بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل (مطالعه موردی: حوضه آبریز ابوالعباس)

سیده مائده شنانی هویزه[۱]، حیدر زارعی[۲*] و حبیب رمضانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی منابع آب، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه هیدرولوژی و منابع آب، دانشکده ی مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایرانzareih@scu.ac.ir

۳- محقق در دانشگاه علوم کشاورزی سوئد، اومئو، سوئد.

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۶

چکیده

هدف از مطالعه‌ی حاضر بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی ایجاد شده در طول سال‌های ۸۸-۱۳۶۹ در حوضه‌ی آبریز ابوالعباس بر هیدروگراف سیل می‌باشد. برای دست یابی به این هدف از تلفیق روش های سنجش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS استفاده شد. ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۸ حوضه، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست/TM و الگوریتم شبکه‌ی عصبی مصنوعی با دقت قابل قبولی در هشت کلاس کاربری تهیه شدند. سپس هر یک از این نقشه‌ها برای تهیه‌ی نقشه شماره منحنی سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۸ منطقه، با نقشه گروه هیدرولوژیک خاک در محیط GIS تلفیق شدند. در نهایت مدل HEC-HMS با استفاده از روش شماره منحنی رواناب (SCS-CN) برای برآورد رواناب حوضه برای چهار واقعه‌ی بارش-رواناب مشاهده‌ای رخ داده در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ واسنجی و اعتبارسنجی شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که به علت تغییرات کاربری اراضی که در جهت کاهش سطح جنگل و افزایش سطوح مراتع و مناطق مسکونی اتفاق افتاده است، میزان دبی اوج و حجم سیلاب در حوضه‌ی آبریز ابوالعباس طی دوره‌ی مورد مطالعه، به طور متوسط به ترتیب ۵/۵ و ۵/۱ درصد افزایش یافتند. از سویی دیگر نتایج نشان داد که تغییرات کاربری بر زمان رسیدن به دبی اوج هیدروگراف سیلاب اثری نداشته است.

کلید واژه‌ها: تصاویر ماهواره‌ای، کاربری اراضی، سیل، HEC-HMS، حوضه آبریز ابوالعباس.

The Effect of Land-Use Changes on Flood Hydrograph (Case Study: Abolabbas Basin)

S.M. Shanani Hoveyzeh[1], H. Zarei[2*] and H. Ramezani[3]

1- MSc Student in Water Resources Engineering, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

2*- Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

3- Researcher at Swedish University of Agricultural Science, Umea, Sweden.

Received:23 September 2015 Accepted:26 January 2016

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the land use changes on flood hydrograph at Abolabbas basin during the period of 1990-2009. In this paper, the techniques of Remote sensing, Geographic Information System (GIS) and HEC-HMS hydrologic model was used to achieve the purpose intended. At the first step, Landsat satellite images used for the preparation the land use maps of 1990 and 2009, Then images were classified using artificial network algorithm with fine accuracy in eight class of land use. Then these land use maps with the hydrologic soil map were integrated using GIS tools to produce CN maps of 1990 and 2009. The HEC-HMS rainfall-runoff model using of the

SCS-CN method for estimating runoff in Abolabbas basin was calibrated and validated for 4 storms occurred at study area. Results of the simulation showed that changes in land use that occurred in the direction the reduction in the level of forest and increased level of rangelands and residential areas has caused peak flow and flood volume during the study period increased 5.5 and 5.1 percent, respectively. On the other hand the results showed, this land use change not affect on the time of peak in flood hydrograph.

Keywords: Satellite images, Land use, Flood, HEC-HMS, Abolabbas basin.

مقدمه

ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی[1] بر هیدرولوژی، پایه و اساس مدیریت حوضه‌ی آبریز و بازسازی محیط‌زیست می‌باشد (نای و همکاران[2]، ۲۰۱۱). مطالعات نشان دادند که تغییر پوشش سطح زمین به صورت طبیعی و یا توسط انسان می‌تواند تأثیر به سزایی در چرخه هیدرولوژیکی منطقه داشته باشد و این تأثیر در قالب افزایش دبی اوج و حجم رواناب سطحی (شی و همکاران[3]، ۲۰۰۷)، افزایش پتانسیل ریسک سیلاب (نیروپاما و سیمونویچ[4]، ۲۰۰۷) و کاهش کیفیت آب (شیان و همکاران[5]، ۲۰۰۷)، ظاهر خواهند شد. تغییر کاربری اراضی به عنوان یکی از چالش‌های عمده در قرن ۲۱ مطرح است و برخی حتی اعتقاد به شدیدتر بودن تأثیر آن نسبت به پدیده تغییر اقلیم[6] دارند (سالا و همکاران[7]، ۲۰۰۰). برآورد نتایج حاصل از تغییرات پوشش گیاهی و پوشش زمین یکی از موضوعات اخیر در مدل‌های هیدرولوژیکی شده است (یانگ و همکاران[8]، ۲۰۱۲)، و این می‌تواند برای برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از پروژه‌های منابع آب داخلی و برای هشدار زود هنگام سیل ضروری باشد (دیو و همکاران[9]، ۲۰۱۲). ولی با وجود این تحلیل، تأثیر تغییر کاربری بر فروانی سیلاب مسئله‌ای پیچیده به نظر می‌رسد که به خاطر کمبود داده‌های سیلاب و همچنین فرایند توسعه‌ی غیرایستا و پویای نواحی ساخته شده است (سوریا و مادگال[10]، ۲۰۱۲). درکل درک بهتر و ارزیابی تأثیر تغییر کاربری اراضی در فرآیندهای هیدرولوژیکی حوضه برای پیش‌بینی و کاهش خطرات سیل و همچنین برای برنامه‌ریزی و توسعه پایدار مدیریت حوضه اهمیت دارد (چن و همکاران[11]، ۲۰۰۹). اگر چه وقوع سیل قابل پیشگیری نیست ولی می‌توان با استفاده از رویکردهای مدیریتی یکپارچه پیامدهای منفی سیل را به حداقل رساند (دوان و همکاران[12]، ۲۰۰۷). در زمینه تغییر کاربری اراضی مطالعات زیادی در جهان صورت گرفته است، که در این مطالعه به بخشی از مهمترین آن‌ها اشاره شده است. شیدر و همکاران[13]، (۲۰۰۲) با مطالعه در سه حوضه کوچک واقع در ایالات متحده آمریکا، اثر توسعه اراضی شهری را بر واکنش هیدرولوژیک مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داده است که با توسعه اراضی شهری، شماره منحنی حوضه افزایش یافته و زمان تاخیر حوضه، کاهش می‌یابد و در نتیجه واکنش هیدرولوژیک حوضه به وقوع بارندگی سریع‌تر شده و دبی اوج بیشتری تولید می‌شود و همچنین آنها منشأ دبی اوج هیدروگراف سیل را تفکیک نموده و بیان کردند که منشأ رواناب در پیک‌های سریع، اراضی شهری است و پیک‌های تأخیری هیدروگراف، ناشی از رواناب اراضی طبیعی (غیر شهری) است. کامارانی و همکاران[14]، (۲۰۰۵) اثر تغییر کاربری اراضی در وقوع سیلاب حوضه‌ی رودخانه‌ی پو در شمال ایتالیا را بررسی کردند، آن‌ها تأثیر شایان توجه تغییر کاربری اراضی را روی هیدروگراف شبیه‌سازی شده نشان دادند و همچنین نتایج حاصل از مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد که تغییر کاربری اراضی برای بارش‌هایی با شدت بالا تأثیر زیادی بر سیلاب حوضه دارد. چن و همکاران، (۲۰۰۹) به بررسی اثر سناریوهای کاربری اراضی بر رواناب در حوضه‌ای در چین پرداختند، در این مطالعه ابتدا کاربری اراضی سال ۲۰۵۰ با استفاده از مدل CLUE-S و بر اساس کاربری اراضی سال ۲۰۰۲ در دو سناریوی A (افزایش مناطق شهری از ۹/۲ به ۱۷ درصد) و B (افزایش مناطق شهری از ۹/۲ به ۱۴ درصد) پیش‌بینی شد. در نهایت مدل واسنجی شده‌ی HEC-HMS برای بررسی پتانسیل تأثیر کاربری اراضی بر تولید رواناب استفاده شد و نتایج نشان داد که سناریوهای پیش‌بینی شده برای کاربری اراضی آینده باعث افزایش رواناب کل و دبی اوج می‌شود و سناریوی A به نسبت B تأثیر گذارتر است. سوریا و مادگال،(۲۰۱۲) در پژوهشی به بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر سیلاب در حوضه آبریز تیروسولام پرداختند. این پژوهش در چهار مرحله انجام شد. در ابتدا

