

Assessing the Hydrological Response of the Zayandehrud Basin to Decadal Changes in Land Cover and Climatic Parameters

N. Hesami^{1*}, H. Asakereh², and K. Raispour³

Abstract

Understanding the dynamics of land cover and land use changes within a watershed, particularly those attributed to anthropogenic activities, is pivotal for informed management and planning strategies. Such alterations exert significant influences on the physical, hydrological, and hydraulic characteristics of river systems. This study investigates the hydrological response of the Zayandehrud watershed to variations in land cover and land use over three distinct periods: 1985-1994, 1995-2004, and 2005-2018. Land use maps were derived from Landsat 5 and 7 TM and ETM+ satellite imagery, supplemented by data from the "Google Earth Engine" platform for image correction. The FLDAS model was employed to assess changes in snow accumulation from 2001 to 2018. Long-term trends in annual snowfall, snow cover, and snowmelt water equivalent were analyzed using linear regression. Comparison of land use maps across the three periods revealed a decline in vegetation, including pasture and forest, alongside an expansion of man-made and agricultural land. Over the respective periods man-made land area increased from 6.9% to 11.4%, while agricultural land expanded from 1205 to 1332 square kilometers. Furthermore, snow cover exhibited a reduction in the second and third periods compared to the first. Analysis of precipitation trends indicated no significant trends. Investigation of snow dynamics from 2001 to 2018 revealed decreasing trends in snow cover extent, number of snowy days, and water equivalent of snowmelt. However, comparative analysis suggests that human-induced alterations exert a more pronounced influence than climatic factors on the decline in Zayandehrud discharge.

Keywords: Land Use and Land Cover, Runoff, FLDAS Model, Process, Zayandehrud Basin.

Received: October 6, 2021

Accepted: March 3, 2024

ارزیابی پاسخ رواناب به تغییرات دهه‌ای پوشش زمین و فراسنج‌های اقلیمی بارش و برف در حوضه زاینده‌رود

نرگس حسامی^{۱*}، حسین عساکره^۲ و کوهزاد رئیس‌پور^۳

چکیده

آگاهی از انواع تغییرات پوشش و کاربری سطح زمین در مقیاس حوضه‌ای، به‌ویژه تغییرات حاصل از فعالیت‌های انسانی، به‌عنوان دانسته‌هایی بنیادی برای مدیریت و برنامه‌ریزی مبتنی بر این دانسته‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این تغییرات بر خصوصیات فیزیکی، هیدرولوژیکی و هیدرولیکی رودخانه تأثیر فراوان دارند. به‌منظور بررسی پاسخ هیدرولوژیکی حوضه آبریز زاینده‌رود به تغییرات پوشش و کاربری زمین سه دوره آماری ۱۹۸۵-۱۹۹۴، ۱۹۹۵-۲۰۰۴ و ۲۰۰۵-۲۰۱۸ در نظر گرفته شد. نقشه‌های کاربری زمین در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۷ و سنجنده‌های TM و ETM+ به‌دست آمد. همچنین، از قابلیت سامانه «گوگل ارث انجین» به منظور اخذ تصاویر تصحیح شده ماهواره‌ای استفاده شد. جهت بررسی تغییرات روزهای برفی از داده‌های مدل FLDAS طی دوره آماری ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ استفاده شد. برای بررسی روند دراز مدت میزان ریزش برف سالانه، پوشش برف و آب معادل ذوب برف از مدل رگرسیون خطی استفاده شد. مقایسه نقشه‌های کاربری زمین در سه دوره موردنظر نشان داد که سطح پوشش سبز شامل مرتع و جنگل کاهش یافته است. در حالی که سطح زمین‌های انسان‌ساخت و زمین‌های کشاورزی افزایش نشان می‌دهد. مساحت زمین‌های انسان‌ساخت از ۶/۹ درصد در دوره اول به ۱۱/۴ درصد در دوره دوم و مساحت زمین‌های کشاورزی از ۱۲۰۵ کیلومتر مربع در دوره اول به ۱۳۳۲ کیلومتر مربع در دوره سوم رسیده است. همچنین، مساحت پوشش برف در دوره دوم و سوم نسبت به دوره اول کاهش را نشان می‌دهد. مقادیر بدست آمده از تحلیل روند بارش روند معنادار خاصی را نشان نمی‌دهد. با بررسی روند خطی برف طی دوره آماری ۲۰۰۱-۲۰۱۸ نیز مشخص شد، در پوشش برف، تعداد روزهای برفی و آب معادل ذوب برف روند داده‌ها کاهش یافته است؛ اما با مقایسه دوره‌های موردنظر می‌توان فهمید در کاهش دبی زاینده‌رود تأثیر عوامل انسانی بسیار بیشتر از عوامل اقلیمی است.

کلمات کلیدی: کاربری و پوشش زمین، رواناب، مدل FLDAS، روند.

حوضه زاینده‌رود.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۷/۱۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۱۳

1- Ph.D. Candidate in Climatology, University of Zanjan, Zanjan, Iran. Email: N_hesami12@yahoo.com

2- Professor of Climatology, University of Zanjan, Zanjan, Iran. Email: Asakereh1@yahoo.com

3- Assistant Professor of Climatology, University of Zanjan, Zanjan, Iran. Email: Raispour@znu.ac.ir

*- Corresponding Author

Doi: [10.22034/IWRR.2024.191695](https://doi.org/10.22034/IWRR.2024.191695)

۱- دانشجوی دکتری تغییرات آب و هوایی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۲- استاد آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۳- استادیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان تابستان ۱۴۰۳ امکانپذیر است.



بر روی زمین انجام داد (Gibson & Power, 2000). در این میان شگرد سنجش از دور جهت درک و مدیریت منابع طبیعی و بررسی تغییرات در یک دوره‌ی زمانی، ابزاری مناسب و کاربردی است (Junfeng et al., 2011). سنجش از دور، علم و هنر شناسایی پدیده‌ها از فاصله دور بدون تماس فیزیکی با آنها تعریف شده است (Farajzadeh & Karimi, 2013). با توجه به محدودیت اطلاعاتی که در تأمین داده‌ها به‌ویژه در وسعت زیاد، همراه با مشکلات و موانع فراوانی است، بنابراین لزوم استفاده از فن‌آوری سنجش از دور با شرایط زمانی، همراه با ویژگی پیوستگی و داده‌برداری در محدوده‌های گسترده بسیار می‌تواند کارا باشد (Kakeh Mami et al., 2020).

در دهه‌های اخیر کاربری‌ها و نوع استفاده از زمین در بسیاری از حوضه‌های آبخیز در نتیجه عواملی چون افزایش جمعیت، بالا رفتن استانداردهای زندگی، تغییر روش‌های کشاورزی و استفاده سنتی از منابع طبیعی، تفاوت معنی‌داری نسبت به گذشته پیدا کرده است. تغییرات کاربری اراضی و پوشش اراضی تأثیرات شگرفی بر سایر متغیرهای حوضه همچون رفتار هیدرولوژیکی حوضه آبریز دارند (Prashant et al., 2012). کاربری و پوشش اراضی به‌علت تأثیر در نفوذ و فرسایش و تبخیر و تعرق نقش مهمی در تولید رواناب دارند. تغییرات کاربری اراضی باعث تغییر در سیکل هیدرولوژیکی حوضه شده و در نتیجه باعث تغییر تعادل آب بین بارش، تبخیر، نفوذپذیری و پاسخ رواناب می‌شوند (Marcos et al., 2003). ویژگی‌های خاک و توپوگرافی در یک مقیاس کوچک در حوضه اتفاق می‌افتد ولی تغییر در پاسخ هیدرولوژیکی یک حوضه آبریز به تغییر در نوع و توزیع کاربری و پوشش زمین بستگی دارد. به‌همین دلیل مطالعات پرشماری (در ایران و جهان) در این زمینه صورت گرفته است (Miller et al., 2002; Ghafari et al., 2009; Nie et al., 2011; Nohegar et al., 2012; Chen et al., 2014; Shanani & Zaraee, 2016; Kazemi et al., 2017; Guzha et al., 2018; Ahmadisharaf et al., 2020; Gholamian & Eldemi, 2020; Samal & Gedam, 2021). درک رابطه بین تغییرات کاربری اراضی و عوامل مرتبط با آن و اثرات ثانوی آن بر رژیم هیدرولوژیکی، اطلاعات ضروری برای برنامه‌ریزی استفاده از زمین و مدیریت پایدار منابع طبیعی فراهم می‌کند (Palamuleni et al., 2011). هرچند عوامل و پیامدهای یاد شده مرتبط با تغییرات کاربری زمین در یک حوضه آشکار است، اما تعیین دقیق کمیت‌ها بسیار دشوار است (Pikounis et al., 2003). تغییرات شدید کاربری زمین در کوتاه‌مدت باعث اختلال در سیستم هیدرولوژیکی هم به‌صورت افزایش مقدار آب از طریق سیلاب و هم به‌صورت کاهش آب از طریق کاهش و یا حذف جریان کمینه می‌شوند (Croke et al., 2004).

یکی از مخاطرات محیطی و بحران‌های بوم‌شناختی که امروزه جهان با آن روبروست، پدیده‌ی تغییر کاربری زمین است (Mousavi, 2014). تسریع روند تغییرات کاربری زمین به تغییرات چشمگیر در کره زمین و تحول کاربری‌ها منجر شده است (Zare Ernani and Gabriels, 2006; Gharagozlou, 2004). از عوامل اصلی مرتبط با این دگرگونی، گسترش فعالیت‌های خدماتی (نظیر پدیده شهرنشینی)، فعالیت‌های تولیدی (نظیر کشاورزی) و تغییرات طبیعی (ناشی از کاهش بارش یا افزایش دما) بوده است. شهرنشینی مؤلفه‌ای مهم در تغییر شکل سرزمین‌های جهان است (Sayahnia et al., 2014). به همین دلیل مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است (Reis, 2003; Richard, 2003; Wu, 2006; Ghorbani et al., 2010; Esmaeil, 2010; Haibo et al., 2011; Cui & Wang, 2015; Butt et al., 2015; Mei et al., 2015; Akbari et al., 2016; Asghari, 2019; Bokaeen et al., 2020; Zhou et al., 2021; Huq & Abdul-aziz, 2021). امروزه از تغییر کاربری اراضی کشاورزی و عوامل تشدیدکننده آن به عنوان یکی از چالش‌های زیست‌محیطی قرن اخیر نام برده می‌شود (Mohammadzadeh et al., 2014). در سال‌های اخیر محققان داخلی و خارجی مطالعات زیادی را در این باب انجام داده‌اند (Futemma & Eduardo, 2003; Fezzi & Bateman, 2011; Mohammadzadeh et al., 2014; Jamali Poor et al., 2015; Ghadimi et al., 2018; Mohammadzadeh et al., 2019; Xia et al., 2020; Boatend & Mensah, 2021; Sha Zhang et al., 2021; Gurgel et al., 2021). افزایش دما و تبخیر، تغییر در میزان و رژیم بارندگی از جمله نمودهای مورد توجه تغییرات اقلیمی است که بر روی سامانه‌های آبی، کاهش ذخیره پوشش برف و غیره تأثیرگذار بوده است. به دنبال تأثیراتی که پدیده تغییر اقلیم بر عناصر و عوامل اقلیمی در بیشتر نقاط جهان داشته است، در مناطق مختلف، پژوهش‌های متعددی در این زمینه انجام شده است (Ebrahimi et al., 2012; Dadashi et al., 2016; Jahanbakhsh et al., 2016; Falahati, 2017; Zittis et al., 2021; Zhang et al., 2021; Getahun, 2021; Song & Park, 2021).

