دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

بررسی تغییرات کاربری اراضی و نقش آن در هیدرولوژی مناطق بالادست آبخیز رودخانه سیاهرود

بهنوش جعفری گرزین[۱]، عطاالله کاویان[۲] و کریم سلیمانی[۲]

۱- بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران، (نویسنده مسوول: b.jafari@areeo.ac.ir)
۲- گروه مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۲۹
صفحه: ۲۶ تا ۳۷

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: تغییرات کاربری‌اراضی یکی از عوامل مهم در تغییر وضعیت هیدرولوژیک آبخیز و فرسایش خاک بوده و نوع کاربری‌اراضی از عوامل مهم و تعیین کننده در تولید رواناب سطحی است. با آگاهی از روند تغییرات کاربری‌اراضی، می‌توان اثرات آن را در هیدرولوژی مناطق تحت تاثیر، مدیریت کرده و اکوسیستم‌های طبیعی را به سمت تعادل هدایت نمود. پژوهش پیش رو با هدف آشکارسازی تغییرات کاربری‌اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تحلیل نقش آن در تغییر وضعیت هیدرولوژی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: منطقه مورد مطالعه، بخش بالادست آبخیز رودخانه سیاهرود واقع در جنوب شهر قائمشهر است. در این تحقیق برای تهیه نقشه‌های کاربری‌اراضی از نرم‌افزار Idrisi Selva، و تکنیک‌های تلفیقی پیکسل پایه و شئ‌گرا، طبقه‌بندی نظارت‌نشده و نظارت‌شده تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست۵ مربوط به سال ۱۳۷۷ و ۱۳۸۸و تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ مربوط به سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ استفاده گردید. پس از تهیه نقشه‌های کاربری‌اراضی برای هر مقطع زمانی، مقادیر CN برای هر کاربری براساس دستورالعمل استاندارد روش SCS تعیین شده و CN متوسط وزنی برای کل منطقه مورد مطالعه برآورد گردید. در نهایت پتانسیل تولید و ارتفاع رواناب حاصل از بارندگی محاسبه می‌شود.

یافته‌ها: تغییرات کاربری‌اراضی منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی ۲۲ ساله نشان داد که ۲۸۱ درصد، معادل ۶۵۷ هکتار به مساحت باغ‌های مرکبات اضافه شده است. در حدود ۵ درصد از سطح جنگل پهن‌برگ کاسته شده و سطح مناطق مسکونی ۵۷ درصد رشد داشته است. با توجه به تغییرات کاربری‌اراضی طی این دوره ۲۲ ساله، مقدار متوسط وزنی CN از ۶۳/۰۱ به ۶۲/۷۳ کاهش یافته است. همچنین برآورد میزان رواناب برای بارندگی معادل ۵۹/۸ میلی‌متر (متوسط حداکثر بارش۲۴ ساعته طی دوره ۲۲ ساله) نشان داد که ارتفاع رواناب از ۴/۸۳ میلی‌متر در شرایط سال ۱۳۷۷ به ۴/۷۳ میلی‌متر در شرایط سال ۱۳۹۸، کاهش یافته است

نتیجه‌گیری: با توجه به تغییرات کاربری‌اراضی و اثر آن در تولید رواناب حوضه، به‌نظر می‌رسد در مجموع طی دوره ۲۲ ساله، این اثرات تعدیل شده و تغییرات کاربری در جهت کاهش تولید رواناب نقش آفرینی نموده است. از اینرو انتظار می رود با ادامه این روند تغییرات کاربری‌اراضی، تولید رواناب در بالادست آبخیز رودخانه سیاهرود کاهش یابد.

واژه‌های کلیدی: آبخیز سیاهرود، تصاویر ماهواره‌ای لندست، تغییر کاربری، شماره منحنی

مقدمه

تاثیر روزافزون بشر در زیست‌بوم‌ها و تغییر وسیع کاربری‌ها، سبب ایجاد نگرانی‌هایی در رابطه با مخاطرات زیست‌محیطی شده است (۲،۱۶). این تغییرات ضمن اثرات جدی بر محیط زیست، عمدتا منجر به تبعات سوء اقتصادی-اجتماعی، به‌ویژه در حوضه‌هایی که بیشتر در معرض فعالیت‌های انسانی هستند می‌گردد. شناسائی روند تغییر کاربری و پوشش اراضی برای برنامه‌ریزی اراضی و مدیریت منابع پایدار زمین بسیار مهم است (۳،۲۱،۳۸). از طرفی تغییر کاربری اراضی سبب تغییر در پارامترهای تاثیرگذار بر وضعیت هیدرولوژی حوضه می‌گردد (۱). رواناب در یک حوزه آبخیز تحت تأثیر عوامل ژئومورفولوژیکی، به‌ویژه تغییر کاربری اراضی است که به‌طور قابل توجهی بر تغییر حجم رواناب و شدت رواناب تأثیر می‌گذارد (۳۲). تخریب پوشش‌گیاهی در افزایش تولید رسوب و رواناب تأثیر بارزی دارد (۱۴). نتایج بسیاری از تحقیقات نشان داده است تولید رواناب و رسوب در کاربری‌های مختلف به ویژگی‌های پوشش گیاهی بستگی داشته (۱۴،۱۵،۱۸،۳۸،۳۹) و تغییرکاربری از عوامل مهم در تغییر جریان هیدرولوژیک حوزه آبخیز بوده (۱،۳،۹،۱۲،۱۳) و نوع کاربری اراضی یکی از خصوصیات اصلی در تعیین شماره منحنی (CN) رواناب می‌باشد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که با اطلاع از روند تغییرات کاربری اراضی می‌توان در راستای هدایت اکوسیستم به سمت تعادل قدم برداشت، از این‌رو به‌روز رسانی اطلاعات و پایش تغییرات کاربری، امری ضروری و اجتناب ناپذیر است (۸). از طرفی استفاده از سنجش ازدور در مطالعات مربوط به پایش و بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در مناطق تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی، ضمن تسریع و تسهیل فرآیند مطالعات، امکان تهیه نقشه‌های دقیق کاربری‌اراضی را با صرف حداقل زمان و هزینه در بازه‌های زمانی مختلف فراهم می‌نماید. (۹،۱۱). این نقشه‌ها در ارزیابی و تحلیل تغییرات کاربری قابل استفاده بوده (۳،۴،۲۱) و پیرو آن وضعیت هیدرولوژیکی اراضی نظیر تولید رواناب و رسوب و سایر پارامترهای متاثر از این تغییرات، قابل تحلیل است. نتایج بررسی آثار هیدرولوژیک تغییر کاربری اراضی طی ۳۰ سال (۱۳۸۶-۱۳۵۶) در آبخیز کسیلیان با استفاده از داده‌های ماهواره لندست و IRS، نشان داد تغییرات اندک روی کاربری منطقه با کاهش سطح جنگل و افزایش اراضی مرتعی، باعث تغییرات محسوس هیدرولوژیک و افزایش دبی اوج و حجم رواناب آبخیز کسیلیان گردیده است (۲۱). نتایج پیش‌بینی اثر تغییرات کاربری اراضی بر

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.27.3.0]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.27.26]

