

بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر دبی روزانه رودخانه با استفاده از مدل HEC-HMS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز آجرلو، استان آذربایجان غربی)

قربان وهاب زاده^۱، یونس نویدی فر^{۲*}، محمود حبیب نژاد روشن^۳ و هیراد عبقری^۴

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲۶

^۱-استاد یار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

^۲-دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

^۳-استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

^۴-استاد یار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه.

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: gh.vahabzadeh@sanru.ac.ir

چکیده

برآورد دقیق دبی جریان، یک گام کلیدی در برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه منابع آب به شمار می‌آید. یکی از عوامل تأثیرگذار در تغییر روند رژیم جریان رودخانه‌ها، تغییر کاربری اراضی در سطح حوضه می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS، اثرات تغییر کاربری اراضی بر رژیم جریان رودخانه آجرلو در استان آذربایجان غربی مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضه، از تصاویر سنجنده‌های MSS لندست و LISS III ماهواره IRS-1C مربوط به سال‌های ۱۹۷۵ و ۲۰۰۸ استفاده گردید. پس از اعمال تصحیحات و تحلیل‌های مختلف بارسازی تصاویر و نمونه‌برداری تصادفی از واحدهای کاربری اراضی، طبقه‌بندی برای هر دو سری تصویر با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال انجام شد. برای هر دو سری تصویر (با توجه به ضریب کاپای ۰/۷۶ و ۰/۷۸ بترتیب برای تصاویر MSS و LISSIII)، باندهای سبز، شاخص NDVI و قرمز به عنوان بهترین ترکیب باندی انتخاب گردید. سپس صحت نقشه‌های تولید شده مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در این دوره ۳۳ سال اراضی مرتعی ۳۷/۶۵ درصد کاهش و اراضی کشاورزی و اراضی فاقد پوشش بترتیب ۵۷/۲۷ درصد و ۳۹/۹۸ درصد افزایش داشته‌اند. به این منظور پس از تهیه نقشه کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۳۵۴ و ۱۳۸۷ و تلفیق با نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک در محیط GIS، مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS با استفاده از روش نفوذ شماره منحنی و هیدروگراف واحد SCS حوضه بر مبنای داده‌های بارش- رواناب مشاهده‌ای، واسنجی و اعتباریابی گردید. نتایج حاصل از واسنجی مدل پس از بهینه‌سازی پارامترهای شماره منحنی و زمان تأخیر حوضه نشان داد که تغییر کاربری اراضی در این فاصله زمانی باعث افزایش ۲۹/۷ مترمکعب بر ثانیه (معادل ۸۶/۸ درصد) دبی اوج و ۱۸/۸ میلیون مترمکعب (معادل ۱۲/۷ درصد) حجم رواناب شده است.

واژه‌های کلیدی: آجرلو، دبی جریان، کاربری اراضی، واسنجی مدل، HEC-HMS

Investigating of the Effect of Land Use Changes on Daily River Discharge Using the HEC-HMS Model (Case study: Ajerloo Watershed, West Azerbaijan Province)

G vahabzadeh¹, Y Navidifar², M Habibnejad Rowshan³, H Abghari⁴

Received: 22 October 2011 Accepted: 15 February 2014

¹Assist Prof., Dept. of Rangeland and Watershed Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

²Former M.Sc. Student of Watershed Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

³Prof., Dept. of Rangeland and Watershed Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

⁴ Assist Prof., Dept. of Rangeland and Watershed Management, Urmia University , Urmia , Iran

*Corresponding author' E-mail: gh.vahabzadeh@sanru.ac.ir

Abstract

Precise estimation of discharge is a key step in planning and optimal management of water resources. One of the effective factors in changing the rivers flow regime is basin-wide land use changes. In this study, the effects of land use changes on Ajerloo river flow regime were investigated using the HEC-HMS hydrological model. To detect the changes of land use in this watershed, we used some satellite images of the MSS Landsat and LISS III (IRS-1C satellite) for the years 1975-2008. After applying various corrections and different analyses and random sampling of land use units, classification for each image was done using maximum likelihood algorithm. For the both series of images (according to Kappa coefficients 0.76 and 0.78 for the MSS and LISS III, respectively) the bands of green and red as well as NDVI index were selected as the best combination band. Then the accuracy of the produced maps was evaluated. The results showed that during 33 years, the area of rangelands had decreased by 37.65 % whereas the areas of agriculture and bare lands had increased by 57.27% and 37.65, respectively. For this purpose, after providing the land use map for the years 1975 and 2008 and combining them with the Hydrological soil groups map in GIS, the HEC-HMS hydrological model was calibrated and validated using the curve number and SCS unit hydrograph of the basin based on rainfall-runoff observations. The results of the model calibration (after optimization the curve number and the lag time basin parameters) showed that the land use changes in the mentioned time period had increased the peak discharge about 29.7 cubic meters per second (86.8%) as well as the runoff volume 18.8 million cubic meters (12.7%).

