

ارزیابی تاثیر تغییر اقلیم بر تغییرات حجمی و توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف

(مطالعه موردی : حوضه آبخیز منتهی به سد امیرکبیر)

چکیده :

برف منبعی مطمئن در تامین آب بوده و آگاهی از توزیع و مقدار آب موجود در آن، می تواند در مدیریت منابع آب بسیار حیاتی باشد. بنابراین با توجه به تغییر اقلیم و تغییر زمان ذوب برف، پیش بینی زمان ورود آب حاصل از ذوب برف به چرخه مصرف آب، جهت برنامه های ریزی های محیطی از اهمیت بسزایی برخوردار است. شایان ذکر است که با توجه به صعب العبور بودن مناطق برف گیر، تهیه تصاویر ماهواره ای با قابلیت تصویر برداری چند طیفی و فراطیفی از سطح زمین، از جمله مزایای استفاده از فناوریهای نوین و سنجش از دور در مطالعات اقلیمی و ارزیابی های اثر تغییر اقلیم است که متأسفانه تا حد زیادی مغفول مانده است. هدف از انجام این تحقیق بررسی تغییرات حجمی و توزیع زمانی جریان ناشی از ذوب برف در سالهای آتی با تلفیق علم سنجش از دور و GIS، مدل هیدرولوژیکی و مدل های اقلیمی می باشد. به منظور بررسی تاثیرات اقلیم بر بارش و دما در این حوضه، ابتدا رواناب حاصل از ذوب برف در دوره آماری (۲۰۱۵-۲۰۱۰) در محدوده مورد مطالعه، توسط مدل WinSRM، با استفاده از داده های روزانه دما، بارش، دبی و سطح پوشش برف و نیز محاسبه و برآورد پارامترهای مورد نیاز جهت اجرای مدل، مدلسازی و کالیبره گردید. در این پژوهش، برای تعیین سطح پوشش برف در حوضه از محصول پوشش برف MODIS (Mod 10 A2) استفاده و به منظور بررسی دقت تصاویر، سطح پوشش محاسبه شده در طی دوره آماری (۲۰۱۱-۲۰۱۳)، با آمار زمینی ایستگاههای برف سنجی موجود در محدوده مورد مطالعه و تصاویر روزانه محصول پوشش برف MODIS (Mod 10 A1) ارزیابی و کنترل گردید. سپس با استفاده از مدل های جدید اقلیمی ارائه شده در گزارش پنجم (ncc_noresm1_m و near_ccsm4) تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5، RCP6.0 و RCP8.5، دما و بارش در چهار دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۳۰، ۲۰۳۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۶۰) محاسبه شد. لازم به ذکر است که از بررسی ارتباط بین مساحت پوشش برف با دما و بارش مشاهده شده، به منظور پیش بینی سطح پوشش برف در آینده استفاده شده است. نتایج سناریوهای RCP، نشان دهنده افزایش دما و کاهش بارش و پوشش برف در آینده در منطقه مورد مطالعه می باشد. بررسی رواناب ذوب برف در دوره مشاهداتی (۲۰۱۵-۲۰۱۰) نیز نشان داد حدود ۸۲ درصد از رواناب سالانه در حوضه مورد مطالعه به ذوب برف مربوط است. بیشترین رواناب ناشی از ذوب برف در طول فصل بهار بویژه اواخر این فصل تا اوایل تابستان اتفاق می افتد. نتایج بررسی سناریوهای آینده نشان داد نه تنها سهم ذوب برف از مجموع آب تولید شده در سال کاهش خواهد یافت، بلکه با تغییر زمان حداکثر ذوب برف از اواخر بهار به اواسط زمستان تا اواسط بهار، از توزیع مناسب آب حاصل از ذوب برف در طول سال کاسته می شود.

کلید واژگان: تغییر اقلیم، ذوب برف، MODIS، مدل SRM، مدل های ریزمقیاس نمایی

مقدمه :

تغییر اقلیم به عنوان مهمترین مسئله زیست محیطی در قرن بیست و یکم مطرح است. بررسی مطالعات گذشته نشان می دهد که در بیشتر مناطق دنیا تغییر اقلیم باعث افزایش دما، کاهش بارندگی، افزایش وقایع حدی و انترپپی می شود (Carter et al., 2015). آنچه مسلم است کمبود آب در بسیاری از کشورها بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک فعالیت های کشاورزی و توسعه صنعتی را با محدودیت آب قابل دسترس مواجه نموده است، بنابراین آگاهی از بودجه آبی از اساسی ترین نیاز مدیران منابع آب می باشد (Moussavi et al., 1990). از طرفی ذوب برف یکی از مولفه های اصلی سیکل هیدرولوژی در مناطق زیادی از دنیا می باشد و در برگیرنده بخش اصلی جریان کل در بسیاری از مناطق کوهستانی دنیا می باشد (Leavesley, 1989). برف همچون مخزن موقت آب عمل می کند که برای تامین آب در بسیاری از نواحی حیاتی است (Shahroudi, 2014). در اثر تغییر اقلیم