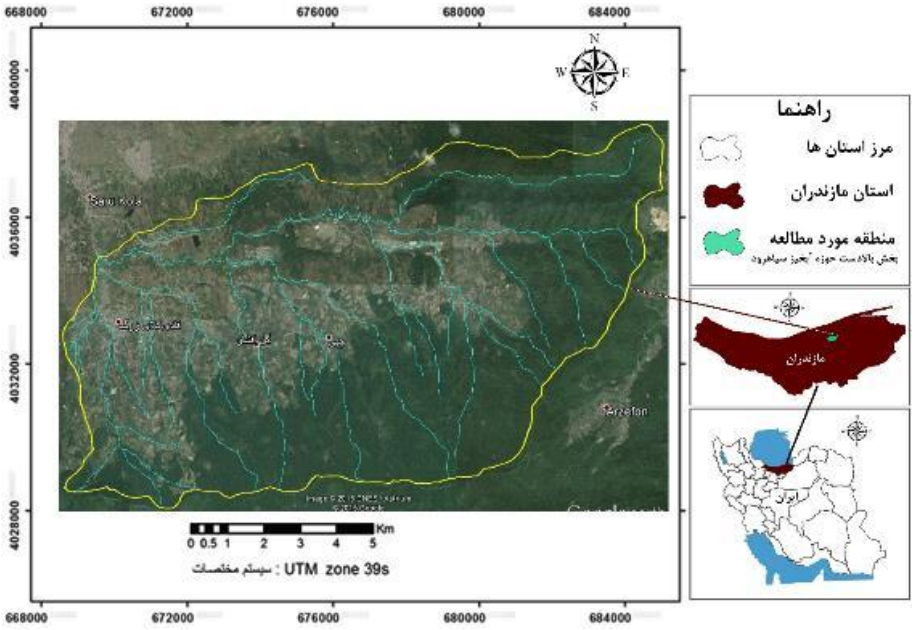
سیل‌خیزی و رسوبزائی آبخیز حنیفقان، با استفاده از مدل HEC-HMS و داده‌های ماهواره لندست طی دوره ۱۹۸۹–۲۰۱۵ و برآورد شماره منحنی و سایر عوامل موثر بر وضعیت هیدرولوژی- با فرض ثابت بودن سایر شرایط آبخیز نشان داد دبی سیل برای دهه ۲۰۳۰ افزایش یافته و در پی آن رسوب‌زائی بیشتر می‌شود (۳۴). ارزیابی پتانسیل سیل‌خیزی آبخیز کشف‌رود با استفاده از روش SCS اصلاح شده بر اساس داده‌های پایه دوره ۲۵ ساله (سال آبی ۱۳۶۸–۱۳۶۷ تا ۱۳۹۱–۱۳۹۲) و برآورد شماره منحنی متوسط وزنی از روی نقشه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک نشان داد مدل SCS اصلاح شده، توانائی بالائی در برآورد دبی حداکثر سیل داشته، از این‌رو می‌توان مدل را در حوضه‌های مشابه مورد استفاده قرار داد (۷). نتایج ارزیابی تغییرات کاربری اراضی، رخ داده در بازه زمانی ۲۰۱۴–۲۰۰۰، در منطقه طالش گیلان، با استفاده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، بیانگر رشد مناطق شهری و کاهش سطح اراضی کشاورزی، اراضی جنگلی و اراضی بایر است (۴). شبیه‌سازی اثر سناریوهای مختلف پوشش گیاهی بر میزان رواناب و رسوب خروجی سه دامنه آبخیز، با استفاده از مدل WEPP در یک عرصه ۹/۵ هکتاری در جنوب غربی شهر گرگان نشان داد مهمترین عامل تأثیرگذار بر ایجاد رواناب و رسوب در این دامنه‌ها، عامل پوشش گیاهی است. همچنین مشخص شد که با تغییر پوشش گیاهی از گیاهان دائمی نظیر گراس‌ها و بوته‌ای‌های جنگلی به آیش یا شخم بدون کشت، میزان رواناب و رسوب خروجی حوزه به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد (۲۱). نتایج ارزیابی میزان رواناب حوضه پاپی‌ردی‌پاتی در شمال هند با استفاده از روشSCS-CN در محیط GIS نشان داد رویکرد CN روش مناسبی است که مطابق آن می‌توان، زمان و امکانات کمتری را برای مدیریت مجموعه داده‌های گسترده تاثیرگذار بر رواناب حوضه استفاده نموده و کاربرد این روش برای تخمین رواناب نتایج قابل قبولی ارائه می‌نماید (۳۱). ارزیابی مدل SCS-CN در تخمین رواناب حوضه سد کرج و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت تفکیک کلاس‌های کاربری اراضی نشان داد که استفاده از این روش در حوضه مربوطه برای دوره‌های زمانی مختلف نیز مناسب است و مدل وزنی در محاسبه شماره منحنی این امکان را فراهم می سازد که تمام عوامل مؤثر در تولید رواناب در نظر گرفته شود و در نتیجه تخمین صحیح‌تری از رواناب ناشی از بارندگی به دست می‌آید (۱۲). تعیین شماره منحنی، برآورد ضریب رواناب، برآورد حداکثر دبی اوج سیل و پهنه‌بندی پتانسیل تولید رواناب، با استفاده از روش SCS در حوضه حصارک نشان داد که وضعیت هیدرولوژیکی اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک مهمترین پارامتر تعیین‌کننده CN و تأثیرگذار بر روی رواناب است. همچنین نتایج نشان داد پوشش جنگلی با مقدار شماره منحنی ۷۴ دارای کمترین پتانسیل تولید رواناب است و مناطق شهری پایین‌دست حوضه با شماره منحنی ۹۹ بیشترین پتانسیل تولید رواناب را داراست. از این منظر نوع کاربری اراضی مهمترین پارامتر بر روی رواناب حوضه بوده و در یک دید کلی بخش‌های میانی و پایینی حوضه، به دلیل اینکه دارای پوشش گیاهی مرتعی ضعیف و سطوح آسفالته هستند بیشترین رواناب را تولید می‌نمایند (۱۸). مطالعه‌ی تغییرات هیدرولوژی چهار حوضه در ایالت آیووا در سه مقطع زمانی ۱۸۷۵، ۱۹۹۶ و ۲۰۰۸ براساس تغییرات CN، با استفاده از دستورالعمل محاسبه شماره منحنی WinTR-55 (۳۵)، بیانگر آنست که در طی سه دهه پس از ورود شهرک‌نشینان اروپایی به آیووا، در بخش‌های زیادی، چمنزارها و جنگل‌ها به زمین‌های کشاورزی و مناطق شهری تبدیل شده و در چهار حوضه مورد مطالعه در آیوا، میانگین وزنی شماره منحنی منطقه به مقدار حدود ۱۶/۴ افزایش یافت. در نتیجه تغییر کاربری اراضی سبب تغییر وضعیت هیدرولوژیکی شده و تولید رواناب بیشتر در این حوضه‌ها قابل انتظار است (۳۸).

پیشینه تحقیقات انجام شده در ارتباط با تغییر کاربری اراضی نشان می‌دهد که رفتار هیدرولوژیک آبخیزها در مقیاس زمانی و مکانی، متناسب با نقش عوامل گوناگون (اقلیمی، خاک، پوشش گیاهی و ...) از روند مشابهی برخوردار نیست. از طرفی، با توجه به این که کاربری‌های مختلف و تغییرات زمانی آن، اثرات متفاوتی بر وضعیت هیدرولوژی حوضه دارند، با بررسی تغییرات مکانی و زمانی کاربری‌اراضی و به تبع آن تغییرات شماره منحنی، می‌توان تغییرات هیدرولوژیک پیش‌رو را تحلیل و ارزیابی نمود. از این‌رو پژوهش حاضر، با هدف آشکارسازی تغییرات کاربری‌اراضی طی یک دوره ۲۲ ساله (۱۳۹۸–۱۳۷۷) و بررسی نقش آن در تغییر وضعیت هیدرولوژیکی منطقه بالادست آبخیز سیاهرود با تحلیل کیفی و کمی تغییرات شماره منحنی (CN) انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آبخیز بالادست رودخانه سیاهرود درجنوب شهرستان قائمشهر در استان مازندران با مختصات جغرافیایی ″۲۳ °۳۶ تا ″۲۸ °۳۶ عرض شمالی و ″۰۴ °۵۲ تا ″۵۳ °۵۳ طول شرقی واقع شده است. وسعت منطقه در حدود ۱۰۰۰۰ هکتار است (شکل ۱).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.27.3.0]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.27.26]



شکل ۱- موقعیت آبخیز بالادست رودخانه سیاهرود
Figure 1. Location of the upstream area of Siahroud watershed

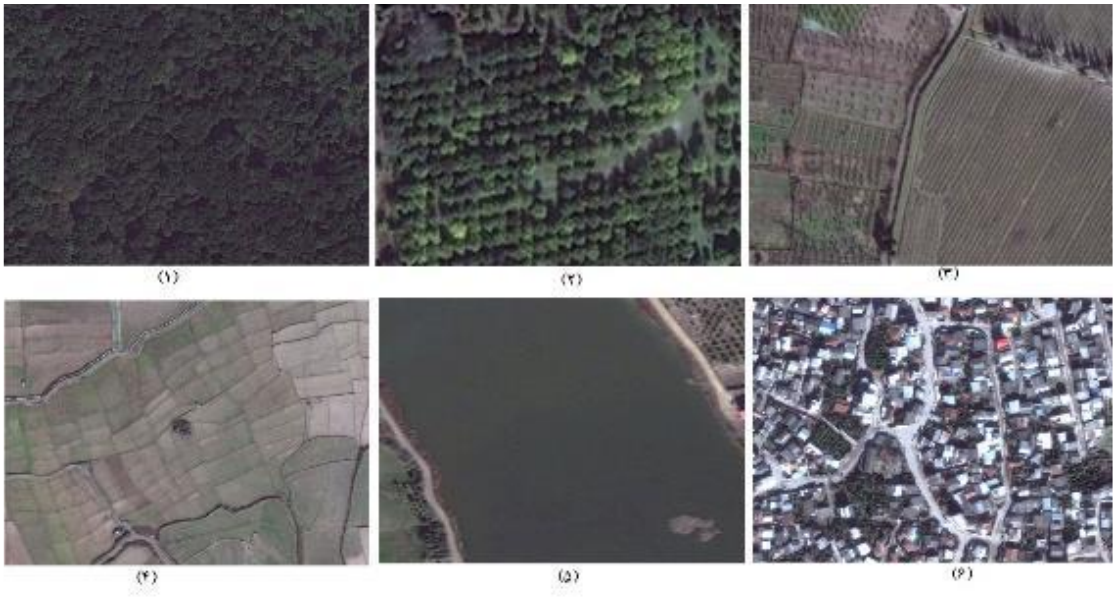
ترکیب کاربری اراضی این آبخیز شامل جنگل پهن‌برگ، اراضی شالیزاری، اراضی مخلوط زراعت و باغ، باغ مرکبات، پیکره آبی یا آب‌بندان و مناطق مسکونی بوده و میانگین بارندگی سالانه ۷۱۰/۰ میلیمتر و حداکثر بارش ۲۴ ساعته طی این دوره ۲۲ ساله از ۳۵ تا ۹۸ میلیمتر در تغییر بوده است (جدول ۱). براساس روش دومارتن این حوضه دارای آب و هوای معتدل است (سالنامه‌های آماری اداره کل هواشناسی استان مازندران).

