



## ارزیابی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر ویژگی‌های هیدرولوژیک حوزه آبخیز کسلیان

ناصح رحمانی<sup>۱</sup>، کاکا شاهی<sup>۲</sup>، کریم سلیمانی<sup>۳</sup> و میرحسن یعقوبزاده<sup>۴</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: mn.rahmani@gmail.com)

۲ و ۳- دانشیار و استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴- استادیار، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۱۲

### چکیده

تغییر کاربری اراضی یکی از چالش‌های عمده در قرن بیست و یکم مطرح خواهد بود و برخی حتی اعتقاد دارند که آثار آن نسبت به پدیده تغییر اقلیم بیش‌تر است. تغییر کاربری اراضی بر تولید رواناب و سایر مؤلفه‌های هیدرولوژیک مثل گیرش، نفوذ و شدت سیل‌خیزی اثر می‌گذارد. هدف از این تحقیق بررسی آثار هیدرولوژیک تغییر کاربری اراضی طی ۳۰ سال اخیر در حوزه کسلیان به مساحت ۳۴۳/۸ کیلومتر مربع می‌باشد. در این تحقیق از تصاویر سنجنده‌های MSS، ETM+ و LISSIII به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۵۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۶ برای ارزیابی تغییرات کاربری اراضی حوزه استفاده گردید. نتایج نشان می‌دهد طی این دوره ۲۵۱/۹ هکتار از سطح جنگل‌های منطقه کاسته شده و برای ارزیابی اثر این تغییرات بر ویژگی‌های هیدرولوژیک حوزه از مدل HEC-HMS استفاده گردید. پس از واسنجی و اعتباریابی مدل برای دوره‌های ۱۳۵۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۶ مشخص شد که طی این دوره ۳۰ ساله ۱۱/۲ مترمکعب برنانه به دبی اوج و ۹۸/۸ مترمکعب به حجم رواناب افزوده شده، که نشان‌دهنده تأثیر کاهش اراضی جنگلی و افزایش مراتع بر دبی اوج و حجم رواناب حوزه است. بنابراین، تغییرات اندک روی کاربری منطقه باعث تغییرات محسوس بر دبی اوج و حجم رواناب حوزه کسلیان گردید.

واژه‌های کلیدی: رواناب، تغییر کاربری اراضی، سنجنده، واسنجی، HEC-HMS

### مقدمه

مقیاس حوزه این آثار روی فرآیندهای هیدرولوژیک اثر قابل توجهی بر اکوتوریسم، محیط زیست و اقتصاد وارد می‌کند (۴). طبق برآورد انجام شده در شمال ایران در فواصل سال‌های ۱۳۳۴-۱۳۴۶ و ۱۳۷۳-۱۳۴۶، سطح جنگل‌های شمال به ترتیب ۴/۷ و ۷/۱ درصد کاهش یافته است (۱۵).

لیو و همکاران (۱۲) اثر کاربری اراضی را بر فرآیند سیل با استفاده از مدل WetSpa در زیرحوزه ستینسل لوکزامبورگ ارزیابی نمودند. ایشان نتیجه گرفتند که رواناب مستقیم برای مناطق شهری، کشاورزی، چراگاه، جنگل و دیگر کاربری‌ها به ترتیب ۲۹/۳٪، ۲۲/۸٪، ۲۲/۲٪، ۲۱/۵٪ و ۴/۲٪ می‌باشد. بهره‌مند و همکاران (۲) با استفاده از مدل WetSpa اثرات احیای جنگل را روی سیلاب حوزه هورناد- مارگسائی<sup>۳</sup> در اسلواکی مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که اجرای سناریوی جنگل‌کاری باعث کاهش ۱۲ درصدی دبی اوج شده که با بررسی دبی‌های اوج تمام دوره‌های شبیه‌سازی شده، ممکن است حتی این مقدار کاهش، به ۱۸ درصد نیز برسد. هم‌چنین با اجرای سناریوی جنگل‌کاری زمان اوج هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده ۱۴ ساعت طولانی‌تر از زمان اوج کاربری فعلی اراضی است. شی و همکاران (۱۷) اثر شهرسازی را بر دبی اوج با استفاده از مدل SCS و نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای در حوزه شینزن<sup>۴</sup> چین بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که شهرسازی در ۲۰ سال

پوشش اراضی<sup>۱</sup> و کاربری اراضی<sup>۲</sup> دو عنصر کلیدی هستند که وضع محیط را در ارتباط با فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های بشر نشان می‌دهند. پوشش اراضی به پوشش گیاهی (طبیعی یا مصنوعی) یا سازه‌های ساخته بشر که روی سطح زمین قرار دارند، اشاره دارد (۶). در حالی که کاربری اراضی به وضعیت خصوصیات بیوفیزیکی زمین دست‌کاری شده و نیز هدف اصلی از به کارگیری زمین اشاره دارد (۱۹). اقلیم و کاربری اراضی فاکتورهای اصلی کنترل‌کننده رفتار هیدرولوژیک حوزه هستند. در مقایسه با تعدادی از ویژگی‌های ثابت حوزه (مثل خصوصیات خاک و توپوگرافی)- که تنها تحت تأثیر چرخه آب حوزه قرار می‌گیرند، اقلیم و کاربری اراضی تحت تأثیر متغیرهای کوتاه مدت قرار می‌گیرند (۹). تغییر اقلیم سبب تغییر کاربری اراضی شده به این دلیل که باعث تغییر در فعالیت‌های سیاسی مثل تغییرات نسبت به کمک‌های مالی برای محصولات مشخص (مثل سوخت فسیلی) و هم‌چنین به دلیل تغییرات اقتصادی- سیاسی و جمعیتی (مثل افزایش تقاضای غذا که باعث تبدیل جنگل‌ها به اراضی کشاورزی شده) در تعدادی از مناطق دنیا می‌شود. تغییر کاربری اراضی معمولاً سبب تغییرات پویای هیدرولوژیک حوزه‌ها می‌شود (۵). تغییر کاربری اراضی بر تولید رواناب و سایر مؤلفه‌های هیدرولوژیک مثل گیرش، نفوذ و شدت سیل‌خیزی اثر می‌گذارد. در

