توجه به طرح اصلاح اراضی زراعی شیب‌دار حوزه آبخیز سد گلستان، یک

www.SID.ir

Archive of SID

سناریو کاربری اراضی به صورت توسعه باغات و احیا جنگلها و مراتع تعریف شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی هیدرولوژیک این سناریو نشان می‌دهد که برای مدیریت و کاهش سیلاب در منطقه از طریق روش غیرسازه‌ای مدیریت اراضی می‌توان دبی اوج سیل را در دوره بازگشت‌های پایین و متوسط به میزان قابل توجهی کاهش داد. بنابراین طرح اصلاح کاربری اراضی حوزه در قالب احیا جنگلها و نوسعه اراضی کشاورزی به ویژه از نوع باغات زیتون مقدار رسایش و تلفات اولیه را به طور موثری افزایش خواهد داد.

همانگونه که Sharifi et al. (2002) اشاره کرده‌اند، وقوع سیل‌های مهیب در حوزه سد گلستان نمی‌تواند تنها به دلیل قطع و تخریب جنگل باشد و عمق و توزیع زمانی – مکانی بارش در تولید سیل‌های بزرگ در این حوزه نقش مهمی دارند. حوزه آبریز سد گلستان، موزاییکی از کاربری اراضی‌های مختلف است که علاوه بر الگوهای متفاوتی از پوشش گیاهی، دارای تنوع در زمین، خاک و حتی اقلیم می‌باشد. با وجود تاثیر قابل توجه پوشش گیاهی در کنترل سیل‌های کوچک تا متوسط، به نظر می‌رسد عوامل دینامیک مانند بارندگی و رطوبت اولیه نقش مهم‌تری در سیلابهای بزرگ ایفا می‌کنند.

۷- مراجع

فرازجو، حسن (۱۳۸۲) ،" بررسی اثر تغییرات پوشش گیاهی بر آبنمود سیل حوضه آبخیز سد گلستان"، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،۱۷۶ صفحه.

مدیریت آبخیزداری استان گلستان (۱۳۸۰)، "طرح پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی حوزه آبریز سد وشمگیر"، ۸۵ صفحه.

Croke, B. F. W. and Jakeman, A. J. (2001) “Predictions in Catchment Hydrology: an Australian Prespective”, *Marine and Fresh Water Resources*, 52: pp. 65-79.

Even, J. and Parkin, G. (1996) “Validation of Catchment Models for Prediction Land Use and Climate Change Impacts: 1. Method”, *Journal of Hydrology*, 175: pp. 583-564.

Fohrer, N., Steiner N. and Moller, D. (2002) “Multidisiplinary Trade-off Function for Land Use Option in Low Mountain Ranges Area: A Modelling Approach”, Proc. of the Third International Conference on Water Resources and Environmental Research, Dresden University of Technology, pp. 387-391.

Lorup, J. K., Refsgaard J. C. and Mazvimari, D. (1998) “Assessing the Effect of Land Use Change on Catchment Runoff by Combined use of Statistical Tests and Hydrological Modelling: Case Studies from Zimbabwe”, *Journal of Hydrology*, 205: pp. 147-163.

Miller, S. N., Kepner, W. G., Mehaffey, M. H., Hernandez, M., Miller, R. C., Goodrich, D. C., Devonald, K., Heggem, D. T. and Miller, W. P. (2002) “Integrating Landscape Assessment and Hydrologic Modeling for Land Cover Change Analysis”, *Journal of the American Water Resources Association*, 38(4): pp. 915-929.

Niehoff, D., Fritsch U. and Bronestert, A. (2002) “Land Use Impacts on Storm-Runoff Generation: Scenario of Land Use Change and Simulation of Hydrological Response in a Meso-Scale Catchment in SW-Germany”, *Journal of Hydrology*, 267(1-2): pp. 80-93.

Post, D. A. (1996) “Identification of Relationships Between Catchment-Scale Hydrologic Response and Landscape Attributes”, *Ph.D. Dissertation*, Australian National University.

Sala, O. E., Chapin, F. S., Armesto, J. J., Berlow, R., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D., Mooney, H. A., Oesterheld, M., Poff, N. L., Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M. and Wall, D. H. (2000) “Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100, *Science*, 287: pp. 1770-1774.

Sharifi, F., Saghafian, B. and Telvari, A. (2002) “The Great 2001 flood in Golestan Province, Iran: Causes and Consequences”, Proceedings of the International Conference on Flood Estimation, March 2002, Bern, Switzerland, pp. 263-271.

Sikka, A. K., Sarma, J. S., Sharda, V. N., Samraj, P. and Lakshmanam, V. (2003) “Low Flow and High Flow Responses to Converting Natural Grassland into Bluegum (Eucalyptus globulus) in Nilgiris Watersheds of South India”, *Journal of Hydrology*, 270: pp. 12-26.

USACE (2000) “HEC-HMS Technical Manual”, *Hydrologic Engineering Center*, Davis, CA, 187 p.

تاریخ دریافت مقاله: ۳۰ شهریور ۱۳۸۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۲۳ اسفند ۱۳۸۴

www.SID.ir