جدول ۱- داده‌های بارندگی دوره (۱۳۹۸-۱۳۷۷)
Table 1. Rainfall data of the period (1998-2019)

حداکثر بارش۲۴ ساعته (میلی‌متر) Maximum rainfall in 24 hours (mm)	بارش سالانه (میلی‌متر) Annual rainfall (mm)	سال Year
41.3	565.2	1998
63.8	674.4	1999
37.5	613.2	2000
66.2	690.5	2001
81.1	854.1	2002
62.5	780.4	2003
52.2	941.3	2004
68.8	705.8	2005
35.0	770.9	2006
51.0	639.8	2007
50.9	621.5	2008
98.9	938.1	2009
55.7	575.4	2010
53.7	808.3	2011
35.7	670.3	2012
87.1	654.8	2013
54.1	622.6	2014
71.1	734.5	2015
50.0	688.6	2016
46.9	524.9	2017
77.6	708.7	2018
74.4	837.0	2019
59.8	710.0	میانگین Mean

در این تحقیق برای تهیه نقشه‌های کاربری‌اراضی از نرم‌افزار Idrisi Selva، و تکنیک‌های تلفیقی پیکسل پایه و شئ‌گرا، طبقه‌بندی نظارت‌نشده و نظارت‌شده تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد (۹). در این راستا ضمن استفاده از داده‌های کمکی نظیر نقشه‌های توپوگرافی، گزارشات، اطلاعات توصیفی، مشاهدات میدانی و ثبت موقعیت مکانی عوارض با GPS، از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست۵ سال ۱۳۷۷ و ۱۳۸۸و تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست۸ سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ برای تهیه نقشه کاربری اراضی استفاده گردید. نقشه‌های کاربری‌اراضی در ۶ کلاس جنگل پهن‌برگ، باغ مرکبات، مخلوط زراعت و باغ، اراضی شالیزاری، پیکره‌آبی و مناطق مسکونی تهیه گردید (شکل ۲).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.27.3.0]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.27.26]



شکل ۲- نمونه تصویر شش طبقه کاربری اراضی شامل: ۱- جنگل پهن‌برگ ۲- باغ مرکبات ۳- مخلوط زراعت و باغ ۴- اراضی شالیزار ۵- پیکره آبی ۶- مناطق مسکونی

Figure 2. Sample image of Six Land use Classes Including: 1.Deciduouse Forest, 2. Citrus Orchard, 3. Cultivation Orchard Complex, 4.Paddy Field, 5.Water Body, 6.Residential Area

برای برآورد پتانسیل تولید رواناب حاصل از بارندگی در حوضه، از روش SCS استفاده شده است. برای این منظور اطلاعات زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک منطقه در قالب گزارش‌ها و نقشه‌ها، مورد بررسی و استفاده قرارگرفت. در روش SCS ارتفاع رواناب حاصل از یک بارندگی بر اساس روابط (۱) و (۲)، محاسبه می‌شود.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

که در این روابط Q: ارتفاع رواناب بر حسب میلی‌متر، P: حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته بر حسب میلی‌متر، S: نگهداشت سطحی یا حداکثر توان نگهداری و نفوذ در خاک بر حسب میلیمتر که مقدار آن به نوع پوشش، نحوه بهره‌برداری از اراضی و وضعیت سطح خاک از نظر نفوذپذیری بستگی دارد.

جدول ۲- طبقه‌بندی خاک بر اساس نفوذپذیری

Table 2. Soil classification based on permeability

گروه هیدرولوژی خاک Hydrologic soil group	حداقل نفوذپذیری (میلی‌متر در ساعت) Minimum permeability (mm/h)
A	7.5 -11.5
B	3.8 - 7.5
C	1.3 – 3.8
D	0 – 1.3

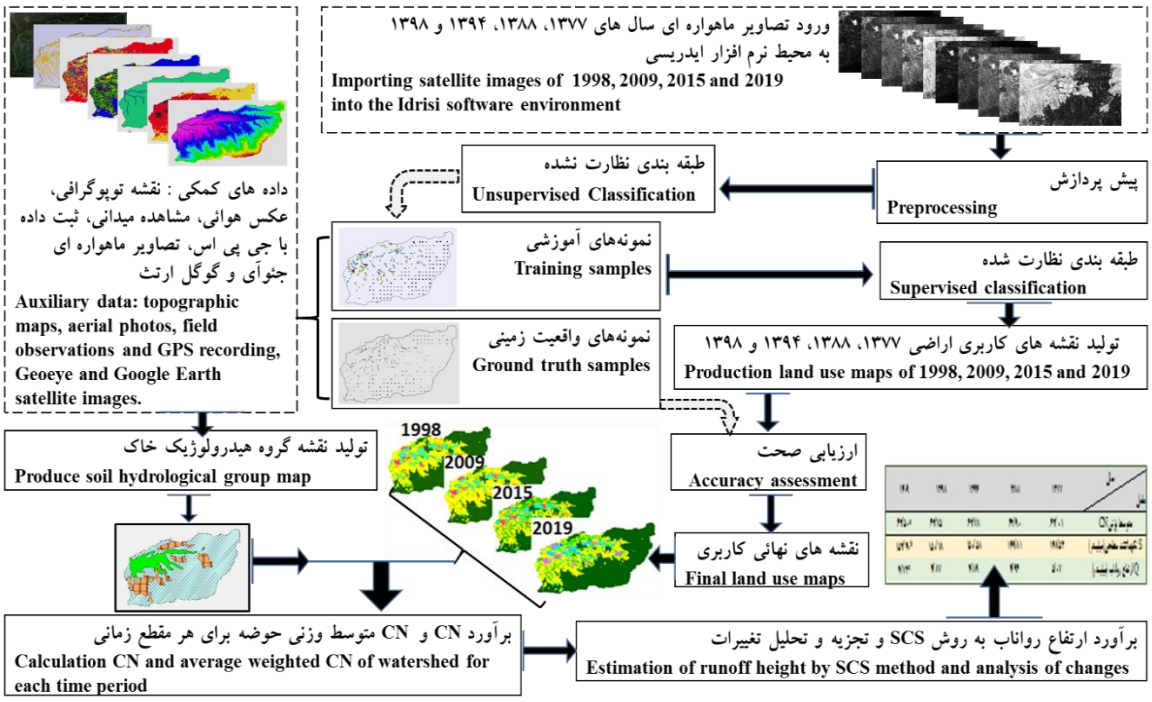
پس از تهیه نقشه‌های کاربری‌اراضی برای هر مقطع زمانی، ویژگی‌های این کاربری‌ها شامل نوع پوشش‌گیاهی، مساحت، مدیریت اراضی، گروه هیدرولوژی خاک و ... تعیین شده و مقادیر شماره منحنی هر کاربری براساس دستورالعمل استاندارد تعیین CN برای کاربری‌ها (۳۵) و مطابقت نوع کاربری‌های حوضه با کاربری اراضی مندرج در دستورالعمل، همچنین CN یا شماره منحنی مربوط به مقدار نفوذ آب در خاک حوضه بوده و مقدار آن بین۰ تا ۱۰۰ متغیر است. در روشSCS فرض می‌شود که به‌طور متوسط، درحدود ۰/۲ کل تلفات بالقوه حوضه یا S، قبل از شروع جریان رواناب به صورت تلفات اولیه عمل کرده و ۰/۸ بقیه آن در طول بارش، صرف نفوذ سطحی و عمقی در خاک می‌شود. البته این معیار نمی‌تواند در مورد بارش‌های به‌صورت برف مورد استفاده قرار گرفته و آب پایه را نیز در بر نمی‌گیرد. با توجه به نقش گروه‌های هیدرولوژیک خاک (جدول ۲) در تعیین CN حوضه، نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک بر اساس گزارش‌های موجود، نقشه‌های زمین‌شناسی و خاک‌شناسی، عکس‌های هوائی و مشاهدات میدانی به‌روز رسانی شد.