1- Land use
2- Nie *et al.*
3- Shi *et al.*
4- Nirupama and Simonovic
5- Xian *et al.*
6- Climate Change
7- Sala *et al.*
8- Yang *et al.*
9- DU *et al.*
10- Suriya and Mudgal
11- Chen *et al.*
12- Dewan *et al.*
13- Sheeder *et al.*
14- Camorani *et al.*

با استفاده از روش سنجش از دور و روش طبقه‌بندی، کاربری‌های اراضی حوضه مورد نظر در دو سال ۱۹۷۶ و۲۰۰۵ میلادی استخراج شد تا آشکارسازی تغییرات انجام گیرد. در مرحله دوم، مدل سازی بارش-رواناب با استفاده از مدل HEC-HMS انجام شد و در مرحله سوم نقشه خطر سیل محدوده‌ی مورد مطالعه با استفاده از سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی تهیه و در نهایت نقشه پهنه‌بندی سیل با به کارگیری مدل یک بعدی (HEC-RAS) تهیه شد. سانیال و همکاران[1]، (۲۰۱۴) به ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در زیرحوضه‌ها و تأثیر آن‌ها بر دبی اوج سیلاب در خروجی حوضه کنار واقع در شرق هند در دوره‌ی زمانی ۲۰۰۴-۱۹۷۶ پرداختند. آن‌ها در این مطالعه برای تهیه‌ی نقشه‌های کاربری از تصاویر ماهواره‌ی لندست و نرم افزارENVI استفاده کردند و سپس با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS و روش NRCS-CN به ارزیابی اثر حالات مختلف پوشش زمین بر دبی اوج سیلاب پرداختند. ثقفیان و همکاران، (۱۳۸۵) در پژوهشی با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS تاثیر تغییر پوشش گیاهی و کاربری اراضی را بر دبی اوج و حجم سیل حوضه‌ی آبریز سد گلستان براساس سناریوهای مختلف کاربری اراضی بررسی کردند. ایشان نتیجه‌گیری کردند که با تغییر کاربری اراضی در اثر تخریب جنگل‌ها و مراتع حوضه و توسعه اراضی زراعی از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۵ دبی اوج و حجم سیل حوضه آبریز 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 زیر حوضه‌ها متفاوت است. یمانی و مهرجونژاد،(۱۳۹۱) در پژوهش خود تغییر مؤلفه‌های هیدرولوژیکی حوضه آبریز کردان را در نتیجه‌ی تغییر کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹و ۱۳۹۰ بررسی کردند و داده‌های کاربری اراضی را برای این سال‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و طبقه‌بندی نظارت شده به دست آوردند، همچنین برای شبیه‌سازی بارش-رواناب از مدل HEC-HMS و روش SCS-CN استفاده نمودند. نتایج نشان داد که به علت تغییرات صورت گرفته بر کاربری اراضی در این منطقه، ضریب رواناب از ۷۱/۴ درصد در سال ۱۳۶۶ به ۷۳/۷ درصد در سال ۱۳۷۹ و ۷۷/۹ درصد در سال ۱۳۸۸ افزایش یافته است. بهنام و همکاران، (۱۳۹۲) به بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل رودخانه زاینده رود در محدوده شهری اصفهان پرداختند. آن‌ها برای این منظور از تصاویر ماهواره‌ای مورد نیاز، نرم افزار ENVI و مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS استفاده کردند که در نهایت هیدروگراف‌های طرح شبیه‌سازی شده نشان داد که اثر تغییر کاربری اراضی در دبی اوج سیلاب با افزایش دوره بازگشت سیلاب کاهش می‌یابد. سلاجقه و همکاران، (۱۳۹۲) در تحقیقی با تلفیق سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و مدل HEC-HMS به بررسی آثار تغییر کاربری اراضی بر سه پارامتر دبی اوج، حجم و زمان پایه سیل در بخشی از حوضه آبخیز طالقان پرداختند. آن ها به منظور آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی از نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۸۱ استفاده کردند. در نهایت نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS نشان داد که به علت تغییرات کاربری اراضی، دبی اوج و حجم سیلاب در سال ۱۳۸۱ نسبت به سال ۱۳۶۶، به ترتیب به طور متوسط، ۱۶/۲ و ۱۳/۶ درصد کاهش یافته‌اند.