1- Land cover

2- Land use

3- Margecany-Hornad

4- Shenzhen

سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۰۱ تأثیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی را بر رژیم سیلابی رودخانه تجن ارزیابی کردند. ایشان نتیجه گرفتند که علی‌رغم سیر نزولی بارندگی در این دوره زمانی، دبی اوج افزایش یافته است. در حالی که میانگین کل شاخص پوشش گیاهی حوزه ۱۲/۸ درصد و شاخص پوشش گیاهی جنگل و مرتع ۹/۸ و ۳۴/۷ درصد کاهش یافته است، که افزایش رواناب بیش‌تر به دلیل کاهش جنگل و مرتع می‌باشد. غفاری و همکاران (۸) اثر تغییر کاربری اراضی را بر پاسخ‌های هیدرولوژیک حوزه آبخیز زنجان‌رود با استفاده از مدل SWAT بررسی نمودند. برای به دست آوردن تغییر کاربری سال‌های ۱۳۴۶ و ۱۳۸۶ از عکس‌های هوایی و تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست استفاده نمودند. ایشان برای شبیه‌سازی مدل SWAT از داده‌های روزانه و ماهانه دبی و بارش استفاده نمودند. نتایج نشان داد که تغییر در کاربری اراضی از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۶ منجر به افزایش مقدار رواناب سطحی در حدود ۳۳ درصد و کاهش سطح سفره آب‌های زیرزمینی در حدود ۲۲ درصد شده است.

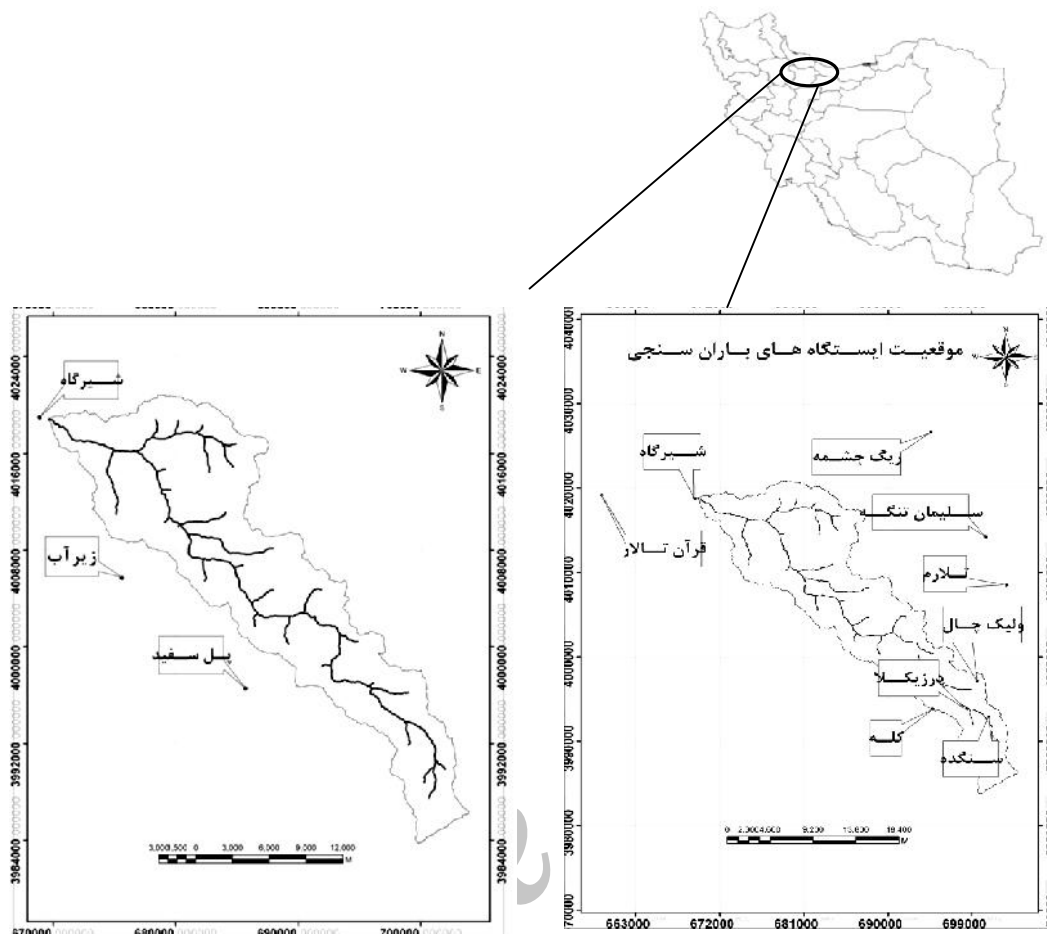
به طور کلی، هدف از این تحقیق تعیین اثر تغییر در کاربری اراضی بر پاسخ هیدرولوژیک حوزه آبخیز کسلیان طی ۳۰ سال اخیر و تحت تأثیر شرایط مدیریتی مختلف می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

##### منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز کسلیان با مساحت ۳۴۳/۸ کیلومتر مربع که بین عرض‌های شمالی ۴۴° ۵۸' تا ۴۵° ۱۲' و طول‌های شرقی ۵۳° ۵۲' تا ۵۳° ۱۵' واقع شده یکی از زیرحوزه‌های آبخیز تالار است و در ارتفاعات زون مرکزی سلسله جبال البرز، در ۱۹ کیلومتری شهرستان قائمشهر در استان مازندران واقع است. در شکل ۱ موقعیت حوزه کسلیان در ایران و استان مازندران نشان داده شده است.