Keywords: Ajerloo, Calibration model, Flow discharge, HEC-HMS, Land use

مقدمه

کردند. نتایج نشان داد که سناریو تغییر کاربری اراضی برای آینده، رواناب و دبی پیک را افزایش می‌دهد. الفرتوبرمن (۲۰۱۰)، با شبیه‌سازی اثرات گذشته و آینده تغییرات کاربری اراضی بر واکنش هیدرولوژیکی در شمال آلمان، پیش‌بینی کردند که تغییرات کاربری اراضی بر هیدرولوژیکی با روند یک‌ه در حال حاضر موجود است در آینده تأثیر آن بیشتر از گذشته خواهد بود. هدف‌های اصلی این تحقیق عبارتند از: ۱- روند تغییرات کاربری اراضی حوضه ۲- برآورد میزان تغییرات دبی روزانه رودخانه آجرلو در طی دوره ۳۳ سال ۳- تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر تغییرات دبی رودخانه. برای نیل به اهداف مذکور از نرم-افزارهای ENVI.GIS و مدل هیدرولوژیکی-HEC-HMS استفاده شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز آجرلو یک زیرحوضه‌های زیرینه- رود در حوضه آبریز دریاچه ارومیه با مساحت ۹۱۷/۴ کیلومتر مربع می‌باشد که بین $36^{\circ}41'28''$ تا $37^{\circ}04'42''$ عرض شمالی و $46^{\circ}27'48''$ تا $46^{\circ}58'44''$ طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). حداکثر ارتفاع حوضه ۲۹۰۸/۷، حداقل ارتفاع ۱۳۳۷/۵ متر و شیب متوسط آن ۲۷/۹ درصد برآورده شده است. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را در کشور و استان آذربایجان غربی نشان می‌دهد. از نظر زمین‌شناسی، تشکیلات سنگی آن از پرکامبرین تا کواترنر را شامل می‌شود. از جمله سازندهای این منطقه سازند کهر، سلطانیه، بایندر، باروت، زاگون، لالون، میلا می‌باشد. از نظر آب و هوا و اقلیم، رژیم بارندگی منطقه بهاره، زمستانه و پاییزه می‌باشد. رژیم رطوبتی خاک- های منطقه مورد مطالعه زیریک بوده که این رژیم در ایران بیشتر در آب و هوای مدیترانه‌ای یافت می‌شود. رژیم حرارتی خاک‌های منطقه مزیک^۱ بوده که در آن

باتوجه به روند روبه افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به موادغذایی، حفظ آب و خاک به‌عنوان سرمایه‌هایی ارزشمند، اهمیت فراوان دارد. جهت نیل به توسعه پایدار، بهره‌برداری بهینه از این منابع ضروری است (ضیایی ۱۳۸۰). تغییر کاربری و پوشش اراضی، بالطبع نتایج هیدرولوژیکی در مقیاس محلی، ناحیه‌ای و جهانی به همراه دارد. تأثیر هیدرولوژیکی تغییرات کاربری اراضی، در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف دیده می‌شود. (کالدرا ۱۹۹۳). کاربری اراضی بر روی فرآیندهای نفوذ و توزیع مجدد آب خاک اثر می‌گذارد، مخصوصاً هدایت هیدرولیکی اشباع، تحت تأثیر ریشه گیاهان و خلل و فرج ایجاد شده توسط جانوران خاکزی قرار می‌گیرد (راگاب و کوپر ۱۹۹۳). کتول و همکاران (۲۰۰۳) مدل HEC-HMS را برای تعیین دبی اوج و حجم رواناب در دو حوضه کشاورزی در جنوب شرق ایالت داکوتای جنوبی به‌کار بردند. آنها برای محاسبه تلفات در این حوضه‌ها از روش SCS و برای تعیین رواناب از روش هیدروگراف واحد SCS استفاده کردند. بررسی بر روی پارامترهای مدل نشان داد که مقدار شماره منحنی دارای حساسیت بالایی می‌باشد، در صورتی که مقدار جذب اولیه دارای حساسیت کمتری نسبت به تغییر مقدار تابع هدف در مدل HEC-HMS می‌باشد. اسپلینگ و همکاران (۲۰۱۰)، تغییرات پوشش گیاهی کاربری اراضی را در افزایش دبی بالادست رودخانه می‌سی‌سی‌پی ارزیابی کردند و نتیجه گرفتند که تغییر کاربری اراضی در افزایش جریان رودخانه مهمتر از تغییرات اقلیم است. چن و همکاران (۲۰۰۹)، مدل تجربی تغییرات کاربری اراضی (CLUE-S) و مدل بارش- رواناب (HEC-HMS) را برای کمی کردن اثر سناریوهای مختلف تغییرات کاربری اراضی بر روی رواناب ایجاد شده در حوضه خیتیواخی چین بررسی کردند. ابتدا مدل HEC-HMS را کالیبره و اعتبارسنجی کردند و سپس دو سناریو تغییر کاربری اراضی برای سال ۲۰۵۰ با استفاده از مدل CLUE-S پیش‌بینی

1- Xeric

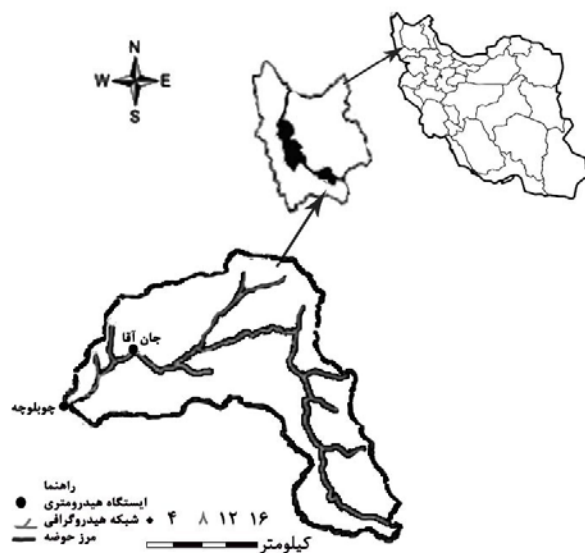
2- Mexico

سایر خصوصیات مهم مانند مساحت و شیب متوسط با تکیه بر DEM بدست آمد.