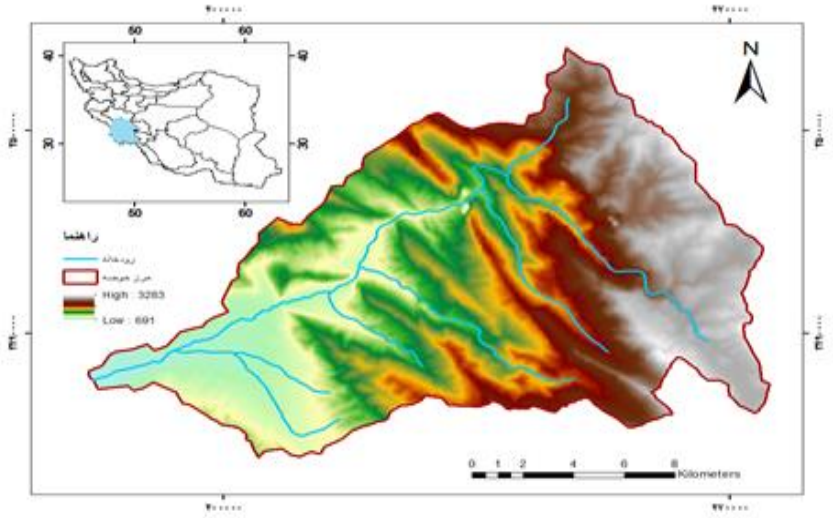
با توجه به اهمیت و تأثیر فراوان تغییرات کاربری اراضی بر افزایش خطر سیلاب در مناطق مختلف جهان به خصوص در حوضه-های کوهستانی مجاور شهرها، در این تحقیق به بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر خصوصیات هیدروگراف سیلاب‌های حوضه‌ی کوهستانی ابوالعباس طی دو دهه (۸۸-۱۳۶۹) پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبریز ابوالعباس واقع در استان خوزستان، بزرگ ترین زیرحوضه‌ی رودخانه‌ی رود زرد می‌باشد. مساحت این حوضه ۲۸۳ کیلومتر مربع و محیط ۸۷/۴ کیلومتر بوده و از نظر مساحت در محدوده حوضه‌های آبریز متوسط قرار می‌گیرد. این حوضه در محدوده ′۵۴ °۴۹ تا ′۰۵ °۵۰ طول شرقی و ′۴۲ °۳۱ تا ′۴۴ °۳۱ عرض شمالی واقع شده‌است. ارتفاع این حوضه‌ی آبریز کوهستانی از ۶۹۱ تا ۳۲۸۳ متر از سطح دریا (با ارتفاع متوسط۱۸۸۵ متر از سطح دریا) تغییر می‌کند. شکل (۱) موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه را در کشور ایران و استان خوزستان نشان می‌دهد. این حوضه‌ی کوهستانی دارای کوه‌های سر به فلک کشیده پوشیده از درختان متنوع بلوط، بن و کلخنگ می‌باشد. همچنین در این منطقه باغ‌های انبوه انار، انگور و شالیزارهای زیبایی در اطراف رودخانه وجود دارند که چشم‌انداز بسیار زیبایی را به نمایش می‌گذارند. متاسفانه با گذر زمان، پوشش جنگلی و زمین‌های زراعی این منطقه دستخوش تغییراتی است، با توجه به اینکه چنین تغییراتی ممکن است خطر بروز سیل را افزایش داده وزندگی روستانشینان را تحت تأثیر قرار دهد. لذا بررسی تغییرات پوشش اراضی و تأثیر آن بر سیلاب‌های تولید شده در منطقه‌ی مورد مطالعه حائز اهمیت می‌باشد.

1- Sanyal *et al*.



شکل ۱- موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در کشور ایران و استان خوزستان

استخراج خصوصیات فیزیو گرافی و هیدرولوژیکی حوضه

از مهمترین نوع داده‌های رستری که در برای نمایش سطح زمین در یک حوضه و توصیف خصوصیات فیزیوگرافی حوضه به کاربرده می‌شود، مدل رقومی ارتفاعی می‌باشد. بنابراین در مطالعه‌ی حاضر برای محاسبه‌ی خصوصیات فیزیکی و هیدرولوژیکی حوضه‌ی آبریز ابوالعباس در محیط ARC-GIS، ابتدا مبادرت به تهیه‌ی مدل رقومی ارتفاعی منطقه شد. برای تهیه‌ی این مدل از نقشه رقومی توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان نقشه‌برداری، استفاده گردید. سپس برای استخراج شبکه‌ی آبراهه‌های حوضه، از مدل رقومی ارتفاعی منطقه به عنوان تنها ورودی مورد نیاز در ARC-Hydro استفاده شد و در ادامه پس از انجام تصحیحات لازم بر روی نقشه‌ی مدل رقومی ارتفاعی و رفع فرورفتگی‌ها، اقدام به تهیه‌ی نقشه جهت جریان[1] و نقشه تجمع جریان[2] شد و درنتیجه با استفاده از این نقشه‌ها، شبکه‌ی آبراهه‌ی حوضه‌ی مورد مطالعه تولید گردید. در نهایت با تکیه بر مدل رقومی ارتفاعی منطقه و شبکه‌ی آبراهه‌های استخراج شده، خصوصیات فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی حوضه مانند مساحت، شیب، زمان تمرکز و ... در محیط ARC-GIS و با استفاده از الحاقیه‌ی HEC-Geo-HMS محاسبه شدند.

1- Flow Direction
2- Flow Accumulation

تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی

در این مطالعه برای تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی مورد نیاز از تصاویر ماهواره‌ای لندست/TM مربوط به تاریخ‌های۱۳۶۹/۶/۲۶ و ۱۳۸۸/۳/۱۱ استفاده شده است. لازم به ذکر است که چون هدف مطالعه‌ی مورد نظر، بررسی تغییرات کاربری اراضی است داده‌ها به گونه‌ای از میان تصاویر در دسترس انتخاب شد که تقریباً تاریخ تصاویر از نظر ماه به هم نزدیک باشند. همچنین برای پردازش و رقومی سازی این تصاویر از نرم‌افزارهای ENVI4.7 و ARCGIS 10.1 و گوگل ارث[3] استفاده شد. در گام اول برای تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی، تصحیحات اتمسفری و هندسی بر تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار ENVI انجام شد و سپس تصاویر در هشت کلاس به کمک الگوریتم شبکه‌ی عصبی مصنوعی[4] پرسپترون سه لایه با الگوریتم پس انتشار خطا[5] طبقه‌بندی شدند. برای اطمینان از صحت طبقه‌بندی اقدام به ارزیابی دقت طبقه‌بندی شد. معمول‌ترین پارامتر-های برآورد صحت طبقه‌بندی شامل دقت‌کلی[6]، دقت تولید کننده[7]، دقت‌کاربر[8] و ضریب‌کاپا[9] می‌باشد (لیو و همکاران[10]، ۲۰۰۴). در این مطالعه پارامترهای دقت‌کلی و ضریب‌کاپا معیار تصمیم‌گیری قرار گرفتند. در نتیجه با نمونه‌های برداشت شده از بازدیدهای میدانی و

3- Google Earth
4- Artifical Neural Network (ANN)
5- Error Back Propagation Algorithm
6- Overall accuracy
7- Producer's accuracy
8- User's accuracy
9- Kappa Coefficient
10- Lu *et al.*

نرم‌افزار گوگل ارث پارامترهای ذکر شده محاسبه گردیدند. لازم به ذکر است که پارامترهای ضریب کاپا و دقت‌کلی فقط برای نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۸ محاسبه گردید، زیرا تاریخ بازدیدهای میدانی انجام شده تنها به تاریخ تصویر سال ۱۳۸۸ نزدیک می‌باشد و با توجه به در دسترس نبودن اطلاعات کافی از وضعیت گذشته منطقه، صحت نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۶۹ با استفاده از تفسیر چشمی و نقشه‌های پوشش گیاهی منطقه مورد بررسی قرار گرفت. پس از حصول اطمینان از دقت نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده، نقشه‌های کاربری در قالب یک لایه‌ی اطلاعاتی وارد محیط ARC GIS شده و به این ترتیب مساحت هر کاربری محاسبه شد و سپس تغییرات مساحت هر یک از کاربری‌ها در طی دوره‌ی مورد مطالعه (۸۸-۱۳۶۹) بررسی گردید.