$$\overline{CN} = \left[\sum \left(\frac{A_i}{100}\right)(CN_i)\right] \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

که در آن $\overline{CN}$: متوسط وزنی شماره منحنی، A_i: درصد مساحتی از حوضه که شماره منحنی آن CN_i است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.27.3.0]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.27.26]

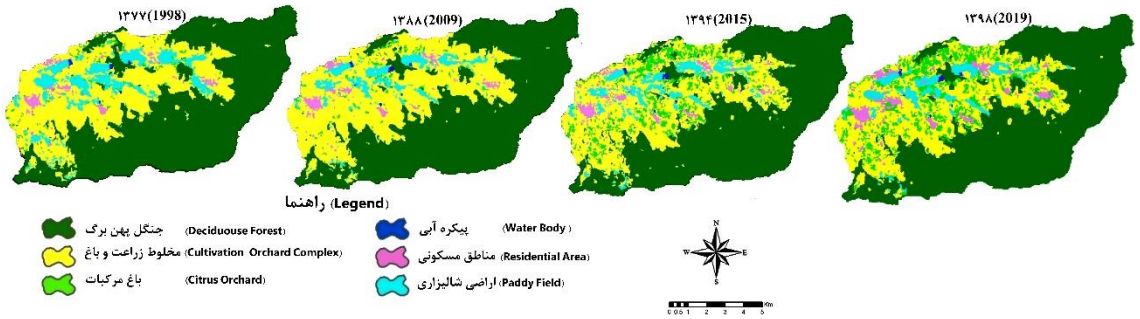
برآورد گردید. CN متوسط وزنی برای کل حوضه نیز با استفاده از رابطه (۳) برای چهار مقطع زمانی سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۸، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸، محاسبه گردید. در نهایت ضمن مقایسه نقشه‌ها، روند تغییرات رخ داده در سطح حوضه، تحلیل شده و اثرات آن بر وضعیت هیدرولوژی حوضه، تفسیر گردید. نمودار جریانی تحقیق در شکل۳ نمایش داده شده است.



شکل ۳- نمودار جریانی روش تحقیق
Figure 3. Flowchart of research method

نتایج و بحث

در بسیاری از مطلعات، استفاده از این داده‌های ماهواره‌ای برای شناخت ویژگیهای منطقه به‌ویژه در سطوح وسیع مانند حوزه‌های آبخیز، نتایج خوبی ارائه داده و توصیه شده است (۲۸،۲۶،۲۵،۲۴،۲۰،۶). اگرچه استفاده موفقیت‌آمیز از مطالعات سنجش‌ازدور و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، مستلزم دارا بودن درک مطلوب از سیمای سرزمین، نوع سنجنده مورد استفاده و روش استخراج اطلاعات است (۱۸). از اینرو در تحقیق حاضر، اجرای طبقه‌بندی، تصحیحات پس‌پردازش روی نقشه‌ها با توجه به روش‌های مبتنی بر دانش کارشناسی در محیط نرم‌افزار Idrisi Selva اعمال گردیده و نقشه‌های کاربری‌اراضی برای سال های ۱۳۷۷، ۱۳۸۸، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ تهیه گردید (شکل۴). همچنین برای ارزیابی صحت نقشه‌های تولیدشده همه مقاطع زمانی، از نمونه‌های واقعیت‌زمینی و ایجاد جدول متقاطع و ماتریس اشتباه، استفاده شد (۱۶). صحت طبقه‌بندی براساس ماتریس اشتباه و با معیار صحت کلی، و ضریب کاپای کلی محاسبه و ارزیابی شد (جدول ۳).



شکل ۴- نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۸، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸
Figure 4. Land use maps of 1998, 2009, 2015 and 2019

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.27.3.0]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.27.26]

جدول ۳- ارزیابی صحت طبقه‌بندی نقشه‌های تولید شده

Table 3. Assess the accuracy of the classification of produced maps

سال Year	تعداد پیکسل نمونه‌های واقعیت زمینی the amount of Pixels of ground truth samples	صحت کلی طبقه‌بندی Overall accuracy of classification	ضریب کاپای کلی Overall kappa coefficient
1998	801	0.88	0.8462
2009	679	0.91	0.8717
2015	1731	0.93	0.9010
2019	1250	0.92	0.9021

بررسی پارامترهای ارزیابی صحت طبقه‌بندی نقشه‌ها در جدول۳ نشان می‌دهد که نقشه‌های چهار مقطع زمانی ۱۳۷۷، ۱۳۸۸، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای، در حد مطلوب، با واقعیت زمینی تطابق داشته و قابل اعتماد و قابل استفاده برای برآورد CN می‌باشد. نتایج مقایسه تغییرات کاربری‌ها و تغییرات خالص هر کاربری در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- مساحت انواع کاربری اراضی، کاهش و افزایش و تغییرات خالص ۲۲ ساله بر حسب هکتار

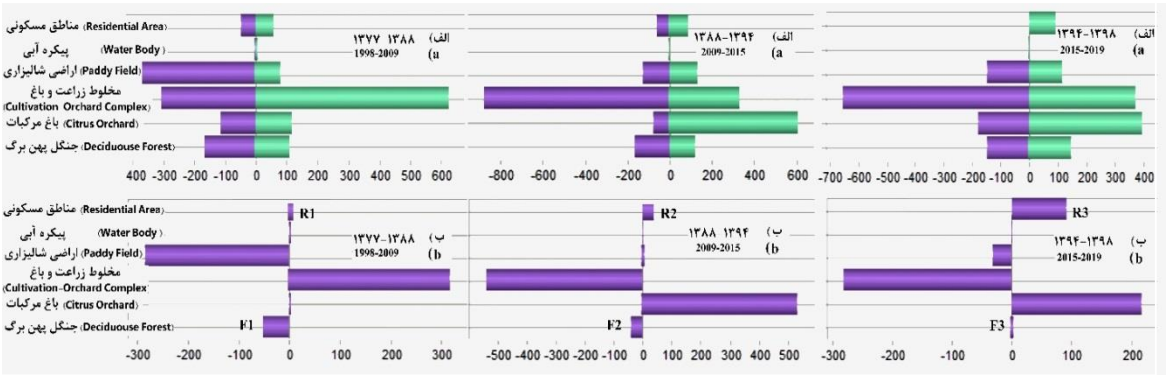
Table 4. Area of land use types, decrease and increase and net changes per hectare

کاربری اراضی/سال Landuse/year	۱۳۷۷ (1998)	کاهش/افزایش (Gain / Loss) ۱۳۸۸-۱۳۷۷ (to 2009 1998)	۱۳۸۸ (2009)	کاهش/افزایش (Gain / Loss) ۱۳۹۴-۱۳۸۸ (to 2015 2009)	۱۳۹۴ (2015)	کاهش/افزایش (Gain / Loss) ۱۳۹۸-۱۳۹۴ (to 2019 2015)	۱۳۹۸ (2019)	تغییرات ۲۲ ساله Changes of) (22 years
جنگل پهن برگ (Deciduouse Forest)	5777.01	-275.4	5501.61	-16.92	5484.89	8.61	5493.32	-283.69
باغ مرکبات (Citrus Orchard)	233.73	-63.63	170.10	508.41	678.51	213.14	891.56	+657.83
مخلوط زراعت و باغ (Cultivation-Orchard Complex)	3106.44	509.4	3615.84	-555.21	3060.63	-280.8	2779.83	-326.61
اراضی شالیزاری (Paddy Field)	684.99	-191.07	493.92	44.28	538.20	-30.7	507.50	-177.49
پیکره آبی (Water Body)	24.84	-8.73	16.11	5.22	21.33	-1.89	19.44	-5.4
مناطق مسکونی (Residential Area)	215.82	29.43	245.25	14.22	259.47	78.95	338.42	+122.6

