

Using remote sensing techniques to monitor changes in the use of protected lands and the Gheshlagh River bed and their impacts on flooding potential in the basin

N. Shayani * , H. Shafizadeh Moghadam, and M. Minaei

MSc Graduate of Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. shayani.nesa74@gmail.com

Associate Prof., (Remote Sensing & Geoinformatics) Dept. of Water Engineering and Management, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. h_shafizadeh@modares.ac.ir

Associate Prof., Department of Geography, Faculty of Letters and Humanities, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Geographic Information Science/System and Remote Sensing Laboratory (GISSRS: Lab), Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. m.minaei@um.ac.ir

Received: March 2024 and Accepted: February 2025

Abstract

River flow pattern is subject to constant changes as a result of changes caused by natural factors and human activities both in the catchment and along the river course. A sound knowledge of the phenomena involved and their impacts on flow conditions can obviously play effective roles in minimizing flood-associated casualties and in improving the exploitation and operation of the river as a resource. In the Gheshlaq basin, agricultural and orchard developments along the river banks over the past three decades have escalated the density of different land uses to increase pressure on this resource. To carry out a site investigation into the current status of the land uses along the river, satellite images obtained from Landsat-8 sensor OLI/TRIS and Landsat-5 sensor TM were used in the Google Earth Engine system with a spatial resolution of 30 meters. Subsequently, the random forest classification method was employed to derive land use maps for the years 1990, 2000, 2010, and 2020 and the changes in each period were detected and explored. The biggest changes were found to belong to the third period (i.e., 2010-2020) when residential development had increased by 23.3%, rainfed agriculture by 57%, and irrigated agriculture by 52.7% while pastures decreased by 16.9%. The river bed, boundaries, and transverse span of the river were also studied to detect land use changes to find increases in residential development and encroachments in the study periods: indeed, 154.1% of the bed of the Gheshlagh river was found to have been encroached in the period 1990-2000, 60% in the period 2010-2000, and 31.3% in the period 2010-2020. Evidently, these increases warrant necessary measures to clear the occupied sites for reclamation. Another aspect of the study involved the determination of peak discharges in the river basin throughout the study years using the HEC-HMS software based on rainfall intensities with different return periods in the study sub-basins along with CN values extracted from the combined land use maps and soil hydrological group maps. The results showed that peak flood discharge increased over time such that the greatest change in peak discharge belonged to the third period (2010-2020). This drastic increase in peak flood discharge was attributed to the declining pasture use and the increasing agricultural and residential land uses that, in turn, increased runoff potential and, thereby, CN values.

Keywords: Land use changes, Flood, Remote sensing technique, HEC-HMS hydrological model, Gheshlagh basin

* - Corresponding author's email: shayani.nesa74@gmail.com
<https://doi.org/10.22092/lmj.2025.365031.350>

پایش تغییرات کاربری اراضی حریم و بستر رودخانه قشلاق با استفاده از تکنیک‌های

سنجش از دور و تأثیر آن بر روی سیلاب

نساء شایانی*  ، حسین شفیع‌زاده مقدم و مسعود مینائی

کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. shayani.nesa74@gmail.com

دانشیار گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. h_shafizadeh@modares.ac.ir

دانشیار گروه آموزشی جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، آزمایشگاه علم/سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش

از دور (GISSRS: Lab) دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. m.minaei@um.ac.ir

دریافت: اسفند ۱۴۰۲ و پذیرش: اسفند ۱۴۰۳

چکیده

به دلیل تغییر و تحولات ناشی از عوامل طبیعی و انسان‌ساخت که در حوضه آبریز و در طول مسیر رودخانه ایجاد می‌شود، الگوی جریان دائماً دست‌خوش تغییر می‌گردد. بدیهی است شناخت پدیده‌ها و آثار ناشی از تغییرات آن‌ها بر شرایط جریان، می‌تواند نقش مؤثری در به حداقل رساندن خسارات و مشکلات ناشی از سیل و نیز بهره‌برداری بهینه از رودخانه ایفا نماید. در حوضه قشلاق توسعه اراضی زراعی و باغی در اراضی حاشیه رودخانه در سه دهه گذشته سبب افزایش تراکم کاربری‌ها در اطراف رودخانه و فشار بیشتر بر این منبع آبی شده است. بدین منظور در تحقیق حاضر ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنجنده OLI/TRIS و لندست ۵ سنجنده TM در سامانه گوگل ارث انجین با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و روش طبقه‌بندی جنگل تصادفی، کاربری اراضی برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ تهیه شده و تغییرات ایجاد شده در هر دوره مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین تغییرات مربوط به دوره سوم یعنی سال ۲۰۲۰-۲۰۱۰ است که کاربری مسکونی ۲۳/۳ درصد، زراعت دیم ۵۷ درصد، و زراعت آبی ۵۲/۷ درصد افزایش یافته است؛ درحالی‌که مراتع ۱۶/۹ درصد کاهش یافته است. تغییرات کاربری اراضی همچنین در بستر، حریم و گستره عرضی رودخانه مورد بررسی قرار گرفتند که نتایج نشان‌دهنده افزایش مساحت مناطق مسکونی و گسترش تصرفات در دوره‌های مختلف به میزان ۱۵۴/۱ درصد در دوره ۲۰۰۰-۱۹۹۰، ۶۰ درصد در دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۰ و ۳۱/۳ درصد در دوره ۲۰۲۰-۲۰۱۰ در بستر رودخانه قشلاق بوده است که در این خصوص باید اقدامات لازم جهت رفع تصرفات و بازگشایی صورت گیرد. سپس با توجه به شدت بارندگی در زمان تمرکز زیر حوضه‌های مطالعاتی و دوره بازگشت‌های مختلف و همچنین مقادیر CN که از تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی استخراج شده و نقشه‌های گروه هیدرولوژیک خاک، تولید شده و دبی پیک حوضه در سال‌های مطالعاتی در محیط نرم‌افزار HEC-HMS تعیین گردیدند. نتایج نشان می‌دهد که دبی پیک سیلاب در طی زمان روند افزایشی داشته است. بیشترین تغییرات درصد دبی پیک مربوط به دوره سوم (۲۰۲۰-۲۰۱۰) است که به دلیل کاهش کاربری مرتع و افزایش کاربری‌های زراعت و مسکونی، پتانسیل تولید رواناب و در نهایت CN افزایش یافته و این موضوع سبب افزایش دبی پیک حوضه شده است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات کاربری اراضی، سیلاب، تکنیک سنجش از دور، مدل هیدرولوژیک HEC-HMS و حوضه قشلاق

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: shayani.nesa74@gmail.com

مقدمه

در سال‌های اخیر تصرف روزافزون بستر و حریم رودخانه‌ها و تغییر کاربری آن‌ها نه تنها تهدیدی برای دسترسی به آب سالم محسوب می‌شود، بلکه باعث شده است که با وجود تداوم دوره‌های خشکسالی، به دلیل کاهش عرض بستر رودخانه و به هم خوردن رژیم طبیعی رودخانه‌ها، مخاطرات سیل افزایش یافته و در نتیجه خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و غیره را به دنبال داشته باشد. مدیریت یکپارچه و پایدار منابع آب بدون شناخت و تحلیل واکنش مؤلفه‌های هیدرولوژی دخالت‌های انسانی از جمله تغییر کاربری اراضی بستر و حریم رودخانه‌ها میسر نیست.

سرعت تغییر اکوسیستم‌ها در سال‌های اخیر، چنان شتاب‌زده بوده است که امکان سازگاری موجودات زنده با تغییرات محیطی به سختی انجام می‌شود و بی‌توجهی به تغییرات کاربری اراضی و بهره‌برداری از منابع طبیعی به علت برهم‌زدن تعادل زیستی، یکی از عوامل مؤثر در افزایش پهنه‌های سیلابی بوده است (Mes et al., 2004). بنابراین ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات سیل، از اهمیت به‌سزایی در پیش‌بینی پتانسیل و کاهش خطر سیل برخوردار است. تحقیقاتی که در ارتباط با تأثیر تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر روی خصوصیات هیدرولوژیک حوضه رودخانه‌ها صورت گرفته است، تأثیر آشکار آن‌ها را در تغییر میزان رواناب و جریان رودخانه‌ها اثبات کرده است. در این بخش به چند نمونه از مطالعاتی که در این زمینه انجام شده اشاره می‌شود.

Saghafian et al. (2006) با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS تأثیر تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی را بر دبی اوج و حجم سیلاب حوضه سد گلستان بررسی کردند. نتایج نشان داد که با تغییر کاربری اراضی در اثر تخریب مراتع و جنگل‌های حوضه و گسترش اراضی زراعی از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۵ دبی اوج و حجم سیل حوضه آبریز سد گلستان افزایش یافته است. (Ghafari et al. (2009 تأثیر

تغییر کاربری اراضی را بر هیدرولوژی حوضه زنجان رود طی ۴۰ سال شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان داد تغییرات کاربری تأثیرات قابل توجهی بر جریان رودخانه‌ای حوضه داشته است. به‌طوری‌که به علت تغییرات کاربری اراضی، مقدار رواناب سطحی در حدود ۳۳ درصد افزایش یافت. Yamani & Mehrjoonezhad. (2012) در پژوهش خود تغییر مؤلفه‌های هیدرولوژیکی حوضه آبریز کردان را در اثر تغییرات کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۰ بررسی کردند. ایشان با استفاده از تصاویر لندست و طبقه‌بندی نظارت‌شده کاربری اراضی را استخراج کردند و برای شبیه‌سازی بارش-رواناب از مدل HEC-HMS و روش SCS-CN استفاده کردند. تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که به علت تغییرات کاربری در منطقه مطالعاتی، ضریب رواناب از ۷۱٫۴ درصد در سال ۱۳۶۶ به ۷۳٫۷ درصد در سال ۱۳۷۹ و ۷۷٫۹ درصد سال ۱۳۸۸ افزایش یافته است. Shirawand. (2013) در پژوهشی به بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر روی نوسانات آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی در دشت نجف‌آباد اصفهان پرداخت. مطالعات نشان داد که در سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲ افزایش کاربری‌های مناطق مسکونی، مراتع تخریب یافته، کاهش اراضی کشاورزی و درختان دست کاشت سبب افزایش شماره منحنی و به دنبال آن کاهش تلفات کل و افزایش رواناب شد. در مطالعه‌ای (Howeyze et al. (2017 با استفاده از مدل HEC-HMS تغییر هیدروگراف سیل حوضه ابوالعباس در استان خوزستان را در یک دوره ۱۹ ساله بررسی کردند. آن‌ها ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره-ای و الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، کاربری اراضی را استخراج کردند و با روش شماره منحنی، مدل‌سازی را انجام دادند. نتایج نشان داد که در نتیجه تغییر کاربری اراضی میزان دبی اوج و حجم سیل حوضه به ترتیب ۵/۵ و ۵/۱ درصد افزایش یافته است. (Bolwasi et al. (2020 با استفاده از مدل HEC-HMS تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوضه آبریز دوآب را ارزیابی کردند. ارزیابی نقشه‌های کاربری اراضی، بیانگر کاهش مساحت