آگاهی از انواع پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف، به عنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Alavi Panah & Masoudi., 2001). آشکارسازی دقیق و به‌موقع تغییرات سیما برای فهم روابط و برهمکنش انسان با پدیده‌های طبیعی برای بهبود و ارتقای تصمیم‌گیری اهمیت بسیار دارد (Irabor & Oduyemi, 2000; Douglas et al., 2004; Prashant, 2012) و می‌توان آن را در یک مقیاس زمانی مانند یک دهه به منظور ارزیابی تغییرات منابع طبیعی

حوضه آبریز زاینده‌رود به دلیل واقع شدن در ناحیه مرکزی ایران و در مسیر ارتباطی و راه‌های مواصلاتی چندین استان، از یک طرف و حجم گسترده فعالیت‌های اثرگذار و چشم‌گیر انسانی در این حوضه از حیث تغییرات جمعیت، دست‌کاری‌های طبیعی در جریان رودها و آبراهه‌ها، تغییر کاربری اراضی، توسعه صنعتی گسترده، آلودگی‌های زیست‌محیطی متنوع و رو به ازدیاد و سایر جنبه‌های مربوط به فعالیت انسانی از طرف دیگر، به کارگیری اصول مدیریت کلیه منابع این حوضه را در ورای تصمیمات اتخاذی در سطوح منطقه‌ای و استانی اجتناب‌ناپذیر نموده است (Najafi et al., 2009). با این وجود مطالعه‌ای که نقش تغییرات کاربری و پوشش زمین را بر روی رواناب حوضه زاینده‌رود آشکار سازد کمتر انجام شده است. در پژوهش حاضر هدف بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر رواناب حوضه زاینده‌رود است. تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین به عنوان یکی از عوامل مهم و مؤثر بر تغییرات رواناب است. بنابراین تشخیص دقیق این نوع تغییرات، می‌تواند در درک بهتر روابط و تعاملات میان انسان و فرایندهای طبیعی مؤثر باشد. پژوهش‌های پیشین، بیشتر نقش این تغییرات را بر پارامترهای کیفی آب بررسی کرده و کمتر به تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر کمیت رواناب حوضه زاینده‌رود پرداخته شده است.

۲- داده و روش‌ها

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

زاینده‌رود یا زنده‌رود به معنی رود زندگی‌بخش، مهم‌ترین رودخانه فلات مرکزی ایران است که از ارتفاعات زاگرس و کوه‌های مرتفع زردکوه بختیاری سرچشمه می‌گیرد و به تدریج که وارد جلگه اصفهان می‌گردد، از شیب آن کاسته و پس از مشروب نمودن اراضی مستعد و دشت‌های کشاورزی از شهرهای اژیه و ورزنه عبور نموده و وارد تالاب گاوخونی می‌شود. مساحت این حوضه برابر با ۴۱۵۴۷ کیلومتر مربع است.

موقعیت ارتفاعی حوضه زاینده‌رود در شکل ۱ مشخص شده است. حوضه زاینده‌رود دارای طیف گسترده ارتفاعی است و از ناحیه کوهستانی تا تالاب و دشت را در خود جای داده است. ارتفاعات زردکوه بختیاری (کوه کاربوش) با ۴۳۰۰ متر بلندترین نقطه توپوگرافیک حوضه آبریز زاینده‌رود است و ارتفاع پست‌ترین نقطه حوضه در کنار باتلاق گاوخونی (ورزنه) ۱۴۵۰ متر است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای اصفهان). ناحیه کوهستانی حوضه زاینده‌رود، سرچشمه رودخانه زاینده‌رود است. منطقه‌ای است با کوه‌های فشرده و دره‌های کم‌عرض که ناهمواری‌های به‌صورت دیواره‌های بلند و دره‌های تنگ موازی و

صعب‌العبور با شیب تند است. شعبه‌های رودخانه که در این تنگه‌ها به موازات یکدیگر جاری هستند، به‌سختی از دره‌ای به دره‌ی دیگر راهی یافته و راه‌های آنها را تنگ می‌نامند (از جمله تنگ گزی، تنگ زرده و غیره). ناحیه نیمه کوهستانی حوضه زاینده‌رود از اطراف به‌وسیله کوه‌های مرتفع محصور شده است و به‌صورت حوضه‌ای مستقل ولی از درون تا حدودی ناهموار درآمده است. این ناحیه منطقه درجه دوم سرچشمه‌های زاینده‌رود محسوب می‌شود. حوضه آبیاری زاینده‌رود در اصفهان شامل نوار باریکی از اراضی متشکل از رسوبات رودخانه زاینده‌رود است که به علت ارتفاع متناسب آن از بستر رودخانه امکان بهره‌برداری از آب این رود برای ساکنین آن بیش از سایر نواحی است. (جونقانی، ۱۳۹۵: ۲۲). حدود ۹۰/۹ درصد حوضه آبریز در استان اصفهان، ۲/۳ درصد در استان یزد، ۳/۴ درصد در استان فارس و ۳/۴ درصد در استان چهارمحال و بختیاری واقع شده است. این رودخانه آب آبیاری، شرب و صنعت استان اصفهان را که یکی از مهم‌ترین مناطق اقتصادی ایران است، تأمین می‌کند. البته فقط اراضی بالادست حوضه زاینده‌رود، در تأمین جریان‌های آبی مؤثر می‌باشند و محدوده پایین‌دست سد، جریان ورودی به رودخانه نداشته و اگر هم جریانی بوده بسیار نادر و کم است. جریان طبیعی رودخانه زاینده‌رود با انحراف آب از تونل‌های انحرافی یک و دو کوه‌رنگ که از رودخانه کوه‌رنگ در استان چهارمحال و بختیاری سرچشمه می‌گیرد، افزایش می‌یابد. قسمت‌های مرکزی و پایین دست دره زاینده‌رود شامل نواحی خشک و نیمه‌خشک و نیز مراتع پرشیب کوهستانی بوده ولی اکثر چشم‌انداز این محدوده، دشت‌های رسوبی با شیب ملایم و با بستر خشک است که گاه‌گاهی سیلاب‌های لحظه‌ای نادر در آن جریان می‌یابد (Salemi & Morai., 2004). به علت طیف گسترده ارتفاعی حوضه از ۱۴۷ متر تا ۳۹۷۴ متر، سیمای اقلیمی آن نمونه‌های مختلف آب و هوایی از فراخشک تا بسیار مرطوب را در برمی‌گیرد (Babae et al., 2011).

زاینده‌رود به دلیل تأمین آب شرب مصرفی، تغذیه چاه‌ها و منابع آب زیرزمینی و به‌عنوان یک اکوسیستم که نقش تعیین‌کننده‌ای در حیات بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری دارد، حائز اهمیت فراوان است. نابودی اکوسیستم رودخانه و از دست دادن بخشی از تنوع زیستی، خشک شدن مادی‌ها و چاه‌ها، بی‌حاصلی و شوری اراضی پایین‌دست، برهم خوردن تعادل اقتصادی و اجتماعی جوامع ذی‌نفع، گسترش تضادها و کشمکش‌ها و تبدیل بستر رودخانه به منشایی برای پراکنش گرد و غبار از آثار سو ناشی از خشکی زاینده‌رود است. تالاب گاوخونی هم تقریباً خشک شده است. این امر پیامدهای قابل پیش‌بینی (نظیر ریزگردهای سمی و نمک) و غیر قابل پیش‌بینی ناهنجار برای گستره قابل توجهی از کشور خواهد داشت (Hajjan, 2013).

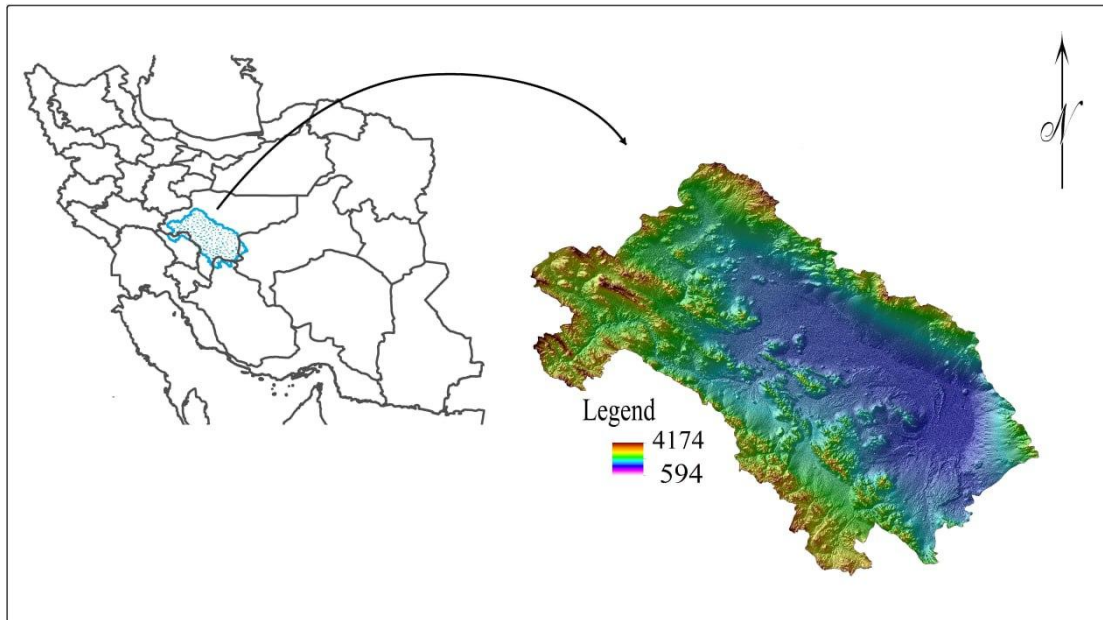


Fig. 1- Geographical location and topography of Zayandehrud catchment

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی حوضه آبریز زاینده‌رود

۲-۲- داده و روش‌ها

شده آب و هوایی (ECMWF⁶) و بارش جهانی با دقت مکانی ۱۰ کیلومتری ($0.1^\circ \times 0.1^\circ$) حاصل می‌شوند که از وبگاه Earth data و از طریق لینک زیر قابل دریافت است:

http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/datasets/FLDAS_NOAH01

داده‌های سطحی بارش ۲۷۹ ایستگاه (ایستگاه‌های همدید، اقلیم‌شناسی، باران‌سنجی سازمان هواشناسی کشور و باران‌سنجی وزارت نیرو)، و دبی ۸ ایستگاه (ایستگاه‌های هیدرولوژی وزارت نیرو) طی دوره آماری ۲۰۱۸-۱۹۶۹ جهت بررسی تغییرات زمانی پارامترهای اقلیمی استفاده شد.

در پژوهش حاضر تصاویر اخذ شده از GEE برای دوره ۳۴ ساله مورد بررسی قرار گرفت. این تصاویر در سه زیر دوره (دوره اول و دوم ۱۰ سال و دوره سوم ۱۴ سال) بررسی شد. میانگین تصاویر در زیر دوره‌های ذکر شده به دست آمده و نقشه مورد نظر با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر ترسیم شد. در این پژوهش، از طبقه‌بندی پیکسل پایه که مجموعه‌ای نوین از الگوریتم‌های طبقه‌بندی است، بهره گرفته شد. به دلیل عدم امکان برداشت نمونه‌ها به صورت میدانی از این روش استفاده شد. جهت انتخاب نمونه‌های آموزش برای فرایند طبقه‌بندی نظارت شده، از تصاویر گوگل ارث^۷ استفاده و تا حد امکان سعی شد که پراکنش نمونه‌های آموزش در سطح منطقه همگن و با پراکنش مناسب باشند. در مطالعه حاضر برای اراضی شهر از ۷۰۰ نمونه

در پژوهش حاضر جهت به دست آوردن نقشه کاربری زمین و دستیابی به تغییرات کمی و کیفی رخ داده در منطقه، از نقشه‌های کاربری براساس داده‌های رقومی ماهواره‌ای سری لندست ۵ و ۷ سنجنده‌های TM و ETM+ ارائه شده در «گوگل ارث انجین» (GEE)^۸ طی دوره آماری ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸ استفاده شده است. به دلیل بررسی تغییرات دهه‌های ماهواره‌های مورد نظر استفاده شد. این داده‌ها به پیش پردازش و تصحیحات اولیه (هندسی، رادیومتریک و غیره) نیازی ندارند و به صورت آماده برای پردازش عرضه شده‌اند. در این سامانه با استفاده از پلتفرم محاسبات ابری GEE، تصویر پردازش شده است. GEE یک بستر علمی برای پردازش، تحلیل و بصری‌سازی تصاویر ماهواره‌ای است که سازمان‌هایی چون ناسا و سازمان فضایی اتحادیه‌ی اروپا از آن پشتیبانی می‌کنند. تصاویر ماهواره‌ای با وضوح متوسط (نظیر تصاویر ماهواره‌ی لندست) به ویژه در مناطق تحت تأثیر فعالیت‌های بشری، به طور گسترده و موفقیت‌آمیز برای پایش و نقشه‌برداری تغییرات کاربری زمین مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Mishra and Rai, 2016). جهت بررسی میزان ریزش برف، آب ذوب برف و سطح پوشش برفی در حوضه زاینده‌رود، از مدل FLDAS (سیستم تلفیق داده‌های زمین (LDAS^۲) مربوط به شبکه مجموعه سیستم‌های هشدار قحطی زودرس (FEWS NET^۳) استفاده شد. خروجی‌های حاصل از فرانسج‌های مطالعه شده توسط این مدل از داده‌های سنسجش از دور ماهواره ای (MODIS^۴ و AVHRR^۵)، مشاهدات (زمینی)، بازکاوی

