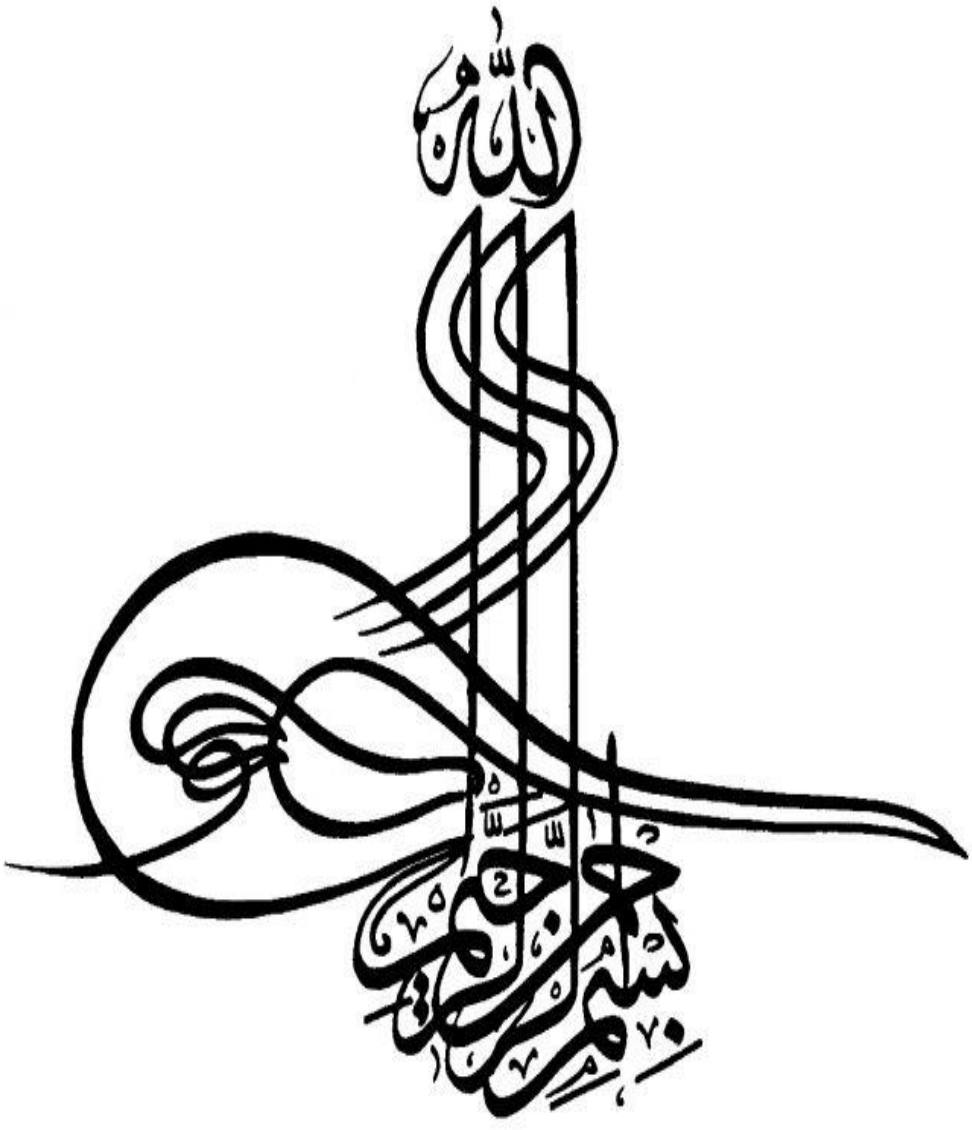
الله
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی گرایش آبخیزداری

عنوان پایان‌نامه

شبیه‌سازی رواناب ناشی از ذوب برف با استفاده از مدل SRM

استاد راهنما:

دکتر رفعت زارع بیدکی

اساتید مشاور:

دکتر مژگان عباسی

دکتر علی فتح‌زاده

پژوهشگر:

مرضیه قاسمی

مهر ماه ۱۳۹۲

دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین

گروه مرتع و آبخیزداری

پایان‌نامه خانم مرضیه قاسمی جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی گرایش آبخیزداری با عنوان: شبیه‌سازی رواناب ناشی از ذوب برف با استفاده از مدل SRM

در تاریخ ۱۳۹۲/۰۷/۱۰ با حضور هیأت داوران زیر بررسی و با نمره ۱۹/۷۷ مورد تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر رفعت زارع بیدکی	**با مرتبه علمی استادیار**	**امضاء**
۲- استاد مشاور پایان نامه دکتر مژگان عباسی	**با مرتبه علمی استادیار**	**امضاء**
۳- استاد مشاور پایان نامه دکتر علی فتح‌زاده	**با مرتبه علمی استادیار**	**امضاء**
۴- استاد داورخارجی پایان‌نامه دکتر بهزاد قربانی	**با مرتبه علمی دانشیار**	**امضاء**
۵- استاد داور داخلی پایان‌نامه دکتر افشین هنربخش	**با مرتبه علمی استادیار**	**امضاء**

دکتر علی جعفری

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی

دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش مر خدای را جل جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید.

به انجام رسیدن این پایان نامه مرهون راهنمایی، مشاوره و کمک بزرگانی است که در مراحل مختلف، لطف و مهربانی خود را از بنده دریغ نکرده اند، بر خود واجب می دانم از همه عزیزانی که در این راستا مرا یاری کرده اند سپاسگزاری نمایم.

با سپاس از استاد فرهیخته و گرانقدرم سرکار خانم دکتر زارع که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمود و زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفت،

با سپاس از اساتید بزرگوار سرکار خانم دکتر عباسی و جناب آقای دکتر فتح زاده به دلیل مشاوره های بی منت و راهنمایی های ارزشمندشان،

با سپاس از داوران محترم جناب آقای دکتر قربانی و جناب آقای دکتر هنرنخش که مشفقانه قلم تصحیح بر پایان نامه ام نگاشتند. از خداوند منان توفیق روزافزون ایشان را خواستارم،

با سپاس از اساتید گرانقدر دوران تحصیلم جناب آقای دکتر طهماسبی و جناب آقای دکتر داودیان که افتخار شاگردی در محضرشان را داشتم،

و با سپاس از محبت های خانواده عزیزم، همدلی دوستان و همکلاسی های خوبم.

مرضیه قاسمی

مهر ۱۳۹۲

تقدیم به:

مادرم

چکیده:

برف بخش عمده‌ای از نزولات جوی مناطق کوهستانی و عرض‌های جغرافیایی بالا را تشکیل می‌دهد و با داشتن عکس‌العمل هیدرولوژیکی کند، نقش خاصی از نظر تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و تأخیر در جریان آب رودخانه ایفا می‌کند. پایش پیوسته سطح پوشیده از برف از نظر بررسی‌های اقلیمی، بوم‌شناختی و آب‌شناختی اهمیت ویژه‌ای دارد. ویژگی‌های فیزیک برف، پایش با سنجش از دور را ممکن ساخته است و به دلیل نیاز به پایش پیوسته‌ی سطح برف‌گیر بهره‌برداری از ماهواره‌هایی که دوره بازگشت تصویرهای آنها کوتاه است معمول است. تصویرهای ماهواره‌ای سنجنده MODIS به علت قدرت تفکیک زمینی و زمانی بهتر برای این منظور مناسب‌تر از تصویر سایر سنجنده‌ها است. مدل رواناب ذوب برف یا مدل SRM یک مدل درجه-روز بوده که به منظور شبیه‌سازی رواناب روزانه در حوضه‌های کوهستانی به ویژه مناطقی که ذوب برف بخش عمده‌ی جریان رودخانه را تشکیل می‌دهد طراحی شده است. هدف از این مطالعه شبیه‌سازی رواناب ذوب برف حوزه آبخیز کوهرنگ علیا با استفاده از مدل SRM می‌باشد. نقشه‌های توپوگرافی به منظور مشخص کردن حوزه آبخیز بالادست ایستگاه هیدرومتری دزک‌آباد و همچنین تقسیم حوضه به مناطق ارتفاعی ۵۲۰ متری استفاده شد. پوشش برف در مناطق ارتفاعی متفاوت با استفاده از تصاویر بدون ابر سنجنده MODIS طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ به دست آمد. با بررسی داده‌های هواشناسی و هیدرومتری و اطلاعات منطقه، پارامترهای ورودی به مدل تهیه شد. صحت مدل با دو پارامتر آماری به نام ضریب تبیین و اختلاف حجم بین رواناب اندازه‌گیری شده و محاسبه شده توسط مدل تعیین می‌شود. مدل برای فصل ذوب سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ با ضریب تبیین ۰/۸۷ و اختلاف حجم ۲/۸۶-٪ کالیبره شد. ضریب تبیین ۰/۴۹ و اختلاف حجم ۲۱/۷۱٪ نتیجه اعتبارسنجی مدل در فصل ذوب برف سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ می‌باشد. از آن‌جا که سال‌های ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷ از نظر سطح پوشش برف و دمای متوسط تقریباً مشابه هستند اما سال ۸۷-۱۳۸۶ سالی کم باران می‌باشد ضرورت تغییر ضریب رواناب پیش می‌آید، پس از تعدیل این پارامتر نتایج شبیه‌سازی ۰/۷۳ ، ۱/۵۱-٪ و ۰/۸۴، ۰/۱۲-٪ به ترتیب برای سال‌های ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸ به دست آمد. با توجه به مقادیر ضریب تبیین و اختلاف حجم به دست آمده از اجرای مدل، نتیجه می‌گیریم مدل SRM می‌تواند به منظور پیش‌بینی سیل و مدیریت منابع آب منطقه مورد مطالعه استفاده شود.

کلید واژه‌ها: سطح پوشش برف، MODIS، NDSI، شبیه‌سازی، درجه-روز، SRM.

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
فصل نخست- مقدمه	۶
۱-۱- مقدمه	۶
۱-۲- اهداف تحقیق	۷
۱-۳- مراحل و روش تحقیق	۸
۱-۴- ساختار پایان‌نامه	۹
فصل دوم- کلیات	۱۰
۲-۱- کلیات	۱۰
۲-۲- ویژگی‌های برف	۱۱
۲-۲-۱- آب معادل برف	۱۲
۲-۲-۲- تخلخل برف	۱۲
۲-۲-۳- کیفیت برف	۱۳
۲-۲-۴- خصوصیات گرمایی برف	۱۳
۲-۲-۵- ظرفیت نگه‌داری آب مایع در برف	۱۴
۲-۲-۶- چگالی و تراکم برف	۱۴
۲-۳- روش‌های اندازه‌گیری برف	۱۴
۲-۳-۱- اندازه‌گیری روی میز	۱۴
۲-۳-۲- اندازه‌گیری توسط تابش گاما	۱۵
۲-۳-۳- اندازه‌گیری توسط لوله نمونه‌برداری برف	۱۵
۲-۳-۴- اندازه گیری برف با استفاده از بالشتک	۱۶
۲-۳-۵- برآورد ارتفاع برف در یک حوزه از طریق خط هم‌دمای صفر	۱۶
۲-۳-۶- برآورد از طریق عکس‌های هوایی و یا ماهواره‌ای	۱۶
۲-۴- سنجش از دور برف	۱۷
۲-۵- کاربرد طیف الکترومغناطیس در مطالعه برف و یخ	۱۷
۲-۵-۱- نور مرئی و مادون قرمز نزدیک	۱۹
۲-۵-۲-مادون قرمز حرارتی	۲۰
۲-۵-۳- میکروویو	۲۱
۲-۶- انتخاب سنجنده مناسب	۲۲
۲-۷- سنجنده MODIS	۲۳
۲-۸- کاربردهای سنجنده MODIS	۲۵
۲-۹- مدل‌های رواناب ذوب برف	۲۶
۲-۱۰- تئوری مدل SRM	۲۷
۲-۱۰-۱- خصوصیات حوضه و ناحیه‌های ارتفاعی	۲۸