مقادیر بارش برف کاهش می یابد و طول دوره ی ریزش برف زودتر به پایان می رسد (قربانی زاده خرازی وهمکاران، ۱۳۸۸). به همین دلیل اطلاعات برف بویژه در نواحی کوهستانی که پوشش برف برای مدت طولانی تری باقی می ماند و ذوب آن عرضه آب برای جمعیت پایین دست را فراهم می کند بسیار مهم است (Gafurov & Bardossy, 2009). بنابراین پایش سطح برف به منظور بررسی تغییرات مکانی و زمانی این پدیده اقلیمی می تواند در مدیریت منابع آب بسیار موثر باشد. پوشش برف می تواند با استفاده از ایستگاههای اندازه گیری، مدلسازی، فناوری دورسنجی و برنامه های کاربردی سنجش شود (Lindsay et al., 2015). ایستگاههای زمینی هرچند اطلاعات دقیقی از مکان را در اختیار دارند، اما از نظر مقیاس فضایی همواره با محدودیت مواجه اند؛ زیرا در بسیاری از نقاط جهان نمی توان با استفاده از شبکه پراکنده ایستگاههای هواشناسی اطلاعات کافی به منظور تولید داده های بلندمدت برف در مقیاس مکانی تهیه کرد (Zhou et al., 2013). ویژگی های مکانی و زمانی برف را هرچند می توان از طریق مدلسازی نیز پایش کرد اما به دلیل فقدان اطلاعات از نظر شرایط اولیه، دقت و صحت نتایج مدلسازی پایین است (Garen & Marks, 2005). با این حال استوارت و همکاران (Stewart et al., 2004) به منظور پیش بینی زمان جریان ناشی از ذوب برف در شمال غربی آمریکا، با استفاده از مدلهای اقلیمی و تغییر دما و بارش در قرن ۲۱، رواناب ناشی از ذوب برف در مناطق مورد بررسی را حدود ۳۰ تا ۴۰ روز زودتر اعلام کردند. میلر و همکاران (Miller et al., 2004) نیز با در نظر گرفتن شرایط تغییر اقلیم در حوزه های ایالت کالیفرنیا آمریکا، پیش بینی کردند که تا پایان قرن حاضر ذوب برف هر سال زودتر آغاز می شود و ذخایر برف زمستانه ۵۰ درصد کاهش می یابد. در سال ۲۰۱۵ باندیوپادیا و همکاران (Bandyopadhyay et al., 2015) به ارزیابی رواناب ناشی از ذوب برف در ناحیه هیمالیای شرقی، با استفاده از سناریو های تغییر اقلیم پرداختند و افزایش رواناب را در تمام سناریوها برای ۲۰۴۰ حداکثر اعلام کردند. طی دهه های اخیر با پیشرفت های به دست آمده در زمینه دورسنجی، برخی از مشکلات مربوط به اندازه گیری برف، همچون پراکندگی نامناسب ایستگاهها، دسترسی نداشتن به اطلاعات مناطق با ارتفاع زیاد و داده های گم شده تا حدودی مرتفع شده است (Ildermi et al., 2015). در حال حاضر، انواع حس گرهای ماهواره ای از جمله AVHRR (Ramsay, 1998)، MODIS (Hall et al., 2002)، GEOS (Romanov, 2003) و MERIS (Malcher et al., 2003) برای پایش برف در دسترس اند و از آن ها به طور گسترده برای بررسی نوسانات و تغییرات پوشش برف در سطح جهانی استفاده می شود. سنجنده MODIS به دلیل پوشش فضایی جهانی با دقت مکانی مناسب و پوشش مکرر زمانی در مقیاس های مختلف، بیشتر مورد توجه محققان قرار گرفته است. با استفاده از تصاویر این سنجنده، تغییرپذیری زمانی و مکانی پوشش برف (Paudel et al., 2011؛ Bormann et al., 2012؛ CunJian et al., 2012؛ Dai and Che، 2014؛ Kostadinov et al., 2015؛ Tahir et al., 2015) و تغییرات زمان ذوب برف (Zhou et al., 2013؛ Dietz et al., 2014؛ al., 2014؛ Dedieu et al., 2014؛ Joshi et al., 2015) در بسیاری از نقاط جهان مطالعه شده است. در ایران نیز همانند سایر نقاط جهان، تغییرات مکانی - زمانی پوشش برف (فتاحی و وظیفه دوست، ۱۳۹۰؛ ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۱؛ طاهری و ارکیان، ۱۳۹۲؛ میرموسوی و صبور، ۱۳۹۳) و تغییرات ذوب برف و مدلسازی رواناب (نجفی و همکاران، ۱۳۸۶؛ رسولی و ادهمی، ۱۳۸۶؛ میریعقوب زاده و قنبرپور، ۱۳۸۹ و داداشی و همکاران، ۱۳۹۳) با استفاده از تصاویر و محصولات مودیس به صورت موردی و در مدت زمان کوتاه انجام شده است.

در این پژوهش نیز از آنجا که بخشی از بارش در حوضه آبخیز مورد مطالعه به صورت برف بوده و آب حاصل از ذوب برف تاثیر زیادی در تغذیه آب رودخانه و به ویژه در توسعه اجتماعی - اقتصادی ساکنان استان البرز و غرب تهران ایفا می کند، به منظور

بررسی میزان دسترسی به آب در آینده و مدیریت بهینه آب در حوضه بالادست سد امیرکبیر ، درک ارتباط یا واکنش میان تغییر اقلیم ، ذوب برف و یخ و رواناب ضروری است . هدف این پژوهش ، بررسی چگونگی اثرگذاری بارش و دمای آینده روی مساحت پوشش برف و ذوب برف در حوضه بالادست سد امیرکبیر و نیز مطالعه تغییرات زمان حداکثر ذوب برف می باشد. برخلاف مطالعات پیشین ، در این تحقیق به مدل‌های ارائه شده در پنجمین گزارش ارزیابی (AR) IPCC توجه شده و در شبیه سازی اقلیم آینده به کار گرفته شده است .

داده ها و روش کار

منطقه مطالعاتی

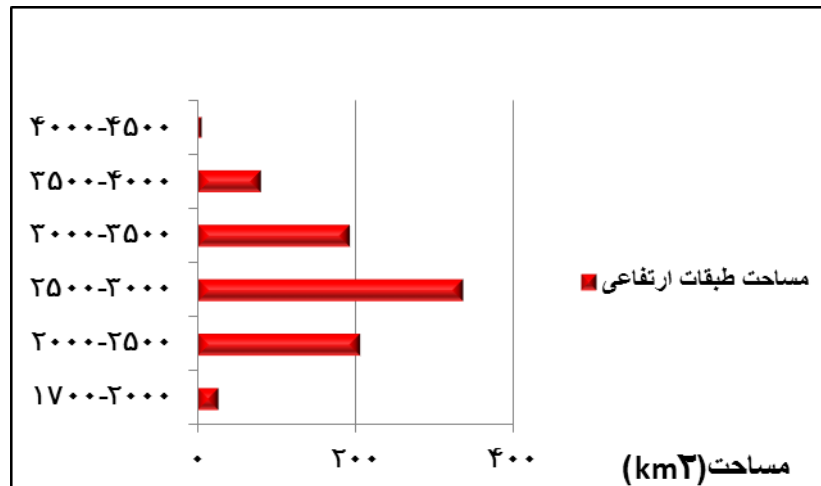
منطقه مورد مطالعه ، حوضه آبخیز بالادست سد امیرکبیر می باشد که در محدوده ای بین عرض جغرافیایی ۵۳-۳۵ تا ۱۰-۳۶ (دقیقه-درجه) شمالی و طول جغرافیایی ۳-۵۱ تا ۳۵-۵۱ (دقیقه-درجه) شرقی در دامنه های جنوبی رشته کوههای البرز واقع شده است . از نظر تقسیمات کشوری به استان البرز تعلق دارد . موقعیت جغرافیایی منطقه و محدوده حوضه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است .



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه

حوضه آبخیز بالادست سد امیرکبیر عمدتاً کوهستانی بوده و حداکثر ارتفاع آن ۴۳۰۰ متر ، ارتفاع متوسط آن حدود ۳۰۰۰ متر و مساحت

آن حدود ۸۴۲/۹ کیلومتر مربع می باشد . به منظور برآورد پارامترهایی از قبیل مساحت ، محیط ، طول آبراهه اصلی ، بالاترین و پایین ترین نقاط ارتفاعی ، از نقشه های رقومی ارتفاع (DEM) در محیط نرم افزار GIS استفاده شده است . ارتفاع متوسط هر یک از زیرحوضه ها با استفاده از روش میانگین وزنی و محاسبه شیب رودخانه با استفاده از نیمرخ طولی رودخانه صورت گرفته است . این منطقه با توجه به اختلاف بیشترین و کمترین ارتفاع ، به شش منطقه هیپسومتریک ۱۷۰۰-۲۰۰۰ متر (A) ، ۲۰۰۰-۲۵۰۰ متر (B) ، ۲۵۰۰-۳۰۰۰ متر (C) ، ۳۰۰۰-۳۵۰۰ متر (D) ، ۳۵۰۰-۴۰۰۰ متر (E) و ۴۰۰۰-۴۵۰۰ متر (F) تقسیم شده است . شکل ۲ منحنی آلتی متری یا منحنی توزیع مساحت بر حسب ارتفاع در حوضه را نشان می دهد .