خط برازش یافته است و عبارت از تانژانت زاویه خط وایازی و x محور افقی است. چنان که شیب خط مثبت ($b > 0$) باشد نشان دهنده رابطه مستقیم دو متغیر و روند افزایشی و شیب منفی ($b < 0$) نشان دهنده رابطه معکوس دو متغیر و روند کاهش می‌باشد. فقدان شیب ($b = 0$) نشان دهنده فقدان روند می‌باشد.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})(p_i - \bar{p})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2} \quad (4)$$

$$a = \bar{p} - b\bar{t} \quad (5)$$

۳- بحث و نتایج

۳-۱- تغییرات زمانی کاربری زمین

شکل ۲، توزیع مکانی کاربری زمین را برای سه دوره مورد بررسی (۱۹۹۴-۱۹۸۵، ۲۰۰۴-۱۹۹۵، ۲۰۱۸-۲۰۰۵) و برای ۱۱ طبقه کاربری و پوشش زمین نشان می‌دهد. گستره انواع کاربری‌ها (مساحت و درصد مساحت) در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در طول دوره مورد مطالعه، قسمت اعظم اراضی منطقه مربوط به زمین‌های بایر و مراتع فقیر می‌باشد. در دوره اول حدوداً ۲۰۶۷۶ کیلومتر مربع و در دوره دوم و سوم حدود ۲۱۱۱۶ کیلومتر مربع از مساحت کل حوضه به این طبقه اختصاص یافته است. کم‌ترین گستره نیز در دوره اول مربوط به کاربری تالاب با ۸۱/۵ کیلومتر مربع که ۰/۲ درصد از کل مساحت را شامل می‌شود و در دوره دوم و سوم کم‌ترین وسعت مربوط به کاربری جنگل با ۳۳۲/۲ کیلومتر مربع (۰/۸ درصد) می‌باشد. مساحت کاربری جنگل (دست کاشت، انبوه و نیمه انبوه) طی دوره‌های ۱۹۹۴-۱۹۸۵، ۲۰۰۴-۱۹۹۵ و ۲۰۱۸-۲۰۰۵ کاهش می‌یابد و به ترتیب برابر با ۵۲۵/۲ کیلومتر مربع و ۳۳۲/۲ کیلومتر در دو دوره بعدی است. یکی از عوامل مرتبط با تخریب جنگل، تبدیل آن به زمین‌های کشاورزی است. همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است، از میزان مساحت کاربری جنگل و مرتع کاسته شده و به کاربری کشاورزی اضافه شده است. مساحت کاربری جنگل و مرتع به ترتیب در دوره اول ۱/۳ و ۱۲/۸ درصد، در دوره دوم ۰/۸ و ۱۰/۹ درصد و در دوره سوم ۰/۸ و ۱۰/۲ درصد بوده و مساحت کاربری کشاورزی در دوره اول ۲/۹ درصد، در دوره دوم ۳/۲ درصد و در دوره سوم ۳/۳ درصد است. (Aliani et al. (2011), Hoveizeh & Zaree (2016), Saraskanrood & Palizban (2018), Ghanbari et al. (2018), Saraskanrood et al. (2019) و Nabizadeh et al. (2016) نیز در مناطق مورد بررسی به نتایج مشابهی رسیدند. بر اساس شکل ۲ تخریب کاربری جنگل بیشتر در اطراف شهر اصفهان و تخریب کاربری مرتع در بخش‌های سراب حوضه دیده می‌شود. در بخش‌های شمالی

آموزشی، آب ۲۲۰ نمونه، کشاورزی ۴۲۰ نمونه، زمین‌های بایر ۲۴۰، جنگل ۲۳۰ نمونه، برف ۲۰۰ نمونه، مرتع ۲۳۰ نمونه، دریاچه نمک ۱۰۰ نمونه، تالاب ۱۳۷ نمونه، رخنمون‌های سنگی ۲۰۰ نمونه و برای اراضی شور و نم‌زار ۱۱۰ نمونه جهت تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی استفاده شد. بدین ترتیب طبقه‌بندی پهنه‌ها براساس طبقه‌بندی «کوتاه‌ترین فاصله»^۸ انجام شد. اساس روش طبقه‌بندی کوتاه‌ترین فاصله بر محاسبه بردار میانگین هر طبقه (میانگین در تمام باندها) و محاسبه فاصله هر پیکسل تا هریک از این میانگین‌ها در فضای چند طیفی است. طبقه‌ای که میانگین مقادیر آن کم‌ترین فاصله را با پیکسل دلخواه داشته باشد، به پیکسل نسبت داده خواهد شد (Fatemi & Rezaee, 2017). سپس با استفاده از کدهای نسبتاً ساده جاوا اسکریپت نقشه‌های کاربری زمین استخراج شد. برای بدست آوردن تصاویر کاربری اراضی از دو نمایه؛ نمایه گیاهی تفاضل نرمال شده (NDVI)^۹ و نمایه طیفی توسعه‌ی شهری (NDBI)^{۱۰} استفاده شد. پس از بدست آمدن تصاویر، نقشه‌های مورد نظر و مساحت هر کاربری در محیط ArcGIS مشخص شد.

نمایه NDVI از معروف‌ترین، ساده‌ترین و کاربردی‌ترین نمایه‌های گیاهی شناخته شده تاکنون می‌باشد. که با رابطه ۱ قابل دستیابی است (Farajzadeh & Karimi, 2013):

$$NDVI = \frac{P_{nir} - P_{red}}{P_{nir} + P_{red}} \quad (1)$$

که در آن P_{nir} انعکاس در محدوده طیفی باند مادون قرمز نزدیک و P_{red} باند قرمز است. این نمایه دارای مقادیر نرمال (بین +۱ و -۱) است.

نمایه NDBI مناطقی از شهر را بارزتر می‌کند که بازتاب زیاد در محدوده‌ی مادون قرمز طول موج کوتاه^{۱۱} (SWIR) در مقایسه با محدوده مادون قرمز نزدیک^{۱۲} (NIR) دارند (Mohammadi & Khodabandelou, 2020) و از رابطه ۲ به دست می‌آید:

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \quad (2)$$

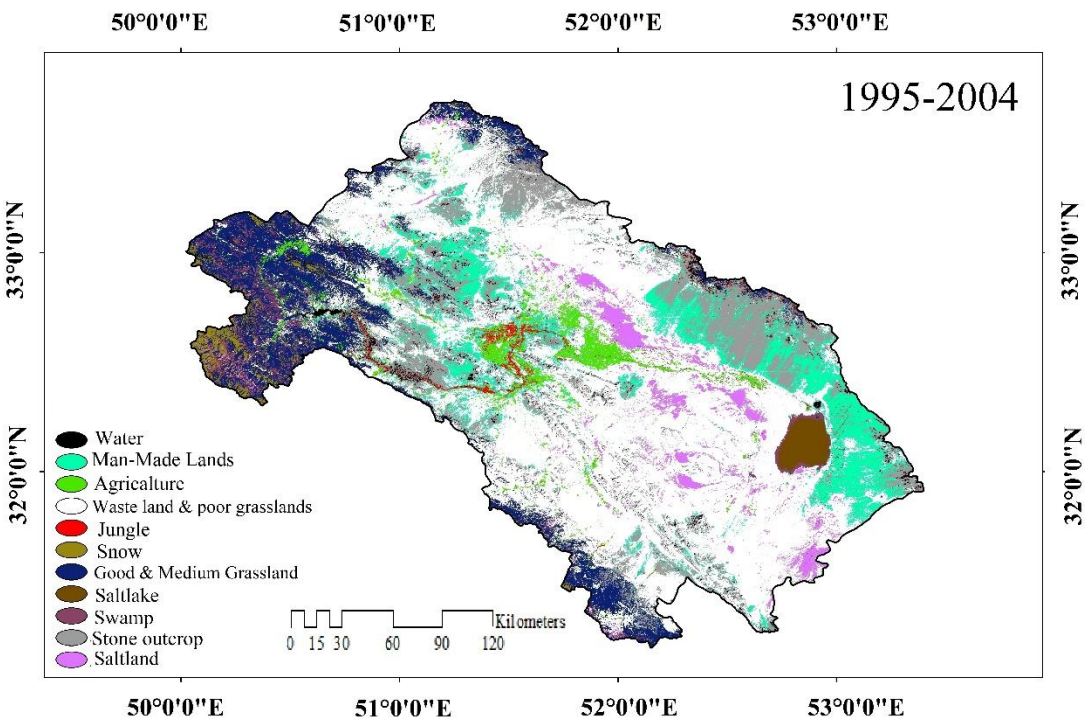
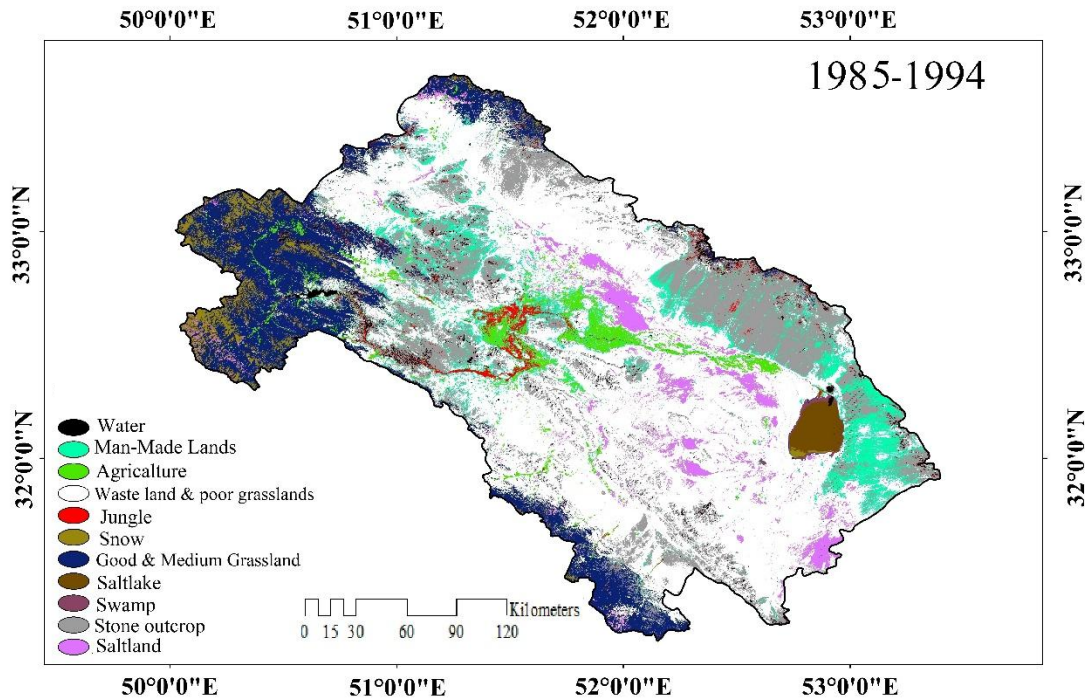
در نهایت بر اساس رگرسیون خطی روند بارش، تبخیر، دبی و شاخص‌های برف (آب معادل ذوب برف، پوشش برف و ریزش برف) محاسبه و بدست آمد. یکی از پرکاربردترین روش‌های تحلیل روند سری‌های زمانی، برآورد شیب خط رگرسیون است (Asakereh, 2007). معادله رگرسیون خطی برای بارش (p) و زمان (t) طبق رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$p = a + bt_i \quad (3)$$

در این رابطه p بارش، t زمان و b شیب خط است. عرض از مبدأ بیانگر نقطه آغاز ارتباط دو متغیر و شیب خط مقدار کجی یا انحنای بهترین

به ۲۶۰۰۳۳۵ نفر رسیده است. به دلیل افزایش سه برابری جمعیت در حوضه زاینده‌رود که باعث کمبود منابع آب، خاک و پوشش گیاهی در این منطقه شده است، بهره‌برداران برای دستیابی به زمین جهت کشاورزی اقدام به تغییر در کاربری اراضی مرتعی نموده و بدون توجه به پتانسیل این اراضی بخشی از مراتع را به کشاورزی تبدیل نموده‌اند.