۲-۱۰-۲- متغیرهای ورودی مدل ۲۸
۲-۱۰-۳- پارامترهای ورودی به مدل ۲۹
۲-۱۰-۴- ارزیابی مدل ۳۴
فصل سوم- مروری بر منابع ۳۵
۳-۱- تاریخچه برف‌سنجی با استفاده از ماهواره ۳۵
۳-۱-۱ برآورد سطح پوشش برف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۳۶
۳-۲- شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از مدل SRM ۳۸
فصل چهارم- مواد و روش‌ها ۴۲
۴-۱- منطقه مورد مطالعه ۴۲
۴-۲- مطالعات هواشناسی ۴۳
۴-۲-۱- بارش ۴۴
۴-۲-۲- دما ۴۵
۴-۳- مطالعات هیدرولوژی ۴۵
۴-۳-۱- سیستم رودخانه‌ای منطقه مورد مطالعه: ۴۵
۴-۳-۲- ایستگاه هیدرومتری دزک‌آباد ۴۷
۴-۴- تصاویر ماهواره‌ای ۴۷
۴-۵- استخراج سطح پوشش برف در تصاویر سنجنده MODIS ۴۹
۴-۶- داده‌های مورد نیاز مدل SRM ۵۱
۴-۶-۱- مشخصات حوزه آبخیز ۵۲
۴-۶-۲- متغیرهای مورد نیاز مدل ۵۲
۴-۶-۳- پارامترهای ورودی به مدل ۵۵
فصل پنجم- نتایج و بحث ۵۸
۵-۱- نقشه سطح پوشش برف ۵۸
۵-۲-. شبیه‌سازی مدل SRM ۶۲
۵-۳- طبقه‌بندی ارتفاع حوزه آبخیز ۶۳
۵-۳-۱. منحنی ارتفاع-سطح ۶۳
۵-۴- منحنی کاهش سطح پوشش برف ۶۴
۵-۵- واسنجی مدل SRM ۶۶
۵-۶. اعتبارسنجی مدل ۶۸
۵-۶-۱. اعتبارسنجی مدل پس از تعدیل ضرایب رواناب ۷۱
فصل ششم- نتیجه‌گیری ۷۵
۶-۱ نتیجه‌گیری کلی ۷۵
۶-۲- پاسخ به فرضیات ۷۶
۶-۳- پیشنهادها ۷۷
فصل هفتم- منابع ۷۸
پیوست‌ها ۸۵