گذشته به طور متوسط باعث افزایش ۱۳/۴ درصدی ضریب رواناب و ۱۲/۹ درصدی دبی حداکثر سیل شده است. چن و همکاران (۴) مدل تجربی تغییرات کاربری اراضی CLUE-S و مدل بارش رواناب HEC-HMS را برای کمی کردن اثر سناریوهای مختلف تغییرات کاربری اراضی بر رواناب ایجاد شده در حوزه شیتیاخی<sup>۱</sup> چین بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهد که سناریوی تغییر کاربری اراضی برای آینده، رواناب و دبی اوج را افزایش می‌دهد. خلیقی و همکاران (۱۱) اثر تغییرات کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوزه باراندوزچای با استفاده از مدل NRCS در محیط نرم‌افزار HEC-HMS را بررسی کردند. در طی یک دوره ۴۵ ساله (۱۳۳۴ تا ۱۳۷۹) با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، نقشه کاربری اراضی در هر دو زمان تهیه نمودند. ایشان نتیجه گرفتند که سیلاب در دوره جدید در بعضی از زیر حوزه‌ها تا ۷۰ درصد نسبت به دوره قدیم افزایش یافته، ولی افزایش دبی اوج در دوره بازگشت بزرگ‌تر، کم‌تر است. سعادت‌ی و همکاران (۱۶) اثر تغییرات کاربری اراضی در رواناب سطحی در حوزه کسلیان را با استفاده از مدل SWAT بررسی کردند. شبیه‌سازی در هر یک از کاربری‌های مرتع، جنگل، اراضی زراعی و زراعی-مسکونی در دو دوره زمانی صورت گرفته است. دوره واسنجی، چهار سال (۱۹۷۸-۱۹۸۱) و دوره اعتبار سنجی، شش سال (۱۹۸۱-۱۹۸۶) بوده است. بعد از عملیات واسنجی مدل SWAT، رواناب را با  $R^2=0/69$  شبیه‌سازی کردند. امینی و همکاران (۱) تغییرات گستره جنگل‌های آرمده بانه را با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای بررسی کردند. نقشه گستره سال ۱۳۳۴ از روی فتوموزائیک رقومی حاصل از عکس‌های هوایی تهیه گردید و نقشه مربوط به سال ۱۳۸۱ را از روی تصاویر ماهواره‌ای ETM+ و IRS-1C استخراج نمودند. سطح جنگل‌ها در دو دوره ۱۳۳۴ و ۱۳۸۱ نشان داد که ۴۸۵۳ هکتار از سطح جنگل کاسته شده و ۹۵۳ هکتار به سطح جنگل افزوده شده است. فرج‌زاده و فلاح (۷) با استفاده از تصاویر TM و ETM+



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز کسلیان در ایران.

کاربری اراضی بررسی گردید. برای تهیه نقشه کاربری اراضی از داده‌های ماهواره‌ای که از سازمان فضایی ایران و سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح اخذ شده است، استفاده گردید (جدول ۱).

### مواد و روش‌ها

با توجه به اهداف این تحقیق، ابتدا نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز کسلیان مربوط به سال‌های ۱۳۵۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۶ تهیه و میزان و توزیع مکانی تغییرات

جدول ۱- داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده از حوزه آبخیز کسلیان

ماهواره	قدرت تفکیک مکانی (m)	تاریخ	گذر	ردیف
لندست ۲- سنجنده MSS	۵۷	۱۳ ژوئیه ۱۹۷۷ (۲۲ تیر ۱۳۵۶)	۱۷۶	۳۵
لندست ۷- سنجنده ETM+	۲۸/۵- باند حرارتی ۵۷ متر و باند پانکروماتیک ۱۴/۲	۳۰ ژوئیه ۲۰۰۱ (۸ مرداد ۱۳۸۰)	۱۶۳	۳۵
IRS-LISSIII	۲۳/۵	۶ سپتامبر ۲۰۰۷ (۱۵ شهریور ۱۳۸۶)	۷۱	۴۵

چاوز در سال ۱۹۹۶ توسعه یافته استفاده گردید (۳). این مدل علاوه بر اجزای کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره<sup>۱</sup> روشی برای برآورد اثر جذب به وسیله گازهای اتمسفر و پراکنش ری<sup>۲</sup> را نیز دارد (۳). مقادیر ارزش عددی هر باند با استفاده از رابطه ۱ به مقادیر تابش در سنجنده (I<sub>λ</sub>) تبدیل گردید. سپس مقادیر تابش با استفاده از رابطه ۲ به قابلیت انتشار (بازتابندگی) برای هر باند تبدیل شد:

تصاویر سنجنده MSS و ETM+ دارای تطابق هندسی مناسبی بودند که تطابق دقیق نقشه آبراهه‌ها و جاده‌های استخراج شده از نقشه‌های توپوگرافی با این تصاویر گواه بر این موضوع بود. برای تصحیح هندسی تصاویر سنجنده LISSIII از روش تصویر به تصویر<sup>۱</sup> و با استفاده از تصویر سنجنده ETM+ با میزان خطای جذر میانگین مربعات<sup>۲</sup> ۰/۳ پیکسل صورت گرفت. برای انجام تصحیح اتمسفری تصاویر از مدل Cos(t) که از سوی