حوضه نیز از کاربری مرتع کاسته شده و به کاربری کشاورزی اضافه شده است. بر اساس آمار سرشماری نفوس و مسکن، در سال ۱۹۸۵ (۱۳۶۵) جمعیت شهرستان اصفهان به عنوان بزرگترین شهرستان که در حوضه زاینده‌رود و در مسیر این رود قرار دارد ۱۴۲۰۴۹۲ نفر بوده و در سال ۲۰۱۵ (۱۳۹۵) جمعیت این شهرستان



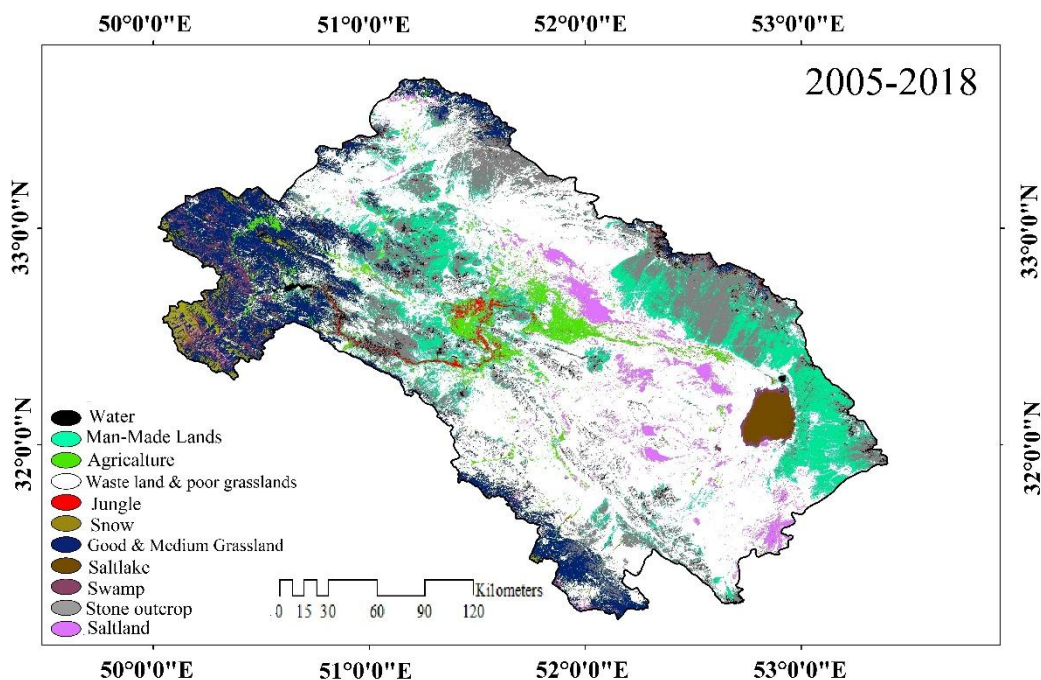


Fig. 2- Spatial distribution of land use in Zayandehrud basin in the studied periods

شکل ۲- توزیع مکانی کاربری اراضی حوزه زاینده‌رود در دوره‌های مورد مطالعه

می‌باشد. در حوزه مورد مطالعه، مساحت پوشش برفی از ۹۹۲/۹ کیلومتر مربع در دوره اول به ۴۹۲/۴ کیلومتر مربع در دوره دوم و سوم کاهش یافته است. در واقع کاهش پوشش برف یکی از جلوه‌های تغییرات آب و هوایی است. علاوه بر این یکی از عوامل مؤثر در فرایند تغییر اقلیم نیز تغییرات عمده در مقدار بارش باران و برف و نیز زمان ذوب برف‌ها بوده که بهره‌برداری از منابع آب را تحت‌الشعاع خود قرار داده است (Mokhtari Motlagh et al., 2011). در این زمینه یافته‌های برخی پژوهشگران از جمله (Abrahimi et al. (2012)، (Fatahi & Falahati et al. (2017)، (Ghasemi et al. (2013)، (Moghimi (2019) برای سایر نقاط ایران با این پژوهش هماهنگی دارد. با مقایسه نقشه‌های کاربری در سه دوره مورد نظر، می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین مساحت تغییرات کاربری اراضی به ترتیب مربوط به کاربری‌های کشاورزی، شهر (افزایش) و مرتع، جنگل و پوشش برف (کاهش) می‌باشد. با نظر به جدول ۱ می‌توان گفت بیش‌ترین عوامل تغییرات کاربری زمین در حوزه زاینده‌رود به‌طور عمده به علت گسترش فعالیت‌های انسانی است که اثرات منفی بر محیط زیست و منابع طبیعی منطقه داشته است. به عبارتی دیگر با تبدیل بخشی از کاربری مرتع و جنگل به کاربری کشاورزی و افزایش مساحت زمین‌های انسان‌ساخت می‌توان به این نتیجه رسید که فعالیت‌های انسانی بیشترین تأثیر را بر پوشش زمین‌های حوزه زاینده‌رود داشته است.

دلیل افزایش اراضی کشاورزی بهره‌برداری از سد زاینده‌رود است. این سد با هدف استفاده از آب‌ها و تأمین آب مورد نیاز کشاورزی حاشیه زاینده‌رود و شهرهای استان است.

در طول دوره مورد بررسی، مساحت کاربری پهنه آبی و دریاچه نمک به همان صورت باقی مانده است. مساحت پهنه آبی در هر سه دوره ۱/۴ درصد و مساحت دریاچه نمک ۱/۱ درصد از مساحت کل بوده است. مساحت اراضی ساخته شده در بازه مورد مطالعه افزایش یافته است؛ به طوری که در دوره اول مساحت این کاربری ۲۸۸۴/۲ کیلومتر مربع، دوره دوم ۴۲۶۲/۹ کیلومتر مربع و در دوره سوم ۴۷۵۰/۷ کیلومتر مربع است. افزایش جمعیت و تبدیل بخشی از زمین‌های کشاورزی به ویلا، ساختمان مسکونی و غیره باعث افزایش این کاربری شده است. بنابراین مناطق مسکونی نیز در طی این دوره، دستخوش تغییرات قابل تأملی قرار گرفته و به میزان ۴/۵ درصد افزایش یافته است. این نتیجه نشان می‌دهد که با توجه به رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای سکونتگاه، تبدیل اراضی طبیعی و کشاورزی به مناطق انسان‌ساخت از رویدادهایی است که در گذر زمان اتفاق افتاده است. اراضی شوره‌زار و نم‌زار نیز از ۴/۱ درصد در دوره اول به ۳/۶ درصد در دوره دوم و ۳/۳ درصد در دوره سوم تغییر کرده و حدود ۰/۸ درصد از این اراضی به زمین‌های بایر تبدیل شده است. همچنین، مساحت طبقه پوشش اراضی رخنمون سنگی با تغییرات ۲/۷ درصد کاهش یافته است.

Table 1- Surface of units, lands and cover in Zayandehrud catchment during the studied periods

جدول ۱- سطح واحدها، اراضی و پوشش موجود در حوضه آبریز زایندهرود طی دوره‌های مورد بررسی

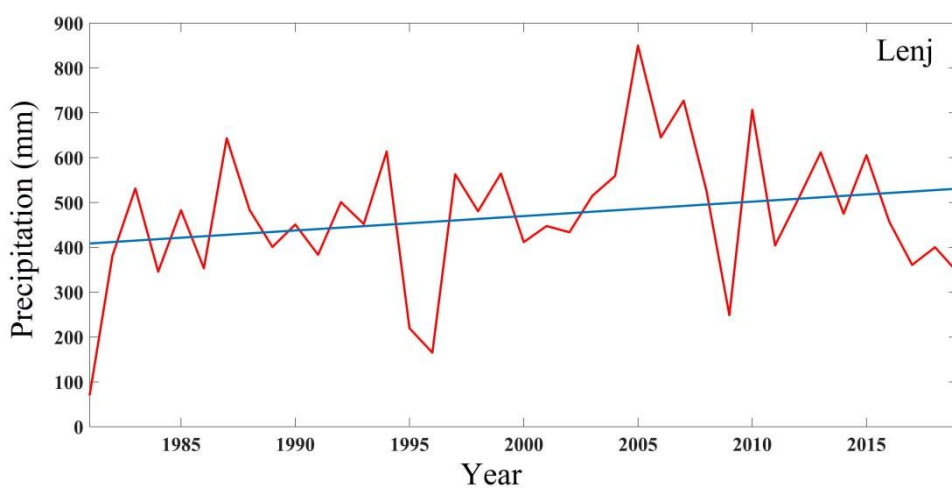
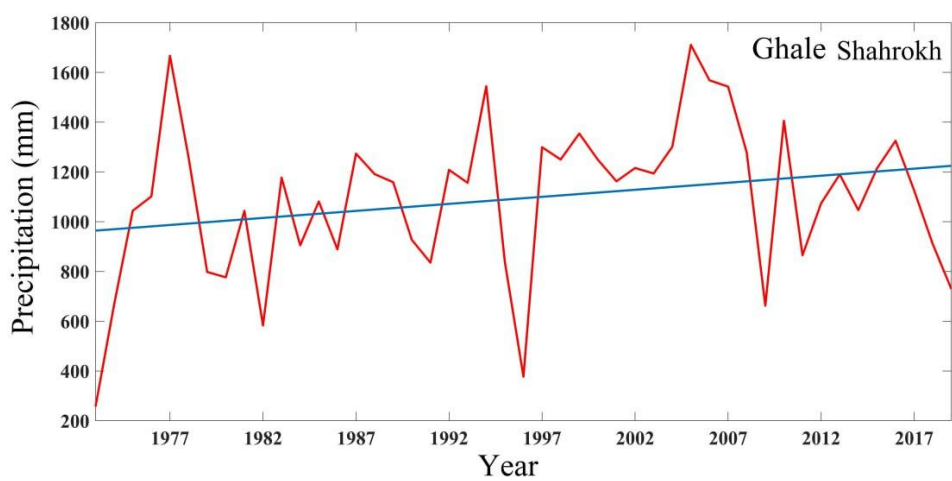
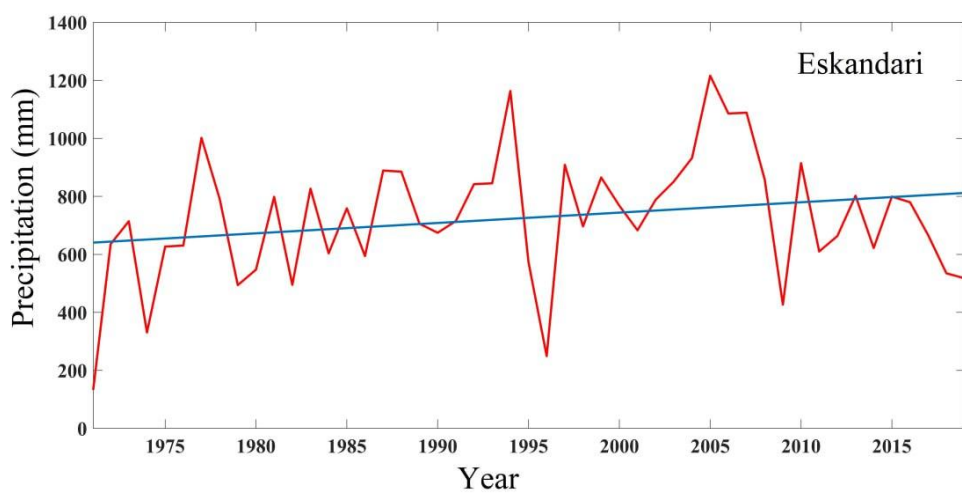
Area (%)			Area (km ²)			
2005-2018	1995-2004	1985-1994	2005-2018	1995-2004	1985-1994	
1.4	1.4	1.4	592.8	592.8	592.9	Water
11.4	10.3	6.9	4750.7	4262.9	2884.2	Man-Made Lands
3.3	3.2	2.9	1332.5	1318.8	1205.8	Agriculture
50.8	50.8	49.8	21115.7	21115.5	20675.8	Waste land & poor grasslands
0.8	0.8	1.3	332.2	332.2	525.2	Jungle
1.2	1.2	2.4	492.3	492.4	992.9	Snow
10.2	10.9	12.8	4228.9	4519.7	5303	Good & Medium Grassland
1.1	1.1	1.1	442.1	442.1	435.1	Saltlake
2.1	2.3	0.2	870.3	937.7	81.5	Swamp
14.4	14.4	17.1	5999.2	5978.8	7112.9	Stone outcrop
3.3	3.6	4.1	1390.3	1554.1	1737.7	Saltland
100	100	100	41547	41547	41547	Total Area