فهرست شکل‌ها

عنوان شماره صفحه

شکل ۲-۱- طیف الکترومغناطیس و وابستگی وسایل سنجش به فواصل الکترومغناطیسی خاص ۱۸
شکل ۲-۲- منحنی طیفی برف در مقایسه با منحنی طیفی آب، خاک و پوشش گیاهی ۱۹
شکل ۲-۳- نمودار تأثیر اندازه دانه‌ی برف بر روی بازتابش برف ۲۰
شکل ۴-۱- موقعیت زیرحوزه کوهرنگ علیا در حوزه آبخیز کارون شمالی ۴۳
شکل ۴-۲- موقعیت ایستگاه‌های باران سنجی اطراف حوزه آبخیز کوهرنگ علیا ۴۴
شکل ۴-۳- نمودار تغییرات بارش ماهانه در یک دوره ۲۵ ساله در ایستگاه سینوپتیک کوهرنگ ۴۵
شکل ۴-۴- نمودار تغییرات متوسط دمای ماهانه در یک دوره ۲۵ ساله در ایستگاه سینوپتیک کوهرنگ ۴۵
شکل ۴-۵- حوزه آبخیز کوهرنگ علیا و موقعیت ایستگاه هیدرومتری دزک آباد و سینوپتیک کوهرنگ ۴۶
شکل ۴-۶- نمودار تغییرات دبی ماهانه در یک دوره ۲۵ ساله در ایستگاه هیدرومتری دزک آباد ۴۷
شکل۴-۷- نمودار محدوده طیفی مورد استفاده در شاخص NDSI سنجنده MODIS ۵۰
شکل ۴-۸- مدل رقومی ارتفاع حوزه آبخیز کوهرنگ علیا ۵۲
شکل ۴-۹- نمودار مجموع بارش روزانه سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ ایستگاه سینوپتیک کوهرنگ ۵۳
شکل ۴-۱۰- نمودار مجموع بارش روزانه سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ ایستگاه سینوپتیک کوهرنگ ۵۳
شکل ۴-۱۱- نمودار مجموع بارش روزانه سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ ایستگاه سینوپتیک کوهرنگ ۵۳
شکل ۴-۱۲- نمودار متوسط دمای روزانه سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ ایستگاه سینوپتیک کوهرنگ ۵۴
شکل ۴-۱۳- نمودار متوسط دمای روزانه سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ ایستگاه سینوپتیک کوهرنگ ۵۴
شکل ۴-۱۴- نمودار متوسط دمای روزانه سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ ایستگاه سینوپتیک کوهرنگ ۵۵
شکل ۴-۱۵- دبی متوسط روزانه ایستگاه هیدرومتری دزک آباد طی سال آبی ۶۴-۱۳۶۳ تا ۹۰-۱۳۸۹ ۵۷
شکل ۵-۱- نمونه‌ای از نقشه‌های سطح پوشش برف سال آبی ۸۷-۱۳۸۶حوزه آبخیز کوهرنگ علیا ۵۹
شکل ۵-۲- نمونه‌ای از نقشه‌های سطح پوشش برف سال آبی ۸۸-۱۳۸۷حوزه آبخیز کوهرنگ علیا ۶۰
شکل ۵-۳- نمونه‌ای از نقشه‌های سطح پوشش برف سال آبی ۸۹-۱۳۸۸حوزه آبخیز کوهرنگ علیا ۶۱
شکل ۵-۴- طبقه‌بندی ارتفاع حوزه آبخیز کوهرنگ علیا ۶۳
شکل ۵-۵- نمودار مساحت تجمعی حوزه آبخیز کوهرنگ علیا ۶۴
شکل ۵-۶- منحنی کاهش درصد سطح پوشش برف سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ ۶۵
شکل ۵-۷- منحنی کاهش درصد سطح پوشش برف سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ ۶۶
شکل ۵-۸- منحنی کاهش درصد سطح پوشش برف سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ ۶۶
شکل ۵-۹- هیدروگراف رواناب شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده فصل ذوب سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ ۶۷
شکل ۵-۱۰- نتیجه شبیه‌سازی مدل فصل ذوب سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ ۶۷
شکل ۵-۱۱- هیدروگراف رواناب شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده فصل ذوب سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ ۶۸
شکل ۵-۱۲- نتیجه اعتبارسنجی مدل در فصل ذوب سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ ۶۹
شکل ۵-۱۳- منحنی تغییرات بارش و دبی متوسط روزانه سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ ۷۰
شکل ۵-۱۴- منحنی تغییرات بارش و دبی متوسط روزانه سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ ۷۰
شکل ۵-۱۵- منحنی تغییرات بارش و دبی متوسط روزانه سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ ۷۰

شکل ۵-۱۶- هیدرو گراف رواناب شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده فصل ذوب سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ ۷۱
شکل ۵-۱۷- نتیجه شبیه‌سازی مدل فصل ذوب سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ ۷۱
شکل ۵-۱۸- هیدروگراف رواناب شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده فصل ذوب سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ ۷۲
شکل ۵-۱۹- نتیجه شبیه‌سازی مدل فصل ذوب سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ ۷۲
شکل ۵-۲۰- نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز کوهرنگ علیا ۷۴