1- Image to Image

2- RMSE

3- Dark Object Subtraction=DOS

4- Rayleigh

نیز از دوره ۱۳۸۶-۱۳۸۵ استفاده گردید. برای برآورد تلفات حوزه از روش شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا<sup>۱</sup> استفاده شد. روش SCS میزان بارش مازاد را تابعی از بارش تجمعی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و رطوبت قبلی خاک حوزه بیان می‌کند. نقشه شماره منحنی مربوط به هر سال، از تلفیق نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک با هر یک از نقشه‌های کاربری اراضی در محیط GIS به دست آمد. در تعیین رواناب مستقیم در مدل، از روش هیدروگراف واحد SCS استفاده شد و در این تحقیق فرض شد که مدل فاقد جریان پایه است. برای بررسی تأثیر مکانی بارش در پاسخ هیدرولوژیک حوزه از روش وزن‌دهی ایستگاه با عکس فاصله<sup>۲</sup> استفاده گردید. این کار با استفاده از آمار روزانه بارش ۹ ایستگاه باران‌سنجی داخل و اطراف حوزه انجام شد. پس از وارد نمودن داده‌ها، مدل برای دو دوره مورد نظر اجرا گردید. برای دسترسی به نتایج همگون با داده‌های واقعی و طبیعی، پارامترهای معرفی شده به مدل واسنجی شد. برای واسنجی در مدل از توابع هدف استفاده گردید. یک تابع هدف میزان تغییرات بین هیدروگراف مشاهده شده و شبیه‌سازی‌شده را اندازه می‌گیرد. هر گاه هر دو هیدروگراف کاملاً یکسان باشند مقدار تابع هدف برابر صفر خواهد بود. پس از بهینه‌سازی پارامترها با استفاده از تابع درصد خطای حجمی، از پارامترهای بهینه شده برای اعتباریابی مدل در دوره ۱۳۸۵-۱۳۸۶ استفاده گردید. هم‌چنین برای ارزیابی کارایی مدل در دو دوره واسنجی و اعتباریابی از ضریب کارایی و متوسط خطای مطلق استفاده شد.

### نتایج و بحث

پس از انجام تصحیحات لازم روی تصاویر، نقشه کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۹۷۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۷ تهیه گردید (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). طی این دوره ۳۰ ساله مشخص شد که ۲۷۹۱۵ هکتار از جنگل‌ها بدون تغییر مانده‌اند، ۲۸/۲ هکتار از جنگل‌ها به اراضی کشاورزی تبدیل شده و نیز ۱۵۱۶/۹ هکتار از جنگل‌های منطقه به مرتع تبدیل شده‌اند. برای برآورد دقت کلاس‌ها به صورت مجزا از پارامترهای دیگری نظیر دقت کاربر و دقت تولید کننده استفاده شد (جدول ۳).

$$L = \left( \frac{LMAX-LMIN}{255} \right) DN + LMI \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$P = \frac{\pi L_{\lambda}}{ESUN_{\lambda} \cos \theta d_r} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن‌ها L: رادیانس در سنجنده (Wm-2sr-1)، LMAX: (1μm-1) و LMIN: فاکتورهای واسنجی برای هر باند (مقادیر تابش بین داده‌های رقومی)، DN: ارزش عددی هر باند، ۳/۱۴ = d<sub>r</sub>: معکوس مربع نسبت فاصله زمین- خورشید، θ: زاویه تابش خورشید و ESUN: میانگین تابش فرودی خورشید در بالای جو برای هر باند (Wm-2sr-1m 1μm-1) است.

پس از انجام تصحیحات لازم روی تصاویر، برای طبقه‌بندی تصاویر و تهیه نقشه کاربری اراضی از طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال که یکی از روش‌های آماری طبقه‌بندی است و جزو روش‌های طبقه‌بندی کننده پیکسل‌پایه<sup>۳</sup> قرار می‌گیرد، استفاده شد. پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به سه طبقه مرتع، جنگل و کشاورزی با توجه به ترکیب باندی مناسب که با استفاده از شاخص مطلوبیت<sup>۴</sup> انتخاب شد، سه نقشه کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۹۷۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۷ با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال به دست آمد. این نقشه‌ها با نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای مقایسه شده و پس از تشکیل ماتریس خطا<sup>۵</sup> ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی بر اساس معیارهای صحت کلی<sup>۶</sup>، ضریب کاپا<sup>۷</sup> (رابطه ۳)، صحت تولیدکننده<sup>۸</sup> و صحت کاربر<sup>۹</sup> صورت گرفت (جدول ۲ و ۳).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})} \quad \text{رابطه (۳)}$$

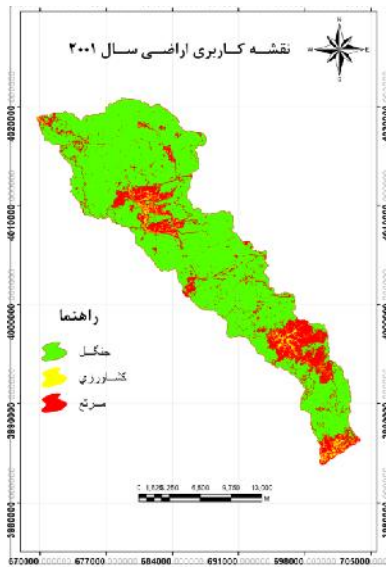
که در آن r: تعداد سطرها در ماتریس خطا، x<sub>ii</sub>: تعداد مشاهدات در سطر و ستون i، x<sub>i+</sub>: جمع مشاهدات در سطر i، x<sub>+i</sub>: جمع مشاهدات در ستون i و n: تعداد کل مشاهدات در نظر گرفته شده است.