بررسی تغییرات کاربری در جدول ۴ نشان می‌دهد که طی دوره ۲۲ ساله همه کاربری‌ها دستخوش تغییر و تبدیل شده‌اند. در حدود ۵ درصد (حدود ۲۸۳ هکتار) از جنگل پهن‌برگ از بین رفته و به دیگر کاربری‌ها تبدیل شده است و درحدود ۵۷ درصد (حدود ۱۲۲ هکتار) به سطح مناطق مسکونی حوضه افزوده شده است. مساحت باغ‌های مرکبات طی دوره اول (۱۳۸۸-۱۳۷۷) تا حدودی کاهش یافته، اما این روند کاهشی در دوره های بعدی معکوس شده است. در نهایت، در بازه پایانی دوره مورد مطالعه، حدود ۶۵۷ هکتار به سطح این اراضی، اضافه شده به‌عبارتی تقریبا سه برابر رشد (افزایش سطح ۲۸۱ درصدی) مشاهده می‌گردد (۲۸۱=۲۳۳÷ ۱۰۰×۶۵۷). به نظر می‌رسد در پی تغییر الگوی زندگی روستائیان، گرایش به سبک زندگی شهری و تمایل بیشتر به فعالیت باغداری به جای فعالیت زراعی (به‌ویژه زراعت برنج)، با توسعه فعالیت باغداری، مساحت باغ‌های مرکبات، افزایش یافته است. علاوه براین، جهت‌گیری و سیاستگذاری های کلان کشاورزی که خواسته یا ناخواسته، سبب افزایش هزینه‌های تولید برنج شده و تولید محصولاتی نظیر مرکبات را طی دوره مذکور (۱۳۹۸-۱۳۸۸) اقتصادی تر نموده است نیز در افزایش تمایل در بهره‌برداران به تغییر الگوی کشت، و تغییر کاربری اراضی از زراعت برنج به باغداری مرکبات موثر بوده است (جدول ۴ و تحلیل نمودارهای شکل ۵). سطح اراضی مخلوط زراعت و باغ در دوره اول افزایش داشته است. این افزایش سطح ناشی از تبدیل اراضی جنگلی و اراضی شالیزاری به اراضی مخلوط زراعت و باغ بوده درحالیکه در دوره دوم و سوم سطح این اراضی کاهش محسوسی را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه تهیه نقشه کاربری‌اراضی با استفاده از تکنیک‌ها و الگوریتم‌های متداول سنجش ازدور انجام شده است این تغییر مساحت در طی دوره‌های مورد مطالعه از چند منظر قابل توجیه است. نخست اینکه با توجه به ماهیت بازتاب طیفی نمونه‌های تعلیمی مورد استفاده در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و شباهت طیفی امواج الکترومغناطیسی بازتابیده از سطح باغ‌های مرکبات جوان با اراضی مخلوط زراعت و باغ، بخشی از اراضی مربوط به باغ‌های مرکبات جوان که تاج پوشش تنک دارند در الگوریتم‌های طبقه بندی، به‌خطا، به عنوان اراضی مخلوط زراعت و باغ، طبقه‌بندی می‌شوند. این افزایش برآورد به‌عنوان بخشی از خطای اجتناب ناپذیر طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای قابل توجیه است (شکل ۲ تصویر شماره ۲ و۳). علاوه براین، باغ‌های مرکبات جوان در سال‌های اول کاشت، عموما مورد استفاده زراعی نیز دارند، از این‌رو در الگوریتم‌های طبقه‌بندی، در گروه اراضی مخلوط زراعت و باغ قرار می‌گیرند. این اراضی طی دوره‌های بعد با توجه به افزایش تاج‌پوشش درختان مرکبات، در طبقه‌بندی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.27.3.0]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.27.26]

تصاویر ماهواره‌ای در کلاس باغ مرکبات طبقه‌بندی می‌گردند. لازم به توضیح است که علیرغم پیچیدگی فرآیند جداسازی این دو کلاس کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی رقومی تصاویر ماهواره‌ای، تفکیک این دو نوع کاربری با توجه به تفاوت تاج‌پوشش و شیوه مدیریت اراضی مخلوط زراعت و باغ و باغ‌های مرکبات و تاثیر آن در هیدرولوژی اراضی مورد مطالعه، امری منطقی و لازم بوده است.

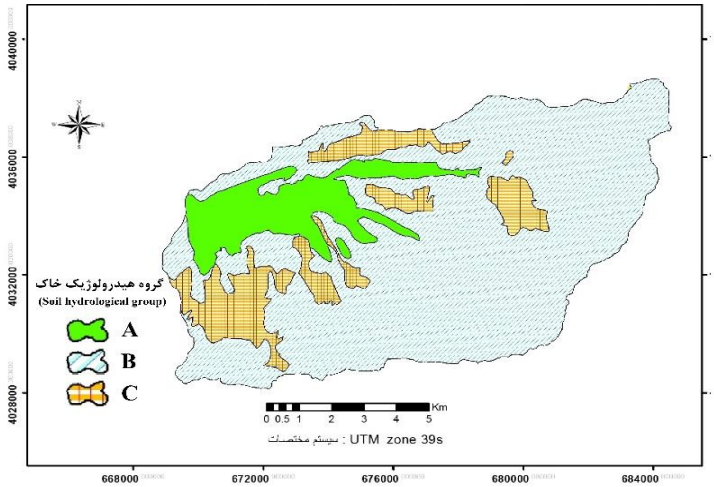


شکل ۵- نمودار تغییرات سطح کاربری اراضی در سه دوره زمانی (الف: افزایش و کاهش ب : تغییرات خالص)
Figure 5. Graph of Land use Change Area in Two Period (A: Gain and Loss B: Net Change)

در نمودارهای شکل ۵، افزایش و کاهش سطح هرکاربری و در نهایت تغییرات خالص، در هر سه دوره نشان داده شده است. این نمودارها نشان می‌دهد علیرغم اینکه تخریب اراضی جنگلی و تبدیل آن به سایر کاربری‌ها در دوره دوم کند شده است (کوچک شدن ستون F2 و F3 نسبت به ستون F1 در قسمت ب شکل ۵)، اما در مجموع روند تخریب و تبدیل این اراضی به سایر کاربری‌ها و کاهش مساحت آن، همچنان ادامه دارد. همچنین تغییر سطح مناطق مسکونی با روند افزایشی در دوره دوم و دوره سوم سرعت یافته است (بزرگ‌تر شدن ستون R2 و R3 نسبت به ستون R1 در قسمت ب شکل ۵). این تغییرات با توجه به نیاز مسکن برای جمعیت رو به‌رشد در دو دهه اخیر قابل توجیه است. اگرچه مشاهدات میدانی نشان می‌دهد ساخت و سازهای بی‌رویه شامل ویلا و تاسیسات صنایع کوچک نیز، سبب تشدید این روند گردیده است. بررسی روند تغییرات اراضی شالیزاری، مخلوط زراعت و باغ و باغ‌های مرکبات نشان دهنده آنست که طی بازه زمانی مورد مطالعه، بخش‌هائی از اراضی شالیزاری، تبدیل به باغ‌های مرکبات شده است. این تغییرات در قالب تبدیل اراضی شالیزاری به اراضی مخلوط زراعت و باغ و سپس تبدیل به باغ مرکبات نمود یافته است.

میزان و شدت رواناب به طور قابل توجهی تحت تأثیر عوامل ژئومورفولوژیکی، به‌ویژه تغییر کاربری زمین است (۳۲)، از این‌رو تغییر رفتار هیدرولوژیکی حوضه مورد مطالعه در نتیجه تغییرات کاربری، فارغ از اینکه طی این دوره ۲۲ ساله، موجب اثرات منفی یا مثبت شوند، قابل انتظار است. تغییر کاربری‌زمین سبب تغییر در ذخیره سطحی، تلفات اولیه بارش، ارتفاع رواناب و ... می‌گردد. به‌عبارتی تغییر کاربری اراضی یک حوضه بر میزان CN تأثیر می‌گذارد و وضعیت هیدرولوژیکی را تغییر می‌دهد از این‌رو برای ارزیابی شرایط هیدرولوزیکی یک حوضه با استفاده از روش SCS، تهیه نقشه شماره منحنی در هر یک از سال‌های مورد مطالعه ضروری است (۳۴). همچنین باید توجه داشت که گروه هیدرولوژیکی خاک، نوع کاربری‌اراضی، پوشش‌گیاهی، و وضعیت رطوبت اولیه خاک، از خصوصیات اصلی حوزه آبخیز، برای به دست آوردن شماره منحنی رواناب می‌باشند (۳). با توجه به تغییرات بطئی ویژگی‌های خاک، آب و هوا و ریخت شناسی و شرایط زمین حوضه، تفاوت در مقدار CN در سطح محلی را می‌توان عموما به تغییر در پاسخ هیدرولوژیکی حوضه آبخیز ناشی از کاربری‌زمین نسبت داد (۳۶،۳۲،۱۴). در این تحقیق با فرض تغییرات اندک و یا ثابت بودن سایر شرایط موثر بر مقادیر CN، در طی دوره ۲۲ ساله، با توجه به مشاهدات میدانی و الگوی مدیریت اراضی حوضه، با تلفیق نقشه کاربری اراضی و نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (شکل ۶) نقشه مقدار CN تهیه شده و تغییرات مقدار CN برای کاربری‌های مختلف برای هر چهار مقطع زمانی ۱۳۷۷، ۱۳۸۸، ۱۳۹۴، و ۱۳۹۸ براساس دستورالعمل استاندارد تعیین CN برای کاربری‌ها (۳۵) و مطابقت و مشابه‌سازی نوع کاربری‌ها، برآورده گردید (جدول ۵). شماره منحنی بالاتر بیانگر ذخیره سطحی و تلفات اولیه بارش کمتر بوده و نشان‌دهنده تولید رواناب بیشتر خواهد بود.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.27.3.0]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.27.26]