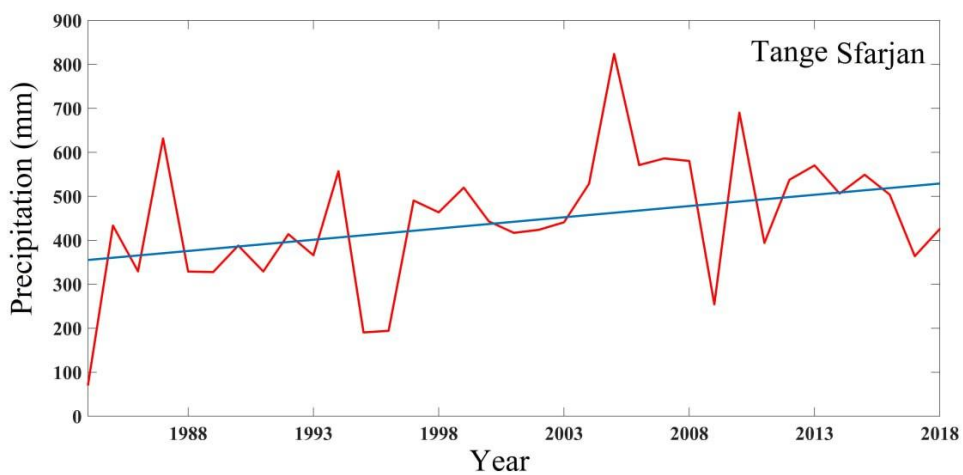
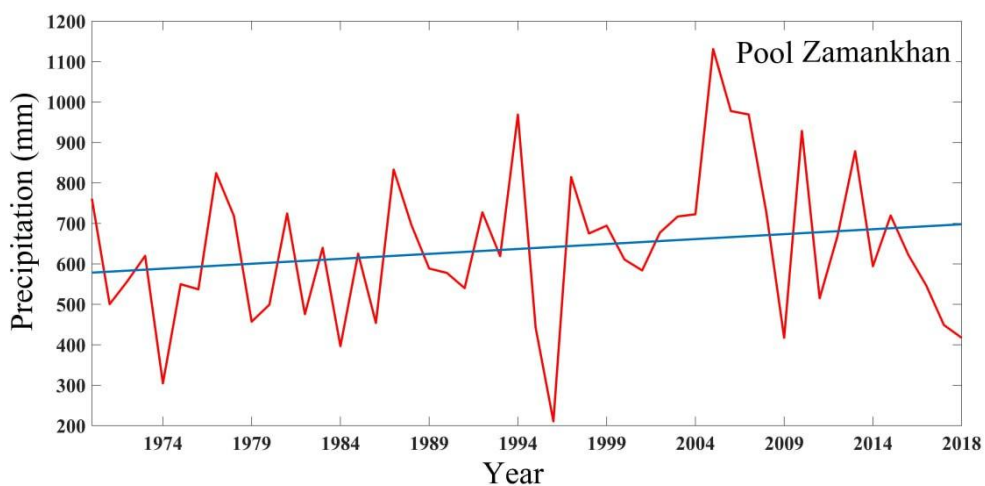
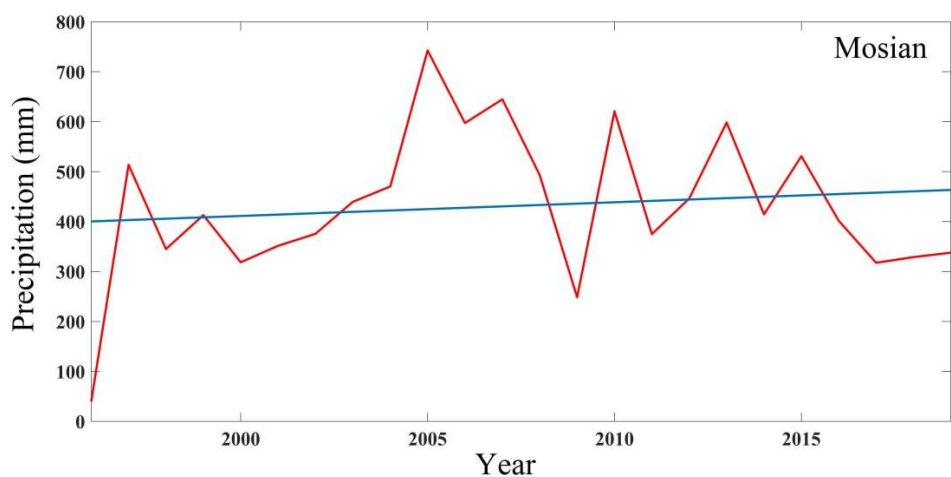
نمی‌شود. نتایج بدست آمده با نتایج مطالعات Ghorbani and Somayeh و Hejam and Sharjipoor (2003)، Soltani (2002) و Sadat et al. (2016) همخوانی دارد.

با بررسی روند خطی برف طی دوره آماری ۲۰۱۸-۲۰۰۱ نیز مشخص شد، در پوشش برف، تعداد روزهای برفی و آب معادل ذوب برف روند داده‌ها کاهشی است. مطالعه روند فراسنج‌های برف، برای مناطقی که منبع اصلی آب آن‌ها از انبارهای برفی حاصل می‌شود، اهمیت زیادی دارد. بنابراین مشخص است که با کاهش روزهای برفی و به تبع آن کاهش گستره پوشش برف، در میزان کاهش دبی حوضه نقش مؤثری داشته‌اند. نتایج روند کاهش روزهای برفی و پوشش برفی با سایر نتایجی که در این زمینه انجام شده است همخوانی دارد. Keikhorravi and Masoodian (2017) مشخص کردند در روزهای پرپوشان در ایران کاهش روند دیده می‌شود. یافته‌های پژوهش Joshi et al. (2015) نشان داد در حوضه بگیراهی در هندوستان روند کاهش گستره پوشش برف دیده می‌شود. Khadka et al. (2014) نیز با بررسی روند پهنه برف در حوضه تاماکوشی، مشخص کردند در مساحت پهنه زیربرف این حوضه، روند کاهشی رخ داده است. با توجه به عدم روند در داده‌های بارش و کاهش روزهای برفی و به تبع آن پوشش برف مشخص می‌شود مقدار بارش‌ها تغییر نکرده بلکه در نوع بارش در حوضه مطالعاتی تغییر ایجاد شده است و نوع بارش‌ها از جامد به مایع تبدیل شده است. بنابراین در حوضه مطالعاتی بیشتر بارش‌ها از نوع باران است.

۳-۲- آشکارسازی تغییرات دبی، بارش و برف

در این بخش به تحلیل و بررسی میانگین عناصر بارش، برف، دبی و روند آن می‌پردازیم. به دلیل تفاوت مکانی و اقلیمی در بخش‌های مختلف حوضه و نیاز به بررسی دقیق عناصر اقلیمی، میانگین و روند این عناصر به صورت زیرحوضه‌ای بررسی شد. میانگین مجموع بارش در حوضه مطالعاتی بین ۱۲۰ تا ۱۳۰۰ میلی‌متر است. بیشترین مقدار بارش‌ها در بخش سراب و کوهستانی حوضه رخ می‌دهد. بخش‌های غربی حوضه در ناحیه زاگرس مرکزی قرار گرفته است. در مجموع محدوده زاگرس مرکزی بارش بیشتری نسبت به قسمت‌های شمالی دارد (Alijani, 2007). در واقع بخش سراب حوضه محل ورود بادهای و سامانه‌های غربی و جنوب‌غربی است. ناهمواری‌های زاگرس بر سامانه‌های غربی و جنوب‌غربی اثر دارند و آنها را وادار به صعود کرده و سبب تقویت آنها می‌شوند (Masoudian, 2009). بررسی داده‌های بارندگی حوضه مطالعاتی نشان داد که میزان بارندگی کل حوضه در سری زمانی سالانه از روند معنی‌داری پیروی نمی‌کند. روند بارش در همه زیرحوضه‌ها به غیر از زیرحوضه ورودی سد خمیران افزایشی می‌باشد. مقادیر بدست آمده از تحلیل روند تنها در زیرحوضه ورزنه معنادار است. از این رو نمی‌توان در مورد وجود و یا عدم وجود هرگونه تغییرات اقلیمی در این حوضه نظر داد. اگر چه در سال‌های اخیر صحبت از کاهش بارندگی در میان است؛ اما تغییر روند داده‌های بارندگی در حوضه مورد مطالعه در دوره مورد بررسی چنین مسئله‌ای را نشان نمی‌دهد. البته تغییراتی در نوع بارش و یا پراکندگی زمانی بارش‌ها رخ داده است؛ اما این تغییرات در داده‌های بارندگی مشاهده





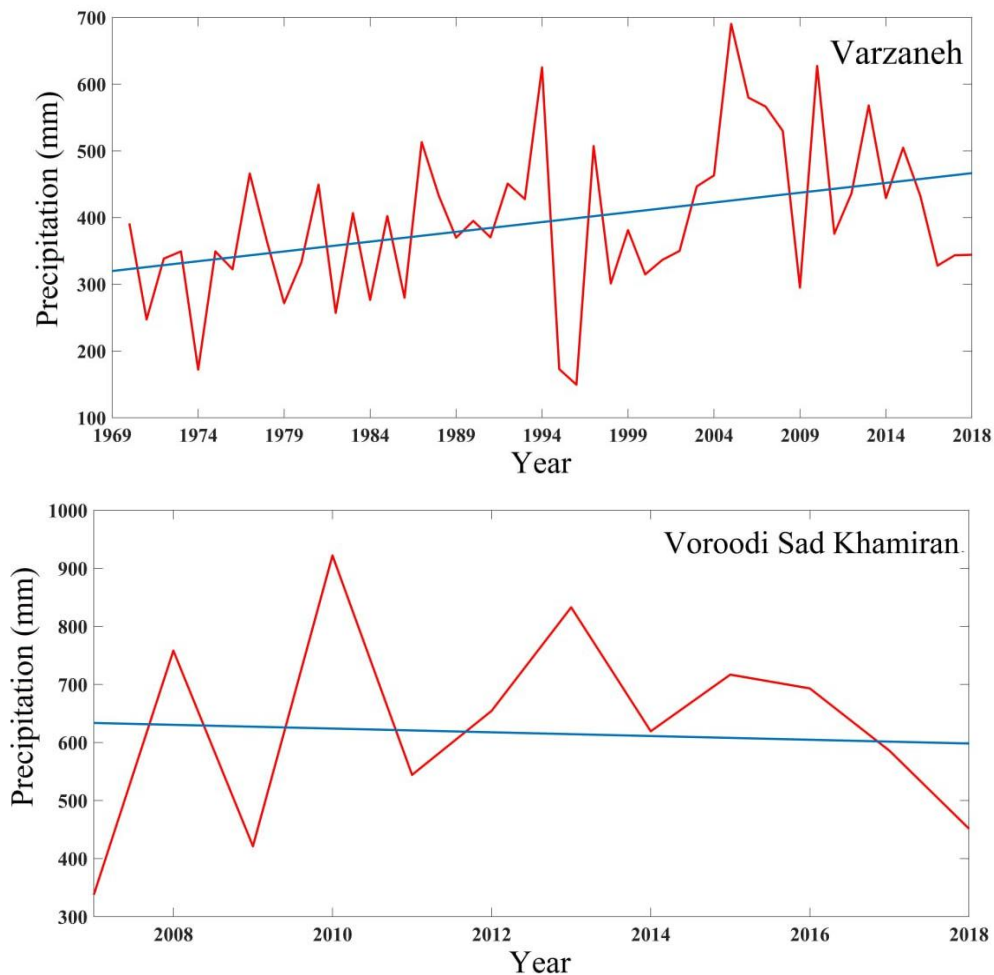


Fig. 3- The linear trend of precipitation in the Zayandehrud basin

شکل ۳- روند خطی بارش در حوضه زایندهرود

مهبیار، جرقویه، دشت برخوار و شهرهای دور و نزدیک) در حال گسترش بوده است (Hosseini, 2003). بنابراین نقش سد و شبکه‌های آبیاری و عدم برنامه‌ریزی دقیق نقش مهم و تأثیرگذاری در این زمینه داشته‌اند.