شکل ۲ منحنی آلتی متری یا منحنی توزیع مساحت بر حسب ارتفاع

در این پژوهش از آمار داده های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک طالقان و کرج برای تعیین اقلیم آینده حوضه و از آمار داده های ایستگاه های هیدرومتری گچسر، شهرستانک و سد کرج برای شبیه سازی رواناب استفاده شده است. در انتخاب ایستگاهها معیارهایی چون وجود آمار طولانی مدت و نواقص کم آماری در نظر گرفته شد. به منظور تکمیل اطلاعات زمینی پوشش برف از محصولات سنجنده MODIS(MOD10A2) استفاده و سطح پوشش برف در حوضه سد امیرکبیر استخراج شد. همچنین به منظور بررسی دقت تصاویر، سطح پوشش محاسبه شده در طی دوره آماری (۲۰۱۱-۲۰۱۳)، با آمار زمینی ایستگاههای برف سنجی موجود در محدوده مورد مطالعه و تصاویر روزانه محصول پوشش برف MODIS (Mod 10 A1) ارزیابی و کنترل گردید. در مرحله بعد، مدل سازی رواناب ذوب برف با استفاده از مدل SRM انجام شده و مدل توسعه یافته با داده های تاریخی صحت سنجی شده است. سپس سناریوهای تغییر اقلیم با استفاده از مدل های گردش عمومی و ریزمقیاس نمایی خروجی با کاربرد روش های آماری برای حوضه بالادست سد امیرکبیر استخراج شد و تاثیر آن بر رواناب ناشی از ذوب برف با استفاده از این سناریوها بررسی شد.

مدل رواناب و تعیین سهم ذوب برف :

مدل رواناب ناشی از ذوب برف (SRM) ^۱(Martinec,1975) یکی از مدل های پرکاربرد برای شبیه سازی جریان های روزانه در حوضه های کوهستانی مختلف است (Tahir et al.,2011) و به طور موفقیت آمیزی توسط سازمان جهانی هواشناسی ^۲(WMO) [۹] آزمایش شده است. این مدل می تواند در شبیه سازی رواناب روزانه و پیش بینی ذوب برف و بارش در مناطق کوهستانی استفاده شود (Immerzeel,2009). در این پژوهش، رواناب شبیه سازی شده روزانه مثل رواناب ذوب برف و باران در حوضه مطالعه شده طبق فرمول ۱ محاسبه می شود :

فرمول ۱ :

^۱ Snowmelt Runoff Model

^۲ World Meteorological Organization

$$Q_{n+1} = [C_s \cdot a_n (T_n + \Delta T_n) \cdot S_n + C_r \cdot P_n] \frac{A \cdot 1000}{86400} (1 - k_{n+1}) Q_n K_{n+1}$$

Q = دبی روزانه (مترمکعب بر ثانیه)، C_s = ضریب رواناب برف، C_r = ضریب رواناب باران، a = فاکتور درجه-روز (سانتیمتر بر درجه سانتی گراد بر روز)، T = درجه حرارت ایستگاه مبنا (درجه سانتی گراد)، ΔT = تفاضل درجه حرارت ایستگاه مبنا با درجه حرارت در محل متناظر متوسط ارتفاع هیپسومتریک حوضه، S = پوشش نسبی برف، P = بارشی که در تولید رواناب شرکت می کند (سانتی متر)، A = مساحت حوضه یا ناحیه انتخابی (کیلومتر مربع)، n = توالی روزها در طی دوره پیش بینی یا شبیه سازی و K = ضریب فروکش می باشد.

به منظور تعیین سطح پوشش برف در شبیه سازی رواناب ناشی از ذوب برف از ۲۸۸ تصویر پوشش برف روزانه با دوره ۸ روزه (محصول سنجنده MODIS(MOD10A100)) در دوره آماری ۲۰۱۲-۲۰۰۶ استفاده شد. این تصاویر وارد نرم افزار ARCGIS10.1 شد و مساحت پوشش برف روزانه محاسبه شد.

مدلسازی تغییر اقلیم و تخمین پوشش برف آینده

پوشش برف پارامتر مهمی در الگوی رواناب در حوضه بالادست سد امیرکبیر محسوب می شود. ذخیره آب به شکل برف و یخ در حوضه به تعدیل رواناب ناشی از الگوی بارش کمک میکند. بنابراین، تغییر در رواناب حوضه، بستگی به تغییر در پوشش برف دارد. در این پژوهش، به منظور تخمین پوشش برف در آینده بر اساس رابطه مساحت پوشش برف با دما و اندازه بارش، دما و بارش آینده از مدل‌های GCM^۳ استخراج شد.

مدل‌های ارائه شده در فاز CMIP5^۴ (Taylor, 2012) در مقایسه با فاز CMIP3 کیفیت مکانی بهتری دارند (Marengo et al., 2014)، بنابراین در این تحقیق GCM‌های مختلف ارائه شده در فاز CMIP5 مورد توجه قرار گرفتند. در مدل‌های اجرا شده برای پنجمین گزارش ارزیابی IPCC(AR5)، سناریوهای RCP^۵ جایگزین سناریوهای SRES^۶ شدند (Van Vuuren et al., 2011). سناریوهای RCP نشان دهنده محرکه‌های تابشی هستند و در میان آنها، سناریوی RCP2.6 سناریوهای انتشار محرکه‌های تابشی کم تقریباً با سناریوهای B1 یا B2 مطابقت دارند و سناریوی RCP8.5 محرکه‌های تابشی و سناریوهای انتشار زیاد تقریباً با سناریوهای A1 یا A2 تطابق را نشان می دهد. همچنین سناریوهای RCP4.5 و RCP6.0 حالت متوسط دارند [۱۴]. دو مدل NCC(144*96)^۷ و NCAR(288*192)^۸، تحت چهار سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP6.0 و RCP8.5 برای چهار دوره زمانی (۲۰۲۱-۲۰۳۰، ۲۰۳۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۵۰، و ۲۰۵۱-۲۰۶۰) انتخاب شد. هدف از انتخاب این سناریوها، پیش بینی بیشترین، کمترین و حدوسط تغییرات اقلیم آینده است. پس از انتخاب سناریوها و مدل‌ها، مدل Delta Method IPCC AR5 به عنوان مدل ریزمقیاس نمایی انتخاب شد.