برای مدل‌سازی هیدرولوژیک و بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر ویژگی‌های هیدرولوژیک حوزه از مدل HEC-HMS استفاده گردید. در واسنجی مدل از دو دوره ۱۳۵۶-۱۳۵۵ و ۱۳۸۰-۱۳۷۹ و برای اعتباریابی

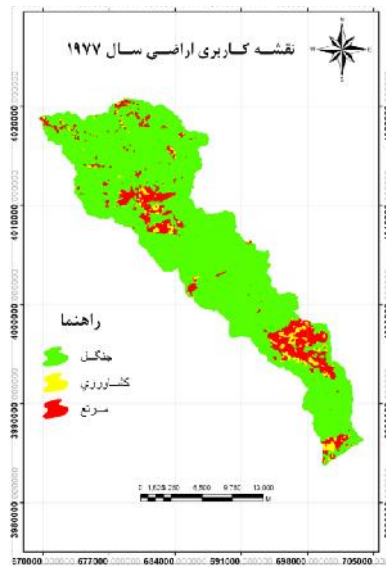
1- Pixel-Based  
4- Overall Accuracy  
7- User's Accuracy

2- Optimum Index Factor= OIF  
5- Kappa Coefficient  
8- SCS Curve Number

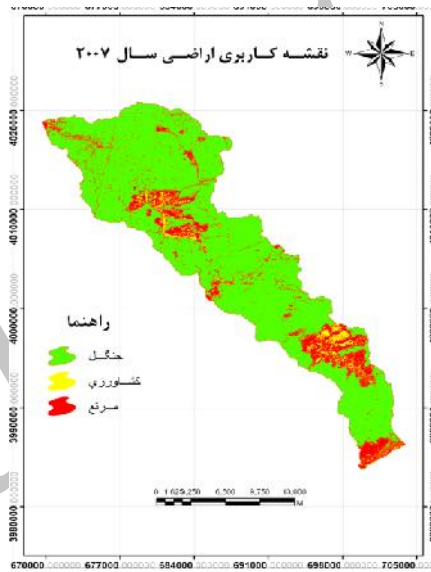
3- Error matrix  
6- Producer's Accuracy  
9- Gauge Weighting Inverse Distance



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۱ حوزه کسلیان.



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۷۷ حوزه کسلیان.



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۷ حوزه کسلیان.

جدول ۲- ضریب کاپا و دقت کلی مربوط به ترکیبات باندی تصاویر

نوع تصویر	ترکیب باندی	نوع طبقه‌بندی کننده	ضریب کاپا	صحت کلی
LISSIII	باند ۲، NDVI، باند ۳		۰/۸۴	۹۳/۱۷
ETM+	باند ۲، NDVI، باند ۵	حداکثر احتمال	۰/۸۵	۸۷/۰۱
MSS	باند ۲، NDVI، باند ۳		۰/۸۱	۸۹/۱۵

جدول ۳- مقادیر دقت کاربری و تولید کننده مربوط به سه نوع کاربری

سال	نوع کاربری	دقت کاربری	دقت تولید کننده
کاربری اراضی سال ۱۹۷۷	جنگل	۹۵/۳	۹۴/۸
	مرتع	۸۰/۶	۸۵/۹
	کشاورزی	۹۷/۰	۹۰/۲
کاربری اراضی سال ۲۰۰۱	جنگل	۹۱/۱	۸۹/۰
	مرتع	۸۲/۳	۸۰/۷
	کشاورزی	۷۹/۴	۸۳/۶
کاربری اراضی سال ۲۰۰۷	جنگل	۹۸/۴	۹۷/۲
	مرتع	۷۴/۰	۷۸/۰
	کشاورزی	۸۵/۴	۸۷/۷

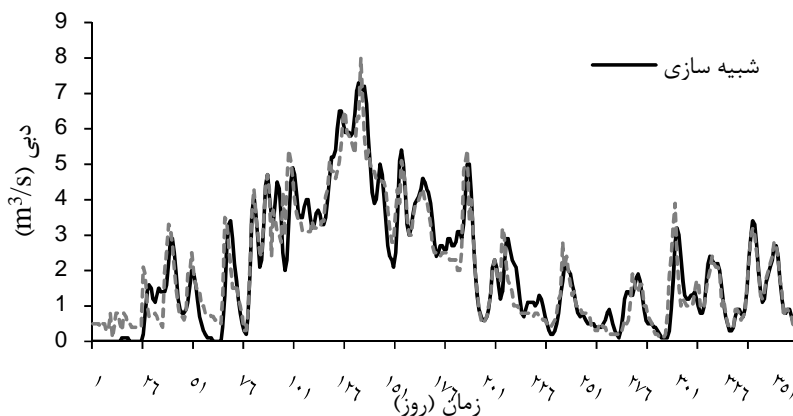
جدول ۴- مقایسه مساحت و درصد تغییرات کاربری‌ها طی دوره‌های زمانی مورد مطالعه

نوع کاربری	سال ۱۳۵۶		سال ۱۳۸۰		سال ۱۳۸۶	
	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد
جنگل	۲۹۴۲۴/۲۴	۸۵/۵۷	۲۹۲۲۲/۶۸۸	۸۴/۹۸	۲۹۱۷۲/۳۰	۸۴/۸۴
مرتع	۴۱۵۹/۷۳	۱۲/۰۹	۴۶۳۲/۷۲۲	۱۳/۴۷	۴۷۵۰/۹۷	۱۳/۸۱
کشاورزی	۸۰۱/۳۷	۲/۳۳	۵۲۹/۹۴۷	۱/۵۴	۴۶۲/۱۲	۱/۳۴
مجموع	۳۴۳۸۵/۳۵۷		۳۴۳۸۵/۳۵۷		۳۴۳۸۵/۳۵۷	

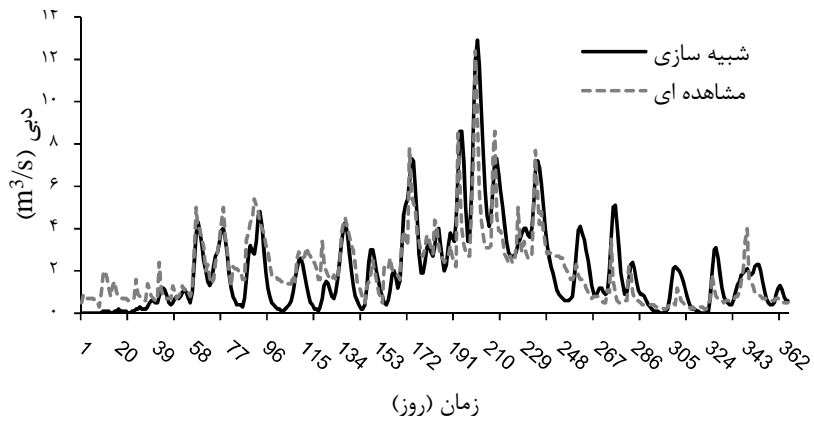
نتایج واسنجی مدل در حوزه کسپلیان نشان می‌دهد که اختلاف در زمان تأخیر و تلفات محاسبه شده و زمان تأخیر و تلفات واسنجی شده، نسبتاً کم می‌باشد (جدول ۵).