تهیه‌ی نقشه‌های شماره‌ی منحنی

همان طور که می دانیم تغییرات کاربری اراضی در یک حوضه می‌تواند بر نفوذپذیری حوضه تأثیرگذار باشد و در نتیجه باعث تغییر در شماره‌ی منحنی حوضه شود و بدین طریق وضعیت هیدرولوژیکی منطقه را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین برای مطالعه‌ی اثر تغییرات کاربری اراضی بر پاسخ هیدرولوژیک حوضه، تهیه‌ی نقشه شماره منحنی حوضه و محاسبه‌ی مقدار وزنی آن در هریک از سال‌های مورد نظر ضروری می‌باشد. برای تعیین مقدار شماره منحنی در یک حوضه‌ی آبریز نیاز به بررسی و مطالعه‌ی دقیق گروه‌های هیدرولوژیک خاک[1]، پوشش گیاهی، چگونگی وضعیت سطحی و استفاده از زمین و وضعیت رطوبت اولیه‌ی خاک می‌باشد. در نتیجه در مطالعه‌ی حاضر با استفاده از الحاقیه‌ی HEC-Geo-HMS نقشه-های کاربری اراضی و نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک منطقه با یکدیگر تلفیق شده و در نهایت نقشه‌های شماره منحنی حوضه‌ی مورد مطالعه برای هر یک از سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۸ تهیه شد و چون شرایط حوضه از نظر عوامل مؤثر بر شماره منحنی یکنواخت نمی‌باشد مقدار میانگین وزنی شماره منحنی برای کل حوضه در هر یک از سال‌ها محاسبه گردید.

مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS

مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS یک مدل هیدرولوژیکی است که توسط مهندسان ارتش ایالات متحده‌ی آمریکا توسعه داده شده است. این مدل برای بسیاری از شبیه‌سازی‌های هیدرولوژیکی استفاده می‌شود. برای مثال مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS را می‌توان برای تجزیه و تحلیل سیل شهری، فرکانس سیل، برنامه‌ریزی سیستم‌های هشدار سیل، ظرفیت سریز مخزن، بازسازی جریان و غیره به کار برد. مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS از نظر دسته‌بندی مدل‌ها جزء مدل‌های ریاضی محسوب می‌شود (هالواتورا و نجیم[2]، ۲۰۱۳). این مدل دارای چندین زیرمدل برای شبیه سازی رفتار هیدرولوژیک حوضه‌های آبریز می‌باشد، که دارای سه بخش اصلی است: مدل حوضه، مدل اقلیم، شاخص‌های کنترل. در بخش مدل حوضه در مجموع نه روش مختلف تلفات ارائه شده است که برخی از این روش‌ها برای تک واقعه و برخی دیگر برای شبیه‌سازی وقایع متوالی طراحی شدند (هالواتورا و نجیم، ۲۰۱۳). در این مطالعه از روش شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS-CN) برای محاسبه تلفات و تولید بارش مازاد در مدل HEC-HMS استفاده شد زیرا استفاده از آن در محیط‌های مختلف معمولاً نتایج خوبی به دنبال دارد، در این روش تنها متغییرهای کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیک خاک و شیب منطقه نیاز است که تخمین زده شوند و با وجود سادگی، نتایج آن بسیار بهتر از مدل‌های پیچیده است (سوریا و مادگال، ۲۰۱۲).

واسنجی و اعتبار سنجی مدل HEC-HMS

در این مطالعه برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS از داده‌های بارندگی‌های ثبت شده در ایستگاه ثبات باغملک و اطلاعات سیلاب‌های ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری پل منجنیق که توسط سازمان آب و برق استان خوزستان جمع‌آوری شدند، استفاده شد و با توجه به نیاز پژوهش، چهار واقعه‌ی سیلاب که دارای بارش متناظر و فراگیر بودند انتخاب شدند. پس از انتخاب وقایع مورد نظر، جهت واسنجی و اعتبارسنجی مدل از آزمون تقسیم نمونه‌ها[3] استفاده شد (اون و پارکین[4]، ۱۹۹۶). این آزمون به این صورت است که در آن وقایع انتخاب شده به دو گروه تقسیم می-شوند. بنابراین با استفاده از معیارهای ارزیابی مدل، عملیات واسنجی مدل برای سه واقعه‌ی سیلاب و اعتبارسنجی مدل برای یک واقعه انجام گرفت و پارامترهای تلفات اولیه و زمان تأخیر برای شبیه‌سازی جریان در حوضه‌ی مورد مطالعه بهینه گردیدند.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و هیدرولوژیکی حوضه‌ی آبریز ابوالعباس

خصوصیات فیزیوگرافی یک حوضه آبریز به مجموعه‌ای از پارامترها که مقادیر آن‌ها برای حوضه‌ی موردنظر نسبتا ثابت بوده و نمایانگر وضعیت و خصوصیات کلی حوضه می‌باشد اطلاق می‌شود. این خصوصیات نه تنها به طور مستقیم برمشخصات هیدرولوژیکی حوضه، نظیر آورد سالیانه، حجم سیلاب‌ها، شدت فرسایش خاک و

1- Hydrological Soil

2- Halwatura and Najim
3- Simple- Split Sample Test
4- Ewen and Parkin

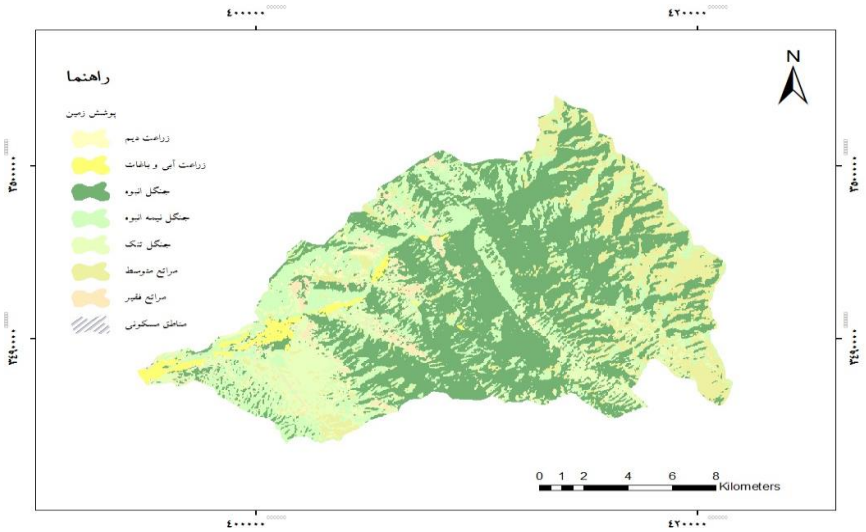
رسوب تولیدی اثر می‌گذارد بلکه به طور غیرمستقیم برآب و هوا، وضعیت اکولوژی و پوشش گیاهی حوضه نیز اثر دارند. در مطالعه‌ی حاضر با استفاده از فن آوری سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل رقومی ارتفاعی همان طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود پاره‌ای از خصوصیات فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی محاسبه گردیدند.

آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی

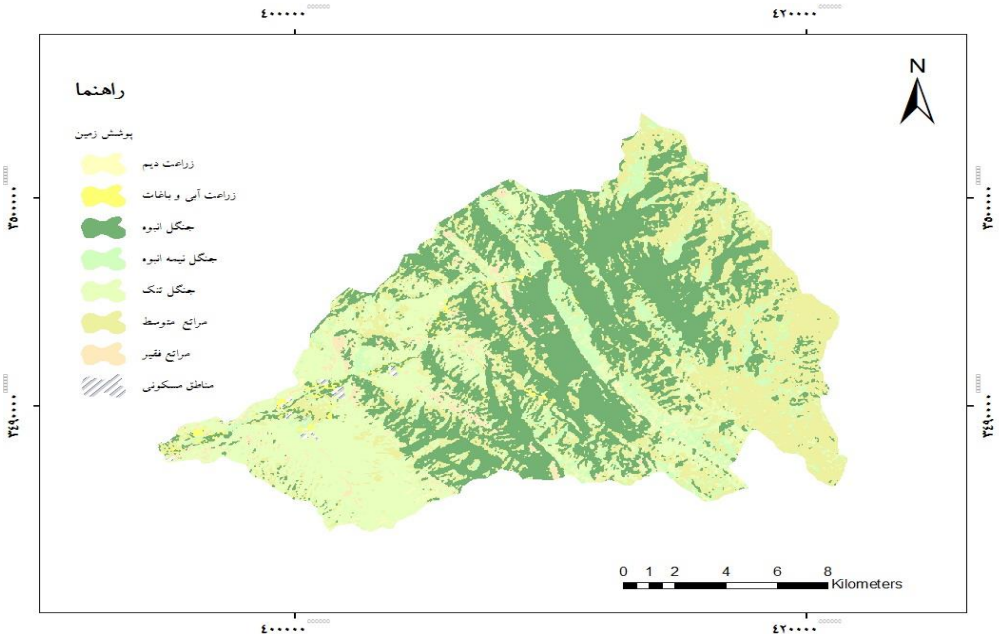
نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۸ که به ترتیب در شکل (۲)و (۳) نشان داده شدند با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی شبکه‌ی عصبی مصنوعی در هشت کلاس کاربری (زراعت دیم، زراعت آبی و باغات، جنگل انبوه، جنگل نیمه‌انبوه، جنگل تنک، مراتع متوسط، مراتع فقیر و مناطق مسکونی) با دقت قابل قبولی تهیه شدند. برای بررسی دقت نقشه‌های کاربری اراضی حاصل از آنجایی که اطلاعات زمینی تنها از سال ۱۳۸۸ در دسترس بود، پارامترهای صحت‌کلی و ضریب‌کاپا فقط برای این سال محاسبه گردید و دقت نقشه‌ی کاربری اراضی سال ۱۳۶۹ به صورت چشمی تفسیر شد. لازم به ذکر است که دقت‌کلی و ضریب‌کاپا نقشه‌ی کاربری اراضی تهیه شده از سال ۱۳۸۸ به ترتیب ۹۵/۸ درصد و ۰/۹۵ محاسبه شدند. پس از برآورد دقت نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی مساحت هر یک از کاربری‌ها محاسبه گردید. جدول (۲) مساحت هر کدام از این کلاس‌ها را (در واحد هکتار) همراه با درصد اختصاص یافته به هر کدام از کلاس‌ها برای سال‌های مورد مطالعه، نشان می‌دهد. درصد تغییرات هر کلاس نیز در طی دوره‌ی مورد مورد مطالعه، در این جدول ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیوگرافی حوضه ی آبریز ابوالعباس

مشخصات فیزیوگرافی حوضه	
مساحت (کیلومتر مربع)	۲۸۳
محیط (کیلومتر)	۸۷/۴
ارتفاع حداکثر (متر)	۳۲۸۳
ارتفاع حدقل (متر)	۶۹۱
ارتفاع متوسط (متر)	۱۸۸۵
شیب متوسط حوضه (درصد)	۲۰/۵۴
شیب متوسط آبراهه‌ها (درصد)	۶/۴۶
طول آبراهه‌ی اصلی (کیلومتر)	۳۸/۰۸
ضریب گراویلیوس	۱/۴۵
طول مستطیل معادل (کیلومتر)	۳۵/۶۱
عرض مستطیل معادل (کیلومتر)	۷/۹۴
زمان تمرکز حوضه (ساعت)	۵/۲۷



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۶۹



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۸

جدول ۲- تغییر سطح کاربری‌ها طی دوره‌ی زمانی ۸۸-۱۳۶۹

نوع کاربری		۱۳۶۹		۱۳۸۸		تغییرات	
		مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)	(هکتار)	درصد
	دیم	۳۱۱/۸	۱/۱	۲۱۳/۳	۰/۷۵	-۹۸/۵	-۰/۳۵
زراعت	آبی و باغات	۵۹۷/۷	۲/۱	۱۸۹	۰/۷	-۴۰۸/۷	-۱/۴
	انبوه	۱۲۸۴۲	۴۵/۴	۱۰۴۴۰/۲	۳۶/۹	-۲۴۰۱/۸	-۸/۵
جنگل	نیمه‌انبوه	۵۹۴۲/۷	۲۱	۲۴۷۳/۴	۸/۷	-۳۴۶۹/۳	-۱۲/۳
	تنک	۳۷۰۹/۵	۱۳/۱	۶۶۵۳/۲	۲۳/۵	۲۹۴۳/۷	۱۰/۴
مرتع	متوسط	۴۱۳۹/۹	۱۴/۶	۷۶۳۶/۵	۲۷	۳۴۹۶/۶	۱۲/۴
	فقیر	۷۶۰/۴	۲/۷	۶۴۳/۳	۲/۳	-۱۱۷/۱	-۰/۴
	مسکونی	۲۴/۹	۰/۱	۷۹/۹	۰/۳	۵۵	۰/۲