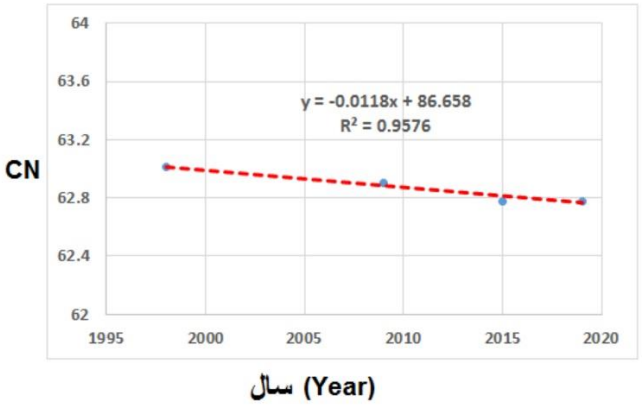
شکل ۶- گروه‌های هیدرولوژیک خاک آبخیز سیاهرود
Figure 6- Soil hydrological groups of Siahroud watershed

جدول ۵- درصد انواع کاربری اراضی، شماره منحنی هر کاربری و شماره منحنی متوسط وزنی هر مقطع زمانی
Table 5. Percentage of land uses, CN of each land use and average weighted CN of watershed in each time period

کاربری اراضی (Landuse)	گروه هیدرولوزیکی خاک Soil hydrological) (group	مقدارCN	درصد مساحت هر کاربری به کل سطح حوزه The percentage of each Landuse compared to the watershed area			
			۱۳۷۷ (1998)	۱۳۸۸ (2009)	۱۳۹۴ (2015)	۱۳۹۸ (2019)
جنگل پهن برگ (Deciduouse Forest)	A	45	0.34	0.31	0.38	0.29
	B	55	53.95	53.78	53.55	53.49
	C	68	1.41	1.07	0.83	0.98
باغ مرکبات (Citrus Orchard)	A	52	0.19	0.24	0.61	1.32
	B	66	0.62	0.55	2.97	4.18
	C	78	0.37	0.44	2.97	3.40
مخلوط زراعت و باغ Cultivation-Orchard) (Complex	A	58	5.44	6.29	5.82	4.79
	B	72	17.03	18.28	15.60	14.49
	C	80	10.38	11.48	9.26	8.44
اراضی شالیزاری (Paddy Field)	A	70	4.86	3.84	3.70	3.75
	B	78	2.29	1.24	1.51	1.13
	C	85	0.96	0.17	0.16	0.18
پیکره آبی (Water Body)	A	95	0.12	0.15	0.14	0.15
	B	95	0.05	0.04	0.05	0.05
	C	98	0.00	0.00	0.00	0.00
مناطق مسکونی (Residential Area)	A	74	1.04	1.15	1.34	1.7
	B	80	۰0.59	0.62	0.85	1.21
	C	90	0.35	0.32	0.26	0.47
CN متوسط وزنی	–		63.01	62.90	62.78	62.75

مقدار CN در سطح حوضه، به ترتیب از کم به زیاد برای کاربری جنگل، باغ مرکبات، مخلوط زراعت و باغ، اراضی شالیزاری، مناطق مسکونی و آب‌بندان مطابق دستورالمل TR_55 (۳۵)، قابل ارزش‌گذاری می‌باشد. به‌عبارتی انتظار می‌رود در اراضی جنگلی با کمترین مقدار CN، شاهد تولید مقدار اندکی رواناب سطحی بوده و در مقابل در مناطق مسکونی و اراضی شالیزاری (در شرایط غرقابی) با بیشترین مقدار CN، حداکثر تولید رواناب سطحی در مقایسه با سایر کاربری‌ها را شاهد باشیم. اگرچه برخی مطالعات نشان می‌دهد اراضی شالیزاری در صورت مدیریت دقیق زراعی و جلوگیری از خروج آب، CNهای کوچک‌تری داشته و رواناب کمتری ایجاد می‌کند اما بطورکلی مقدار CN در اراضی شالیزاری در شرایط رطوبتی متوسط بین ۸۲ تا ۹۲ در نوسان است (۱۰). همچنین با توجه به افزایش سطح باغ‌های مرکبات که عمدتا از تبدیل اراضی شالیزاری ایجاد شده است و تفاوت آشکار در شرایط هیدرولوژی، نفوذپذیری خاک، مدیریت زراعی این دو کاربری و مقدار CN ذکر شده برای این کاربری‌ها در منابع علمی (۳۵)، انتظار می‌رود با توجه به مقدار CN کوچک‌تر باغ‌های مرکبات، ذخیره سطحی و تلفات اولیه بارش در این کاربری اراضی، بیشتر بوده و تولید رواناب سطحی در اراضی شالیزاری تبدیل شده به باغ مرکبات، کاهش یابد. از سوی دیگر، با گسترش مناطق مسکونی و کاهش مساحت جنگل پهن‌برگ، نسبت مساحت مناطق نفوذناپذیر یا کم نفوذپذیر، بیشتر شده و تولید رواناب به واسطه کاهش ذخیره سطحی و تلفات اولیه بارش، تشدید می‌گردد. مقادیر جدول ۵ نشان می‌دهد که طی این دوره ۲۲ساله، علیرغم همه تغییرات کاربری اراضی، متوسط وزنی CN از ۶۳/۰۱ به ۶۲/۷۵ کاهش یافته است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.27.3.0]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.27.26]



شکل ۷- نمودار روند تغییرات شماره منحنی
Figure 7. Graph of changes in curve number

نمودار تغییرات شماره منحنی از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۸ (شکل ۷) نشان می‌دهد این روند کاهشی است (ضریب منفی عامل x). با توجه به معادله رگرسیونی شماره منحنی، می‌توان با فرض ثابت ماندن روند تغییرات و ثابت بودن سایر عوامل (۳۴)، مقدار شماره منحنی را برای سال ۱۴۰۹ برآورد نمود. نگهداشت سطحی و ارتفاع رواناب بر اساس متوسط بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته طی دوره آماری ۱۳۷۷-۱۳۹۸ (معادل ۵۹/۸ میلی‌متر)، برای سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۸، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ برآورد گردیده و با فرض ثابت ماندن این روند تغییرات، مقادیر نگهداشت سطحی و ارتفاع رواناب، برای سال ۱۴۰۹ پیش‌بینی گردید (جدول۶).

جدول ۶- برآورد نگهداشت سطحی و ارتفاع رواناب برای سال‌های مورد مطالعه و پیش‌بینی با فرض ثابت ماندن روند تغییرات
Table 6. Estimation of maximum retention storage and runoff depth for the studied years and future forecast, assuming that the trend of changes remains constant

سال (Year) / عامل (Factor)	(1998)۱۳۷۷	(2009)۱۳۸۸	(2015)۱۳۹۴	(2019)۱۳۹۸	(2030)۱۴۰۹
متوسط وزنی CN	63.01	62.90	62.78	62.75	62.50[a]
S نگهداشت سطحی (میلی‌متر) Maximum retention storage (mm)	148.53	149.81	150.58	150.78	152.40[b]
Q ارتفاع رواناب (میلی‌متر) Runoff depth (mm)	5.07	4.96	4.89	4.87	4.73[c]

a: مقادیر CN بر اساس معادله روند تغییرات کاربری اراضی (Y=-0.0173X+86.88) و با فرض ثابت بودن سایر شرایط برآورد گردیده است
b: مقادیر S بر اساس تغییرات CN و با فرض ثابت بودن سایر شرایط برآورد گردیده است
c: مقادیر Q با توجه به تغییرات برآورد شده S و بر اساس بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته ۵۹/۸ میلی‌متر که معادل متوسط بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته طی دوره آماری ۱۳۷۷-۱۳۹۴ است (جدول ۱) برآورد گردیده است
a: CN values have been estimated based on the equation of the trend of land use changes (Y=-0.0173X+86.88) and assuming that other conditions are constant.
b: The values of S are estimated based on CN changes and assuming that other conditions are constant.
c: The values of Q have been estimated according to the estimated changes of S and based on the maximum 24-hour rainfall of 59.8 mm, which is equivalent to the average maximum 24-hour rainfall during the statistical period of 1998-2015 (Table 1).