جدول ۵- پارامترهای محاسباتی و کالیبره شده در حوزه کسپلیان

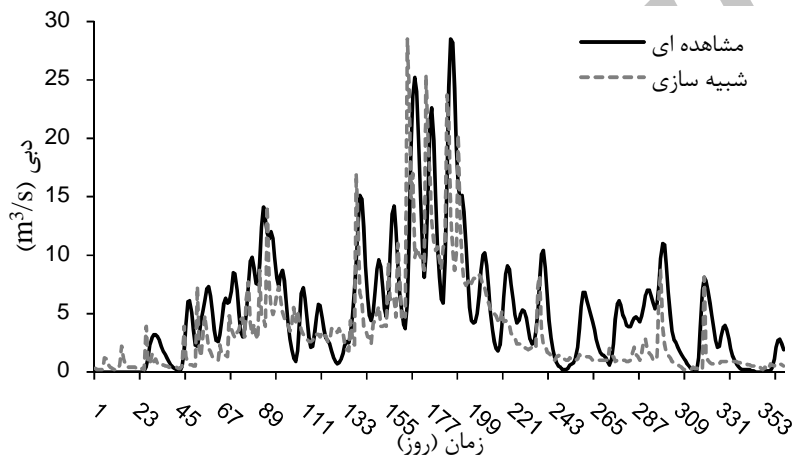
حوزه	دوره‌های شبیه‌سازی	زمان تأخیر (دقیقه)		تلفات اولیه (میلی‌متر)	
		محاسباتی	کالیبره	محاسباتی	کالیبره
کسپلیان	۱۹۷۶-۱۹۷۷	۵۶۷/۱۸	۵۶۹/۵	۳۹/۰۴۱	۴۰/۴۵۴
	۲۰۰۰-۲۰۰۱	۵۶۷/۱۸	۵۶۷/۸۶	۳۶/۷۹۵	۳۶/۹۵۹



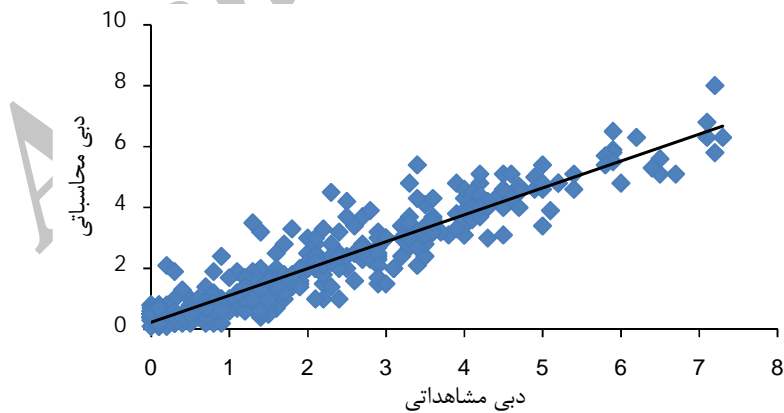
شکل ۵- هیدروگراف مشاهداتی و محاسباتی دوره ۱۹۷۶-۱۹۷۷ حوزه آبخیز کسپلیان.



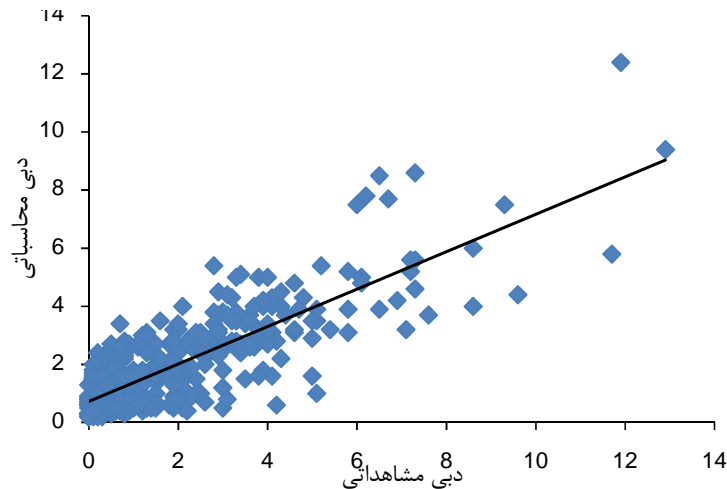
شکل ۶- هیدروگراف مشاهداتی و محاسباتی دوره ۲۰۰۰-۲۰۰۱ حوزه آبخیز کسلیان.



شکل ۷- نتایج اعتباریابی مدل با پارامترهای واسنجی شده مربوط به دوره ۲۰۰۶-۲۰۰۷ در حوزه کسلیان.



شکل ۸- میزان هم‌بستگی بین دبی مشاهداتی و محاسباتی مربوط به دوره ۱۹۷۶-۱۹۷۷.