مواد و روش‌ها

در این قسمت ابتدا مشخصات کلی منطقه مطالعاتی حوضه آبریز قشلاق ارائه می‌شود و سپس داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز تحقیق و نحوه جمع‌آوری آن‌ها مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

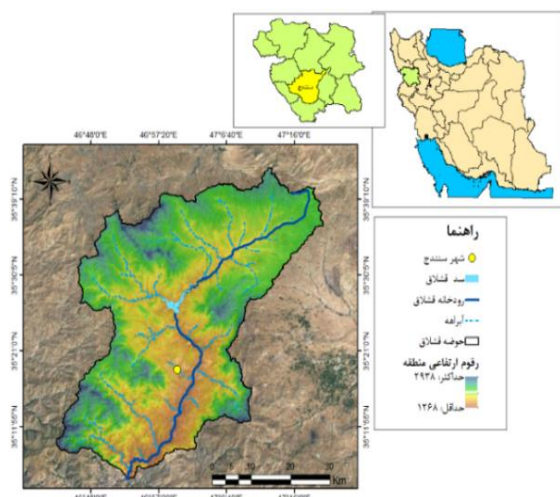
منطقه مورد مطالعه

حوضه قشلاق در مختصات جغرافیایی بین $33^{\circ} 49' 46''$ تا $48^{\circ} 19' 47''$ طول شرقی و $34^{\circ} 51' 34''$ تا $35^{\circ} 40' 35''$ عرض شمالی در قسمت مرکزی استان کردستان واقع شده است. این حوضه از نظر تقسیم‌بندی هیدرولوژیکی بخشی از حوضه آبریز سیروان با مساحت 204 هزار هکتار است و شهر سنندج تقریباً در بخش جنوبی آن واقع شده است. سد مخزنی قشلاق بر روی رودخانه قشلاق قرار داشته و بخشی از آب رودخانه را برای مصارف شهری و کشاورزی کنترل می‌نماید. سرچشمه شاخه‌های اصلی رودخانه این حوضه در نواحی کوهستانی و برف‌گیر قرار دارد و به همین دلیل از پشتوانه تغذیه‌ای خوبی برخوردار است. طول آبراهه اصلی حوضه مورد مطالعه $98/2$ کیلومتر است. نقشه (۱) منطقه مطالعاتی را نمایش می‌دهد.

اراضی جنگل و مراتع به میزان ۷/۳۹ و ۳/۶۸ درصد کل مساحت حوضه و اراضی زراعی دیم، آبی و مناطق مسکونی به ترتیب معادل ۷/۶۰، ۲/۵۹ و ۰/۸۹ درصد افزایش داشته- اند. همچنین شماره منحنی (CN) به طور میانگین از ۶۴/۶۰ به ۷۶/۸۰ افزایش یافته است. نتایج به دست آمده از این مقایسه نشان داد که اوج رواناب به طور میانگین ۱۵/۴۶ و حجم رواناب حدود ۱۹/۷۴ درصد افزایش یافته است.

با توجه به مرور تحقیقات صورت گرفته مشخص می‌شود که رواناب و دبی پیک حوضه تحت تأثیر تغییرات کاربری اراضی از جمله گسترش مناطق مسکونی و کشاورزی و تخریب منابع طبیعی گسترش می‌یابد.

توسعه اراضی زراعی و باغی در اراضی حاشیه رودخانه مورد مطالعه از مواردی است که در سه دهه گذشته گسترش زیادی داشته و باعث افزایش تراکم کاربری‌ها در اطراف رودخانه مورد مطالعه و فشار بیشتر بر این منبع آبی شده است. این وضعیت به گونه‌ای بوده است که حتی دامنه‌های مشرف بر رودخانه نیز از این وضعیت در امان نمانده و هر کجا که امکان زراعت و یا کاشت نهال بوده، تغییر کاربری داده‌اند. بدین ترتیب چنین مواردی موجب تعرض به بستر رودخانه گردیده و علی‌رغم ایجاد تغییرات مورفولوژی در آن، سبب افزایش خطرات جانی و مالی ناشی از سیلاب در منطقه مطالعاتی می‌شود. با توجه به اینکه رودخانه قشلاق از کنار شهر سنجع عبور می‌کند برای استقرار کاربری‌ها و جلوگیری از خطرات احتمالی، پژوهش حاضر می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مربوط به مدیریت رودخانه و کاربری اراضی مورد استفاده قرار گیرد. از این رو هدف از این پژوهش بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضه قشلاق و تصرفات بستر و حریم رودخانه در یک بازه ۳۰ ساله (۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰) در هشت کلاس پهنه آبی، مسکونی، بایر، باغ، زراعت دیم، زراعت آبی، مرتع و درختچه‌زار با استفاده از روش سین-مبنا در پلتفرم گوگل ارث انجین است که باعث افزایش بسیار زیاد دقت طبقه‌بندی کاربری اراضی می‌شود.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی

Figure 1-The Geographical location of the study area

پایش تغییرات کاربری اراضی

نمونه‌های آموزشی^۲

به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی در دوره‌های مورد نظر از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ با تصاویری متشکل از شش باند طیفی با وضوح مکانی ۳۰ متر برای باندهای یک تا پنج و هفت، یک باند حرارتی (باند ۶) ایجاد می‌کند و لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۲۰ که تصاویری با نه باند طول موج کوتاه طیفی و دو باند حرارتی با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متری (به جز باند ۸ که ۱۵ متری است) استخراج می‌کند، در سامانه گوگل ارث انجین^۱ استفاده شد.

حوضه قشلاق دربرگیرنده دو سین از تصاویر ماهواره‌ای لندست است که ردیف ۱۶۷ و گذر ۳۵، ۳۶ را شامل می‌شود. تمامی مراحل نمونه‌گیری و طبقه‌بندی تصاویر برای هر سین، به صورت جداگانه اعمال شد زیرا عدم تطابق زمانی تصاویر هر سین با دیگر سین‌ها می‌تواند باعث ایجاد خطا در طبقه‌بندی شود. در نهایت خروجی طبقه‌بندی سین‌ها با هم موزائیک گردید. لازم به ذکر است که در مجموع ۳۳ تصویر برای سال ۱۹۹۰، ۳۸ تصویر برای سال ۲۰۰۰، ۲۹ تصویر برای سال ۲۰۱۰ و ۳۸ تصویر برای سال ۲۰۲۰ که دارای حداقل پوشش ابری بودند مورد استفاده قرار گرفت. پس از حذف پیکسل‌های ابری از این تصاویر، شاخص‌های مورد نیاز برای شناسایی و استخراج کاربری اراضی در هر سین محاسبه شد.

برای نمونه‌برداری جهت آموزش با استفاده از تصاویر گوگل ارث و شپ‌فایل‌های برگرفته از سازمان آب منطقه‌ای استان کردستان در مورد کلاس‌های مختلف در حوضه قشلاق واقع در شهرستان سنندج اطلاعات لازم به دست آمد. سپس با استفاده از سری زمانی شاخص‌های مختلف اقدام به نمونه‌برداری از کلاس‌ها شد. در هر سین با استفاده از تصاویر موجود در طول سال، بیشترین و میانگین به همراه سری زمانی شاخص‌ها محاسبه شده و به عنوان ورودی به الگوریتم جنگل تصادفی (با توجه به دقت بالای آن نسبت به روش‌های دیگر) با تعداد درخت ۵۰۰ افزوده می‌شود. علاوه بر استفاده از شاخص‌های $NDWI^3$ ، $NDVI^4$ و $MNDBI^5$ برای طبقه‌بندی کاربری اراضی، از باندهای مادون قرمز نزدیک یک و دو به همراه نقشه ارتفاع و شیب، جهت تفکیک بهتر عارضه‌ها و افزایش دقت استفاده شده است.

مطالعات فیزیوگرافی حوضه

با استفاده از نرم‌افزار الحاقی Hec-GeoHms در محیط ArcGis حوضه قشلاق به شش زیر حوضه کوچک-تر تبدیل شد. جدول ۲ مشخصات فیزیوگرافی زیرحوضه-های مطالعاتی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- تعداد نمونه‌های آموزشی و تست به تفکیک هر کلاس برای سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

Table 1- The number of training and test samples by each class for the years 1990 to 2020

2020		2010		2000		1990		کاربری
تست	آموزش	تست	آموزش	تست	آموزش	تست	آموزش	
50	123	27	67	22	57	29	73	آب
70	174	42	103	42	105	42	95	مسکونی
38	95	43	111	43	110	30	85	بایر
74	183	57	145	54	139	50	129	باغ
49	124	39	101	33	82	34	93	زراعت دیم
34	86	35	91	32	82	31	83	زراعت آبی
63	159	50	125	58	147	63	169	مرتع
36	90	30	75	28	71	25	66	درختچه زار
414	1034	323	818	312	793	304	793	جمع

4- Normalized Difference vegetation Index

5- Modified Normalized Difference bare-land Index

1- Google Earth Engine (GEE)

2 - Train points

3- Normalized Difference water Index

جدول ۲- مشخصات فیزیکی حوزه آبریز رودخانه مطالعاتی

Table 2- The Physical characteristics of the watershed of the study river

زیر حوضه	مساحت (km ²)	محیط (km)	طول آبراهه اصلی (km)	ارتفاع حداکثر (m)	ارتفاع حداقل (m)	ارتفاع متوسط (m)	شیب متوسط حوضه (%)
1	326.5	129.4	30.2	2583	1650	1975.8	14.8
2	361.3	152.8	31.5	2885	1557	1995.2	22.0
3	268.4	113.1	30.0	2820	1554	1984.9	29.1
4	357.9	154.9	32.1	2533	1421	1794.1	27.5
5	505.5	172.6	45.0	2710	1316	1745.8	28.1
6	215.3	100.9	33.1	2952	1266	1899.7	43.1
حوضه قشلاق	2034.9	370.4	98.2	2952	1266	1883.4	26.3

گروه هیدرولوژیک حوضه

گروه هیدرولوژیک نشان‌دهنده وضعیت بافت و نفوذپذیری خاک است. همچنین فاکتور بسیار مهم در محاسبه CN و برآورد مقدار روانابی است که به سفره آب زیرزمینی وارد می‌شود. بر اساس وضعیت بافت و نفوذپذیری خاک، گروه هیدرولوژیک خاک‌ها با توجه به تقسیم‌بندی روش SCS در چهار گروه A، B، C و D قرار می‌گیرند که خصوصیات این گروه‌ها به شرح زیر است (Alizadeh, 2015). جدول ۳ گروه هیدرولوژیک خاک را بر اساس نفوذپذیری حوضه نشان می‌دهد.