بنابراین با مقایسه دوره‌های موردنظر می‌توان فهمید در کاهش دبی زایندهرود تأثیر عوامل انسانی بسیار بیشتر از عوامل اقلیمی می‌باشد. افزایش زمین‌های انسان‌ساخت و زمین‌های کشاورزی و به تبع آن ایجاد سد که در نتیجه افزایش جمعیت رخ داده است، باعث بهره‌برداری بیشتر از منابع آبی حوضه زایندهرود شده است. بنابراین می‌توان تأثیر سد حوضه زایندهرود را در این زمینه مهم و با اهمیت خواند. برای کنترل جریان آب سطحی و تأمین بخشی از آب آشامیدنی و نیز کشاورزی و صنعتی، سد زایندهرود در سال ۱۳۴۹ در فاصله ۱۱۰ کیلومتری غرب اصفهان احداث شد.

بنابراین با مقایسه دوره‌های موردنظر می‌توان فهمید در کاهش دبی زایندهرود تأثیر عوامل انسانی بسیار بیشتر از عوامل اقلیمی است. افزایش زمین‌های انسان‌ساخت و زمین‌های کشاورزی و به تبع آن ایجاد سد که در نتیجه افزایش جمعیت رخ داده است، باعث بهره‌برداری بیشتر از منابع آبی حوضه زایندهرود شده است. بنابراین می‌توان تأثیر سد حوضه زایندهرود را در این زمینه مهم و با اهمیت خواند. برای کنتری جریان آب سطحی و تأمین بخشی از آب آشامیدنی و نیز کشاورزی و صنعتی، سد زایندهرود در سال ۱۳۴۹ در فاصله ۱۱۰ کیلومتری غرب اصفهان احداث شد. بیشینه حجم مخزن، ۱۴۷۰ میلیون مترمکعب (در تراز ۲۰۶۳ متر) و حجم مفید آن ۱۰۹۰ میلیون مترمکعب و همچنین مساحت دریاچه سد، ۵۴ کیلومتر مربع در تراز حداکثر است. ضمن اینکه گسترش شتابان کانال‌های جدید انتقال آب در وضعیت آب حوضه زایندهرود بسیار مهم و تأثیرگذار بوده است. شبکه‌های آبرسانی زیر سد به سمت مناطق آبخور جدید (از جمله دشت

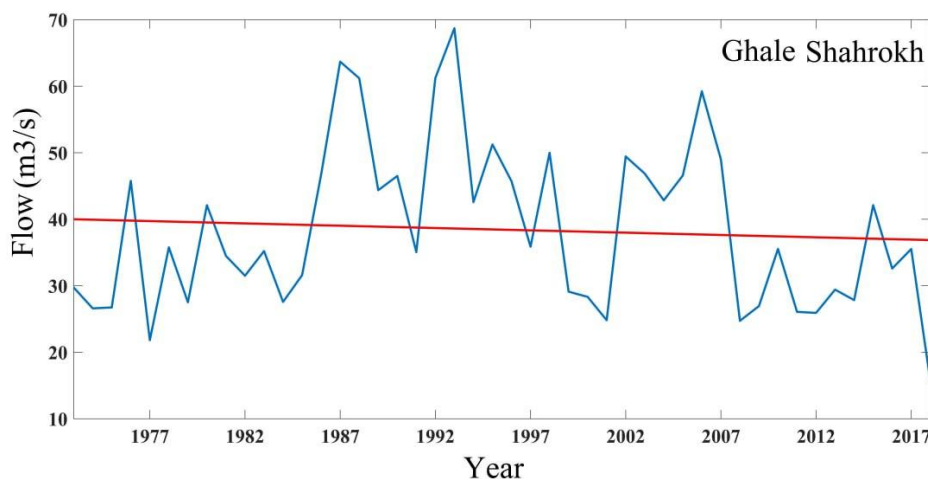
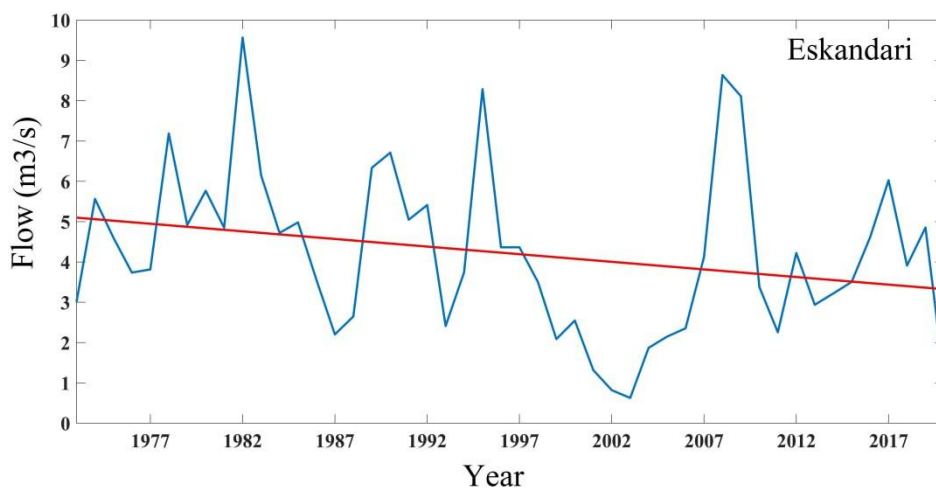
Table 2- Regression pattern of precipitation trend for each sub-basin

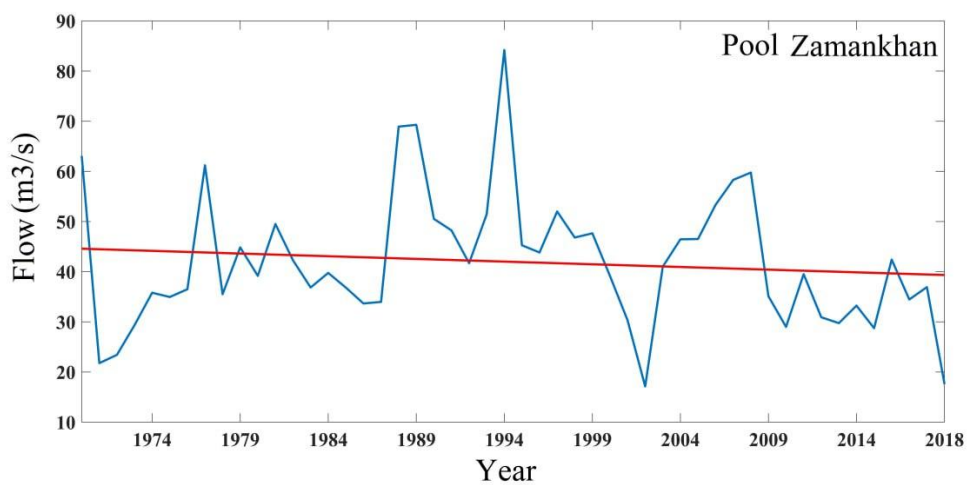
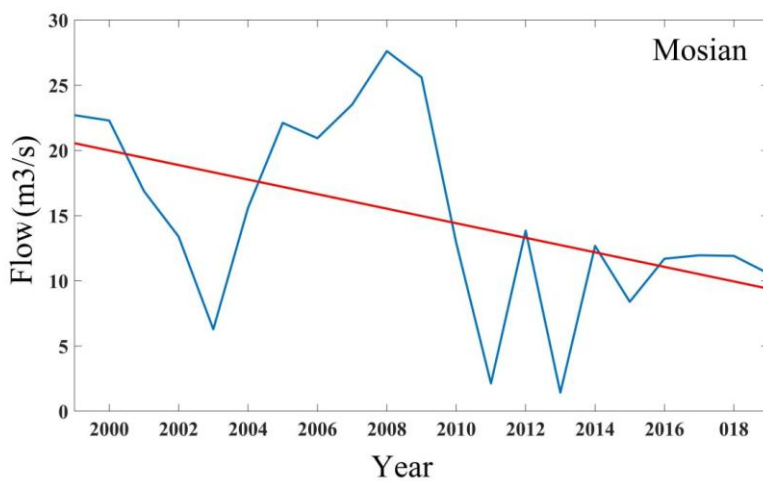
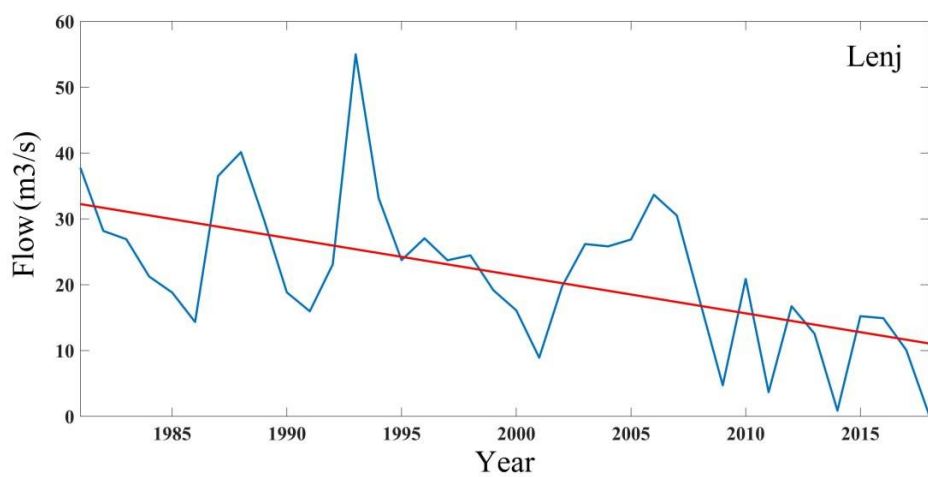
جدول ۲- الگوی رگرسیون روند بارش برای هر زیر حوضه

P-Value	Reg	Subbasin
0.1	$p = -10194.7+5.6t$	Ghale Shahrokh
0.1	$p = -6390.6+3.6t$	Eskandari
0.2	$p = -4223.8+2.4t$	Pool Zamankhan
0.009	$p = -5453.4+2.9t$	Varzaneh
0.5	$p = -5067.4+2.7t$	Mosian
0.1	$p = -5957.5+3.2t$	Lenj
0.3	$p = 490-0.03t$	Tange Esfarjan
0.8	$p = 7084.2-3.2t$	Vorodye sad khamiran

مناطق آبخور جدید (از جمله دشت مهبیار، جرقویه، دشت برخوار و شهرهای دور و نزدیک) در حال گسترش بوده است (Hosseini, 2003). بنابراین نقش سد و شبکه‌های آبیاری و عدم برنامه‌ریزی دقیق نقش مهم و تأثیرگذاری در این زمینه داشته‌اند.