شکل ۹- میزان همبستگی بین دبی مشاهداتی و محاسباتی مربوط به دوره ۲۰۰۱-۲۰۰۰

برای ارزیابی کارایی مدل در دوره‌های واسنجی شده از معیارهای ضریب کارایی، متوسط خطای مطلق و ضریب هم‌بستگی استفاده گردید (جدول ۶).

جدول ۶- نتایج ارزیابی کارایی مدل در مقیاس روزانه برای دوره واسنجی شده			
دوره‌های واسنجی	R	Nash	MAE
۱۹۷۶-۱۹۷۷	۰/۹	۰/۸	۰/۴
۲۰۰۱-۲۰۰۰	۰/۷	۰/۴	۰/۸

جدول ۷- نتایج ارزیابی کارایی مدل در مقیاس روزانه برای دوره اعتباریابی (۲۰۰۶-۲۰۰۷)

	R	Nash	MAE
	۰/۷۶	۰/۵۲	۰/۹

## نتایج و بحث

است. مقادیر ضریب کارایی و متوسط خطای مطلق دبی مشاهداتی و محاسباتی به دست آمده برای دوره ۱۹۷۶-۱۹۷۷ و ۲۰۰۱-۲۰۰۰ به ترتیب ۰/۸، ۰/۴ و ۰/۸، ۰/۴ می‌باشد، برای حوزه آبخیز مورد مطالعه قابل قبول به نظر می‌رسد، که با نظر هاتچینسون (۱۰)، موتویلوپ و همکاران (۱۴) و محمدی و همکاران (۱۳) مطابقت دارد. برای ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی طی ۳۰ سال گذشته اقدام به بررسی تغییرات دبی اوج و حجم رواناب گردید، مشاهده شد که در سال ۱۹۷۷ میزان دبی اوج و حجم رواناب به ترتیب ۷/۳ مترمکعب بر ثانیه و ۶۴/۱ مترمکعب و برای سال ۲۰۰۷ میزان دبی اوج و حجم رواناب به ترتیب ۲۸/۵ مترمکعب بر ثانیه و ۱۶۲/۹ مترمکعب است. بنابراین، طی این دوره ۱۱/۲ مترمکعب بر ثانیه به دبی اوج و ۹۸/۸ مترمکعب به حجم رواناب افزوده شده، که نشان‌دهنده تأثیر کاهش اراضی جنگلی و افزایش مراتع روی دبی اوج و حجم رواناب حوزه می‌باشد. از آنجایی که بیش‌تر مساحت حوزه کسلیان را اراضی جنگلی تشکیل می‌دهد و با کاهش مساحت این اراضی از نقش حفاظتی آن‌ها که شامل برگاب، مصرف آب از راه گیاه، ایجاد مقاومت مکانیکی در مقابل جریان رواناب، تشدید نفوذپذیری ناشی از افزایش هوموس و ریشه گیاهان کاسته شود. بنابراین، مشخص می‌گردد که اراضی جنگلی نسبت به

تغییر کاربری و پوشش اراضی، بالطبع پیامدهای هیدرولوژیک در مقیاس محلی، ناحیه‌ای و جهانی به همراه دارد. اگر این تغییرات در مقیاس مکانی در سطح قابل توجهی رخ دهد، این امکان وجود دارد که بر اقلیم مناطق نیز تأثیر بگذارد (۷). برای انجام دقیق آشکارسازی تغییرات در حوزه کسلیان، تصاویر تصحیح هندسی و زمین مرجع و سپس از نظر رادیومتری و اتمسفری تصحیح شدند که با نظر سینگ (۱۸) و لیو و همکاران (۱۲) مطابقت دارد. هم‌چنین طی این دوره ۵۸۹/۹ هکتار از مناطق کشاورزی به مرتع تبدیل، ۱۱۲۹/۶ هکتار از اراضی مرتعی به جنگل تبدیل شده و ۴۶/۵ هکتار از اراضی کشاورزی بدون تغییر مانده است. با توجه به روند تغییرات کاربری اراضی طی ۳۰ سال مشخص شد که سطح اراضی جنگلی ۰/۷ درصد کاهش، اراضی کشاورزی ۰/۹ درصد کاهش و اراضی مرتعی ۱/۷۱ درصد افزایش داشته است. در تحقیق حاضر با توجه به تغییرات فوق اقدام به بررسی اثر تغییر کاربری بر ویژگی‌های هیدرولوژیک حوزه گردید. برای واسنجی مدل از تابع هدف درصد خطای حجمی استفاده گردید که مقدار تابع هدف به دست آمده برای دوره‌های ۱۹۷۶-۱۹۷۷ و ۲۰۰۱-۲۰۰۰ صفر می‌باشد که نشان دهنده انطباق کامل حجم رواناب محاسباتی و مشاهداتی



### تشکر و قدردانی

نتایج حاصل از این پژوهش با حمایت‌های مالی و فنی مرکز GIS و RS دانشکده منابع طبیعی ساری به دست آمده؛ بنابراین، نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری قدردانی نمایند.

اراضی کشاورزی و مرتعی دبی اوج و حجم رواناب کمتر ایجاد می‌کنند و با کاهش اراضی جنگلی حجم رواناب و دبی اوج افزایش می‌یابد بنابراین، عامل اصلی تغییرات دبی اوج و حجم رواناب حوزه، تغییرات کاربری اراضی است که این نتایج با نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده از سوی فرج‌زاده و فلاح (۷)، غفاری و همکاران (۸)، چن و همکاران (۴)، لیو و همکاران (۱۲) و شی و همکاران (۱۷)، مطابقت دارد.