جدول ۳- گروه‌بندی خاک حوضه بر حسب نفوذپذیری (علیزاده، ۱۳۹۴)

Table 3- Grouping of basin soil according to permeability (Alizadeh, 2015)

گروه	حداقل نفوذ پذیری (میلی‌متر در ساعت)
A	7.5-11.5
B	3.5-7.8
C	1.3-3.8
D	0-1.3

در تحقیق حاضر از نقشه‌های زمین‌شناسی و نقشه‌های خاک حوضه قشلاق که از سازمان آب منطقه‌ای کردستان گرفته شد استفاده و با تلفیق آن‌ها در GIS با نقشه شیب حوضه نقشه گروه هیدرولوژیک خاک تهیه می‌شود. منطقه دارای نفوذپذیری کم، متوسط و زیاد است، بنابراین سه گروه هیدرولوژیک A، B و C در منطقه وجود دارد.

شماره منحنی حوضه

برای محاسبه شماره منحنی حوضه (CN)، با توجه به شیب، پوشش گیاهی، نفوذپذیری و غیره حوضه مورد نظر به چندین واحد هیدرولوژیک اصلی تقسیم‌بندی می‌شود. واحد هیدرولوژیک خاک خود نیز می‌تواند به واحدهای کوچک‌تر تقسیم گردد. آنگاه با تعیین مقادیر CN هر واحد هیدرولوژیک خاک و تعیین میانگین وزنی می‌توان به مقادیر CN حوضه آبریز مورد تعیین می‌گردد. در روش SCS به ترتیب CN شماره منحنی، S تلفات و R ارتفاع حاصله از بارندگی است.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (1)$$

$$R = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)} \quad (2)$$

جدول ۴- مقادیر میانگین وزنی CN و S برای انواع کاربری در سال‌های مطالعاتی

Table 4- Weighted average values of CN and S for land use types in the study years

زیر حوضه	1990	2000	2010	2020		
	S	CN	S	CN	S	CN
1	9.2	52.0	8.9	52.8	6.3	61.4
2	8.5	54.2	8.2	55.0	5.5	64.6
3	8.5	54.0	7.8	56.2	6.2	61.9
4	8.5	54.1	7.8	56.1	6.1	62.3
5	8.3	54.6	7.6	56.8	5.3	65.5
6	8.9	52.9	8.4	54.3	4.7	67.8
کل	8.6	53.9	8.0	55.5	5.6	64.0

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، مقدار شماره منحنی در شرایط رطوبتی متوسط خاک برای دوره-های زمانی مطالعاتی به ترتیب مقادیر ۵۳/۹، ۵۵/۵، ۵۶/۵ و ۶۴/۰ به دست آمد؛ بنابراین با گذشت زمان شماره منحنی حوضه افزایش یافته است. به دلیل اینکه در محاسبه شماره منحنی سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ شرایط هیدرولوژیکی و توپوگرافی حوضه ثابت بوده‌اند و تنها نقشه‌های کاربری اراضی متفاوت بوده است، می‌توان نتیجه گرفت عامل اصلی افزایش شماره منحنی در طی زمان تغییرات کاربری اراضی به وجود آمده است که پتانسیل ایجاد رواناب را افزایش داده است.

زمان تمرکز^۶ حوضه

زمان تمرکز حوضه به روش‌های مختلفی توسط دانشمندان مختلف در سراسر دنیا برآورد می‌شود. در انتخاب مناسب‌ترین روش پارامترهای مختلفی از جمله انحراف معیار، مسافت طی شده بر حسب ساعت، طول حوضه‌ها، شیب و در نهایت قضاوت کارشناسی دخیل بوده‌اند. زمان تمرکز بدست آمده به روش‌های کرپیچ و کالیفرنیا عمدتاً برای حوضه‌های کوچک کاربرد دارند، در صورتی که روش SCS و هوانوردی آمریکا برای حوضه مورد مطالعه اعداد مناسب‌تری را ارائه می‌نماید. بنابراین بر اساس بازدید صورت گرفته از منطقه مطالعاتی، زمان تمرکز حوضه و زیرحوضه‌های فوق با استفاده از روش هوانوردی آمریکا در نظر گرفته شده است.

سازمان هوانوردی آمریکا برای ساخت فرودگاه‌ها و تخلیه رواناب حاصل از بارندگی‌ها روی باند فرودگاه‌ها رابطه زیر را پیشنهاد کرده است (Alizadeh, 2015).

$$T_c = \frac{3.64(1.1-C)L^{0.83}}{H^{0.33}} \quad (3)$$

T_c = زمان تمرکز بر حسب ساعت، L = طول آبراهه بر حسب کیلومتر، H = اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای آبراهه اصلی به متر، C = ضریب رواناب

اطلاعات مورد نظر به‌منظور وارد کردن آن‌ها به مدل HEC-HMS

به‌منظور شبیه‌سازی هیدروگراف سیل در مدل HEC-HMS نیاز به هیدروگراف سیل‌های مشاهده شده در حوضه است. لذا جهت انجام این کار اطلاعات دبی اوج مربوط به هیدروگراف‌های سیل ثبت‌شده در ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در حوضه قشلاق از شرکت آب منطقه-ای استان کردستان جمع‌آوری شد.

تعیین بارش طرح

جهت تعیین بارش طرح در حوضه مورد مطالعه، به دلیل اینکه در هر زیر حوضه ایستگاه باران‌سنج موجود نبوده، از روش‌های درونیابی استفاده گردید. به‌منظور انجام این کار از ایستگاه‌های پیرامون حوضه استفاده شد. روش کار به این صورت بود که ابتدا با استفاده از آمار بارندگی روزانه در هر سال، حداکثر بارش ۲۴ ساعته در موقعیت مکانی هر ایستگاه در اکسل به‌صورت جدولی به محیط GIS معرفی گردیده و سپس از این فایل، فایل نقطه‌ای تهیه کرده که هر ایستگاه در موقعیت خودش قرار گیرد و مقدار بارش ثبت‌شده در آن تاریخ به‌عنوان مشخصه ایستگاه تلقی می‌گردد. پس از آن بهترین توزیع برای هر بازه زمانی برای دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال به کمک نرم‌افزار Easyfit تعیین شد. در نهایت با استفاده از روش عکس فاصله وزنی^۷ در GIS نقشه رستری توزیع مکانی بارش تهیه‌شده و میزان بارش حداکثر ۲۴ ساعته زیرحوضه-ها محاسبه گردید. بر اساس منحنی IDF می‌توان شدت بارش را در دوره بازگشت‌های مختلف و در تداوم‌های مشخص تعیین کرد. بدین منظور برای تعیین بارش طرح از شدت بارش در زمان تمرکز حوضه استفاده گردید. جدول ۵ مشخصات ایستگاه باران‌سنجی مورد استفاده در محاسبه بارش زیرحوضه‌ها است.

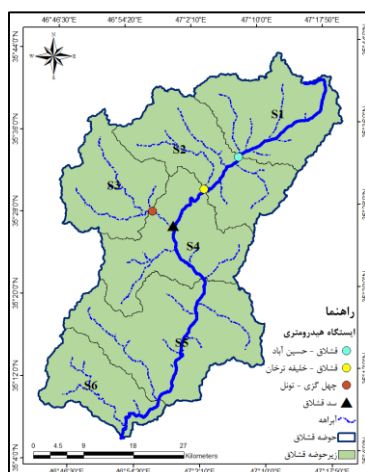
6- Time of concentration

7- Inverse distance weighting (IDW)

جدول ۵- مشخصات ایستگاه‌های پیرامون حوضه

Table 5- Characteristics of the stations around the basin

حوضه اصلی	رودخانه	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	سال تأسیس
مرزی غرب	قشلاق	سنندج	682247	390727647	1465	1374
	قشلاق	خلیفه ترخان	687765	3928680	1788	1370
	قشلاق	حسین آباد	692627	3936356	1687	1365
	قشلاق	تازه‌آباد قره گل	691904	3927565	2087	1378
	چهل گزی	سراب قامیش	676986	3922731	1678	1367



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده حوضه قشلاق

Figure 2- Location of hydrometric stations in Qeshlaq Basin

ایستگاه هیدرومتری موجود در خروجی سه زیرحوضه استفاده شد.

در تحقیق حاضر با استفاده از نرم‌افزار Easyfit مناسب‌ترین توزیع را برای برآورد حداکثرهای مورد نظر پیشنهاد می‌کند. بر مبنای آن حداکثر دبی لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شده است. جدول ۶ این پارامتر را نشان داده است.