^۳ General Circulation Models

^۴ Coupled Model Intercomparison Project5

^۵ Representative Concentration Pathways

^۶ Special Report on Emissions Scenarios

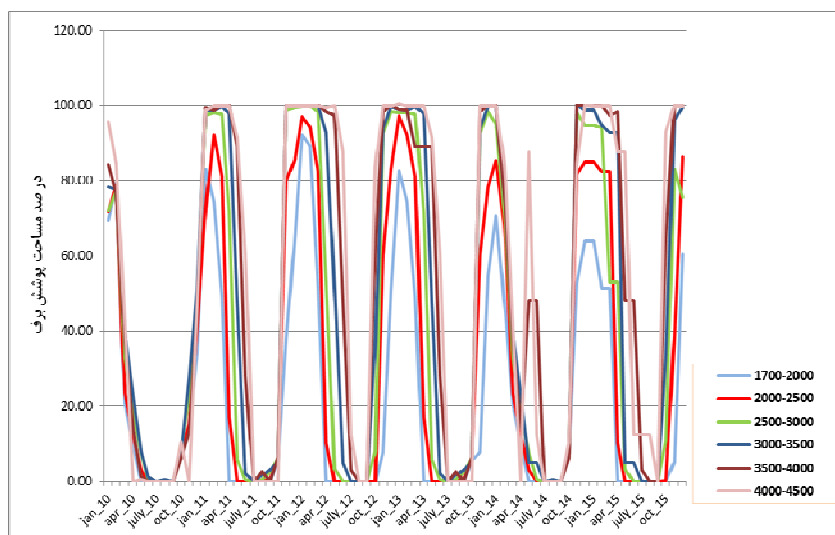
^۷ Norwegian Climate Centre

^۸ National Center for Atmospheric Research

شرح و تفسیر نتایج

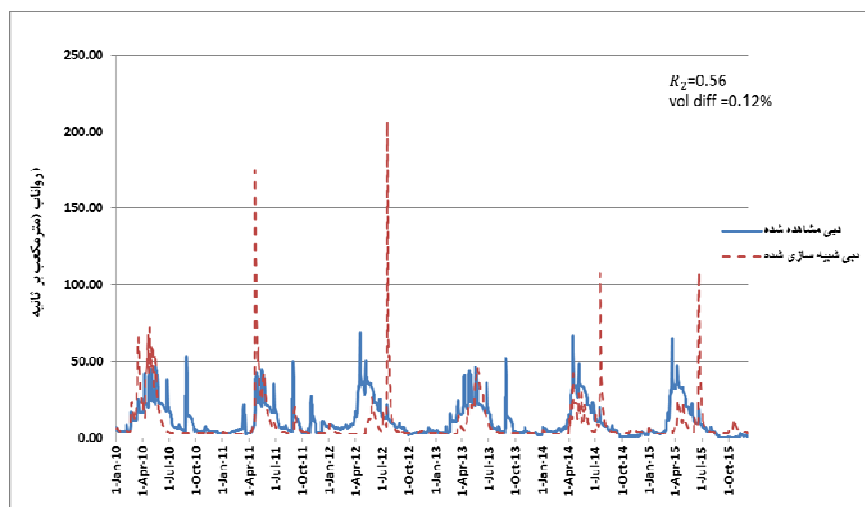
براساس داده های مشاهداتی و تصاویر ماهواره ای ، تراکم پوشش برف در منطقه مورد مطالعه، از نظر فصلی از ماه نوامبر شروع می شود و در ماه ژانویه به بیشترین مساحت خود می رسد . همچنین از ماه فوریه به بعد گستره پوشش برف کاهش می یابد و در نهایت در ماه ژوئن پوشش برف منطقه به کمترین مساحت می رسد .

شکل ۳ تغییرپذیری ماهانه پوشش برف را (به درصد) در ارتفاع های متفاوت ،در دوره آماری (۲۰۱۵-۲۰۱۰) نشان می دهد . گستره پوشش برف در ارتفاع کمتر از ۲۰۰۰ متر (زون A) ناچیز است .درصد پوشش برف با افزایش ارتفاع افزایش می یابد . در طول ماههای نوامبر تا فوریه در ارتفاع بیش از ۲۵۰۰ متر ،درصد چشمگیری برف (حدود ۷۵ درصد) دیده می شود .

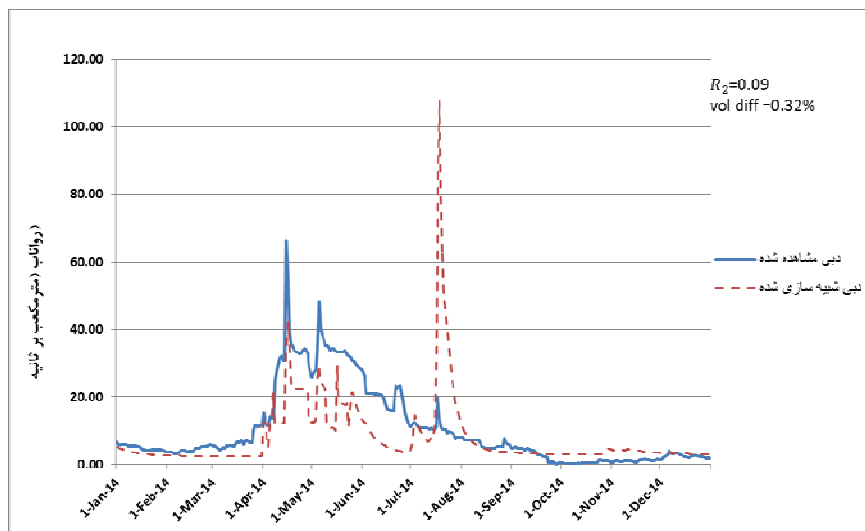


شکل ۳: تغییرپذیری ماهانه پوشش برف (به درصد) در ارتفاع های متفاوت

سپس به منظور شبیه سازی رواناب ، مدل رواناب ذوب برف برای سالهای ۲۰۱۳-۲۰۱۰ و ۲۰۱۵-۲۰۱۴ واسنجی و سال ۲۰۱۴-۲۰۱۳ ارزیابی شد . شکل ۴ تغییرات دبی روزانه شبیه سازی شده و اندازه گیری شده را در دوره واسنجی نشان می دهد . ضریب تعیین (R^2) ۰/۵ و درصد تفاوت حجم میزان دبی برآوردی و مشاهده شده ۰/۱ درصد است . در این مطالعه مقدار ضریب تعیین و درصد تفاوت حجم تغییرات دبی روزانه شبیه سازی شده و اندازه گیری شده در دوره ارزیابی ، کاملاً قابل قبول است (شکل ۵) .



شکل ۴. مقایسه دبی روزانه مشاهده ای و شبیه سازی شده در دوره واسنجی در حوضه مورد مطالعه (سالهای ۲۰۱۰-۲۰۱۵ و ۲۰۱۴-۲۰۱۵)



شکل ۵. مقایسه دبی روزانه مشاهده ای و شبیه سازی شده در دوره ارزیابی در حوضه مورد مطالعه (سال ۲۰۱۳-۲۰۱۴)

سهام ذوب برف به نسبت آب تولید شده برای رواناب در حوضه طی دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۱۵ بررسی شد و نتایج مطابق جدول ۱ بیان کننده آن است که بیشترین سهم ذوب برف مربوط به فصل های بهار و تابستان است .

جدول ۱. سهم متوسط سالانه ذوب برف به نسبت آب تولید شده برای رواناب در حوضه طی دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۱۵

فصل	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالانه
متوسط سهم ذوب برف (%)	۴۹.۱۹	۹۳.۲۳	۹۳.۶۳	۶۴.۶۸	۸۳.۵۵

در این پژوهش برای تعیین اقلیم آینده (دما و بارش) با استفاده از مدل Delta Method IPCC AR5 ، دو مدل (GCM) NCC(144*96) و NCAR(288*192) ، تحت چهار سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP6.0 و RCP8.5 برای چهار

دوره زمانی (۲۰۲۱-۲۰۳۰، ۲۰۴۰-۲۰۴۹، ۲۰۵۰-۲۰۵۹ و ۲۰۶۰-۲۰۵۱) ریزمقیاس نمایی شد. اجرای مدل در سال های ۲۰۱۳-۲۰۱۵ ارزیابی شد. نتایج نشان داد بین دمای ریزمقیاس شده و دمای ماهانه مشاهده شده ضریب همبستگی زیادی وجود دارد (جدول ۲)، بنابراین مدل Delta Method IPCC AR5 توانایی زیادی در شبیه سازی تغییرات دما در یک منطقه دارد.