تهیه نقشه‌های کاربری اراضی

گزینش و انتخاب نوع سنجنده، بستگی به هدف مطالعه، مشخصات منطقه و مقیاس زمانی و مکانی مورد نظر دارد. در این تحقیق از میان تصاویر قابل دسترس، تصاویری انتخاب شد که از نظر ماه برداشت به هم نزدیک باشند. به همین جهت از تصاویر MSS₂ لندست مربوط به سال ۱۹۷۵ و ۳ LISS III ماهواره IRS مربوط به سال ۲۰۰۸ استفاده گردید. برای آماده‌سازی تصاویر جهت طبقه‌بندی یکسری تصحیحاتی بر روی تصاویر صورت گرفت. برای تصحیحات رادیومتری از روش کاهش تیرگی پدیده که یکی از روش‌های تصحیح رادیومتریکی نسبی می‌باشد و به راحتی در نرم‌افزار ENVI قابل اجرا است، استفاده گردید. در این تحقیق با برداشت ۴۰ نقطه کنترلی با میزان خطای جذر میانگین مربعات ۰/۴۴ پیکسل از حوضه مورد مطالعه با استفاده از GPS، اقدام به تصحیح هندسی تصاویر با روش تصویر به تصویر در نرم‌افزار PCI Geomatica 9.1 گردید. برای تصحیح تصویر LISS III از تصویر MSS که با تطبیق لایه آبراهه حوضه، تصحیح آن به اثبات رسید، استفاده گردید. در این راستا تصاویر تصحیح و دارای مختصات یکسان گردیدند. سپس با معرفی نمونه‌ها به نرم‌افزار ENVI نسخه ۴/۵، طبقه‌بندی نظارت شده با روش حداکثر احتمال روی تصاویر انجام شد. سنجنده‌های MSS و LISS III، هر کدام به دلیل داشتن ۴ باند مختلف، تصاویر رنگی کاذب زیادی را ارائه می‌دهند و این تصاویر قابلیت زیادی در شناخت عوارض و پدیده‌های مختلف زمینی دارند. با توجه به ضریب کاپا، بهترین ترکیب باندی برای هر دو تصویر، ترکیب (باند سبز، شاخص NDVI₄ و باند قرمز) انتخاب شد. شکل-۲ و ۳ نقشه‌های کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه را به ترتیب برای سال‌های ۱۳۵۴ و ۱۳۸۷ نشان

میانگین حرارت سالیانه خاک بیشتر از ۸ و کمتر از ۱۵ درجه سلسیوس می‌باشد. از نظر پوشش گیاهی، گیاهان بومی منطقه گون، فرفیون (*Euphorbia* sp.)، *Poa* spp. و شامل نباتات *Dactylis glomerata*، *Stipa barbata* زراعی مانند گندم و جو می‌باشد. براساس تفسیر تصاویر ماهواره‌ای، نرم‌افزار Google Earth و مطالعات صحرایی محدوده مورد مطالعه از نظر فیزیوگرافی به دو تیپ اصلی اراضی شامل تیپ اراضی کوه‌ها و تیپ اراضی فلات‌ها و تراس‌های فوقانی تقسیم شده است. بافت این خاک‌ها نیز متوسط تا سنگین می‌باشند.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان آذربایجان غربی.

تهیه نقشه DEM^۱

مدل رقومی ارتفاع (DEM) حوضه آبخیز آجرلو با قدرت تفکیک مکانی ۲۰ متر بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ در محیط GIS تهیه گردید. سپس

2- Multie Spectral Sensor

3- Linear Imaging Selfscanning Sensor

4- Normalized Difference Vegetation Index

1- Digital Elevation Model

مولفه‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نمایش می‌دهد. هدف تمام الگوهای موجود در واسنجی مدل HEC-HMS، یافتن پارامترهای قابل قبولی که مقدار تابع هدف را به حداقل برسانند (گوارا ۲۰۰۳). توزیع مکانی بارش با استفاده از روش وزندهی ایستگاه با فاصله معکوس تعیین شد و در نهایت مدل بر مبنای روش نفوذ شماره منحنی CN و هیدروگراف واحد SCS با دو واقعه ثبت شده بارش - رواناب، واسنجی و اعتباریابی گردید. برای مقایسه مقدار دبی اوج و حجم رواناب در هیدروگراف مشاهده‌ای با هیدروگراف محاسبه شده از تابع هدف انحراف معیار وزنی دبی اوج استفاده گردید. در روش جستجو برای کمینه کردن مقدار تابع هدف از نلدر و مید استفاده گردید.

آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی

پس از استخراج نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای، روند تغییرات سه کاربری مرتع، کشاورزی و اراضی فاقد پوشش طی این دوره ۳۳ ساله مورد بررسی قرار گرفت. جدول شماره ۱ تغییرات کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه را در طی دوره ۳۳ سال نشان می‌دهد.

واسنجی مدل

با تکمیل اطلاعات لازم، مدل برای دوره ۱۳۵۵-۱۳۵۴ اجرا گردید. در فرآیند واسنجی، دبی اوج و حجم رواناب به‌عنوان شاخص‌های کالیبراسیون انتخاب شدند. برای بهینه‌سازی مدل از پارامترهای زمان تأخیر و شماره منحنی استفاده گردید. شکل‌های ۶ و ۷ وضعیت هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای حوضه را بترتیب برای قبل و بعد از بهینه‌سازی مدل نشان می‌دهد. نتایج حاصل از بهینه‌سازی مدل که دوره ۱۳۵۵-۱۳۵۴ را برای واسنجی در نظر گرفتیم، در جدول ۲ بیان شده است.

می‌دهد. با توجه به این شکل‌ها میزان و توزیع مکانی تغییرات کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفت.

تهیه نقشه‌های شماره منحنی

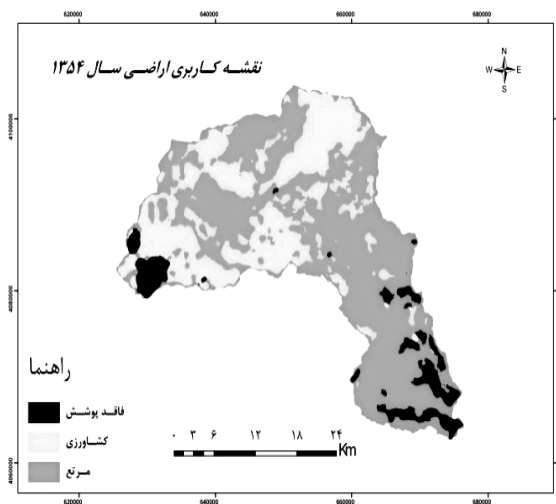
این پارامتر که بیانگر پتانسیل تولید رواناب حوضه آبخیز است، از روی مشخصات خاک و عوامل پوشش گیاهی تعیین می‌شود. بنابراین، برای تخمین شماره منحنی و مقایسه آن با شماره منحنی واقعی حوضه علاوه بر داشتن نقشه کاربری اراضی، نقشه هیدرولوژیکی خاک لازم می‌باشد. با استفاده از جداول مربوط به تعیین CN (بی نام، ۲۰۰۳) شماره منحنی در هر واحد چند ضلعی حاصل از تلفیق نقشه کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک، تعیین شد و شماره منحنی متوسط برای کل حوضه محاسبه گردید. شکل-های ۴ و ۵ نقشه‌های شماره منحنی حوضه را بترتیب برای سال‌های ۱۳۵۴ و ۱۳۸۷ نشان می‌دهد.

انتخاب پایه زمانی مشترک و رفع نواقص آماری

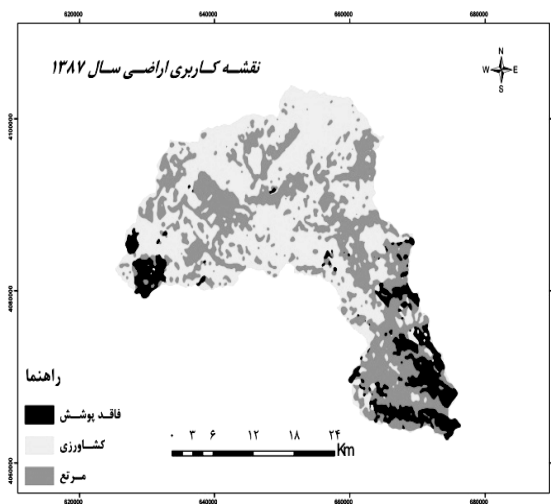
پس از ترسیم بارگراف ایستگاه‌های مختلف (باران‌سنجی و هیدرومتری) منطقه، سال آبی (۱۳۵۵-۱۳۵۴) الی (۱۳۸۸-۱۳۸۷) به‌عنوان دوره آماری مشترک انتخاب شد. با توجه به اینکه در بعضی از ایستگاه‌های باران‌سنجی نواقص آماری وجود داشت، جهت بازسازی آمار از بین روش‌های مختلف، روش همبستگی بین ایستگاه‌ها استفاده گردید. در منطقه مورد مطالعه از ایستگاه باران‌سنجی چوبلوچه به‌علت داشتن آمار طولانی مدت به‌عنوان ایستگاه شاهد استفاده شد.