به‌منظور تعیین روابط منطقه‌ای سیلاب، ابتدا برای ایستگاه‌هایی که سیلاب آن‌ها مورد محاسبه قرار گرفته، آزمون همگنی انجام شد و روابط خطی و نمایی بر سری داده‌ها برازش داده شد. در نهایت با توجه به دقت بالاتر برازش خطی از این روابط برای تهیه سری زمانی سالانه دبی حداکثر لحظه‌ای با استفاده از آمار دبی روزانه در سه

جدول ۶- مقادیر حداکثر دبی لحظه‌ای در ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 6- Instantaneous maximum flow values in the studied stations

نام ایستگاه	دوره بازگشت	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
قشلاق-خلیفه ترخان قشلاق-حسین آباد چهل گزی-تونل	توزیع آماری منتخب	0.5	0.8	0.9	0.96	0.98	0.99	0.995	0.998	0.999
	Generalized logistic	14.93	31.88	48.09	77.69	109.23	152.41	211.34	324.04	446.72
	log Pearson III	9.71	26.45	39.10	54.34	64.39	73.11	80.58	88.71	93.72
	log Pearson III	14.47	28.67	40.59	58.37	73.51	90.22	108.57	135.50	158.00

وارد کردن داده‌ها به مدل HEC-HMS

ابتدا باید حوضه و زیرحوضه‌ها به صورت شماتیک به مدل معرفی گردد تا مدل قادر به تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به آن باشد. در واقع باید زیرحوضه‌ها، نحوه اتصال آن‌ها به یکدیگر و بازه‌هایی از رودخانه که نیاز است روندیابی در آن‌ها انجام گیرد، تعیین گردد (شکل ۲).
مدل HEC-HMS جهت شبیه‌سازی بارش-رواناب، تلفات ناشی از بارش را نیز مدنظر قرار می‌دهد. در این تحقیق از روش SCS CN استفاده شده است که روابط آن به صورت زیر می‌باشد.

$$Pe = \frac{(P-Ia)^2}{P-Ia+S} \quad (۴)$$

$$Ia = a * S \quad (۵)$$

$$S = \frac{25400-254CN}{CN} \quad (۶)$$

Pe ارتفاع بارش موثر (رواناب) به میلی‌متر، P ارتفاع بارندگی به میلی‌متر، S حداکثر پتانسیل ذخیره حوضه به میلی‌متر، CN شماره منحنی متوسط وزنی حوضه، Ia تلفات اولیه به میلی‌متر، a ضریبی است که در این تحقیق با توجه به شرایط منطقه 0.2 در نظر گرفته شده است.

در بخش بعدی فرآیند تبدیل بارش مازاد به جریان سطحی در زیرحوضه‌ها شبیه‌سازی می‌شود. روش-های مختلفی برای آن وجود دارد که در این تحقیق از روش هیدروگراف واحد SCS استفاده می‌شود که روابط آن به صورت زیر می‌باشد:

$$Qp = 2.08 \frac{A}{Tp} \quad (۷)$$

$$Tp = \frac{\Delta t}{2} + Tlag \quad (۸)$$

$$Tlag = \frac{L^{0.5} (S+1)^{0.7}}{1900Ws^{0.5}} \quad (۹)$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (۱۰)$$

Qp: دبی اوج هیدروگراف واحد بر حسب مترمکعب بر ثانیه، A: مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع، Tp: زمان اوج هیدروگراف واحد بر حسب ساعت، Δt: زمان تداوم بارش مازاد (کمتر از ۲۹ درصد زمان تاخیر لحاظ شود (USACE, 2000)). Tlag: زمان تاخیر حوضه. L: طول آبراهه اصلی حوضه بر حسب فوت، Ws: شیب متوسط وزنی حوضه بر حسب درصد، S: حداکثر پتانسیل ذخیره

حوضه بر حسب اینچ، CN: شماره منحنی متوسط وزنی حوضه.

شاخص کنترل و اجرای مدل

در این بخش باید تاریخ شروع و اتمام شبیه‌سازی همراه با فاصله زمانی به مدل معرفی گردد. کلیه زمان‌ها باید به تاریخ میلادی وارد مدل گردند. پس از ورود داده‌ها و تکمیل مدل حوضه، مدل HEC-HMS برای داده‌های بارش-رواناب مشاهده شده اجرا و هیدروگراف شبیه‌سازی شده مدل به دست آمد.

واسنجی و اعتبارسنجی مدل HEC-HMS

مدل قادر به بهینه‌سازی پارامترهای CN، Tlag و Ia به طور همزمان و یا یکی از آن‌ها می‌باشد. در این تحقیق از آنجایی که مقادیر شماره منحنی و زمان تاخیر حوضه و زیرحوضه‌های مربوطه به دست آمده، بنابراین فقط نیاز به کالیبراسیون پارامتر اتلاف اولیه می‌باشد. در شروع عملیات بهینه‌سازی لازم است برای پارامتر کالیبره شونده مقادیر اولیه‌ای تعیین گردد که برای آن مقدار اولیه 0.2S در نظر گرفته شد. در این تحقیق از ریشه مربعات متوسط وزنی خطاهای اوج و درصد خطا در دبی اوج جریان استفاده شد. در تابع هدف ریشه مربعات متوسط وزنی خطاهای اوج، از میانگین مجذور خطاهای دبی اوج (تفاضل بین جریان‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده شده) جذر گرفته می‌شود (رابطه ۱۱). درصد خطای دبی اوج نیز درصد خطاهای مقادیر مشاهده‌ای نسبت به مقادیر شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد.

$$Z = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (Q_0(t) - Q_s(t))^2}{N}} \quad (۱۱)$$

Z = تابع هدف، Q₀(t) جریان مشاهده شده، Q_s(t) جریان شبیه‌سازی شده، N تعداد دوره بازگشت‌های شبیه‌سازی شده

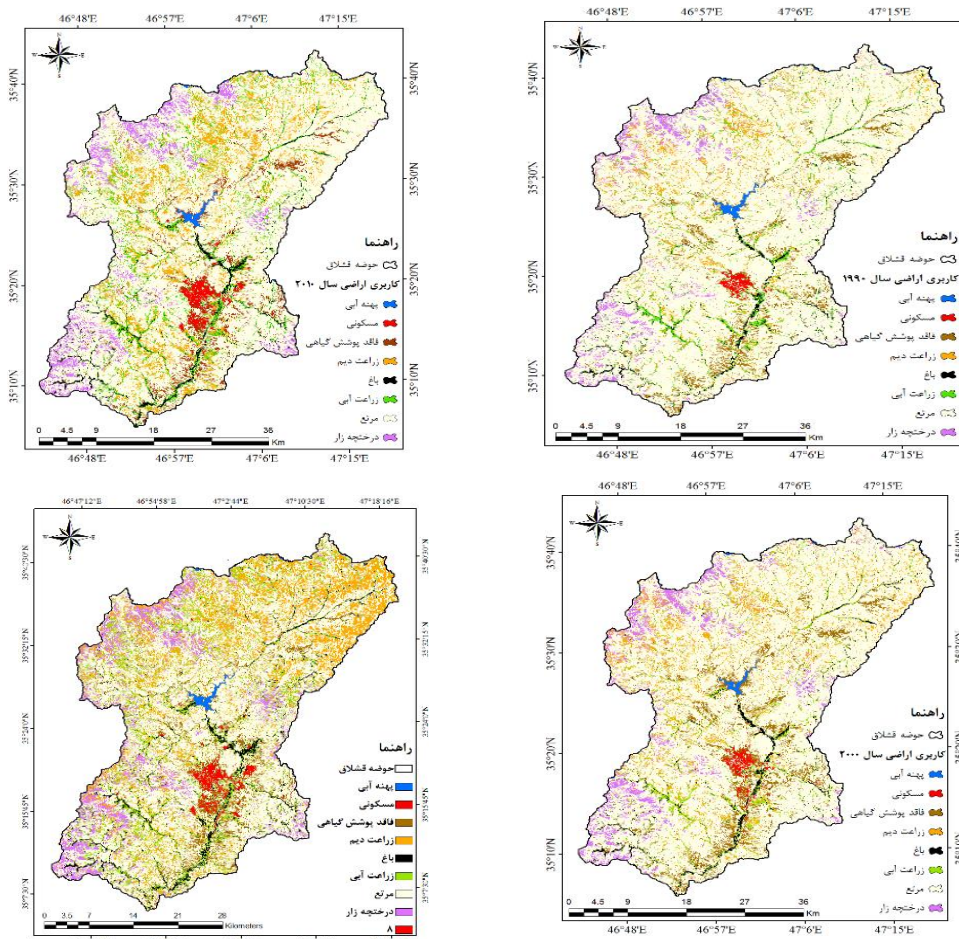
چنانچه برازش مناسب بوده و مقدار خطا حداقل باشد، این بدان معنی است که مقدار پارامترها به درستی تخمین زده شده‌اند، در غیر این صورت مقدار پارامترها تغییر کرده و

پلتفرم گوگل ارث انجین و با استفاده از مدل یادگیری ماشین جنگل تصادفی بدست آمد. این نقشه‌ها دارای هشت کلاس می‌باشند که تصاویر این نقشه‌ها در شکل ۳ آورده شده است.

عملیات شبیه‌سازی مجدد از سر گرفته شد تا زمانی که نتایج مطلوب و با حداقل خطا حاصل گردد.