جدول ۲. ضریب همبستگی دما و بارش اندازه گیری شده و دما و بارش ریزمقیاس شده

ضریب همبستگی	پارامتر اقلیمی
۰.۹۳	دما
۰.۸۹	بارش

میانگین دما و بارش ریزمقیاس شده خروجی دو مدل گردش عمومی جو ((NCC(144*96) و NCAR(288*192) طی دهه های ۲۰۲۰-۲۰۵۰ مطابق جدول ۳ محاسبه شد. بررسی تغییرات دما نشان میدهد میانگین دمای حوضه بالادست سد امیرکبیر به نسبت دوره پایه (۲۰۱۵-۱۹۸۵) افزایش می یابد به طوری که میانگین آن در دهه های آینده و سناریوهای مختلف بین ۰/۹ تا ۳/۲ درجه سانتی گراد در مدل NCC و بین ۰/۷ تا ۳/۳ درجه سانتی گراد در مدل NCAR افزایش خواهد داشت. با مقایسه دما در مدل های مختلف مشخص شد، بیشترین دما (در دهه ۲۰۶۰) در مدل NCAR تحت سناریوی RCP8.5 رخ می دهد و افزایش دما با نزدیک شدن به سال ۲۰۶۰ بیشتر می شود. در این مدل میانگین دما در دهه ۲۰۶۰ حدود ۱/۶، ۲/۲، ۲/۸ و ۳/۳ به ترتیب برای سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP6.0 و RCP8.5 افزایش می یابد. میانگین دما در سناریوی RCP8.5 روند افزایشی بیشتری نسبت به دو سناریوی دیگر دارد. روند تغییرات میانگین دمای سالانه نشان میدهد دما حدود ۰/۰۶ درجه سانتی گراد در هر سال افزایش می یابد. نتایج بررسی آثار تغییر اقلیم بر بارش سالانه، نشان دهنده روند کاهشی در بارش منطقه، طی دهه های آینده نسبت به دوره پایه (۲۰۱۵-۱۹۸۵) است. در مدل NCC نسبت به مدل دیگر، روند کاهش در بارش کمتر است. بر اساس مدل های GCM میانگین تغییرات در بارش در دهه ۲۰۶۰ با کاهش ۴/۶، ۵/۶، ۳/۴ و ۷/۸ میلی متر به ترتیب برای RCP2.6، RCP4.5، RCP6.0 و RCP8.5 همراه است. به طور کلی، بیشترین میزان کاهش در دهه ۲۰۶۰، برای سناریوی RCP8.5 پیش بینی شده است. روند تغییرات میانگین بارش سالانه نشان میدهد کاهش بارش حدود ۰/۱۳ میلی متر (۳۸/۰ درصد) در سال است.

جدول ۳. دما و بارش سالانه در دوره های آینده برای GCMها و RCP های مختلف

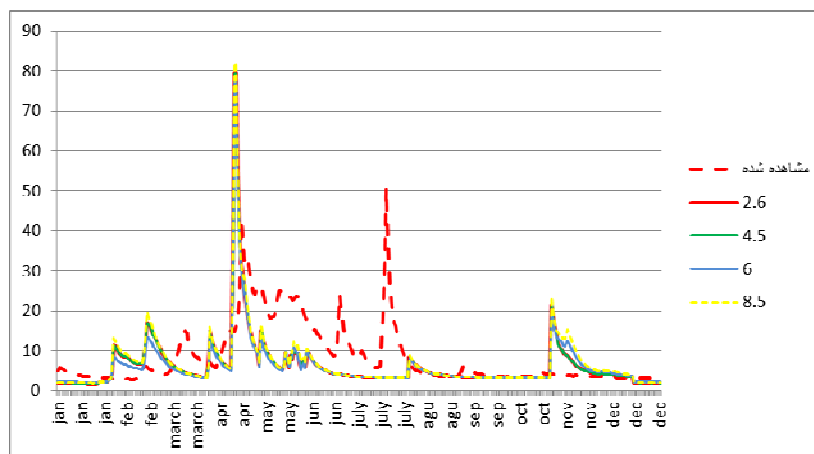
NCAR(288*192)				NCC(144*96)				GCM دوره آتی	پارامترها
RCP8.5	RCP6	RCP4.5	RCP2.6	RCP8.5	RCP6	RCP4.5	RCP2.6		
۱۴.۶۱	۱۴.۰۱	۱۴.۴۱	۱۳.۵۱	۱۳.۷۱	۱۳.۹۱	۱۴.۲۱	۱۴.۰۱	دهه ۲۰۲۰	میانگین دما (درجه سانتی گراد)
۱۴.۶۱	۱۴.۴۱	۱۴.۶۱	۱۴.۳۱	۱۴.۰۱	۱۴.۱۱	۱۴.۴۱	۱۴.۱۱	دهه ۲۰۳۰	
۱۵.۱۱	۱۴.۸۱	۱۴.۷۴	۱۴.۳۹	۱۴.۳۱	۱۴.۴۱	۱۴.۶۱	۱۴.۲۶	دهه ۲۰۴۰	
۱۵.۶۱	۱۵.۲۱	۱۴.۸۸	۱۴.۴۱	۱۵.۶۱	۱۴.۷۱	۱۴.۹۱	۱۴.۴۱	دهه ۲۰۵۰	
۱۶.۱۱	۱۵.۶۱	۱۵.۰۱	۱۴.۴۳	۱۶.۰۱	۱۴.۹۱	۱۵.۴۱	۱۴.۵۶	دهه ۲۰۶۰	

۳۱.۴۸	۲۸.۱۸	۲۶.۵۸	۲۶.۹۸	۲۸.۹۸	۳۰.۳۸	۲۷.۳۸	۳۱.۶۸	دهه ۲۰۲۰	بارش (میلی متر)
۳۲.۰۸	۲۸.۵۸	۲۷.۶۸	۲۸.۳۸	۲۸.۳۸	۳۰.۴۸	۲۷.۳۸	۳۱.۱۸	دهه ۲۰۳۰	
۳۱.۴۸	۲۸.۹۸	۲۸.۷۸	۲۹.۸۱	۲۷.۷۸	۳۰.۵۸	۲۷.۷۸	۳۰.۶۸	دهه ۲۰۴۰	
۳۰.۸۳	۲۹.۲۵	۲۹.۸۸	۳۱.۲۵	۲۷.۰۸	۳۰.۷۸	۲۸.۲۷	۳۰.۱۸	دهه ۲۰۵۰	
۳۰.۲۱	۲۹.۵۸	۳۰.۹۸	۳۱.۶۸	۲۶.۴۸	۳۰.۸۸	۲۸.۶۸	۲۹.۶۸	دهه ۲۰۶۰	

پیش بینی رواناب و سهم ذوب برف در رواناب آینده

ابتدا با استفاده از مدل SRM رواناب با خروجی های GCMS و RCPS مختلف برای دوره آینده (۲۰۲۰-۲۰۶۰) شبیه سازی و درمقایسه با دهه ۲۰۰۰ ارزیابی شدند. شکل ۶ میانگین رواناب سالانه تصویرسازی شده برای دوره آینده را نشان می دهد. با توجه به شکل ۶، رواناب به طور میانگین کاهش یافته ولی دبی های پیک از ماههای آوریل و می و حتی ژوئن به فوریه و مارس و آوریل منتقل گردیده است. کاهش میانگین رواناب حدود ۱.۱ مترمکعب بر ثانیه در هر سال می باشد.