جدول (۲) نشان می‌دهد که در طی سال‌های ۸۸-۱۳۶۹ مساحت تمامی کاربری‌های منطقه دستخوش تغییراتی قرار گرفته است و همان طور که مشاهده می‌شود جنگل‌های انبوه و نیمه‌انبوه در این منطقه به ترتیب ۸/۵ و ۱۲/۳ درصد کاهش یافتند و به جنگل‌های تنک شده و مراتع تبدیل شدند. علت این امر را می‌توان افزایش جمعیت روستانشینان در این منطقه و مناطق اطراف، کمبود امکانات رفاهی مانند گاز، شیوع پدیده-ای موسوم به زوال بلوط که باعث خشکیدگی بخش اعظم درختان بلوط منطقه زاگرس شده است و همچنین استمرار پدیده مخرب ریزگردها دانست. همچنین همان‌طور که مشاهده می‌شود در طی این سال‌ها مزارع آبی و دیم به طور کلی ۱/۸درصد کاهش یافتند، علت این امر را نیز می‌توان وجود اکثر اراضی کشاورزی این منطقه بر دامنه‌های شیبدار دانست، زیرا با گذر زمان و کاهش مساحت اراضی جنگلی، مواد حاصل‌خیز این اراضی به آسانی شسته شده و به مرور زمان بازده و کارایی خود را از دست داده و رها می‌شوند و جای خود را به مراتع کم بازده می‌دهند. مناطق مسکونی نیز در این منطقه به دلیل افزایش جمعیت ۰/۲ درصد افزایش یافتند. در کل می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین سهم عامل تغییرات کاربری اراضی در حوضه‌ی آبریز ابوالعباس به طور عمده به علت گسترش فعالیت‌های انسانی بوده است که موجب تغییرات بسیاری در پوشش منطقه شده است.

جدول ۳- میانگین وزنی شماره منحنی سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۸ حوضه‌ی آبریز ابوالعباس در شرایط رطوبتی مختلف

پارامتر	وضعیت رطوبتی	میانگین وزنی
شماره ی منحنی (CN) سال ۱۳۶۹	خشک	۵۱/۱
	متوسط	۷۱/۴
	مرطوب	۸۵/۱
شماره ی منحنی (CN) سال ۱۳۸۸	خشک	۵۲/۶
	متوسط	۷۲/۶
	مرطوب	۸۵/۹

جدول ٤- نتایج بهینه‌سازی پارامترهای زمان تأخیر و تلفات اولیه

تاریخ وقایع	پارامتر زمان تأخیر (دقیقه)	پارامتر تلفات اولیه (میلی متر)
۱۳۸۸/۹/۲۷	۲۲۱/۲	۳۰/۲
۱۳۸۸/۱۰/۱۰	۲۸۴/۴	۳۴/۲
۱۳۸۹/۱۱/۷	۲۷۰/۶	۲۰/۶
میانگین پارامترها	۲۵۸/۷	۲۸/۳

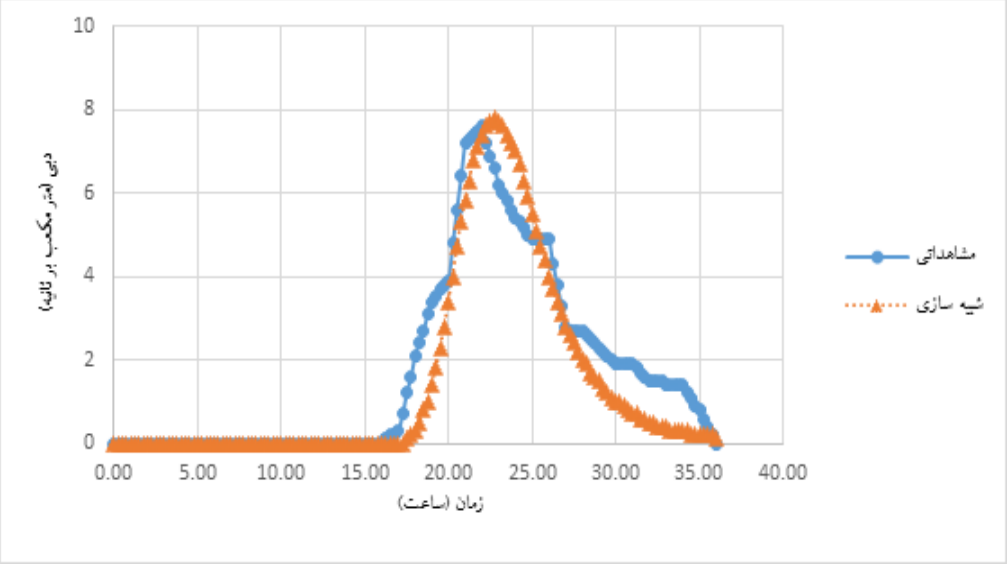
شماره‌ی منحنی

در مطالعه‌ی حاضر نقشه‌های شماره منحنی سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۸ با استفاده از تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و نقشه گروه هیدرولوژیک خاک در محیط ARC-GIS تهیه شدند و سپس میانگین وزنی شماره منحنی برای هر یک از سال‌ها در شرایط رطوبتی مختلف محاسبه شد که این مقادیر در جدول (۳) نشان داده شدند.

همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، مقدار شماره منحنی در شرایط رطوبتی متوسط خاک برای سال ۱۳۶۹، ۷۱/۴ واحد و برای سال ۱۳۸۸، ۷۲/۶ واحد به دست آمد. در محاسبه‌ی شماره منحنی سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۸ تمام ویژگی‌های خاک و توپوگرافی حوضه به علت اینکه تغییرات کوتاه مدت ندارند و جزء عوامل ایستا محسوب می‌شوند در طول دوره‌ی مورد مطالعه ثابت نگاه داشته شدند و فقط نقشه‌های کاربری اراضی برای هر یک از سال‌ها متفاوت می‌باشد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات کاربری اراضی عامل اصلی تغییر ۱/۲ واحدی شماره‌ی منحنی طی دوره‌ی زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸می‌باشند.

واسنجی و اعتبارسنجی مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS

واسنجی و اعتبارسنجی یک مدل زمانی میسر است که به وقایع سیلاب و بارندگی یک منطقه‌ی خاص دسترسی وجود داشته باشد و این وقایع به طور هم زمان اندازه‌گیری و ثبت شده باشند. در مطالعه‌ی حاضر برای واسنجی مدل از سه واقعه‌ی رگبار که در تاریخ‌های۱۳۸۸/۹/۲۷، ۱۳۸۸/۱۰/۱۰و ۱۳۸۹/۱۱/۶ اتفاق افتاده و دارای سیلاب ثبت شده‌ی منتاظر و فراگیر بودند استفاده شد. در واسنجی مدل، اطلاعات مربوط به این سه رگبار همراه با داده‌های هیدروگراف مشاهده‌ای به مدل داده شدند و سپس برای برازش بهتر هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده، مبادرت به بهینه‌سازی پارامترهای ورودی مدل گردید. همان طور که بیان شد در این مطالعه پارامترهای زمان تأخیر و تلفات اولیه که به طور فرضی و با استفاده از روابط تجربی برآورد شدند، مورد بهینه‌سازی قرار گرفتند و پارامتر شماره منحنی در طول واسنجی ثابت نگاه داشته شد و از مقدار آن در شرایط رطوبتی خشک استفاده گردید زیرا تمامی رگبارهای انتخابی در شرایط رطوبتی خشک رخ دادند. جدول (۴) نتایج حاصل از بهینه‌سازی پارامترهای مورد نظر را نشان می‌دهد. شکل (۴) هیدروگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی شده‌ی مدل را بعد از واسنجی برای واقعه‌ی رخ داده در تاریخ ۱۳۸۸/۱۰/۱۰ را به عنوان مثال نشان می‌دهد.