نتایج و بحث

نقشه کاربری اراضی حوزه قشلاق در سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست که دارای تفکیک مکانی ۳۰ متر می‌باشند در



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی حوزه قشلاق در سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰

Figure 3- Land use map of Qeshlaq basin in 1990, 2000, 2010 and 2020

و از طرف دیگر پهنه‌های آبی ۱۹٪ و مراتع ۲۷٪ کاهش یافته‌اند. بر اساس نتایج بدست آمده، بیشترین تغییرات مربوط به مراتع می‌باشد که از مساحت آن کاسته شده و در عوض مساحت کلاس زراعت دیم به خصوص در نواحی شمالی حوزه قشلاق (زیرحوضه اول) افزوده شده است. افزایش سطح کاربری‌های کشاورزی (زراعت آبی و دیم و

جدول ۷ مشخصات مساحت کاربری‌های مختلف و تغییرات مساحت را در سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ نشان می‌دهد. بررسی تغییرات مساحت‌ها نشان می‌دهد که از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ مناطق مسکونی ۱۶۵٪، زراعت دیم ۱۹۶٪، زراعت آبی ۱۸۵٪، باغات ۱۳۱٪، اراضی فاقد پوشش گیاهی ۲۱٪، درختچه‌زار ۳۰٪ افزایش

باغات) به علت گرایش مردم به زیر کشت بردن اراضی مرتع و از سوی دیگر افزایش این کاربری‌ها را می‌توان به پیشرفت تکنولوژی و ادوات کشاورزی نسبت داد. از طرف دیگر سیاست‌های دولت به منظور خودکفایی در محصولات کشاورزی به خصوص گندم، باعث رو آوردن کشاورزان به افزایش سطح زیرکشت و تبدیل مناطق مرتعی به زراعت دیم شده است. به همین دلیل نیاز است که سیاستگذاری‌ها در جهت کنترل سطح زیرکشت کشاورزان صورت بگیرد تا بتوان از منابع طبیعی محافظت کرد. باید توجه داشت که کاهش ۲۷٪ مراتع به معنی از بین رفتن کامل مراتع نمی‌باشد بلکه قسمتی از آن به دلیل کاهش تراکم مراتع در سال‌های اخیر می‌باشد که سبب شده تا برخی از کلاس‌های مرتع با پوشش خوب در کلاس درختچه‌زار طبقه‌بندی شوند. همچنین افزایش کاربری درختچه‌زار می‌تواند به همین علت باشد. صحت کلی به ترتیب برای سال ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ برابر ۰/۹۶ و ۹۶/۲، ۹۵/۴ و ۹۶/۴ درصد و کاپا نیز برابر ۹۵/۲ و ۹۵/۵، ۹۴/۷ و ۹۵/۸ درصد می‌باشد، نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان دهنده دقت بالای کلاس‌بندی کاربری‌ها و روش سین-مبنا که در مطالعات قبلی باعث افزایش خطا شده بود، می‌باشد. یکی از چالش‌های استخراج کاربری

اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست که در مطالعات قبلی مشاهده می‌شود، تفکیک مناطق بایر از مناطق شهری می‌باشد که در این تحقیق با استفاده از میانگین، بیشترین، کمترین و سری زمانی شاخص MNDBI و روش سین-مبنا این کاربری‌ها به خوبی از هم تفکیک شده‌اند؛ در تحقیق Saadian and Shafizadeh Moghadam. (1400) نیز با استفاده از این روش دقت طبقه‌بندی به بالاترین حد رسید. یکی دیگر از چالش‌ها، شباهت تغییرات شاخص NDVI در کلاس‌های درختچه‌زار و باغ و از طرف دیگر احداث باغات در دل درختچه‌زار است که موجب سخت‌تر شدن تفکیک این دو کلاس از هم دیگر شده است. این چالش با کم و زیاد کردن نمونه‌های برداشت شده در این کلاس‌ها با استفاده از پلتفرم گوگل ارث انجین برطرف شد. به دلیل وجود تفاوت زمانی بین سین‌های مجاور و به تبع آن تفاوت سری زمانی شاخص‌ها در هر سین، طبقه‌بندی تصاویر لندست برای کل منطقه به صورت همزمان با خطای نسبتاً زیادی همراه می‌باشد؛ اما در روش سین-مبنا، طبقه‌بندی برای هر سین به صورت جداگانه صورت گرفته است که موجب افزایش چشمگیر در دقت طبقه‌بندی شده-است.

جدول ۷- مشخصات مساحت (کیلومتر مربع) کاربری اراضی سال‌های مطالعاتی و درصد تغییرات

Table 7- Characteristics of the area (square kilometers) of land use in the study years and the percentage of changes

کاربری	1990	2000	2010	2020	1990-2000 (%)	2000-2010 (%)	2010-2020 (%)	1990-2020 (%)
آب	8.00	7.7	7.0	6.5	-3.8	-9.1	-7.1	-18.8
باغ	27.3	34.1	40.6	63.0	24.9	19.1	55.2	130.8
مسکونی	10.0	14.2	21.5	26.5	42.0	51.4	23.3	165.0
زراعت دیم	101.5	128.9	191.0	299.9	27.0	48.2	57.0	195.5
زراعت آبی	76.3	89.6	142.3	217.3	17.4	58.8	52.7	184.8
مرتع	1637.8	1533.9	1449.4	1204.0	-6.3	-5.5	-16.9	-26.5
فاقد پوشش گیاهی	81.1	121.3	78.6	97.9	49.6	-35.2	24.6	20.7
درختچه زار	85.9	98.2	97.5	111.6	14.3	-0.7	14.5	29.9

شبیه‌سازی هیدرولوژیکی

جهت بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات سیل در منطقه در سه دوره مورد مطالعه، با استفاده از مدل هیدرولوژیکی، HEC-HMS و نقشه‌های

کاربری اراضی برای هر دوره و سپس نقشه CN حوضه، مقادیر دبی اوج برای سال‌های مورد نظر به ازای هر کاربری اجرا شدند. جدول ۸ تا ۱۱ مشخصات حداکثر دبی اوج در هر سال را نشان می‌دهد.

جدول ۸- مشخصات حداکثر دبی اوج ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده مطالعاتی در دوره بازگشت‌های مختلف (سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰)
 Table 8- Characteristics of the maximum peak discharge of the hydrometric stations of the study area in the period of different returns (years 1990 to 2020)

1000	500	200	100	50	25	10	5	2	سال	دوره بازگشت (سال)	زیر حوضه
93.72	88.71	80.58	73.11	64.39	54.34	39.1	26.45	9.71		1	
76.3	70.9	63.9	58.1	51.0	43.1	30.6	21.4	6.9	1990	HEC-HMS	
78.7	73.2	65.9	60.2	52.8	44.7	31.7	22.2	7.1	2000		
80.9	75.3	67.7	62.1	54.4	46.0	32.6	22.9	7.4	2010		
109.5	102.9	93.7	86.8	76.7	4.65	46.8	33.0	10.5	2020		
446.72	324.04	211.34	152.41	109.32	77.69	48.09	31.88	14.93		2	
429.8	306.4	191.5	132.3	87.8	55.1	34.7	23.6	9.9	1990	HEC-HMS	
434.4	308.8	193.1	133.2	91.2	57.0	36.0	24.5	10.3	2000		
436.9	311.3	199.0	135.5	94.3	63.1	39.7	27.0	11.4	2010		
461.0	333.8	224.6	164.4	121.0	88.0	55.8	38.2	16.2	2020		
178.0	135.5	108.57	90.22	73.51	58.37	40.59	28.67	14.47		3	
155.7	113.2	85.3	72.1	59.7	48.3	33.1	23.5	10.7	1990	HEC-HMS	
158.3	116.6	94.1	79.7	66.2	53.6	36.9	26.3	12.0	2000		
158.9	117.1	94.5	80.1	66.5	53.9	37.1	26.4	12.1	2010		
192.3	148.5	120.3	102.3	85.3	69.4	48.0	34.4	15.9	2020		
95.0	82.0	76.5	72.6	63.8	52.8	31.4	19.1	6.7	1990	4	
102.5	88.5	82.9	79.3	69.8	57.7	34.3	20.9	7.3	2000		
102.9	88.9	83.2	79.7	70.1	57.9	34.5	20.9	7.3	2010		
130.8	113.2	106.7	103.4	91.5	76.0	45.4	27.4	9.5	2020		
124.2	107.1	98.2	92.2	83.4	68.5	41.5	25.5	9.1	1990	5	
135.1	116.5	107.3	100.7	91.8	75.7	45.5	28.1	10.0	2000		
143.9	124.3	114.7	108.4	98.5	81.3	49.2	30.2	10.8	2010		
187.8	162.9	152.6	145.4	134.1	111.6	67.2	41.4	14.6	2020		
53.7	46.0	41.1	37.5	37.2	30.7	19.0	11.5	3.9	1990	6	
56.7	48.6	43.7	41.4	39.7	32.7	20.3	12.2	4.2	2000		
58.0	49.8	44.7	40.6	40.8	33.5	20.9	12.6	4.3	2010		
96.5	83.2	76.3	70.2	71.9	60.0	37.4	22.6	7.6	2020		
870.3	679.7	529.3	447.0	369.8	288.3	183.7	120.3	44.8	1990	قشلاق	
899.5	706.2	558.5	474.8	395.6	309.4	197.5	128.9	48.0	2000		
912.1	717.3	573.6	486.1	409.1	324.3	207.4	135.5	50.4	2010		
1099.7	887.0	740.7	650.6	559.8	453.8	290.1	190.0	70.6	2020		

اعداد رنگ آبی (پررنگ) اعداد شبیه‌سازی شده است

اعداد رنگ مشکی مشاهداتی است

جدول ۹- نتایج درصد خطای RMSE (m3/s) و درصد خطای شبیه‌سازی شده نسبت به مشاهداتی در مدل HEC-HMS
 Table 9- The results of RMSE error percentage (m3/s) and simulated error percentage compared to observations in HEC-HMS model

2020	2010	2000	1990	سال	تابع هدف محاسبه خطا
				زیرحوضه	
11.48 17.77	9.32 -13.96	11.33 -18.56	13.06 -21.24	1	RMSE درصد خطای دبی اوج
10.34 9.85	11.17 -10.9	15.14 -16.8	17.13 -18.68	2	RMSE درصد خطای دبی اوج
10.58 13.88	10.61 -8.91	11.39 -11.39	15.82 -18.79	3	RMSE درصد خطای دبی اوج

۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ با دوره بازگشت دو سال به ترتیب برابر با ۴۴/۸، ۴۸/۰، ۵۰/۴ و ۷۰/۶ مترمکعب بر ثانیه به دست آمد که بیانگر افزایش دبی اوج در اثر تغییرات کاربری است. بیشترین تغییرات درصد دبی پیک مربوط به دوره سوم (۲۰۱۰-۲۰۲۰) است که به دلیل کاهش کاربری مرتع و افزایش کاربری‌های زراعت و مسکونی، پتانسیل تولید رواناب و در نهایت CN افزایش یافته است؛ و این موضوع سبب افزایش دبی پیک حوضه شده است، به طوری که در دوره بازگشت دو سال شاهد افزایش ۴۰/۰۸ درصد و در دوره بازگشت ۱۰۰۰ سال با افزایش ۲۰/۵۷ درصد دبی پیک سیلاب روبرو بوده‌ایم.