آنچه مسلم است با افزایش دما و کاهش بارش، وسعت پوشش برف کاهش می یابد و در نتیجه رواناب کاهش خواهد یافت. مجموع حجم سالانه رواناب در RCP2.6 ۲۸/۳۸، در RCP4.5 ۲۸/۴۴، در RCP6 ۲۷/۰۲ و در RCP8.5 ۲۳/۳۵ درصد نسبت به اقلیم حاضر (حجم رواناب سالانه محاسباتی) کاهش می یابد. در RCP8.5 که شرایط گرم تری نسبت به RCPهای دیگر دارد، مقدار کمتری کاهش در رواناب دیده می شود که دلیل آن می تواند افزایش بارش پاییزی و افزایش ذوب برف و نهایتاً کاهش چشمگیر ذخایر برفی باشد.



شکل ۶: میانگین سالانه رواناب برای دوره ۲۰۲۰-۲۰۶۰ تحت RCP های مختلف در حوضه مورد مطالعه

همچنین به منظور پیش بینی سهم ذوب برف در رواناب آینده، با استفاده از دما و بارش تصویرسازی شده مدل های NCC(144*96) و NCAR(288*192)، تحت RCP2.6، RCP4.5، RCP6.0، RCP8.5 و همچنین مشاهده ارتباط بین پوشش برف، دما و بارش، پوشش برف برای سال های ۲۰۲۰ تا ۲۰۶۰ در فاصله زمانی ۱۰ ساله تخمین زده شد. نتایج نشان می دهد مساحت برف در سناریوی RCP8.5 که بیشترین افزایش دما رخ داده، به کمترین میزان خود رسیده است. همچنین

مطابق جدول ۴، حجم رواناب سالانه به دلیل افزایش حجم رواناب ناشی از ذوب برف، افزایش یافته است. کمترین ذوب برف به نسبت آب تولیدی مربوط به دهه ۲۰۲۰ و مدل NCAR تحت سناریوی RCP2.6 می باشد.

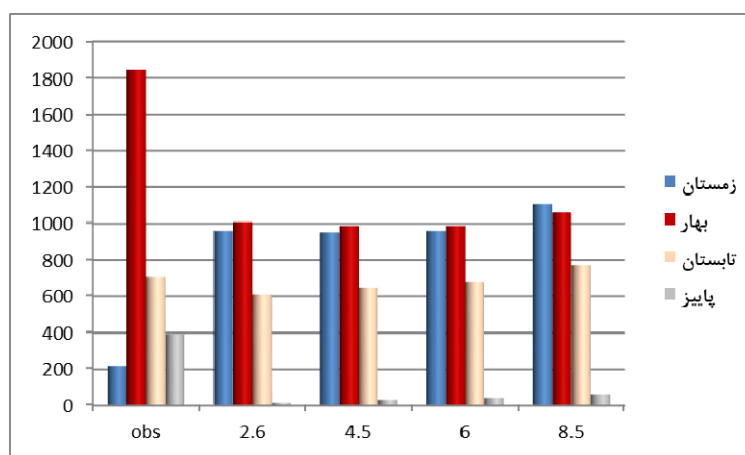
جدول ۴. رواناب سالانه در دوره های آینده برای GCMها و RCP های مختلف

NCAR(288*192)				NCC(144*96)				GCM دوره آبی	پارامتر
RCP8.5	RCP6	RCP4.5	RCP2.6	RCP8.5	RCP6	RCP4.5	RCP2.6		
۱۴۵.۹۸	۱۵۳.۴۷	۱۳۷.۴۶	۱۵۶.۱۹	۱۵۸.۱۹	۱۴۲.۶۳	۱۳۲.۶	۱۰۱.۸۱	دهه ۲۰۲۰	متوسط رواناب (m3/s)
۱۵۱.۷۵	۱۴۰.۴۱	۱۳۸.۷۴	۱۳۹.۲۵	۱۳۷.۵۱	۱۴۴.۳۱	۱۳۲.۶۸	۱۴۶.۶	دهه ۲۰۳۰	
۱۵۹.۸۱	۱۴۷.۱	۱۴۶.۴۶	۱۴۹.۳	۱۴۲.۲۷	۱۳۹.۶۶	۱۴۳.۹۹	۱۵۱.۵۸	دهه ۲۰۴۰	
۱۵۷.۷۶	۱۴۹.۶۹	۱۴۵.۲۸	۱۴۸.۸۲	۱۴۵.۷۴	۱۴۸.۱۱	۱۴۱.۷۹	۱۴۵.۴۷	دهه ۲۰۵۰	
۱۶۶.۷	۱۵۸.۷۳	۱۵۵.۶۳	۱۵۵.۷۶	۱۵۲.۱۷	۱۵۴.۰۳	۱۵۴.۰۸	۱۴۹.۳۶	دهه ۲۰۶۰	

انتظار می رود که همزمان با افزایش دما شکل بارش نیز به صورت مایع تغییر کند. همانطور که در جدول ۵ و شکل ۷ دیده می شود سهم فصلی ذوب برف به نسبت مجموع آب تولید شده برای رواناب در حوضه در همه RCP ها کاهش می یابد، که میزان کاهش ذوب برف ۵۴ درصدی در فصل بهار شایان توجه است.

جدول ۵. سهم متوسط سالانه ذوب برف به نسبت آب تولید شده در RCP های مختلف

سالانه	پاییز	تابستان	بهار	زمستان	فصل
۷۹.۹۳	۱۳.۲۵	۶۸.۴۷	۹۴.۶	۹۳.۸	متوسط سهم ذوب برف (%) در RCP های مختلف



شکل ۷: سهم فصلی ذوب برف به نسبت مجموع آب تولید شده برای رواناب در حوضه در RCP های مختلف

باید توجه داشت که افزایش میزان رواناب ناشی از ذوب برف با کاهش ذخیره برف سالانه حوضه در RCP های مختلف کاملاً در ارتباط است و این موضوع می تواند در مدیریت منابع آب آینده بسیار کلیدی و کاربردی باشد .