مدل‌سازی و کالیبراسیون مدل HEC-HMS 3.5

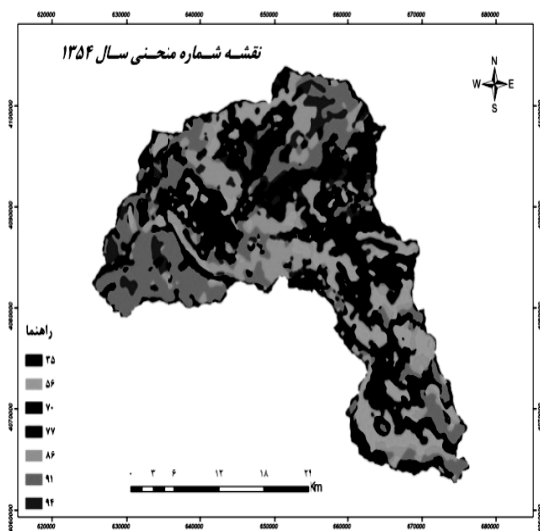
برای انجام مدل‌سازی قبل از هر اقدامی در ابتدا باید وقایع بارش و رواناب متناظر حوضه انتخاب گردد و سپس اقدام به مدل‌سازی نمود. در HEC-HMS فرآیند مدل‌سازی با ایجاد مدل حوضه، مدل هواشناسی و تعیین شاخص‌های کنترل شروع می‌شود. این مدل، حوضه آبخیز را به‌عنوان یک سیستم به‌هم پیوسته با



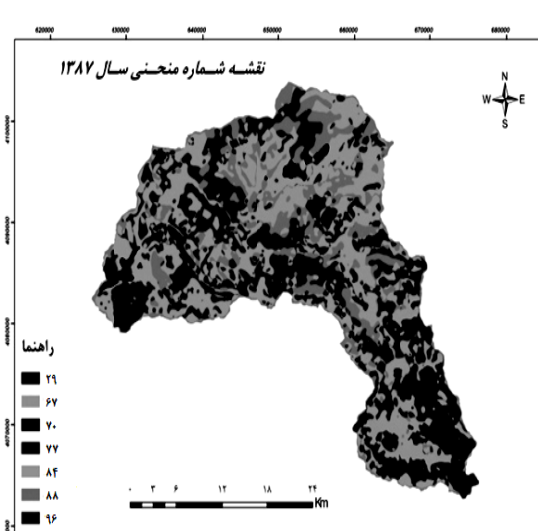
شکل ۲- وضعیت کاربری اراضی در سال ۱۳۵۴.



شکل ۳- وضعیت کاربری اراضی در سال ۱۳۸۷.



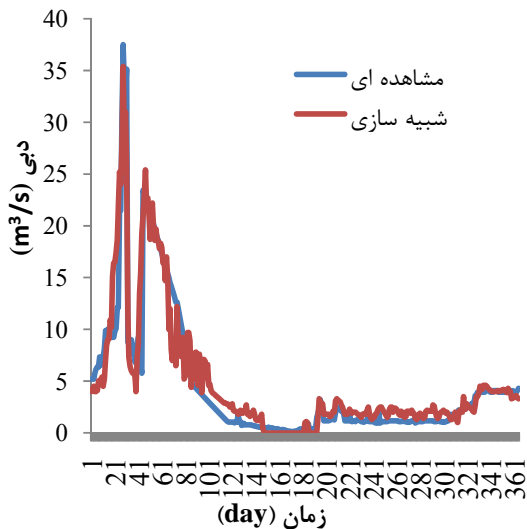
شکل ۴- وضعیت شماره منحنی حوضه در سال ۱۳۵۴.



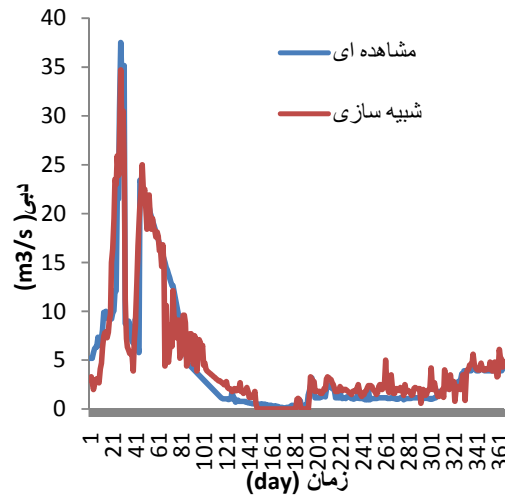
شکل ۵- وضعیت شماره منحنی حوضه در سال ۱۳۸۷.

جدول ۱- تغییرات کاربری اراضی حوضه آجرو طی سال های ۱۳۵۴ و ۱۳۸۷

تغییرات (%)	سال ۱۳۸۷		سال ۱۳۵۴		نوع کاربری
	فراوانی (%)	مساحت (Km ²)	فراوانی (%)	مساحت (Km ²)	
+۳۹/۹۸	۱۰/۲۲	۹۳/۷۵	۷/۳	۶۶/۹۷	اراضی فاقد پوشش گیاهی
+۵۷/۲۷	۵۳	۴۸۶/۲۲	۳۳/۷	۳۰۹/۱۶	اراضی کشاورزی
-۳۷/۶۵	۳۶/۷۸	۳۳۷/۴۳	۵۹	۵۴۱/۲۷	مرتع
	۱۰۰	۹۱۷/۴	۱۰۰	۹۱۷/۴	مجموع



شکل ۷- وضعیت هیدروگرافها بعد از بهینه‌سازی در حوزه آبخیز آجرلو.



شکل ۶- وضعیت هیدروگرافها قبل از بهینه‌سازی درحوزه آبخیز آجرلو.