جدول ۹ درصد خطای دبی اوج و RMSE مدل را نشان می‌دهد. نتایج اعتبارسنجی عملکرد مدل را تأیید می‌کند و می‌توان بیان کرد که مدل در این حوضه دارای عملکرد مناسبی جهت پیش‌بینی دبی اوج سیلاب بوده و چون در این مطالعه محاسبه‌ی دبی اوج از اهمیت بالایی برخوردار است، در نتیجه این مدل اعتبارسنجی شده می‌تواند نتایج قابل قبولی را در این ارتباط ارائه دهد. جدول ۱۰ نتایج درصد تغییرات دبی پیک سیلاب را در طی سال‌های مورد مطالعه به ازای دوره بازگشت‌های مختلف نشان می‌دهد. برای تحلیل و بررسی تأثیر کاربری اراضی بر میزان رواناب، برای کاربری سال‌های مطالعاتی دبی اوج رواناب محاسبه شد. دبی اوج برای کاربری سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰،

جدول ۱۰- نتایج درصد تغییرات دبی پیک در طی سال‌های مورد مطالعه به ازای دوره بازگشت مختلف
 Table 10- The results of the percentage changes of peak debit during the studied years for different return periods

درصد تغییرات به ازای دوره بازگشت‌های مختلف									دبی اوج	دوره زمانی
1000	500	200	100	50	25	10	5	2		
حجم سیلاب										
+3.4	+3.9	+5.5	+6.2	+7.0	+7.3	+7.5	+7.1	+7.1	دبی اوج	1990-2000
+1.8	+2.6	+4.0	+4.6	+5.3	+5.5	+5.7	+5.8	+6.1	حجم سیلاب	
+1.4	+1.6	+2.7	+2.4	+3.4	+4.8	+5.0	+5.1	+5.0	دبی اوج	2000-2010
+0.2	+0.4	+1.6	+1.3	+2.2	+3.5	+3.6	+3.7	+3.9	حجم سیلاب	
+20.6	+23.7	+29.1	+33.8	+36.8	+39.9	+39.9	+40.4	+40.1	دبی اوج	2010-2020
+12.2	+14.8	+18.7	+22.6	+25.2	+27.8	+29.3	+30.3	+32.0	حجم سیلاب	
+26.4	+30.5	+39.9	+45.5	+51.4	+57.4	+57.9	+57.9	+57.6	دبی اوج	1990-2020
+14.5	+18.3	+25.5	+29.9	+34.7	+39.5	+41.5	+43.0	+45.6	حجم سیلاب	

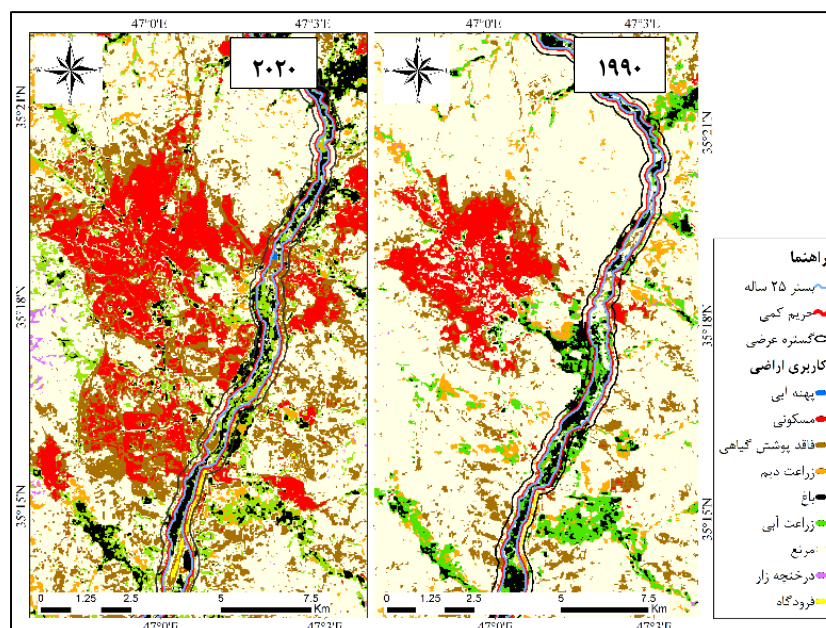
بررسی کاربری اراضی در حریم و بستر رودخانه

با اخذ بستر و حریم رودخانه قشلاق (پایین دست سد قشلاق تا تقاطع گاوه‌رود) از سازمان آب منطقه‌ای استان کردستان و شرکت مهندسی مشاور آب‌پردازان نواندیش سنندج، اقدام به بررسی تغییرات کاربری اراضی در این محدوده گردید. گستره عرضی برای بررسی کاربری اراضی رودخانه حداقل معادل با حد حریم کیفی رودخانه تعیین می‌شود. از آنجایی که حد حریم کیفی رودخانه‌ها حداکثر برابر با ۱۵۰ متر از حد بستر رودخانه می‌باشد، بر این اساس و به منظور رعایت احتیاط، باند ۲۰۰ متری از بستر رودخانه مطالعاتی در هر طرف، به عنوان گستره عرضی رودخانه در مطالعات کاربری اراضی در نظر گرفته شد (۵۰ متر بیشتر از حد حریم کیفی برای هر طرف از رودخانه). جدول ۱۱ کاربری اراضی را در بستر، حریم و گستره عرضی رودخانه قشلاق را در دوره زمانی سال ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ نشان می‌دهد.

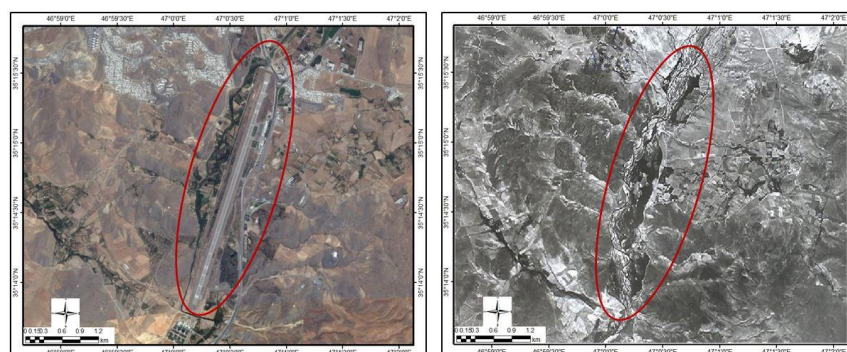
با توجه به رشد روزافزون جمعیت و افزایش تقاضا برای احداث اعیانی و باغات در اراضی پایین دست سد و مجاور رودخانه قشلاق و همچنین مناسب بودن زمین‌های حاشیه رودخانه برای کشاورزی روند تجاوز به بستر و حریم رودخانه‌ها و دخل و تصرف غیر مجاز در آنها افزایش یافته است. بر اساس گزارشات آب منطقه‌ای استان کردستان، این تصرفات موجب انسداد، بهم خوردگی وضعیت طبیعی و ایجاد تغییرات متضرر کننده در بستر

رودخانه شده که موجب کاهش ظرفیت آبگذری رودخانه‌ها و بهم خوردن رژیم طبیعی رودخانه‌ها شده و در نهایت پدیده سیلاب، خسارات جانی و مالی گسترده و همچنین آلودگی رودخانه را به همراه خواهد داشت. طی سال‌های اخیر توسعه جمعیت در روستاهای پایین دست سد قشلاق تا پل شیخ؛ نظیر نایسر، باباریز، شهرک اوراز و قلیان، این روستاها را به ناحیه منفصل شهری تبدیل کرده است. تصمیم گسترش چنین کاربری‌هایی غالباً بر عهده بنگاه‌های معاملات ملکی و بدون اتکا بر نظرات کارشناسان شهری و برنامه‌ریزی می‌باشد. به نظر می‌رسد گسترش حاشیه نشینی در این ناحیه شهری در نتیجه فقدان کارکردهای خدماتی به نقاط روستایی بوده که عوارض آن در سیکل مهاجرت‌ها و گسترش حاشیه نشینی دیده می‌شود. از طرف دیگر نقش محدودیت‌های طبیعی مانند شیب، ارتفاع زیاد نقاط روستایی و شرایط اقلیمی سرد و خشک منطقه در تشدید مهاجرت‌ها موثر بوده است.

با توجه به شکل ۴ می‌توان نتیجه گرفت که مساحت مناطق مسکونی در دوره زمانی مدنظر در بستر، حریم و گستره عرضی رودخانه افزایش یافته است. همچنین از دیگر موارد تعرض به بستر رودخانه قشلاق، فرودگاه سنندج است که دقیقاً در بستر رودخانه احداث شده و موجب تغییر مسیر آن شده است. البته از جمله اصلی‌ترین دلایل احداث فرودگاه در این بستر، نبود فضای هموار و در دسترس کافی در نزدیکی محدوده شهری می‌باشد (شکل ۵).