نتیجه گیری

در بسیاری از مناطق، پوشش برف واقع در کوهستان منبع اصلی تامین آبهای سطحی و زیرزمینی محسوب می گردد . برف به دلیل فاصله زمانی بین نزول تا زمان پیوستن به ذخایر آب سطحی یا زیرزمینی متفاوت با دیگر ریزش های جوی بوده و از آنجا که ریزش برف، در فصل سرد عمدتاً در ارتفاعات اتفاق می افتد و تا شروع فصل ذوب ذخیره می گردد، لذا ذوب تدریجی آب باعث تغذیه تدریجی منابع آب می شود. با توجه به تغییر اقلیم و تغییر زمان ذوب برف ، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر الگوی ذوب برف در مدیریت منابع آب رودخانه های با رژیم برفی بسیار با اهمیت است. از طرفی با توجه به عواملی نظیر صعب العبور بودن مناطق برف گیر ، پوشش وسیع تصاویر ماهواره ای به منظور پایش و مطالعه خصوصیات برف و روند تغییرات آن ، از جمله مزیت های استفاده از فناوری های نوین و سنجش از دور در مطالعات اقلیمی و ارزیابی های اثر تغییر اقلیم است که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است . تصاویر پوشش برف MODIS از محدوده مورد مطالعه نشان داد که پوشش برف در ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر نسبتاً قابل توجه است . طی ماه های دسامبر تا مارس درصد پوشش برف در ارتفاع بیش از ۲۵۰۰ متر زیاد است و در ماه های ژوئن و جولای سطح پوشش برف به ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر محدود می شود . سپس رواناب منطقه و مدل ذوب برف توسط نرم افزار SRM شبیه سازی گردید و با کالیبراسیون و صحت سنجی عملکرد قابل قبول مدل برآورد گردید . به منظور بررسی آثار تغییر اقلیم بر آینده تولید رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه بالادست سد امیرکبیر از آخرین مدل های اقلیمی CMIP5 تحت چهار سناریوی RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 و RCP8.5 استفاده شد . ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر دما نشان دهنده روند افزایشی آن و بر بارش حاکی از روند کاهشی آن می باشد . افزایش دما در فصل های پاییز و زمستان منجر به کاهش شکل بارش به صورت برف شده و در نتیجه حجم ذخیره برفی کاهش می یابد . نتایج نشان می دهد حجم رواناب در فصول پاییز و زمستان به علت افزایش ریزش به شکل باران ، و اواخر فصل زمستان و بهار به دلیل افزایش میزان آب حاصل از ذوب برف ، افزایش می یابد . نتایج این پژوهش مبتنی بر افزایش ذوب برف و در نتیجه افزایش حجم رواناب ، کاهش ذخایر برفی و انتقال بیشینه دبی به زمان زودتر از شرایط نرمال منطقه به دلیل ذوب زود هنگام برف به دلیل افزایش دما می باشد . به طور کلی در آینده به طور متوسط میانگین رواناب در هر سال حدود ۱/۱ مترمکعب بر ثانیه و متوسط سهم ذوب برف سالانه حدود ۱۳/۹ درصد کاهش می یابد .

لیست منابع

ابراهیمی، هادی؛ ابوالحسن غیبی و حسین ملکوتی. ۱۳۹۱. روند تغییرات پوشش برف در مناطق برف خیز ایران با استفاده از داده های سنجنده مودیس ، نیوار، ۷۸-۷۹: ۳-۱۰ .
داداشی، مریم؛ محمدحسین مختاری و علیرضا طیبیا .۱۳۹۳. محاسبه سطح برف با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس(مطالعه موردی : استان تهران) . اولین همایش ملی کاربرد مدل های پیشرفته تحلیل فضایی. دانشگاه آزاد یزد .

رسولی، علی اکبر و سلام ادهمی. ۱۳۸۶. محاسبه آب معادل پوشش برفی با پردازش تصاویر سنجنده مودیس. *جغرافیا و توسعه*، ۱۰: ۳۶-۳۳.

طاهری، حمیدرضا و فروزان ارکیان. ۱۳۹۲. بررسی تغییرپذیری تعداد روزهای برفی و عمق برف در ایران. *نیوار*. ۸۲-۸۳: ۴۷-۵۸. فتاحی، ابراهیم و مجید وظیفه دوست. ۱۳۹۰. برآورد دمای سطح برف و گستره پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس (مطالعه موردی: حوضه های استان گلستان). *تحقیقات جغرافیایی*. ۱۰۲: ۱۴۹-۱۶۸.

قربانی زاده خرازی، حسین؛ حسین صدقی، بهرام ثقفیان و جهانگیر پرهمت. ۱۳۸۸. *بررسی اثر تغییر اقلیم بر توزیع زمانی جریان ناشی از ذوب برف در حوزه ی کارون. مجله علمی پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*. ۹: ۴۵-۵۰. میرموسوی، سیدحسین و لیلا صبور. ۱۳۹۳. پایش تغییرات پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس در منطقه شمال غرب ایران. *جغرافیا و توسعه*، ۱۸۱: ۳۵-۲۰۰.

میریعیقوب زاده، میرحسن و محمدرضا قنبرپور. ۱۳۸۹. بررسی کاربرد نقشه های پوشش برفی حاصل از تصاویر مودیس در مدلسازی رواناب ذوب برف. *علوم زمین*. ۷۶: ۱۴۰-۱۴۸.

نجفی، احمد؛ جمال قدوسی، بهرام ثقفیان و جهانگیر پرهمت. ۱۳۸۶. برآورد رواناب ذوب برف با استفاده از سنسجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در حوضه شهرچای ارومیه. *فصلنامه پژوهش و سازندگی*. ۲۰: ۱۷۷-۱۸۵.

Bandyopadhyay, A. ; A. Bhadra, M. Maza and R.K. Shelina. 2014. Monthly Variations of Air Temperature Lapse Rates in Arunachal Himalaya. *Journal of Indian Water Resources Society*. 34.16-25.

Bormann, K. ; M. McCabe and J. Evans.2012. Satellite based observation for seasonal snow cover detection and characterization in Australia. *Remote Sensing of Environment*.123:57-71.

Carter J.G. ; G. Gavan, A. Connelly, S. Guy, J. Handley and A. Kazmierczak. 2015. Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation. *Progress in Planning*. 95: 1-66.

CunJian, Y. ; Z. ZiJian and N. Jing.2012. Temporal and Spatial analysis of changes in snow cover in western Sichuan based on MODIS images. *Sci China Earth Sci*. 8:1329-1355.

Dai, L. and T. Che.2014. spatiotemporal changes in snow cover from 1987 to 2011 in Northern China. *7th EARSeL LISSIG workshop*. Bern.

Dedieu, J.P. ; A. Fontaine and G. Ravazzani.2014. Shifting mountain snow patterns in a changing climate from remote sensing retrieval. *Science of the Total Environment*. 493:1267-1279.

Dietz, A. ; ch. Conrad and C. Kuenzer.2014. Identifying Changing Snow Cover Characteristics in Central Asia between 1986 and 2014 from Remote Sensing Data. *Remote Sens*.6:12752-12775.

Gafurov, A. and A. Bardossy.2009. Cloud removal methodology from MODIS snow cover product. *Hydrol. Earth Syst. Sci*.13:1361-1373.

Garen , D. and D. Marks.2005. Spatially distributed energy balance snowmelt modeling in a mountainous river basin :estimation of meteorological inputs and verification of model results. *Journal of Hydrology*.315:126-153.

Hall, D.K.; G.A. Riggs, V.V. Salomonson, N.E. DiGirolamo and K.J. Bayr.2002. MODIS snow-cover products. *Remote sensing of environment*. **83**:181-194.

Ildermi, A. ; M. Habibnejad, M. Safarishad and A. Dalal Oghli.2015. Using satellite MODIS images and NDSI index for snow cover mapping (case study: Bahar basin). *Journal of Geographic Space*. **50**:125-140.

Immerzeel W.W. ; P. Droogers, S.M. de Jong and M. F.P. Bierkens.2009. Large-scale monitoring of snow cover and runoff simulation in Himalayan river basins using remote sensing. *Remote Sensing of Environment*. **113**: 40–49.

Khadka, D.; S. Babel M, Shrestha S, Nitin and K. Tripathi. 2014. Climate change impact on glacier and snow melt and runoff in Tamakoshi basin in the Hindu Kush Himalayan (HKH) region. *Journal of Hydrology*. **511**: 49– 60.