شکل ٤- هیدروگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی شده واقعه‌ی ۱۳۸۸/۱۰/۱۰ بعد از واسنجی مدل HEC-HMS

جدول ٥- نتایج اعتبارسنجی مدل HEC-HMS

پارامتر	مشاهده شده	شبیه‌سازی شده	درصد اختلاف
دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)	۹/۷	۱۰/۱	۴/۱۲
حجم سیل (هزار مترمکعب)	۳۹۹/۰۶۰	۲۷۵/۶۷۰	۳۱
زمان رسیدن به دبی اوج	۱۷ آذر ۱۳۸۸/ ساعت ۰:۰۰	۱۷ آذر ۱۳۸۸/ ساعت ۰۱:۴۵	–

جدول ٦- اثر تغییرات کاربری اراضی بر خصوصیات سیلاب

واقعه‌ی سیل	تاریخ	دبی اوج (متر مکعب بر ثانیه)		حجم (هزار متر مکعب)		زمان دبی اوج (ساعت)	
		۱۳۶۹	۱۳۸۸	۱۳۶۹	۱۳۸۸	۱۳۶۹	۱۳۸۸
۱	۱۳۸۸/۹/۱۶	۹/۵	۱۰/۱	۲۶۰/۷	۲۷۵/۷	۶/۷۵	۶/۷۵
۲	۱۳۸۸/۹/۲۷	۱۲/۹	۱۳/۵	۳۸۳/۴	۳۹۸/۲	۱۰/۵	۱۰/۵
۳	۱۳۸۸/۱۰/۱۰	۱۶/۳	۱۷/۲	۳۶۹/۵	۳۹۰/۷	۵/۵	۵/۵

پس از انجام عملیات واسنجی، نوبت به اعتبارسنجی مدل رسید و پس از اینکه پارامترهای مدل با استفاده از سه واقعه‌ی اول، بهینه‌سازی شدند، سپس اعتبارسنجی مدل از طریق اجرای مدل با میانگین پارامترهای بهینه شده، برای واقعه‌ی چهارم که در تاریخ ۱۳۸۸/۹/۱۶ رخ داده بود انجام شد. جدول (۵) نتایج اعتبارسنجی مدل HEC-HMS را برای واقعه‌ی چهارم نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج حاصل از اعتبارسنجی مدل نیز می‌توان بیان کرد که درصد خطای دبی اوج ۴/۱۲ درصد می‌باشد. پس می‌توان نتیجه گرفت که مدل در این حوضه دارای عملکرد مناسبی جهت پیش‌بینی دبی اوج سیلاب دارد و چون در این مطالعه محاسبه‌ی دبی اوج از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد، پس این مدل واسنجی و اعتبارسنجی شده می‌تواند نتایج قابل قبولی را در این ارتباط ارائه دهد. از سوی دیگر مدل در برآورد حجم رواناب دارای ۳۱ درصد خطا می‌باشد و بیان کننده‌ی این است که نتایج مدل در برآورد حجم رواناب از دقت مناسبی برخوردار نمی‌باشند و با نتایج مطالعه‌ی شکری کوچک و همکاران، (۱۳۹۱) که در آن به بررسی کارایی مدل HEC-HMS در تخمین آبنمود سیلاب حوضه‌ی آبخیز پرداختند، هماهنگی‌دارد.

بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیلاب

پس از واسنجی و اعتبارسنجی مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS، این مدل برای بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی ایجاد شده در منطقه‌ی مورد مطالعه طی دوره‌ی زمانی ۸۸-۱۳۶۹ بر سیلاب‌های رخ داده در منطقه مورد استفاده قرار گرفت. در نتیجه مدل با استفاده از بارش‌های مشاهده‌ای که در سال ۱۳۸۸ سیلاب ایجاد کردند برای سال ۱۳۶۹ که دارای شرایط کاربری متفاوت با سال ۱۳۸۸ می‌باشد عیناً اجرا شد و درنتیجه مقدار اختلاف‌های ایجاد شده در دبی اوج، حجم و زمان رسیدن به دبی اوج سیلاب‌های ایجاد شده مورد محاسبه قرار گرفت. جدول (۶) نتایج

حاصل از بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات سیلاب را نشان می‌دهد. همان طور که در جدول (۶) دیده می‌شود، در تمامی وقایع، تغییرات کاربری اراضی باعث افزایش دبی اوج و حجم سیلاب در طول دوره‌ی مورد مطالعه شده است و نتایج نشان می‌دهد که تغییرات کاربری اراضی ایجاد شده از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸ باعث شده است که میزان دبی اوج سیل و حجم سیلاب در حوضه‌ی آبریز ابوالعباس، به طور متوسط به ترتیب ۵/۵ و ۵/۱ درصد افزایش یافتند. پس به طور کلی می‌توان بیان کرد که در طی دوره‌ی مورد مطالعه تغییرات کاربری اراضی با ایجاد تغییراتی در میزان نفوذپذیری منطقه (تغییر در شماره‌ی منحنی حوضه) موجب ایجاد تغییراتی درر دبی اوج و حجم سیلاب شدند و این نتیجه با نتایج تحقیقات انجام شده در این زمینه کامارانی و همکاران، (۲۰۰۵)، دیو و همکاران، (۲۰۱۲)، سانیال و همکاران (۲۰۱۴)، یمانی و مهرجونژاد (۱۳۹۱)، بهنام و همکاران (۱۳۹۲) و سلاجقه و همکاران (۱۳۹۲) هماهنگی دارد. از سویی دیگر همان طور که در نتایج مشاهده می‌شود در هر یک از وقایع مورد مطالعه زمان رسیدن به دبی اوج در طی سال‌های ۸۸-۱۳۶۹ ثابت مانده است و این موضوع نشاندهی بی تأثیر بودن تغییرات کاربری اراضی بر زمان دبی اوج هیدروگراف سیلاب است. در کل از این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که در سال‌های اخیر در حوضه‌ی آبریز ابوالعباس تغیرات کاربری اراضی ایجاد شده به صورت طبیعی و یا توسط انسان با تأثیرگذاری بر خصوصیات سیلاب، باعث افزایش خطر سیل در این منطقه شده است.