شکل ۴- مقایسه کاربری‌های موجود در بستر، حریم و گستره عرضی رودخانه قشلاق در پیرامون شهر سنندج
Figure 4- Comparison of land use in the bed, boundary and transverse extent of Qashlaq River around Sanandaj city



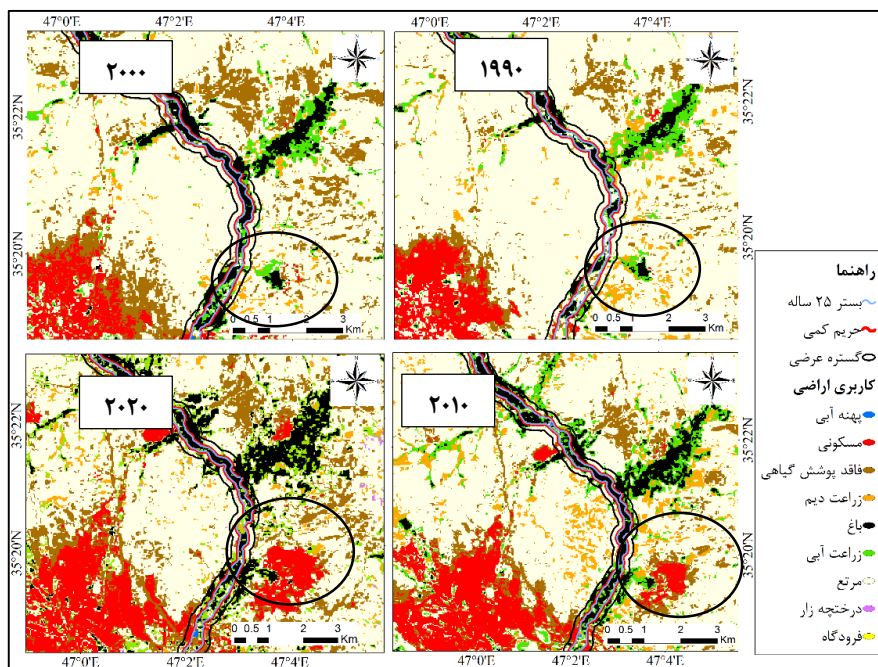
شکل ۵- تغییرات ایجاد شده در بستر در فاصله دو دوره زمانی مورد بررسی به دلیل احداث فرودگاه سنندج (امانی، ۱۳۹۴)
Figure 5- The changes made in the bed between the two investigated time periods due to the construction of Sanandaj airport (Amani, 2014)

سبب شده است تا بسیاری از عرصه‌های منابع طبیعی مورد تجاوز قرار گرفته و به باغ و یا زمین کشاورزی تبدیل شده و ممانعت از این اقدامات را با مقاومت‌های محلی مواجه ساخته است. افزایش جمعیت حاشیه نشین و نیاز به زمین بیشتر از یک سو و کاهش آورد سالانه رودخانه و خشک ماندن بخشی از بستر رودخانه در نقاطی که رودخانه دارای بستر عریض تری بوده است از سوی دیگر، سودجویان را بر این داشته تا با تسطیح اراضی مزبور، اقدام به زراعت و یا غرس نهال نمایند. غافل از اینکه با بازگشت دوره‌های ترسالی و یا حتی بارش‌های ناگهانی، تمام داشته خود را از دست خواهند داد.

نوع کاربری حاشیه رودخانه بطور غالب شامل باغات و اراضی کشاورزی است. با توجه به اینکه منطقه طرح کوهستانی است، لذا اراضی مطلوب کشاورزی محدود بوده و بخش‌هایی از بستر رودخانه تصرف شده و تبدیل به اراضی کشاورزی و باغات شده است. گسترش و توسعه اراضی زراعی و باغی در اراضی حاشیه رودخانه مورد مطالعه و بهره‌کشی از بستر رودخانه جهت زراعت و یا احداث باغ، در سه دهه گذشته گسترش لجام گسیخته‌ای داشته و باعث افزایش تراکم کاربری‌ها در اطراف رودخانه-ها و فشار بیشتر بر این منابع آبی شده است. امکان انتقال آب به اینگونه اراضی از طریق پمپاژ آب رودخانه و یا چاه

گسترش چشمگیری داشته است. در دوره ۲۰۱۰-۲۰۲۰ از وسعت این اراضی کاسته، اراضی مسکونی به سمت رودخانه پیشروی داشته‌اند و زراعت دیم نیز روند صعودی داشته است.

شکل ۶ کاربری اراضی را در بستر، حریم و گستره عرضی بالادست شهر سنندج و پایین دست سد قشلاق نمایش می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود؛ زراعت آبی و باغ در سال ۲۰۰۰ نسبت به سال ۱۹۹۰



شکل ۶- مقایسه کاربری‌های موجود در بستر، حریم و گستره عرضی رودخانه قشلاق در بالادست شهر سنندج، پایین دست سد قشلاق
Figure 6- Comparison of land use in the bed, boundary and transverse extent of Qeshlaq River in the upstream of Sanandaj city, downstream of Qeshlaq dam

وجود آبرفت‌های ضخیم و توپوگرافی نسبتاً هموار و دسترسی به منابع آب در اطراف بستر سبب رونق نسبی کشاورزی و زراعت در محدوده رودخانه شده و گاهی مشاهده می‌شود که بستر طغیانی رودخانه نیز تحت کشت و زرع قرار می‌گیرد. بیشترین تغییرات منطقه مسکونی در حاشیه رودخانه مربوط به دوره ۱۹۹۰-۲۰۰۰ می‌باشد. در این دوره جمعیت و مساحت مناطق مسکونی افزایش زیادی داشته است. سال ۲۰۰۰ سطح اراضی دیم و مرتع کاهش و در عوض اراضی زراعی آبی و باغی گسترش یافته است. در دوره ۲۰۱۰-۲۰۲۰ سطح اراضی باغی و زراعت آبی کاسته شده و جای خود را به خانه باغ‌های حاشیه رودخانه، مناطق مسکونی (حاشیه شهر سنندج) و اراضی زراعی دیم داده است.

غالب تصرفات بستر ناشی از اراضی کشاورزی (باغی و زراعت) بوده است. مناطق مسکونی سطح نسبتاً کمی را شامل می‌شود که به لحاظ قانونی و برای دسترسی به بستر رودخانه بایستی این زمین‌ها آزادسازی شوند. همچنین به دلیل کاهش بارندگی و افزایش خشکسالی مناطق بایر نیز گسترش یافته است. در بافر ۲۰۰ متری از بستر رودخانه سطح اراضی دیم افزایش چشمگیری داشته است. بیشترین کاربری که در اطراف رودخانه قشلاق دیده می‌شود، زمین‌های زراعی آبی است که آب مورد نیاز خود را از این رودخانه به دست می‌آورند. این اراضی عموماً در بخش‌های هموارتر از حاشیه رودخانه واقع شده‌اند؛ و در مواقعی بصورت ترکیبی با باغات دیده شده‌اند. در پایین دست فرودگاه تا تقاطع رودخانه قشلاق و گاو رود، کاربری کشاورزی بیشترین تأثیر را بر بستر قشلاق دارد.

جدول ۱۱- مساحت تصرفات موجود در بستر، حریم و گستره عرضی رودخانه قشلاق (هکتار) در دوره زمانی سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰
 Table 11- The area of possessions in the bed, boundary and transverse extent of the Qashlaq River (hectares) in the period from 1990 to 2020

کاربری	1990			2000			2010			2020		
	بستر	حریم	گستره عرضی	بستر	حریم	گستره عرضی	بستر	حریم	گستره عرضی	بستر	حریم	گستره عرضی
مسکونی	0.8	1.6	13.1	2.0	3.5	27.5	4.3	4.3	30.1	4.2	5.3	32.2
باغ	498.3	548.8	788.9	637.1	721.4	1125.1	678.7	640.0	1096.2	565.9	640.0	1137.1
زراعت آبی	234.1	266.1	445.8	243.6	279.1	463.3	424.2	420.0	811.4	362.6	420.0	802.1
زراعت دیم	31.8	36.5	111.5	15.3	17.2	49.0	27.2	28.4	103.1	22.0	28.4	72.1

جدول ۱۲- درصد تغییرات تصرفات در بستر، حریم و گستره عرضی رودخانه قشلاق
 Table 12- The percentage of changes in occupations in the bed, boundary and transverse extent of the Qashlaq River

سال	1990-2000			2000-2010			2010-2020		
	بستر	حریم	گستره	بستر	حریم	گستره	بستر	حریم	گستره
مسکونی	+154.1	+117.8	+110.3	+60.0	+22.9	+9.3	+31.3	+24.3	+7.1
باغ	+27.8	+31.4	+42.6	-6.5	-5.9	-2.6	-5.0	-5.7	+3.7
زراعت آبی	+4.1	+4.9	+3.9	+52.9	+52.0	+75.1	-2.7	-1.0	-1.1
زراعت دیم	-34.6	-36.9	-25.3	-42.6	-38.0	-23.9	+9.5	+6.5	-10.7

نتیجه‌گیری

تغییر کاربری اراضی و پوشش زمین به صورت طبیعی و یا توسط انسان می‌تواند تأثیر بسزایی بر چرخه‌ی هیدرولوژیکی یک منطقه داشته باشد، که این تأثیرات در قالب افزایش دبی اوج و حجم رواناب سطحی، افزایش پتانسیل ریسک سیلاب و کاهش کیفیت آب ظاهر خواهند شد. بنابراین درک بهتر و ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر فرآیندهای هیدرولوژیکی حوضه برای پیش‌بینی و کاهش خطرات سیل و همچنین برای برنامه‌ریزی و توسعه‌ی پایدار مدیریت حوضه از اهمیت بسیاری برخوردار است. نتایج و پیشنهادهای حاصل از تحقیق حاضر به شرح زیر است:

✓ یکی از تغییرات عمده کاربری اراضی در حوضه قشلاق، تخریب مراتع و تبدیل به اراضی کشاورزی علی-الخصوص دیم است. به دلیل اینکه تبدیل عرصه‌های طبیعی به اراضی کشاورزی، صدمات جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست وارد می‌کند؛ پیشنهاد می‌شود از تخریب مراتع به منظور گسترش اراضی کشاورزی جلوگیری شود.

✓ در محدوده مورد مطالعه بیشترین استفاده از بستر و حریم رودخانه جهت کاربری‌های کشاورزی است. پیشروی و تعرض اراضی کشاورزی (خصوصاً باغات) به

حد بستر و حریم رودخانه به گونه‌ای است که در برخی از بخش‌ها قسمت‌های قابل توجهی از بستر رودخانه به زیر کشت و یا غرس نهال رفته و یا توسط درختان پوشیده شده‌اند.

✓ تغییرات کاربری ایجادشده از جمله افزایش مناطق مسکونی به دلیل افزایش جمعیت در حوضه بر شماره منحنی یا به عبارتی خصوصیت نفوذپذیری و پتانسیل سیل‌خیزی حوضه تأثیر گذاشته و سبب افزایش دبی اوج و حجم سیلاب شده‌است.