جدول ۲- تغییرات حجم رواناب و دبی اوج محاسباتی و مشاهداتی حوزه آبخیز آجرلو طی دوره ۱۳۵۵-۱۳۵۴.

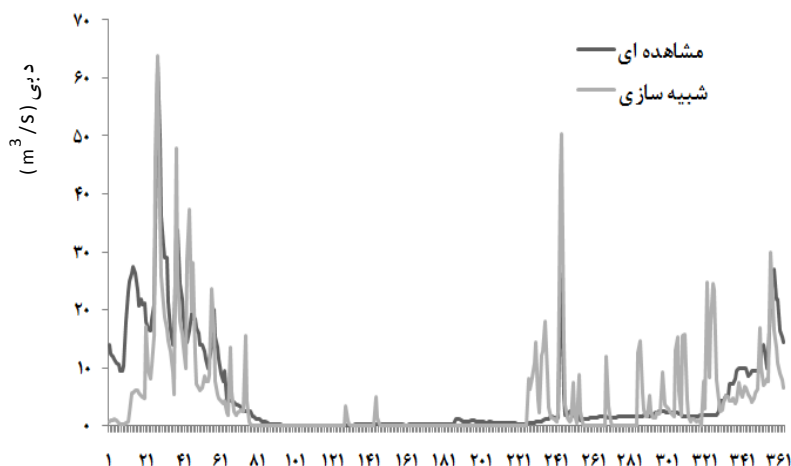
پارامتر اندازه‌گیری شده	محاسباتی	مشاهداتی	اختلاف	درصد اختلاف
حجم رواناب ($1000 m^3$)	۱۴۸۱۴/۸	۱۴۰۱۱/۴	۸۰۳۴/۸	۵/۷۳
دبی اوج (m^3/s)	۳۴/۲	۳۷/۵	-۳/۳	-۹/۶

اعتبارسنجی مدل

برای اعتبارسنجی مدل از دوره ۱۳۸۷-۱۳۸۸ استفاده گردید. شکل ۸ هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای را در مرحله اعتبارسنجی مدل نشان می‌دهد. به این صورت که از پارامترهای کالیبره شده برای شبیه‌سازی استفاده شد. برای اعتبارسنجی مدل HEC-HMS از آزمون ساده تقسیم نمونه‌ها استفاده شد. جدول ۲ نتایج حاصل از اعتبارسنجی مدل را برای حوزه نشان می‌دهد.

ارزیابی کارایی مدل

مدل مفهومی بارش- رواناب HEC-HMS به-عنوان ابزار ارزیابی پاسخ حوضه‌های آبریز در برابر بار هیدرولوژیک بستگی به تنظیم مقدار پارامترهای اینمدل دارد. به‌منظور بررسی و ارزیابی نتایج حاصل از شبیه‌سازی هیدروگراف جریان بعد از بهینه‌سازی از سه معیار: MAE, NSE و ضریب همبستگی (R) استفاده گردید. جدول ۴ نایج کارایی مدل HEC-HMS را حوضه نشان می‌دهد.



شکل ۸- نتایج اعتبارسنجی مدل با پارامترهای کالیبره شده.

جدول ۳- تغییرات حجم رواناب و دبی اوج محاسباتی و مشاهداتی حوضه آبخیز آجرلو طی دوره ۱۳۸۸-۱۳۸۷.

پارامتر اندازه‌گیری شده	محاسباتی	مشاهداتی	اختلاف	درصد اختلاف
حجم رواناب (1000 m^3)	۱۶۶۹۶۸	۱۴۳۶۴۰/۶	۲۳۳۲۷/۴	۱۳/۹۷
دبی اوج (m^3/s)	۶۳/۹	۶۲/۷	۱/۲	۱/۹

جدول ۴- نتایج ارزیابی کارایی مدل HEC-HMS.

مراحل مدل	R	Nash	MAE
واسنجی	۰/۸۸	۰/۸۱	۱/۸۷
اعتبارسنجی	۰/۷۲	۰/۴۵	۲/۳۱

نتایج و بحث

آگاهی از نوع و درصد تغییر کاربری اراضی در حوضه‌های آبخیز به‌عنوان یک پارامتر مدیریتی می‌تواند برنامه‌ریزان بخش‌های مختلف اجرائی را در مدیریت و توسعه همه جانبه یاری نماید. تصحیحات هندسی و اتمسفریک تصاویر چند زمانه پیش‌نیاز برای آشکارسازی تغییرات می‌باشد. برای تصحیح تصویر LISS III از تصویر MSS که با تطبیق لایه آبراهه حوضه بر روی آن، تصحیح آن به اثبات رسید، استفاده گردید. اثرات اتمسفر، قدرت تمایز میان اشیاء را پایین می‌آورد، که عملاً باعث مشکل‌تر ساختن استخراج اطلاعات از

تصویر می‌شوند. برای حذف اثرات اتمسفر بر روی تصاویر از کاهش تیرگی پدیده استفاده گردید. در ادامه با استفاده از باندهای مختلف، شاخص گیاهی NDVI و اعمال تحلیل‌های مختلف تصاویر کاذب رنگی زیادی به-منظور تفسیر بهتر داده‌ها با استفاده از الگوریتم طبقه-بندی نظارت شده استفاده گردید. از بین ترکیب باندهای مختلف، ترکیب (باندسبز، شاخص NDVI و باند قرمز) برای هر دو تصویر با دقت ضریب کاپای ۰/۷۶ برای MSS و ۰/۷۸ برای LISS III برای استخراج کاربری‌های مرتع، اراضی زراعی و اراضی فاقد پوشش استفاده گردید. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که نرم‌افزارهای