نتیجه گیری

همان طور که می دانیم عوامل متعددی در بروز سیل و خصوصیات سیلاب در یک منطقه مؤثر است و وقوع سیل علاوه بر اینکه تابع وقایع اقلیمی به ویژه مقدار، شدت، توزیع مکانی و زمانی بارندگی است، تحت تأثیر ویژگی های مختلف حوضه آبریز مانند کاربری اراضی و دخالت انسان نیز است بنابراین در این تحقیق به بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر پاسخ هیدرولوژیکی حوضه‌ی آبریز ابوالعباس طی دو دهه (۱۳۸۸-۱۳۶۹) پرداخته شد و در کل از تحقیق انجام شده نتایج زیر حاصل شد:

۱. تغییرات کاربری اراضی و در پی آن افزایش ۱/۲ واحدی شماره‌ی منحنی منطقه در طی دوره‌ی زمانی مورد مطالعه (۱۳۸۸-۱۳۶۹) باعث شده‌است که به طور متوسط دبی اوج و حجم سیلاب‌ها در حوضه‌ی مطالعاتی به ترتیب ۵/۵ و ۵/۱ درصد افزایش یابند.

۲. تغییر کاربری اراضی ایجاد شده در منطقه بیشترین تأثیر را بر دبی اوج سیل داشته است.

۳. در همه‌ی وقایع مورد مطالعه، زمان رسیدن به دبی اوج برای دو دوره (سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۸) یکسان بوده و تغییر کاربری رخ داده در حوضه تأثیری بر زمان رسیدن به دبی اوج سیل در وقایع مطالعاتی نداشته است.

۴. تغییرات کاربری اراضی با تغییر در مقدار شماره منحنی، موجب ایجاد تغییراتی در حجم و به ویژه دبی اوج سیل می‌شوند.

سپاسگزاری

با سپاس فراوان از مدیریت محترم عامل سازمان آب و برق استان خوزستان جناب آقای مهندس محمد رضا شمسایی و مدیریت محترم دفتر پژوهش‌های کاربردی جناب آقای دکتر مهرداد حیدری که این پژوهش را در حمایت معنوی و مالی قرار داده‌اند.

منابع

۱-بهنام، پ.، صمدی، م.، شایان نژاد، م. و ع. ابراهیمی. ۱۳۹۲. بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل رودخانه زاینده رود در محدوده شهری اصفهان، آب و فاضلاب، (۴): ۱۱۱-۱۰۳.

۲- ثقفیان، ب، فرازجو، ح، سپهری، ع. و ع. نجفی نژاد. ۱۳۸۵. بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوضه آبخیز سد گلستان. مجله تحقیقات منابع آب ایران. ۲ (۱): ۲۸-۱۸.

۳- سلاجقه، ع، رضوی زاده، س، خلیقی سیگارودی، ش. و م. جعفری. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر خصوصیات سیلاب با استفاده از مدل HEC-HMS (مطالعه موردی: حوضه‌ی آبخیز طالقان). نشریه‌ی مرتع و آبخیزداری، ۶۶ (۳): ۳۸۶-۳۷۳.

۴- شکری کوچک، س، بهنیا، ع.ا.، رادمنش، ف. و ع.م. آخوندعلی. ۱۳۹۱. تخمین آبنمود سیلاب حوضه‌ی آبخیز با استفاده از مدل HEC-HMS و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبخیز ایدنک). پژوهشنامه مدیریت حوضه‌ی آبخیز، ۳ (۵): ۸۰-۶۳.

۵- یمانی، م. و ا. مهرجونژاد. ۱۳۹۱. اثرات تغییر کاربری اراضی بر بیلان هیدرولوژیکی حوضه کردان با استفاده از مدل HEC-HMS، جغرافیا و پایداری محیط ، (۴): ۱۶-۱.

6- Camorani, G., Castellarin, A. and A. Brath. 2005. Effects of land-use changes on the hydrologic response of reclamation systems. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 30(8–10): 561-574.

7- Chen, Y. Xu, Y. and Y. Yin. 2009. Impacts of land use change scenarios on storm-runoff generation in Xitiaoxi basin, China. Quaternary International, 208(1–2): 121-128.

8- Dewan, A, Islam, M. M., Kumamoto, T. and M. Nishigaki. 2007. Evaluating flood hazard for land-use planning in greater Dhaka of Bangladesh using remote sensing and GIS techniques. Water Resources Management, 21(9): 1601-1612.

9- Du, J., Qian, L., Rui, H., Zuo, T. Zheng, D., Xu, Y. and C. Y. Xu. 2012. Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrological modeling system for Qinhuai River basin, China. Journal of Hydrology, 464–465(0): 127-139.

10- Ewen, J. and G. Parkin. 1996. Validation of catchment models for predicting land-use and climate change impacts. 1. Method. Journal of Hydrology, 175(1–4): 583-594.

11- Halwatura, D., and M. M. M. Najim. 2013. Application of the HEC-HMS model for runoff simulation in a tropical catchment. Environmental Modelling and Software, 46(0): 155-162.

12- LU, D., Mausel, P., Brondi´zio, E. and E. Moran. 2004. Change detection techniques. Remote Sensing, 25: 2365-2407 .

13- Nie, W., Yuan, Y., Kepner, W., Nash, M. S., Jackson, M. and C. Erickson. 2011. Assessing impacts of landuse and landcover changes on hydrology for the upper San Pedro watershed. Journal of Hydrology, 407(1–4): 105-114.

14- Nirupama, N. and S. Simonovic. 2007. Increase of flood risk due to urbanisation: A canadian Example. Natural Hazards, 40(1): 25-41.

15- Sala, O. E., Chapin, F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R. . . . and D. H. Wall. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science, 287(5459): 1770-1774.

16- Sanyal, J, Densmore, A. L. and P. Carbonneau. 2014. Analysing the effect of land-use/cover changes at sub-catchment levels on downstream flood peaks: A semi-distributed modelling approach with sparse data. CATENA, 118: 28-40.

17- Sheeder, S. A., Ross, J. D. and T.N. Carlson. 2002. Dual urban and rural hydrograh signals in three small watersheds1. American Water Resources Association, 38(4): 1027-1040.

18- Shi ,P. J., Yuan, Y., Zheng, J., Wang, J. A., Ge, Y. and G. Y. Qiu, 2007. The effect of land use/cover change on surface runoff in Shenzhen region, China. CATENA, 69(1): 31-35.

19- Suriya, S. and B.V. Mudgal . 2012 . Impact of urbanization on flooding: The Thirusoolam sub watershed – A case study. Journal of Hydrology, 412–413: 210-219.

20- Xian, G., Crane, M. and J. Su. 2007. An analysis of urban development and its environmental impact on the Tampa Bay watershed. Journal of Environmental Management, 85(4): 965-976.

21- Yang, X., Ren, L. Singh, V. P., Liu, X., Yuan, F., Jiang, S. and B. Yong. 2012. Impacts of land use and land cover changes on evapotranspiration and runoff at Shalamulun river watershed, China. Hydrology Research, 43(1/2): 23–37.