✓ نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در دهه‌های اخیر، تجاوز انسان‌ها به حدود بستر و حریم رودخانه گسترش یافته است. کم کردن عرض رودخانه‌ها و کانال‌ها در کنار افزایش تولید سیلاب تبعات اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و غیره دربر دارد. وقوع دوره‌های خشک‌سالی نیز مزید بر علت شده و کم شدن عرض مجرای فعال رودخانه و یا خشک شدن آن‌ها، پیشروی‌ها به سمت بستر و حریم و تجاوزات مضاعف بر این منابع آبی را افزایش داده است. متأسفانه در بسیاری از مناطق شهری سنج‌ها به بستر و حریم رودخانه تجاوز و یا در این محدوده ساخت‌وساز صورت گرفته است. تصرفات ناشی از

ساخت‌وسازهای انسانی و مناطق مسکونی در سه دوره مطالعاتی در محدوده بستر و حریم رودخانه گسترش یافته است.

✓ حاشیه‌نشینی در شهر سنج و افزایش چشمگیر جمعیت بخش‌های جنوبی این شهر از دلایل روی آوردن بسیاری از افراد بیکار به تصرف اراضی ملی (خصوصاً در دامنه‌های اطراف رودخانه) عنوان شده که نیازمند مدیریت نهادهای ذی‌ربط خصوصاً جهاد کشاورزی استان کردستان است.

✓ بررسی‌ها نشان می‌دهد بخش قابل‌توجهی از حاشیه‌نشینان از قوانین و حدود رودخانه‌ها بی‌اطلاع بوده و این امر لزوم برنامه‌ریزی در خصوص برنامه‌های آموزش، توجیهی و فرهنگ‌سازی را گوشزد می‌نماید. همچنین عدم همت کافی متولیان در سال‌های قبل و استملاک چندین ساله اراضی توسط حاشیه‌نشینان سبب شده است که آزادسازی کامل اراضی تصرف‌شده مذکور به دلیل وابستگی بالای اقتصادی باغداران به منافع حاصل از آن‌ها با مقاومت‌های نسبتاً زیادی روبرو بوده و پیش‌بینی می‌گردد که حداقل نیمی از متصرفین بستر و حریم، در وهله اول هیچ‌گونه همکاری را با اهداف طرح نداشته باشند. لیکن ادامه این روند نیز به هیچ‌عنوان قابل قبول نبوده و برای رفع کم‌کاری‌های گذشته، باید تمهیداتی اندیشید.

✓ در صورت اجرای طرح آزادسازی اماکنی که در محدوده بستر و حریم رودخانه واقع گردیده‌اند، لازم است

با طرح‌ریزی یک برنامه مدون و همه‌جانبه جهت اسکان مجدد شهروندان و خانوارهایی که در حریم واقع گردیده‌اند، نسبت به رفع مشکلات حادث‌شده و ایجاد تنش‌های احتمالی در این خصوص اقدام نموده و تبعات و اثرات مذکور را به حداقل ممکن کاهش داد.

✓ به دلیل افزایش نیترا و فسفات ناشی از تجاوز اراضی کشاورزی به بستر رودخانه و در نهایت رشد لجام گسیخته نیزار در برخی از نقاط حاشیه رودخانه‌ها خصوصاً در محدوده پایین‌دست شهر و محدوده پل گریزه سبب شده است تا نزدیک شدن به حاشیه رودخانه غیرممکن باشد. ساماندهی رودخانه در خصوص این معضل و پاک‌سازی حاشیه و حتی بستر رودخانه از این نیزارها اقدامی است که سبب بهبود چهره رودخانه خواهد بود.

✓ به دلیل اینکه وقوع سیلاب در منطقه تنها به وضعیت پوشش سطح زمین وابسته نبوده و در کنار آن فاکتور عوامل اقلیمی نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است؛ پیشنهاد می‌گردد که در مطالعه‌ی تکمیلی دیگری تأثیر این عامل نیز در کنار بررسی تغییرات کاربری اراضی در وقوع سیلاب‌های منطقه بررسی و مدل‌سازی گردد.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

References

1. Alizadeh, A., 2015. Principles of applied hydrology, Ferdowsi University of Mashhad Publications, 40th edition.
2. Belvasi, I. A., Asghari Saraskanrod, S., Esfandiari Dorabad, F., & Zeinali, B., 2020. The role of land use changes on run-off and flood properties in the Doab Catchment. Journal of Ecohydrology, 7(2), 331-344. doi: 10.22059/ije.2020.295346.1263
3. Camorani, G., Castellarin, A. and Brath, P., 2005. Effects of land-use changes on the hydrologic response of reclamation systems. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 30(8-10): 561-574. doi: 10.1016/j.pce.2005.07.010
4. Darafshi, Kh., Khalidi, Sh., Shabaninia, H., Mehrjoonejad, A., 2013. Investigating land use changes and rainfall-runoff modeling using the HEC-HMS model in the Babolrud watershed, Journal of Environmental Erosion Research, 33-44. dor: 20.1001.1.22517812.1394.5.4.1.3

5. Farrokhnia, A., 2014. The role of land use changes and trends in climate variables on the hydrology of Urmia Lake catchment. Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University. Ph.D. Thesis.
6. Sanyal, J., Densmore, A. L., and Carbonneau, P., 2014. Analysing the effect of land-use/cover changes at sub-catchment levels on downstream flood peaks: A semi-distributed modelling approach with sparse data. CATENA, 118: 28-40.
doi.org/10.1016/j.catena.2014.01.015
7. Gumma, M. K., Thenkabail, P. S., Teluguntla, P. G., Oliphant, A., Xiong, J., Giri, C., ... and Whitbread, A. M., 2020. Agricultural cropland extent and areas of South Asia derived using Landsat satellite 30-m time-series big-data using random forest machine learning algorithms on the Google Earth Engine cloud. GIScience & Remote Sensing, 57(3), 302-322. **doi.org/10.1080/15481603.2019.1690780**
8. Rozenstein, O. and Karnieli, A., 2011. Comparison of methods for land-use classification incorporating remote sensing and GIS inputs. Applied Geography, 31, 533-544.
doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.11.006
9. Koneti, S. Sunkara, S. E. and Roy P. S., 2018. Hydrological Modeling with Respect to Impact of Land-Use and Land-Cover Change on the Runoff Dynamics in Godavari River Basin Using the HEC-HMS Model, International Journal of GeoInformation. 7: 1-17.
doi: 10.3390/IJGI7060206
10. Legal challenges of protection of river beds and sanctuaries in Iran, 2019. Iran water resources research.
11. Tate, E., and Maidment, D., 1999. Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcView GIS. University of Texas at Austin Center for Research in Water Resources.
doi: 10.26153/tsw/14666
12. Liu, Y. B., Smedt, F. D., Hoffmann, L. and Pfister, L., 2004. Assessing land use impacts on flood processes in complex terrain by using GIS and modeling approach. Environmental Modeling and Assessment. 9(4): 227-235. **doi:10.1007/s10666-005-0306-7**
13. Tapiador, F. J. and Casanova, J. L., 2003. Land use mapping methodology using remote sensing for the regional planning directives in Segovia, Spain. Landscape and urban planning, 62(2), 103-115. **doi: 10.1016/S0169-2046(02)00126-3**
Get rights and content
14. Pikounis, M., Varanou, E., Baltas, E., Dassaklis, A. and Mimikou, M., 2003. Application of the SWAT model in the Pinios River basin under different land-use scenarios. Global Nest: the Int. J., 5(2): 71-79. **doi: 10.30955/gnj.000277**
15. Qudousi, M., Delavar, M. and Murid, S., 2013. The effect of land use changes on the hydrology of Ajichai watershed and its inlet to Lake Urmia. Iran water and soil research. (2) 45, 123-133. **doi: 10.22059/ijswr.2014.51614**
16. Regulations related to the bed and boundaries of rivers, streams, canals, marshes, natural ponds and water supply, irrigation and drainage networks, 1379.
17. Oliphant, A. J., Thenkabail, P. S., Teluguntla, P., Xiong, J., Gumma, M. K., Congalton, R. G. and Yadav, K., 2019. Mapping cropland extent of Southeast and Northeast Asia using multi-year timeseries Landsat 30-m data using a random forest classifier on the Google Earth Engine Cloud. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 81, 110-124. **doi: 10.1016/j.jag.2018.11.014**
18. Rivers and coasts in the mirror of the law, Shakur Soltani and Ghazal Jafari, Iran Water Resources Management Company, 2017.
19. Sadian, A., Shafizadeh-Moghadam, H., 2021. Investigation of Land Use Changes in Karkheh Watershed during 1990 and 2020 Using Google Earth Engine Platform and Landsat Satellite Images. Iranian Journal of Soil and Water Research, 52(10), 2569-2580.
doi:10.22059/IJSWR.2021.330075.669068
20. Sadeghi, A., 2015. Investigating the effect of land use changes on the flooding of Chihl Chai Basin in Minodasht, Master's thesis, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
21. Safa, M., 2012. Analysis of land occupation changes along the Minab River using remote sensing and geographic information system, Master's thesis, Hormozgan University, Qeshm Campus.

22. Irannezhad, M., Minaei, M., Ahmadian, S. and Chen, D., 2018. Impacts of changes in climate and land cover land use on flood characteristics in Gorganrood Watershed (Northeastern Iran) during recent decades. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 100(4), 340-350. **doi: 10.1080/04353676.2018.1515578**
23. Sanyal, J., Densmore, A. L. and Carbonneau, P., 2014. Analysing the effect of land-use/cover changes at sub-catchment levels on downstream flood peaks: A semi-distributed modelling approach with sparse data. *CATENA*, 118: 28-40.
doi: 10.1016/j.catena.2014.01.015
24. Seto, K. C., Woodcock, C. E., Song, C., Huang, X., Lu, J. and Kaufmann, R. K., 2002. Monitoring land-use change in the Pearl River Delta using Landsat TM. *International journal of remote sensing*, 23(10), 1985-2004. **doi:10.1080/01431160110075532**
25. Suriya, S. and Mudgal, B.V., 2012. Impact of urbanization on flooding: The Thirusoolam sub watershed – A case study. *Journal of Hydrology*, 412- 413(2010): 210-219.
doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.05.008
26. Szwagrzyk, M., Kaim, D., Price, B., Wypych, A., Grabska, E., Kozak, J., 2018, Impact of forecasted land use changes on flood risk in the Polish Carpathians, *Nat Hazards*. 2018; 10: 3365-3384. **doi: 10.1007/s11069-018-3384-y**