تغییرات زمانی که بیشتر تحت تأثیر فرآیندهای تصادفی قرار دارد، برخوردار می‌باشد. طبق نتایج حاصله با وجود کاهش بارندگی، رواناب در حوضه مورد مطالعه افزایش داشته است و این امر گویای آن است که عامل تغییر کاربری اراضی بر افزایش رواناب تأثیر بیشتری نسبت به سایر عوامل دارد. با وجود کاهش بارندگی طی این دوره ۳۳ ساله در ایستگاه‌های باران‌سنجی منتخب در منطقه مورد مطالعه، میزان دبی اوج و رواناب بترتیب از ۳۴/۲ و ۱۴۸/۱۴ (در سال ۱۳۵۴) به ۶۳/۹ متر مکعب بر ثانیه و ۱۶۶/۹ میلیون مترمکعب (در سال ۱۳۸۷) افزایش یافته است که تغییر پوشش گیاهی و کاربری اراضی مهمترین دلیل آن می‌باشد. این نتایج با نتایج ثقفیان و همکاران (۱۳۸۵)، سعادتی و همکاران (۱۳۸۵)، غفاری و همکاران (۱۳۸۸) موافقت دارد. در این میان کاربری مرتع کاهش قابل توجهی دارد. به همین دلیل جریانات سیلابی در این دوره افزایش یافته و امکان ذخیره آنها در داخل سفره و تقویت آب‌پایه رودخانه کاهش یافته است. با وجود آنکه میزان بارندگی در دوره ۱۳۵۴-۱۳۵۵ بیشتر از دوره ۱۳۸۷-۱۳۸۸ بوده است. اما حجمی معادل ۱۸/۸ میلیون مترمکعب معادل ۱۲/۷ درصد به رواناب اضافه شده است. با استفاده از بارش-هایکسان، تغییرات دبی اوج و حجم رواناب تنها به تغییر در پوشش گیاهی وابسته است و به اختلاف در بارش-های ورودی (میلر و همکاران ۲۰۰۲) وابسته نیست. بنابراین با توجه به عدم تغییر توپوگرافی و شیب حوضه طی دوره زمانی مورد نظر می‌توان نتیجه گرفت که افزایش رواناب، بیشتر به دلیل کاهش پوشش مرتعی و تبدیل آن به اراضی دیمی بوده است. به دلیل متغیر بودن شرایط رطوبتی خاک و پوشش گیاهی حوضه در بازه زمانی مورد مطالعه حساسیت مدل نسبت به پارامتر شماره منحنی زیاد می‌باشد که با نظر کتول و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد. افزایش ۸۴/۸ درصدی دبی اوج، با توجه به تغییراتی که در اراضی مرتعی شیب‌دار و تبدیل آن به دیم و سایر عوامل از جمله بارندگی و اکوسیستم منطقی به نظر می‌رسد که این نتایج با نظر فرج زاده و همکاران (۱۳۸۷) مطابقت دارد. بنابراین، شاخص دبی اوج نسبت به تغییر کاربری اراضی در مقایسه با سایر

کامپیوتری و داده‌های ماهواره‌ای این قابلیت را دارند که در کوتاهترین زمان و با صرف کمترین انرژی و هزینه، در مقیاس‌های وسیع نوع و سطح کاربری‌های مختلف را با دقت بالا استخراج کند.

عمده‌ترین تغییرات در کاربری اراضی مرتع نسبت به سایر کاربری‌ها بوده است که به نظر می‌رسد فشارهای اقتصادی، کمبود علوفه برای دام‌ها و همچنین افزایش جمعیت روستائینان باعث گردیده است برای دستیابی به منابع بیشتر، اراضی مرتعی را تبدیل و تغییر داده و بسته به نوع نیاز، به سایر کاربری‌ها (از جمله کشاورزی آبی و دیم) تبدیل کنند. بنابراین، با اطلاع از روند تغییرات کاربری اراضی می‌توان در راستای هدایت اکوسیستم به سمت تعادل قدم برداشت. بررسی تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبرلو نشان داد که در دوره ۱۳۵۴ تا ۱۳۸۷ در اثر تخریب مراتع منطقه ۵۷/۲۷ 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 حوضه می‌باشد. در این دوره ۳۳ ساله، سطح مراتع از ۵۴۱/۲۷ به ۳۳۷/۴۳ کیلومترمربع معادل ۳۷/۶۵ درصد کاهش یافته است. همچنین اراضی فاقد پوشش گیاهی ۳۹/۹۸ درصد افزایش یافته است. اثر تغییرات پوشش گیاهی بر واکنش هیدرولوژیک در کل سطح حوضه محسوس است. مقایسه این آمار نشان داد که با توجه به درصد سطح در فاصله زمانی ۳۳ سال، اضافه شدن اراضی کشاورزی به قیمت از دست رفتن اراضی مرتعی بوده است. این تغییر کاربری به علت فعالیت‌های شدید کشاورزی، شخم و شیار است که در منطقه مورد مطالعه به صورت گسترده و غیر اصولی صورت گرفته است. در این مطالعه با توجه به روند تغییر کاربری اراضی حوضه طی ۳۳ سال اقدام به بررسی اثرات کاربری بر روی شاخص‌های هیدرولوژیکی حوضه گردید. پس از وارد نمودن پارامترهای لازم مدل اجرا و سپس با استفاده از تابع هدف انحراف معیار وزنی دبی اوج واسنجی گردید و مقدار تابع هدف بدست آمده برای دوره ۱۳۵۴-۱۳۵۵، ۲/۹ می‌باشد. دبی جریان مانند بسیاری دیگر از متغیرهای هیدروکلیماتولوژیکی، از