### منابع

1. Amini, M.R., Sh. Shataee, H.O. Ghazanfari and M.H. Moaieri. 2008. Changes in Zagros's Forests Extention Using Aerial Photos and Satellite Imagery (Case Study, Armerdeh Forests of Baneh). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 15: 12-22 (In Persian).
2. Bahremand. A., F. Smedt, J. Corluy, Y.B. Liu, J. Poorova, L. Velcicka and E. Kunikova. 2006. WetSpa Model Application for Assessing Reforestation Impacts on Floods in Margecany-Hornad Watershed, Slovakia. Water Resources Management, 53: 37-45 (In Persian).
3. Chavez, P.S. 1996. Image-Based Atmospheric Corrections-Revisited and Improved. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 62: 1025-1036.
4. Chen, Y., Y. Xu and Y. Yin. 2009. Impacts of Land Use Change Scenarios on Storm-Runoff Generation in Xitixi Basin, China. Quaternary International, 208: 121-128.
5. Elfert, S. and H. Bormann. 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: 245-255.
6. FAO. 1994. Integrated Approach to the Planning and Management of Land Resources. Draft report of the UN Secretary-General on the Implementation of Chapter 10 of Agenda 21 (UNCED) to the Commission on Sustainable Development. Third Draft of Task Manager's Report. FAO/AGL, 28 November 1994, Rome.
7. Faraj zadeh, M. and M. Fallah. 2008. Evaluate the Effect of Land Use and Land Cover Change on Flood Regime Tajan River Using Remote Sensing Techniques. Journal of Geographical Research, 64: 89-104 (In Persian).
8. Ghaffari, G., J. Ghodousi and H. Ahmadi. 2009. Investigating the hydrological Effects of Land Use Change in Catchment (Case Study: Zanjanrood Basin). Journal of Water and Soil Conservation, 16:163-180 (In Persian).
9. Huismann, J.A., L. Breuer, H. Bormann, A. Bronstert, B.F.W. Croke, H.G. Frede, T. Graff, L. Hubrechts, A.J. Jakeman, G. Kite, G. Leavesley, J. Lanini, D.P. Lettenmaier, G. Lindstrm, J. Seibert, m.G. Sivapalan, N.R. Viney and P. Willems. 2009. Assessing the Impact of Land Use Change on Hydrology by Ensemble Modeling (LUCHEM) III: Scenario Analysis. Advances in Water Resources, 32: 159-170.
10. Hutchinson, M.F. 1992. Spline A and LAPPNT, Enter for Resource and Environmental Studies, Australian National University, Conberra, Australia, 320 pp.
11. Khalighi, Sh., M. Moahdavi and B. Saghafian. 2006. Land Use Change Effects on Potential Flooding, Using NRCS Model (Case Study: Barandoozchay Basin). Iranian Journal of Natural Resources, 58: 733-742.
12. Liu, Y.B., F.D. Smedt, L. Hoffmann and L. Pfister. 2004. Assessing Land Use Impacts on Flood Processes in Complex Terrain by Using GIS and Modeling Approach. Environmental Modeling and Assessment, 9: 227-235.
13. Mohammadi, K., B. razdar and M.V. Samani. 2008. Pasikhan River Water Quality is Assessed Using CE-QUAL-W2 Model of Nitrate and Phosphate Parameters and Comparing the Results of Simulation Software WASP. 4th Conference civil Engineering. Tehran University, 20: 1-8 pp (In Persian).
14. Motovilov, Y.G., L. Gottschalk, K. Engeland and A. Rohde. 1999. Validation of a Distributed Hydrological Model Against Spatial Observations. Agriculture and Forest Meteorology, 21: 257-277.
15. Rafieian, O., A.A. darveshsefat and M. narimanian. 2006. Determine Changes in Forest Area of Northern Iran Between 1992 and 1990 Using Sensor Imagery ETM<sup>+</sup>. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 10: 277-286 (In Persian).
16. Sadati, H., Sh. Gholami, F. Sharifi and C.E. Ayobzadeh. 2006. Effects of Land Use Change on Runoff Simulation Model. Iranian Journal of Natural Resources, 59: 301-313 (In Persian).
17. Shi, P.J., Y. Yuan, J. Zheng, J.A. Wang, Y. Ge and G.Y. Qiu. 2007. The effect of land use/cover Change on Runoff in Shenzhen Region, China. Catena, 69: 31-35.
18. Singh, A. 1989. Digital Change Detection Techniques Using Remotely Sensed Data. International Journal of Remote Sensing, 10: 989-1003.
19. Turner, B.L., D. Skole, S. Sanderson, G. Fischer, L. Fresco and R. Leemans. 1995. Land-Use and Land-Cover Change. Science Research Plan. IGBP Report, 35: HDP Report, 7: 151-172.

## Evaluation of the Land use Change Impact on Hydrologic Characteristics (Case Study: Kasilian Watershed)

Naseh Rahmani<sup>1</sup>, Kaka Shahedi<sup>2</sup>, Karim Soleimani<sup>3</sup> and Mirhassan Miryaghoubzadeh<sup>4</sup>

---

1- M.Sc., Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

(Corresponding author: nn.rahmani@gmail.com)

2 and 3- Associate Professor and Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

4- Assistant Professor, Urmia University

Received: January 28, 2013

Accepted: December 3, 2013

---

### Abstract

The land use change is one of the major challenges of the human communities in this century and even more its impacts are than the climate change phenomenon. Land use change influences run-off as well as the other hydrologic factors such as interception, infiltration and the flood intensity. This study is aimed to investigate the impact of last 30 years of land use changes on hydrological behavior in the Kasilian watershed. Satellite data of Land sat MSS, ETM<sup>+</sup> and IRS LISSIII were used to detect land use change for the years of 1977, 2001 and 2007 respectively. The extracted results from this period a declination trend in the forest cover which was the cause of the increase in the runoffs identified in HEC-HMS used model. After calibration and validation of the used model for the indicated timescales, it shows that the deforestation impacts was increased the peak discharge to 2.11 m<sup>3</sup> and also the run-off volume to 98.81 m<sup>3</sup>.

**Keywords:** Calibration, HEC-HMS, Land use change, Runoff, Sensor

Archive of SID