بیشینه حجم مخزن، ۱۴۷۰ میلیون مترمکعب (در تراز ۲۰۶۳ متر) و حجم مفید آن ۱۰۹۰ میلیون مترمکعب و همچنین مساحت دریاچه سد، ۵۴ کیلومتر مربع در تراز حداکثر است. ضمن اینکه گسترش شتابان کانال‌های جدید انتقال آب در وضعیت آب حوضه زاینده‌رود بسیار مهم و تأثیرگذار بوده است. شبکه‌های آبرسانی زیر سد به سمت





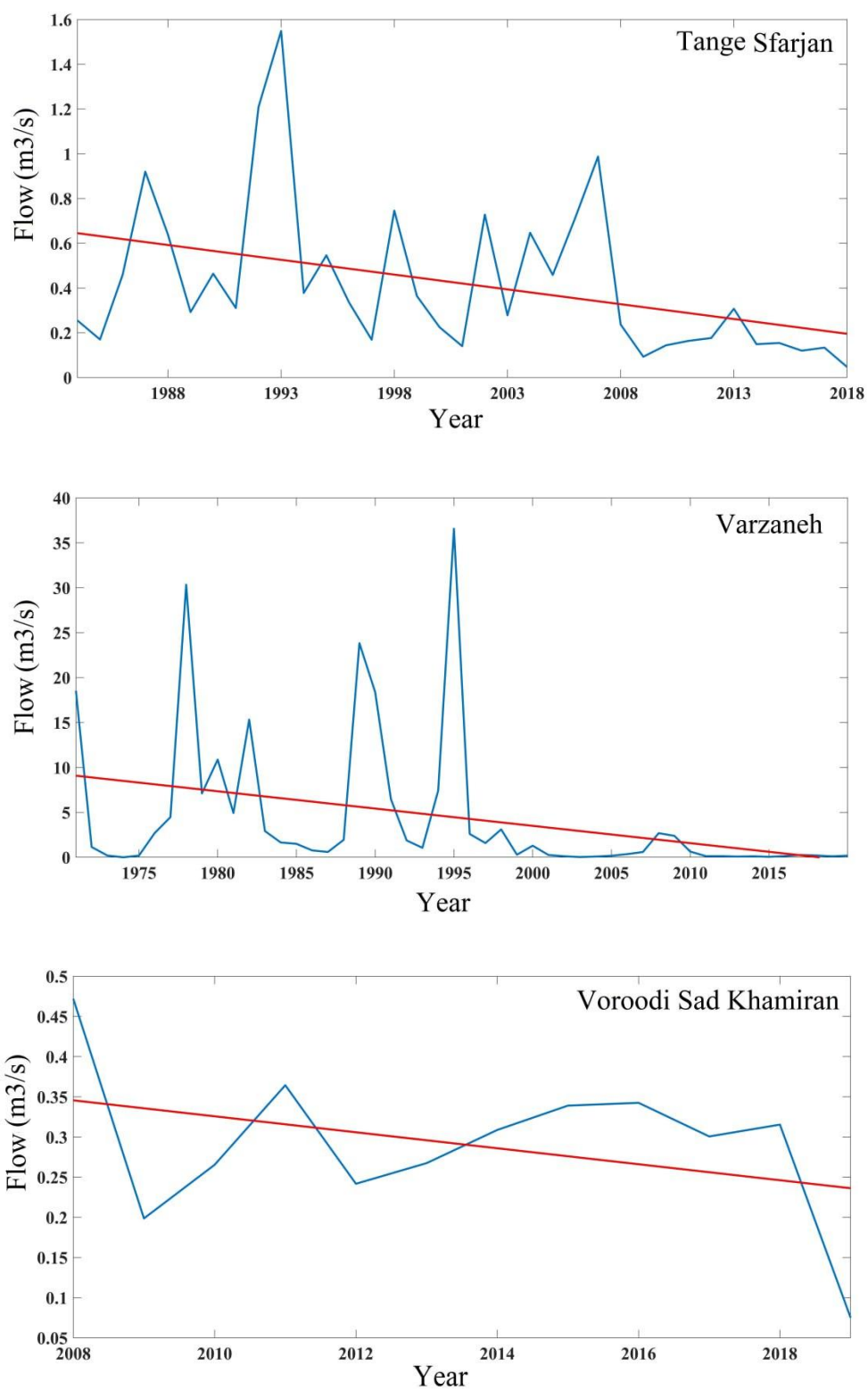


Fig. 4- The linear flow trend at the outlet stations of each sub-basin in the Zayandehroud basin

شکل ۴- روند خطی دبی در ایستگاه‌های خروجی هر زیرحوضه در حوضه زاینده‌رود

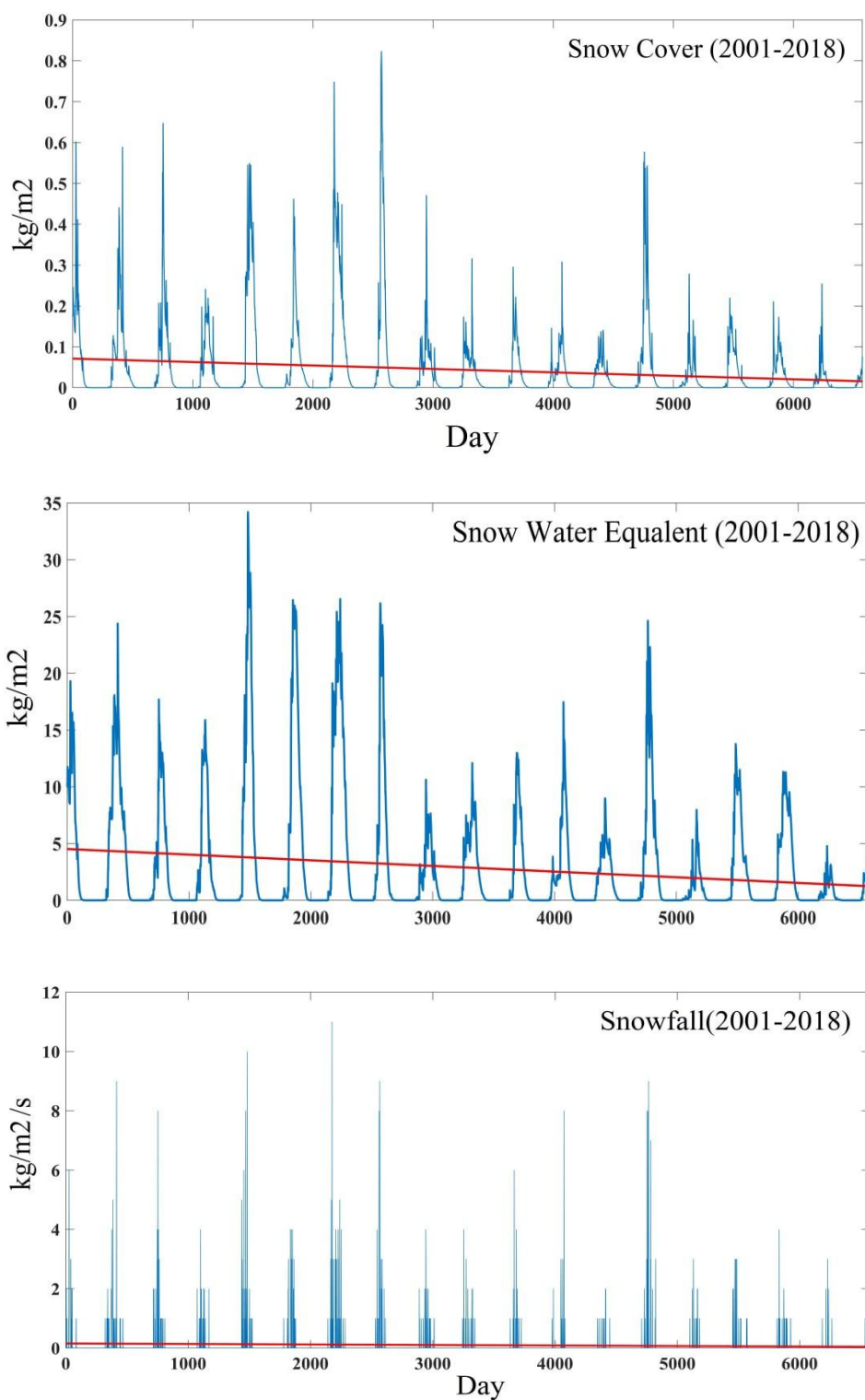


Fig. 5- The linear trend of snow in Zayandehrud basin during the statistical period (2001-2018)
 شکل ۵- روند خطی پارامترهای برف در حوضه زاینده‌رود طی دوره آماری (۲۰۰۱-۲۰۱۸)

۴- نتیجه گیری

پی نوشتها

- 1- Google Earth Engine
- 2- Land Data Assimilation System (LDAS)
- 3- Famine Early Warning Systems Network (FEWS NET)
- 4- Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)
- 5- Advanced Very High-Resolution Radiometer (AVHRR)
- 6- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)
- 7- Google Earth
- 8- Minimum Distance
- 9- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
- 10- Normalized Difference Built-up Index (NDBI)
- 11- Short Wavelength Infrared (SWIR)
- 12- Near Infrared (NIR)

منظور از کاربری زمین، نوع پوشش سطح حوضه که شامل هرگونه پوشش گیاهی، آب‌های سطحی مانند دریاچه و باتلاق و نیز سطوح غیرقابل نفوذ نظیر جاده‌ها و مناطق مسکونی است. یکی از عوامل مؤثر در جریان رواناب، نوع پوشش زمین و کاربری اراضی است. منطقه مورد مطالعه حوضه آبخیز زاینده‌رود است که سراب حوضه دارای اقلیم سرد و نیمه مرطوب و سایر قسمت‌های حوضه دارای اقلیم گرم و خشک است. غالب اراضی این حوضه را اراضی بایر و مراتع فقیر و در رتبه‌های بعدی رخنمون‌های سنگی و مراتع متوسط و خوب تشکیل می‌دهند. به دلیل افزایش جمعیت و زمین‌های انسان‌ساخت، بخش‌هایی از مراتع و جنگل‌ها به اراضی شهری و کشاورزی تبدیل شده‌اند. بدلیل افزایش جمعیت و زمین‌های کشاورزی، منابع آبی بیشتر مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. با توجه به بررسی‌های انجام شده، علاوه بر تغییر اقلیم و گرمایش جهانی رخ داده به ویژه بر روی ریزش و سطح پوشش برف حوضه، تأثیر عوامل انسانی بر تغییرات و کاهش رواناب بسیار مؤثر بوده است. تفسیر و بررسی تغییرات کاربری اراضی در یک دوره ۳۴ ساله (۲۰۱۸-۱۹۸۵) صورت گرفت. نتایج این پژوهش با یافته‌های برخی از پژوهشگران (Rahman Fazli & Salehian, 2016; Mohammadi et al., 2018; Ghadimi et al., 2018) که بر روی حوضه زاینده‌رود انجام شده، همخوانی دارد.

۵- مراجع

- Asakereh H (2007) Spatio-temporal changes of Iran inland precipitation during recent decades. *Geography and Development* 10:145-164
- Abrahimin H, Ghibi A, Malakoti H (2012) Trend of snow cover changes in snow-covered regions of Iran using Madis sensor data. *Nivar* 78-79:3-12 (In Persian)
- Akbari A, Zanganeh Asadi M A, and Taghavi Moghadam A (2016) Monitoring land use changes using different methods of statistical education theory in Neishabour region. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal* 20:35-50 (In Persian)
- Asghari Saraskanroud S, Mohammadnezhad Arogh V, Emami H (2019) Investigation of land use changes using basic and object-oriented pixel methods and analysis of the effects of land use change on soil erosion (Case study: Maragheh city). *Quantitative Geomorphological Research* 1:160-178 (In Persian)
- Alavipannah K, Masoudi M (2001) Land use mapping using digital data of LandsatTM satellite and GIS (Case study: Mok region of Fars province). *Agricultural Sciences and Natural Resources* 1:65-76 (In Persian)
- Ahmadisharaf E, Lacher L L, Fergus C, Benham B L, Akre TH, Kline K S (2020) Projecting land use change impacts on nutrients, sediment and runoff in multiple spatial scale: Business-as-usual vs. Stakeholder-Informed Scenarios. *Journal of Cleaner Production* 25:120466
- Boatend E N K, Mensah C A (2021) Land use/land cover dynamics and urban agriculture in tarkwa- nsuaem municipality, Ghana. *Theoretical And Empirical Researches in Urban Management* 2:5-20
- Bokaeyan F, Shamsi poor A A, and Alikhah Asl M (2020) Monitoring the trend of land use change with emphasis on the physical development of Tehran. *Environmental Science and Technology* 1:61-78 (In Persian)
- Butt A, Shabbir R, Saeed Ahmad Sh, Azizi N (2015) Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS: A case study of Simly watershed, Islamabad, Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 18(2):251-259
- Cui X and Wang X (2015) Urban land use change and its effect on social metabolism: An empirical study in Shanghai. *Habitat International* 49:251-259
- Chen J, Wu X, Finlayson B L, Webber M, Wei T, Li M, Chen Z (2014) Variability and trend in the hydrology of the Yangtze River, China: Annual precipitation and runoff. *Journal of Hydrology* 513:403-412
- Croke B F, Merrit W S, Jakeman A J (2004) A dynamic model for predicting hydrologic response to land covers change in gauged and ungauged catchments. *Journal of Hydrology* 291:115-131
- Douglas A S, Hope A, McGuire D (2004) Remote sensing of vegetation and land cover change in Arctic Tundra ecosystem. *Remote Sensing of Environment* 89:281-308
- Dadashi Roudbari A A, Falah ghalhari Gh A, karami M, Baaghideh M (2015) Analysis of precipitation changes in Haraz catchment using statistical methods and spectral analysis techniques. *Hydrogeomorphology* 7(1):59-86 (In Persian)
- Futemma C, Eduardo S B (2003) Land reform and land use changes in the lower amazon: Implications for agricultural intensification. *Human Ecology* 3:369-402
- Falahati F, Alijani B, Saligheh M (2018) Investigating the effect of climate change on snow cover in the coming decades with a water resources management approach. *Rescue and Relief* 3:68-79 (In Persian)
- Fatahi A, Moghimi Sh (2019) The effect of climate change on snowfall in northwestern Iran. *Applied Science Research* 54:47-63 (In Persian)
- Farajzadeh M, Karimi N (2013) Basics of satellite meteorology. Samt Publishers PP224 (In Persian)
- Fezzi C, Bateman I J (2011) Structural agricultural land use modeling for spatial agro-environmental policy analysis. *American Journal of Agricultural Economics* 4:1168-1188
- Gibson P J, Power C H (2000) Introductory remote sensing: Digital image processing and applications. Routledge 249 pp
- Guzha A C, Rufino M C, Okoth S, Jacobs S, Nobrega R L B (2018) Impacts of land use and land cover change on surface runoff, discharge and low flows: Evidence from East Africa. *Journal of Hydrology* 15:49-67
- Gurgel A C, Reilly J, Blanc E (2021) Agriculture and forest land use change in the continental united states: Are there tipping points? *Cellpress* 24:1-24
- Getahun Y S, Li M H, Pun L F (2021) Trend and change-point detection analyses of rainfall and temperature over the wash river basin of Ethiopia. *Heliyon* 7:e08024
- Gholamian H, Eildevmi A R (2020) Effect of land use change on the maximum flood discharge of the watershed. *Geography and Environmental Plannin* 3:107-130 (In Persian)
- Ghafari G, Ghodosi J, Ahmadi H (2009) Investigation of the effect of land use change on hydrological