عوامل حساس می‌باشد. برای ارزیابی کارایی مدل در مرحله کالیبراسیون از سه معیار: ضریب کارایی، متوسط خطای مطلق و ضریب همبستگی (R) استفاده شد. مقادیر این سه معیار برای دوره ۱۳۵۴-۱۳۵۵ بترتیب ۰/۸۱، ۱/۸۷ و ۰/۸۸ می‌باشد که با توجه به تعاریف این معیارها برای حوضه آبخیز مورد مطالعه قابل قبول می‌باشد. این نتایج با نظر محمدی و همکاران

(۱۳۸۷) مطابقت دارد. پس از ارزیابی کارایی کالیبراسیون مدل، اقدام به ارزیابی اعتبارسنجی مدل گردید. نتایج نشان داد که ضریب کارایی، متوسط خطای مطلق و ضریب همبستگی بین دبی‌های مشاهداتی و محاسباتی برای این دوره بترتیب ۰/۴۵، ۲/۳۱ و ۰/۷۲ بود که برای حوضه مورد مطالعه قابل قبول می‌باشد.

منابع مورد استفاده

- ثقفیان ب، فرازجو ح، سپهری ع، و نجفی‌نژاد ع، ۱۳۸۵. بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوضه آبریز سد گلستان. مجله تحقیقات منابع آب ایران، سال دوم، شماره ۱. صفحه‌های ۲۸ تا ۱۸.
- سعادت‌ح، غلامی ش، شریفی ف، و ایوب‌زاده س، ع، ۱۳۸۵. بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی در رواناب سطحی مدل شبیه‌سازی. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۹، شماره ۲، صفحه‌های ۳۱۳ تا ۳۰۱.
- ضیایی ح، ۱۳۸۰. اصول مهندسی آبخیزداری، انتشارات آستان قدس رضوی، ۵۴۲ ص.
- فرج‌زاده م، و فلاح م، ۱۳۸۷. ارزیابی تاثیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر رژیم سیلابی رودخانه تجن با استفاده از تکنیک سنجش از دور. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، صفحه‌های ۱۰۴ تا ۸۹.
- غفاری گ، قدسی ج، و احمدی ح، ۱۳۸۸. بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر پاسخ‌های هیدرولوژی حوضه آبخیز (مطالعه موردی؛ حوضه آبخیز زنگان‌رود). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد شانزدهم، صفحه‌های ۱۸۰ تا ۱۶۳.
- محمدی ک، رازدار ب، و محمد ولی سامانی ج، ۱۳۸۷. بررسی کیفیت آب رود رودخانه پسیخیان با استفاده از مدل CE-QUAL-W2 در مورد پارامترهای نیترات و فسفات و مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی با نرم‌افزار WASP. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، صفحه‌های ۸ تا ۱.
- Anonymous, 2003. Hydrologic Modling SistemHEC-HMS: Technical Reference Manual.USACE (United States Army Corps of Engineers), Washington, DC.
- Calder IR, 1993. Hydrologic Effects of Land Use Change. pp.50-62. In: Maidment, DR, (Ed), Handbook of Hydrology, Chapter 13 McGRAW-Hill, New York .
- Chen Y, Xu Yand Yin Y, 2009. Impacts of land-use change scenarios on storm-runoff generation in Xitixi basin, China. Quaternary International, 1-8. Doi: 10.1016/j.quaint. 2008.12.014.
- Elfert S, Bormann H, 2010. Simulated impact of past and possible future land use changes on the hydrological response of the Northern German lowland Hunte catchment. Journal of Hydrology 383 (3): 245-255.
- Guevara E, 2003.Engineering design parameters of storms in Venezuela. Hydrology Days 37: 80-91.
- Kathol JP, Werner HD and Trooien TP, 2003. Predicting Runoff for Frequency Based Storm Using a Prediction-Runoff Model, A. S. A. E. South Dakota, USA.
- Miller SN, Kepner WG, Mehaffey MH, Hernandez M and Miller WP, 2002. Integrating landscape assessment and hydrologic modeling for land coverchange analysis. Journal of the American Water Resources Association, 38(4): 915-929.
- Ragab R, and Cooper JD, 1993. Variability of unsaturated zone water transport parameters: implication for hydrological modeling. In situ measurements. Journal of Hydrology 148: 109-131.
- Schilling K, ChanKS, LiuHand ZhangYK, 2010. Quantifying the effect of land useland coverchange on increasing discharge in the upper Mississippi River. Journal of Hydrology. Doi: 10.1016/jhydrol.