مقادیر مندرج در جدول۶ نشان می‌دهد علیرغم کاهش سطح اراضی جنگلی و افزایش سطح مناطق مسکونی و باغ‌های مرکبات، در مجموع، اثر تغییر کاربری‌اراضی در تولید رواناب حوضه، تعدیل شده و تغییرات کاربری در جهت کاهش تولید رواناب نقش آفرینی نموده است و ارتفاع رواناب از ۴/۸۳ میلی‌متر در سال ۱۳۷۷ به ۴/۷۳ میلیمتر در سال ۱۳۹۸، کاهش یافته است). این نتایج با نتیجه مرادی و میکائیلی (۱۳۹۹) که ارتباط بین تغییر کاربری و تولید رواناب را در حوزه گرگانرود بررسی کرده اند تفاوت دارد. در آن تحقیق افزایش میزان رواناب بر اثر تغییر کاربری اکوسیستم جنگلی به کاربری کشاورزی بوده است. به نظر می‌رسد از آنجائیکه تغییر کاربری در حوضه سیاهرود بیشتر معطوف به توسعه باغ‌های مرکبات بوده، و با توجه به ویژگی‌های باغ‌های مرکبات و تاج پوشش انبوه، جذب بصورت برگاب افزایش داشته و رواناب کمتر تولید می‌گردد. همچنین باید به این نکته توجه داشت که تفاوت CN در سطح ملی، منطقه‌ای و محلی، بیانگر آنست که تغییرات CN در سطح محلی، بیشتر به کاربری اراضی نسبت داده می‌شود، زیرا سایر عوامل موثر نظیر خاک، وضعیت حوضه و تراکم، و ... را می توان ثابت درنظر گرفت.

در برخی منابع برای پیکره‌های آبی مقدار CN را صفر در نظر گرفته شده است (۵)، در حالیکه در جدول‌های ضمیمه دستورالعمل فنی محاسبه شماره منحنی برای پیکره‌های آبی و اراضی با شرایط مشابه، نظیر اراضی غرقابی، مقدار شماره منحنی برای همه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، مقدار۱۰۰ ذکر شده است (جدول ۳ از ضمیمه 4B، منبع ۳۵). همچنین در برخی منابع برای اراضی شالیزاری یا برنجکاری که در شرایط غرقابی، ویژگی‌های هیدرولوژیکی مشابه پیکره‌های آبی دارند، مقدار CN در شرایط رطوبتی متوسط، در حدود۸۰ در نظر گرفته شده است (۲۹،۱۹). اگرچه این تفاوت را باید در

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.27.3.0]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.27.26]

ماهیت عملکرد هیدرولوژیکی این نوع کاربری در نقاط مختلف جستجو کرد. همچنین به نظر می‌رسد در تعیین مقدار CN برای اراضی شالیزاری، باید شیوه‌های مدیریت آبیاری غرقابی در این اراضی، وضعیت زهکشی و ورود و خروج آب اضافی از کرت‌های شالیزار، مورد توجه قرار گیرد. از این منظر در برخی منابع پیشنهادهائی در رابطه با اصلاح و بهبود روشهای استفاده از مقادیر CN مربوط به اراضی شالیزاری، جهت برآورد رواناب سطحی ارائه شده‌است. کسر نمودن مقدار متوسط نفوذ عمقی روزانه از آب غرقابی (۲۲)، استفاده از عمق غرقابی به‌جای رطوبت اولیه خاک در محاسبه شماره منحنی (۱۹)، تجدیدنظر در محاسبه اثر آبیاری اراضی شالیزاری و تبخیر، در افزایش و کاهش عمق غرقابی (۴۰)، از جمله راهکارهای پیشنهادی برای محاسبه دقیق‌تر شماره منحنی در اراضی شالیزاری است.

در این تحقیق برای انجام دقیق آشکارسازی تغییرات، علاوه بر تصحیح هندسی، رادیومتری و اتمسفری تصاویر و اجرای روش‌های مناسب پردازش و طبقه‌بندی تصاویر، از دانش کارشناسی در تصحیحات پساطبقه‌بندی استفاده شد. ارزیابی نتایج حاصل از این شیوه‌ها با واقعیت زمینی، بیانگر قابلیت مناسب این روش‌ها در اخذ نتایج مطلوب است که با نتایج علم و همکاران (۳)، چادهوری و همکاران (۹)، لیو و همکاران (۲۳)، ویانا و همکاران (۳۷) مطابقت دارد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که کاربری اراضی تأثیر قابل توجهی بر تغییر شرایط هیدرولوژیکی هر حوضه داشته و تغییرات کاربری اراضی با ایجاد تغییراتی در میزان نفوذپذیری خاک و تغییر در شماره منحنی حوضه، موجب ایجاد تغییراتی در پاسخ هیدرولوژیکی حوضه می‌شود که با نتایج سایر محققان مانند محمودی و همکاران (۲۴)، سانیال و همکاران (۳۰)، ساتیشکومار و همکاران (۳۱)، طالبی و همکاران (۳۴)، تکلیب و آلبرا (۳۶)، همخوانی دارد.

تشکر و قدردانی

نتایج حاصل از این پژوهش با حمایت‌های مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران حاصل شده است از این‌رو نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا از این مرکز قدردانی نمایند.

منابع

1. Ahmadi Ilkhchi, A., M. Hajabbassi and A. Jalalian. 2003. Effects of Converting Range to Dry-farming Land on Runoff and Soil Loss and Quality in Dorahan, Chaharmahal & Bakhtiari Province. Journal of Water and Soil Science (JWSS), 6(4): 103-115 (In Persian).
2. Al Amin, M., B.S. Rashford and C.T. Bastian. 2013. Agricultural Land-Use in a Changing Climate: Implications for Waterfowl Habitat in Prairie Canada. Western Agricultural Economics Association Annual Meeting, Monterey, CA, June 26-28.
3. Alam, A., M.S. Bhat and M. Maheen. 2020. Using Landsat satellite data for assessing the land use and land cover change in Kashmir valley. GeoJournal, 85: 1529-1543. https://doi.org/10.1007/s10708-019-10037-x.
4. Aliani, H., M. Malmir, M. Sourodi and S. Babaie Kafaky. 2019. Change detection and prediction of urban land use changes by CA–Markov model (case study: Talesh County). Environmental Earth Sciences, 78:546. https://doi.org/10.1007/s12665-019-8557-9.
5. Anjana S.R. and A. Jinu. 2019. Estimation of surface runoff using curve number method- a geospatial approach. International Research Journal of Engineering and Technology, 6(9): 1151-1157.
6. Arekhi, S. 2015. Detecting Land cover/Land use Changesby Object-oriented Processing of Satellite Images using IdrisiSelva Software (Case study: Abdanan Region). The Journal of Geographical Data (SEPEHR) 24(95): 61-62. (In Persian).
7. Azamirad, M., B. ghahreman and K. Esmaili. 2018. Investigation Flooding Potential in the Kashafrud watershed, Mashhad. The Method SCS and GIS. Journal of Watershed Management Research, 9(17): 26-38 (In Persian).
8. Babur, M., S. Shrestha, B. Bhatta, A. Datta and H. Ullah. 2020. Integrated assessment of extreme climate and landuse change impact on sediment yield in a mountainous transboundary watershed of India and Pakistan. Journal of Mountain Science, 17: 624-640. https://doi.org/10.1007/s11629-019-5547-z
9. Chaudhary, B.S. and S. Kumar. 2017. Use of RS and GIS for Land Use/Land Cover mapping of K-J Watershed, India. International Journal of Advances in Remote Sensing and GIS, 5(1): 85-92.
10. Choi, D., P. Park, Y.J. Kim, J.W. Jung, W.J. Choi, Y.G. Her and K.S. Yoon. 2019. Curve Numbers for Rice Paddies with Different Water Management Practices in Korea. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 145 (5 https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001382.
11. Gajbhiye, M., S. Sharma and K. Tignath. 2017. Application of remote sensing and geographical information system for generation of runoff curve number. Applied Water Science, 7: 1773-1779.
12. Ghohroudi Tali, M. 2006. Assessment of SCS-CN Model in Runoff Estimation Case Study: Amir-Kabir (Karaj) Dam Watershed. Geography and Development Iranian Journal, 4(7): 185-198 (In Persian). https://doi.org/10.22111/gdij.2006.3808.
13. Gholami, V., M. Bashirgonbad, M. Azodi and E. Jokar Sarhangi. 2010. The Influence of Land use Changes on Intensifying Runoff Generation and Flood Hazard in Kasilian Watershed. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 3(9): 55-57 (In Persian).
14. Gomi, T., R.C. Sidle, M. Ueno, S. Miyata and K. Kosugi. 2008. Characteristics of overland flow generation on steep forested hillslopes of central Japan. Journal of Hydrology, 361: 275-290.
15. Hematzadeh, Y., H. Barani and A. Kabir. 2009. The role of vegetation management on surface runoff, Case study: Kechik catchment in north-east of Golestan Province. Journal of Water & Soil Conservation, 16(2): 19-33 (In Persian).
16. Hamad, R., H. Balzter and K. Kolo. 2018. Predicting Land Use/Land Cover Changes Using a CA-Markov Model under Two Different Scenarios. Sustainability, 10(10): 3421. https://doi.org/10.3390/su10103421.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.27.3.0]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.27.26]