Joshi, R. ; K. Kumr, J. Pandit and S.M. Plani.2015. Dynamics of Climate Change and Water Resources of Northwestern Himalaya. *Spinger International Publishing*. 203p.

Kostadinov, T.S. and T.R. Lookingbill.2015. Snow cover variability in a forest ecotone of the Oregon Cascades via MODIS Terra products. *Remote sensing of Environment*. **164**:155-169.

Leavesley G.H. .1989. Problem of snowmelt runoff modeling *Hydrological science journal*. **6**: 617-634 .

Lindsay, CH. ; J. Zhu, A.E. Miller and T.L. Wilson.2015. Deriving Snow Cover Metrics for Alaska from MODIS. *Remote sensing*. **7**:12961-12985.

Malcher, p. ; D. Floricioiu and H. Rott.2003. Snow mapping in Alpine areas using medium resolution spectrometric sensors. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*.2835-2837.

Marengo J.A.; S.C. Chou, R.R. Torres, A. Giarolla, L.M. Alves and A. Lyra. 2014. Climate change in central and South America, Recent trends, future projections, and impacts on regional agriculture. *Working Paper*. No **73**.

Martinec J. . 1975. Snowmelt-Runoff Model for stream flow forecasts. *Nordic Hydrology*. **6**:145-154.

Miller, N.I. ; K.E. Bashford and E. Sterm. 2004. Potential impacts of climate change on California hydrology. *Journal of the American Water resources Association (JAWRA)*. **39**:771-784.

Paudel, K. and P. Anderson.2011. Monitoring snow cover variability in an agro pastoral area in the Trans Himalayan region of Nepal using MODIS data with improved cloud removal methodology. *Remote Sensing of Environment*. **115**:1234-1246.

Payn ,J.T. ; A.W. Wood, A.F. Hamlet, R.N. Palmer and D.P. Lettenmaier. 2002. Mitigating the effects of climate change on the water resources of the Columbia River basin. *Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean (JISAO) under NOAA cooperative agreement*. Contribution 922.

Ramsay, B.H. .1998. The interactive multisensory snow and ice mapping system. *Hydrological Processes*. **12**:1537-1546.

Romanov, P. .2003. Mapping and monitoring of the snow cover fraction over North America. *Journal of Geographical Research*.**108**:1-15.

Shahroudi, N. and W. Rossow .2014.Using land surface microwave emissivities to isolate the signature of snow on different surface types.*Remote sensing of Environment*.**152**:638-653.

Stewart, I.T. ; D.R. Cayan and M.D. Dettinger. 2004. Changes in snowmelt runoff timing in western north America under “Business as usual” climate change scenario . *Climate Change Journal*. **62**: 217-232.

Tahir A.A. ; P. Chevallier, Y. Arnaud, L. Neppel and B. Ahmad. 2011.Modeling snowmelt-runoff under climate scenarios in the Hunza River basin, Karakoram Range, Northern Pakistan. *Journal of Hydrology*. **409**: 104-117.

Tahir, A.; P. Chevallier, Y. Arnaud and M. Ashraf.2015. Snow cover trend and hydrological characteristics of the Astore River basin (Western Himalayas) and its comparison to the Hunza basin (Karakoram region). *Scienceof the Total Environment*. **505**:748-761.

Taylor K.E.; R.J. Stouffer and G.A. Meehl. 2012.an overview of CMIP5 and the experiment design, *Bull. Am. Meteorol.* **93**: 485-498.

Van Vuuren D.P.; J. Edmonds, M. Kainuma, K. Riahi, A. Thomson and K. Hibbard. 2011. The representative concentration pathways: *An overview Climatic Change*. **109**: 5- 31.

WMO. 1986.Intercomparison of Models of Snowmelt Runoff. Operational Hydrology Report 23. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

Zhou, H. ;E. Aizen, and V. Aizen.2013. Derivinglong term snow cover extent dataset from AVHRR and MODIS data(case study: Central Asia) .*Remote Sensing of Environment*. **136**:146-162.

The impact of climate change on the amount and temporal distribution of snow melt run off in the Amir Kabir dam watershed.

Fatemeh Falahati: PhD student, Kharazmi University, Tehran.

Bohloul Alijani: Professor of climatology, Kharazmi University, Tehran.

Mohammad Saligheh: Associate Professor of climatology, Kharazmi University, Tehran.

Abstract

In many areas, snow cover in the mountains is a major source of surface and underground water supply. Snow is different from the other atmospheric falls due to the time interval the descent and the time of joining to a surface or underground water reservoir, and whereas mainly snow falls in the cold season at high altitudes and is stored up to the beginning of the melting season, so, gradual melting of snow results in the gradual feeding of water resources. Snow is a reliable source of water supply and awareness of the distribution and amount of water in it can be essential in managing water resources. Therefore, due to climate change and its effect on the time of melting, it is very important for environmental planning to predict the arrival time of water from snow melt to water consumption cycle. It is worth noting that due to the severity of snowfall areas, the production of satellite imagery with multi-spectral and hyper-imaging capabilities from the surface of the earth, as well as the possibility of computer processing and semi-automatic analysis of satellite images for the purpose of monitoring and studying the characteristics of snow and their changes are among the advantages of using modern technologies and remote sensing in climate studies and assessing the effects of climate change, which unfortunately has remained largely neglected. The purpose of this study is to investigate the volumetric changes and time distribution of snow flood flows in future by integrating remote sensing, GIS and climatic models.

The studied area is the Upper Basin of Amir Kabir Dam, which is located on the southern slopes of Alborz Mountains. In this study, digital elevation maps (DEM) and GIS software were used to estimate parameters such as area, environment, main length, highest and lowest elevation points. In order to complete the snow cover data, MODIS products (MOD10A2) were extracted and the snow cover was extracted in the Upper Basin of Amir Kabir Dam. The snow cover area in MODIS shows that the snow cover is fairly significant at altitudes above 2000 m. During December to March, the snow cover is at a height of over 2500 meters and in June and July the snow cover is more than 3000 meters high. Next, runoff and snow melting models were simulated using SRM software. Calibration and validation of the model's acceptable performance were estimated. Then, in order to investigate the effects of climate change on the future of snowmelt runoff production in the basin of Amir Kabir Dam, the latest CMIP5 climatic models were used under four scenarios RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 and RCP8.5. Climate change scenarios were extracted using general circulation models and exponential microscale models using

statistical methods for Saddamir Kabir upstream basin and its effect on snowmelt runoff using these scenarios was investigated. The assessment of the effect of climate change on temperature indicates its increasing trend and indicates its decreasing trend about precipitation.

A survey on the relationship between snow cover area , temperature and precipitation was used to predict snow cover in the future. The increase in temperature in the autumn and winter season has led to a reduction in the shape of precipitation in the form of snow, and as a result, the amount of snow storm is reduced. The results show that the amount of runoff in the autumn and winter increases due to increased rainfall in the form of rain, and it will be increased late winter and spring due to the increase in the amount of water resulting from snow melting. The results of this study are based on the increase of snow melt as a result of increased runoff volume, reduction of snow reserves and maximum flow transmission to earlier than normal conditions due to early snow melting due to temperature rise.. Generally, in the future, the average annual runoff will be decreased about 1.1 cubic meters per second, and the average annual melting share will be about 13.9%.

Key words: climate change, snow melting, MODIS, SRM model, exponential microscale models