- responses of the watershed (Case study: Zanjanrood watershed). *Water and Soil Conservation* 1:163-180 (In Persian)
- Ghadimi A R, Papzan A H, Amini A (2018) Investigating the trend of agricultural land use change and its impact on the components of sustainable development (Case study: Zayandehrud basin, Isfahan province). *Agricultural Extension and Education Research* 3:41-58 (In Persian)
- Gharagozloo A R (2004) GIS and environmental assessment and planning. National Mapping Agency PP160 (In Persian)
- Ghasemi A, Fatahi A, Babaee O (2013) Investigation of fluctuations in snowmelt runoff due to climate change in the coming decades. *Climate Research* 13-14:111-122 (In Persian)
- Ghorbani M, Mehrabi A A, Servati M R, nazari samani A A (2010) Study of demographic changes and its effects on land use changes (Case study: Bala Taleghan region). *Range and Watershed Management* 1:75-88 (In Persian)
- Haibo Y, Longjiang D, Hengliang G, Jie Z (2011) Tai'an land use analysis and prediction based on RS and Markov model. *Procedia Environmental Sciences* 10:2625-2630
- Huq Abdul-aziz O (2021) Climate and land cover change impacts on stormwater runoff in large-scale coastal-urban environments. *Science of the Total Environment* 778:146017
- Junfen L, Zhibao D, Guangyin H, Changzhen Y, Zhenhai W, Xiang S (2011) Land use and land cover change and its driving forces in the source region of the Yangtze River during 1990–2005. In *Water Resource and Environmental Protection (ISWREP)* 4:2571-2574
- Jamali poor M, Shahpoori A R, ghorbani M (2015) Factors affecting the formation of land use change in Mazandaran Province (Case study: Tonekabon city). *Economics and Development* 2:107-115 (In Persian)
- Jahanbakhsh asl S, khorshiddoost M A, Alinezhad M H, poorasghar F (2015) The impact of climate change on temperature and precipitation considering the uncertainty of climate models and scenarios (Case Study: Urmia Shahrchai Basin). *Hydrogeomorphology* 7:107-122 (In Persian)
- Takeh Mami A, Ghorbani A, Asghari Saraskanrood S, Ghaleh E, Ghafari S (2020) Investigating the Relationship between land use change and vegetation with surface temperature in Namin County. *Journal of RS and GIS for Natural Resources* 2:27-48 (In Persian)
- Kazemi S, Eildermi A R, Nori H (2018) Effect of land use change and drought on central Zagros Basin runoff (Case Study: Tuyserkan Basin). *Arid Regions Geographic Studies* 31:23-42 (In Persian)
- Mishra V N, Rai P K (2016) A remote sensing aided multi-layer perceptron-Markov chain analysis for land use and land cover change prediction in Patna district (Bihar), India. *Arabian Journal of Geosciences* 4:1-18
- Mei A, Manzo C, Fontinovo G, Bassani C, Allegrini A, Petracchini F (2015) Assessment of land cover changes in Lampedusa Island (Italy) using Landsat TM and OLI data. *Journal of African Earth Sciences* 122:15-24
- Marcos H C, Aurelie B, Jeffrey A C (2003) Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Rocantins River, Southeastern Amazonia. *Journal of Hydrology* 283:206-217
- Miller S N, Kepner W G, Mehaffey M H, Hernandez M, Miller R C, Goodrich D C, Devonald K, Heggem D T, Miller W P (2002) Integrating landscape assessment and hydrologic modeling for land cover change analysis. *American Water Resources Association* 38:915-929
- Mosavi H, Ranjbar A, Haseli M (2016) Monitoring and routing of land use changes in Berkuh Basin using satellite images (1976-2014). *Sepehr* 97:129-146 (In Persian)
- Mohammad Esmail Z (2010) Monitoring land use changes in Karaj using remote sensing techniques. *Soil Research* 1:81-88 (In Persian)
- Mohammadi A R, Khodabandeloo B (2020) Detection of user changes in Zanjan city using object-oriented analysis and Google Earth Angi system. *Geography and Environmental Planning* 2:25-42 (In Persian)
- Mohammadi Sh, Habashi KH, Poormanafi S (2018) Monitoring and forecasting land use change/ land cover and its relationship with drought (Case study: Parcel B sub-basin, Zayandehrud catchment. RS and GIS for Natural Resources 1:24-39 (In Persian)
- Mohammadzadeh L, Ghanian M, Shadkam Torbati S, Marzban A (2020) Identifying the effective factors in changing the use of agricultural lands in the southern catchment area of Lake Urmia, Analysis of Farmers' Behavior. *Iranian Agricultural Extension and Education* 1: 221-234 (In Persian)
- Mohammadzadeh Sh, Sedighi H, Pezeshkirad Gh R, Makhdoom M, Sharifi Kia M (2014) Analysis of the consequences of changing the use of agricultural lands to orchards from the perspective of gardeners in the west of the Urmia Lake catchment area. *Agricultural Economics and Development Research* 4:775-785 (In Persian)

- Nohegar A, Kazemi M, Ghasrdashti Rooshan M, Rezaee P (2012) Investigating the impact of land use change on flood potential (Case Study of Tang Bostanak Watershed in Shiraz). *Environmental Erosion Research* 2:28-41 (In Persian)
- Najafi A, Nasri M, Athari R (2009) Zayandehrud watershed requires comprehensive management. *Knowledge* 174-175:59-66 (In Persian)
- Nori H, Faramarzi M (2017) Investigation of real evapotranspiration in different land uses of mountainous areas using Sabal algorithm and combination of MODIS and Landsat8 satellite images. *Geography and Environmental Planning* 2:39-56 (In Persian)
- Nie W, Yuan Y, Kepner W, Nash M S, Jackson M, Erickson C (2011) Assessing impacts of land use and land cover changes on hydrology for the upper San Pedro Watershed. *Journal of Hydrology* 407:1-4
- Norman J M, Kustas W P, Humes K S (1995) Source approach for estimating soil and vegetation energy fluxes in observations of directional radiometric surface temperature. *Agricultural and Forest Meteorology* 3:263-293
- Omo-Irabor O O, Oduyemi K (2000) A hybrid image classification approach for the systematic analysis of land cover changes in the Niger Delta region. *Proceedings of the 5th International Symposium on Spatial Data Quality (ISSDQ)*, 13-15 June 2007, Enschede, Netherlands
- Pikounis M, Varanou E, Baltas E, Dassaklis A, Mimikou M (2003) Application of the SWAT Model in the pinos river basin under different Scenarios. *International Conference on Environmental Science and Technology* 5:71-79
- Prashant K, Dawei Han S, Rico-Ramirez M A, Bray M, Islam T (2012) Selection of classification techniques for land use/land cover change investigation. *Advances in Space Research* 50:1250:1265
- Palamuleni L G, Ndomba P M, Annegarn H J (2011) Evaluating land cover change and its impact on hydrological regime in Upper Shire River catchment, Malawi. *Journal of Regional Environmental Change* 11:845-855
- Richard A (2003) Modeling of land use change in Montana from 1860 to 2000. *Applied Geography* 25:47-63
- Rahmani Fazli A R, Salehian Badi S (2015) Investigating the environmental sustainability of human settlements in Zayandehrud catchment. *Geography and Environmental Hazards* 18:105-125 (In Persian)
- Reis S, Nisaic R, Yalcin A, Halilibrahim I, Yomralioglu T (2003) Monitoring land-use changes by GIS and remote sensing technique: Case study of Trabzon. *2nd FIG Regional Conference Turkey*
- Samal D R, Gedam SH (2021) Assessing the impact of land use and land cover change on water resources in the upper Bhima River Basin, India. *Environmental Challenges* 5:1-13
- Sha Zhang M, Li W, Guo- Zhang W, Li Y T, Ye Li J, Gao Y (2021) Agricultural land- use change exacerbates the dissemination of antibiotic resistance genes via surface runoffs in Lake Tai Basin, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 220:112328
- Sayahnia R, Makhdoom M, Faryadi Sh (2014) The role of remote sensing in land use studies (Study area: Tehran metropolis and its territory). *Space Science and Technology* 3:69-73 (In Persian)
- Shanani Hovizeh S M, Zarei H (2016) Investigation of land use changes during two decades (Case study: Abol Abbas watershed). *Watershed Management Research* 14:237-244 (In Persian)
- Shanani Hovizeh S M, Zarei H, Ramezani H (2017) Investigating the effect of land use changes on flood hydrograph (Case Study: Abol Abbas Basin). *Irrigation Sciences and Engineering* 34(1):219-229 (In Persian)
- Somayeh Sadat SA, Rahimi M, Dastoorani J, Khosroshahi M (2016) Trend analysis of hydroclimatological parameters and detection of managerial changes in water resources conditions of Hablerood Watershed. *Range and Desert Research* 23(3):555-566
- Song B, Park K (2021) Temperature trend analysis associated with land-cover changes using time-series data (1980-2019) from 38 weather station in South Korea. *Sustainable Cities and Society*, 65:102615
- Valizadeh Kamran KH, Jahanbakhsh S, Zahedi M, Rezaee Banafsheh M (2012) Estimation of actual evapotranspiration and analysis of its relationship with land use in GIS environment, Case study: Meshkinshahr city. *Geographical Space* 37:39-54 (In Persian)
- Wu Q, Li H, Wang R, Paulessen J, He Y, Wang M, Wang B, Wang Z (2006) Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning* 78:322-333
- Xia M, Zhang Y, Zhang Z, Liu J, Ou weixin, zou E (2020) Modeling agricultural land use change in a rapid urbanizing town: linking the decisions of government, peasant households and enterprises. *Land Use Policy* 90:1044266

- Zare Ernani M, Gabriels D (2006) Detection of land cover changes using Landsat MSS, ETM+ sensors in Yazd-Ardakan basin, Iran. *Proceeding of Agro Environment* 7:414-518
- Zhou L, Shen G, Li CH, Chen T, Li S, Brown R (2021) Impacts of land cover on stormwater runoff and urban development: A land use and parcel based regression approach. *Land Use Policy* 103:105280
- Zittis G, Bruggeman A, Lelieveld J (2021) Revisiting future extreme precipitation trends in the Mediterranean. *Weather and Climate Extremes* 34:100380
- Zhang T, Chen ZH, Zhang W, Jiao C, Yang M, Wang Q, Han L, Fu ZH, Sun ZH, Li W, Yu G (2021) T Long-term trend and interannual variability of precipitation-use efficiency in Eurasian grasslands. *Ecological Indicators* 130:108091