17. Hoseinzadeh, M.M. 2012. Estimated height and peak runoff rate in stream erosion in Kojoor region Nowshahr – North Alborz. Environmental Erosion Research, 2(3):1-15 (In Persian).
18. Hoseinzadeh, M.M. and S. Imeni. 2018. Determining Curve Number and Estimating Runoff Yield in Hesarak Catchment. Researches in Geographical Sciences, 18(51): 133-150 (In Persian).
19. Im, S.J., S.W. Park and T.I. Jang. 2007: Application of SCS curve number method for irrigated paddy field. KSCE Journal of Civil Engineering, 11: 51-56. https://doi:10.1007/BF02823372.
20. Islam, K., M. Jashimuddin, B. Nath and T.K. Nath. 2018. Land use classification and change detection by using multi-temporal remotely sensed imagery (The case of Chunati wildlife sanctuar). The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 21: 37-47.
21. Jabale, A., A. Najafinejad, M. Hosseinalizadeh, A. Mohammadian Behbahani and A. Golkarian. 2018. The role of Vegetation in Production Runoff and Sediment in Loess Deposits, Gorgan. Journal of Watershed Management Research, 9(17): 182-192 (In Persian).
22. Kang, M.S., S.W. Park, J.J. Lee and KH. Yoo. 2006: Applying SWAT for TMDL programs to a small watershed containing rice paddy fields. Agriculture. Water Management, 79: 72-92.https://doi:10.1016/j.agwat.2005.02.015.
23. 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.
24. Mahmoodi, M., M. Honarmand, F. Naseri and S. Mohammadi. 2020. The Effect of Land Use Changes on the Flood Hydrograph in the Kashaf-Rood River by Analyzing of SCS-CN Results. Water and Soil, 34(1):43-54. https://doi: 10.22067/jsw.v34i2.84342.
25. Moradi Z. and A.R. Mikaeili-Tabrizi. 2020. Relationship between Land Use Change and Water Yield in Gorgan-rood Watershed, Journal of Watershed Management Research, 11(21): 269-280 (In Persian).
26. Omidvar, K., M. Narangifard and H. Abbasi. 2015. Detecting the Changes of land uses and vegetation cover using remote sensing in Yasooj city. Geography and Territorial Spatial Arrangement, 5(16): 111-126 (In Persian).
27. Rahmani, N., K. Shahedi, K. Soleimani and M. Miryaghoubzadeh. 2016. Evaluation of the Land use Change Impact on Hydrologic Characteristics (Case Study: Kasilian Watershed). Journal of Watershed Management Research, 7(13): 23-32 (In Persian).
28. Roy, A. and A.B. Inamdar. 2019. Multi-temporal Land Use Land Cover (LULC) change analysisof a dry semi-arid river basin in western India following a robust multi-sensor satellite image calibration strategy. Heliyon 5 (2019) e01478. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01478.
29. Sakaguchi, A., S. Eguchi Kato, T. Kasuya, M. Ono, K.A. Miyata and N. Tase. 2014. Development and evaluation of a paddy module for improving hydrological simulation in SWAT. Agriculture. Water Management, 137: 116-122. https://doi:10.1016/j.agwat.2014.01.009.
30. Sanyal, J., A.L. Densmore and P. Carbonneau. 2014. Analysing the effect of land-use/cover changes at subcatchment levels on downstream flood peaks: A semi-distributed modelling approach with sparse data. CATENA, 118: 28-40.
31. Satheeshkumar, S., S. Venkateswaran and R. Kannan. 2017. Rainfall–runoff estimation using SCS–CN and GIS approach in the Pappiredipatti watershed of the Vaniyar sub basin, South India, Modeling Earth Systems and Environment, 3(24): 1- 8.
32. Shanani Hoveyzeh, S.M., H. Zarei and H. Ramezani. 2017. The effect of land-use changes on flood hydrograph (case study: abolabbas basin). Irrigation Sciences and Engineering (JISE) (Scientific Journal of Agriculture), 40(1): 219-229 (In Persian).
33. Singh, A. 1989. Digital Change Detection Techniques Using Remotely Sensed Data. Internationa Journal of Remote Sensing, 10: 989-1003.
34. Talebi, A., M. Shahrivar, H. Malekinezhad, S. Poormohamadi and Z. Hosseini. 2019. Investigation of the Effects of Land Use Change on Flooding and Sedimentation in Honifaqan Watershed. Journal of Watershed Management Research, 10(20): 25-37 (In Persian).
35. Technical Release 55 (TR-55), US Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, Conservation Engineering Division, 210-VI-TR-55, Second Ed., June 1986, United States. 164 p.
36. Tekleab, S. and K. Albera. 2019. Hydrologic responses to land use/land cover changein the Kesem Watershed, Awash basin, Ethiopia. Journal Spatial Hydrology, 15(1): 1-32.
37. Viana, C.M., S. Oliveira., S.C. Oliveira and J. Rocha. 2019. Land use/land cover change detection and urban sprawl analysis. Spatial modeling in GIS and R for earth and environmental sciences, 2019: 621-651. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815226-3.00029-6
38. Wehmeyer L.L. and F.H. Weirich. 2010. Effect of Historic Land Cover Change on Runoff Curve Number Estimation in Iowa. Journal of Hydrologic Engineering 15(9): 692-695. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000234.
39. Zhang, L., J. Wang, Z. Bai and C. Lv. 2015. Effects of vegetation on runoff and soil erosion on reclaimed land in an opencast coal-mine dump in a loess area. CATENA, 128: 44-53. https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.01.016.
40. Xie, X. and Y. Cui. 2011. Development and test of SWAT for modeling hydrological processes in irrigation districts with paddy rice. Journal of Hydrology, 396: 61-71. https://doi:10.1016/j. jhydrol.2010.10.032.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.27.3.0]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.27.26]

Investigation of Land use Changes and Its Role in the Hydrology of the Upstream Areas of Siahroud Watershed

Behnoush Jafari Gorzin[1], Ataolah Kavyan[2] and Karim Soleimani[2]

1- Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran,
(Corresponding Author: b.jafari@areeo.ac.ir)
2- Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agriculture and Natural Resources, Sari, Iran
Received: 15 March, 2021 Accepted: 20 December, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Land use changes are one of the important factors in changing the hydrological status of the watershed and soil erosion, so the type of land use is one of the important and determining factors in the production of surface runoff. By knowing the process of land use changes, it is possible to manage the effects of land use changes in the hydrology of the affected areas and led the natural ecosystems towards balance. The following research was carried out with the aim of revealing land use changes using satellite data and analyzing its role in changing the hydrological situation.

Material and Methods: The study area is the upstream part of the Siahroud river basin located in the south of Qaemshahr city. In this research, to extract land use maps of different time periods, integrated pixel-based and object-oriented methods, unsupervised and supervised classification of TM sensor images of Landsat 5 satellite related to 1998 and 2009 and OLI sensor images of Landsat 8 satellite related to 2015 and 2019 were used. After preparing the land use maps for each time period, the CN values for each land use were determined based on the standard instructions of the SCS method and the weighted average CN was estimated for the entire study area. At the end, the amounts of runoff production and depth of runoff resulting from rainfall are calculated.

Results: The land use changes of the studied area in the period of 22 years showed that 281%, equivalent to 657 hectares, was added to the area of citrus orchards. About 5% of the area of deciduous forest has decreased and the area of residential areas has increased by 57%. Due to the changes in land use during this 22-year period, the weighted average value of CN has decreased from 63.01 to 62.73. Also, the estimation of the amount of runoff for rainfall equal to 59.8 mm (average maximum rainfall of 24 hours during the period of 22 years) showed that the depth of runoff has decreased from 4.83 mm in the 1988 situation to 4.73 mm in the condition of 2019.

Conclusion: Considering the changes in land use and its effect on watershed runoff production, it seems that these effects have been moderated and land use changes have played a role in reducing runoff production over a period of 22 years. Therefore, it is expected that with the continuation of this process of land use changes, the production of runoff in the upstream of the Siahroud River watershed will decrease.

Keywords: Change Detection, Curve Number, Landsat, Siahroud watershed

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1402.14.27.3.0]
[DOI: 10.61186/jwmr.14.27.26]