فهرست جدول‌ها

عنوان شماره صفحه

جدول ۲-۱- مشخصات ماهواره Terra ۲۴
جدول ۲-۲- مشخصات سنجنده MODIS ۲۵
جدول ۴-۱- پارامترهای فیزیکی حوزه ۴۷
جدول ۴-۲- تاریخ تصاویر مورد استفاده ۴۸
جدول ۵-۱- مشخصات هیپسومتری حوزه آبخیز کوهرنگ علیا ۶۴

فصل نخست

مقدمه

۱-۱- مقدمه

تحقیق و بررسی درباره‌ی منابع آب زمین همیشه مورد توجه محققان بوده است. در سال‌های اخیر با افزایش روزافزون جمعیت و به تبع آن افزایش مصرف منابع آب در زمینه‌های مختلف زندگی انسان، این مطالعات رشد چشمگیری یافته است (انتظامی، ۱۳۸۹). در بسیاری از حوزه‌های آبخیز کوهستانی برف یکی از مؤلفه‌های اصلی چرخه‌ی هیدرولوژی است. ریزش جوی به صورت برف برای تغذیه منابع سطحی و زیرزمینی کشورها می‌تواند منبعی پایدار و ثابت محسوب شود که با ذوب تدریجی جریان مداوم آب را در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، چشمه‌ها، قنات‌ها و سفره‌های زیرزمینی تأمین می‌کند به‌ویژه این‌که در فصول خشک نیز مورد استفاده می‌باشد. از این‌رو برخلاف باران، ذخایر برف از منابع آبی پراهمیت و قابل اطمینان محسوب می‌شود که برای فصول بعد از زمستان نیز می‌توان با اطمینان بیشتر برای بهره‌برداری، برنامه‌ریزی و محل مصرف ضروری آن اقدام کرد.

بر این اساس مطالعه برف و آب حاصل از ذوب آن در امور مربوط به ذخیره سدها، آب‌های زیرزمینی، تعیین مصرف آب کشاورزی، آب مورد نیاز شهرها و مهار سیلاب در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران که دارای ریزش‌های فصلی برف می‌باشند، از اهمیت زیاد برخوردار است.

قابل ذکر است که مناطق برف‌گیر و ریزش برف خود به خود نمی‌تواند وضعیت مطلوب هیدرولوژی را در حوزه‌های آبخیز به‌وجود آورند. گاهی آب از دست رفته و اتلاف شده‌ی برف از طریق تبخیر و تصعید، از باران نیز بیشتر است. بارها دیده شده است که سیلاب ناشی از ذوب ناگهانی برف ضایعات و خسارات بسیار به بار آورده است (بیرودیان، ۱۳۸۲). پیش‌بینی رواناب ذوب برف به برنامه‌ریزی و مدیریت مؤثرتر و کاراتر منابع آب از جمله مدیریت مخزن و هشدار سیل کمک می‌کند، خوشبختانه فاصله زمانی بین مرحله ریزش و انباشت برف و مرحله ذوب این امکان را می‌دهد که با اندازه‌گیری ویژگی‌های برف، مقدار آب حاصل از ذوب برف را برآورد نمود (نجف‌زاده، ۱۳۸۳).

با وجود تغییرات زیاد در توزیع زمانی و مکانی برف انباشته شده، اطلاعات مشاهده‌ای زمینی برف اندک و معمولاً به نواحی دارای ارتفاع کم محدود می‌شود. این موضوع کاربرد سنجش از دور در تأمین بخشی از اطلاعات برف را از دهه‌های پیش اجتناب‌ناپذیر نموده است. به‌علاوه این‌که مدل‌های پیش‌بینی رواناب حاصل از ذوب برف نیاز به اطلاعاتی دارند که این اطلاعات با توجه به فقر آمار در مناطق برف‌گیر حوزه‌های آبریز، عمدتاً قابل دسترس و یا تأمین نیستند. با این وصف، تکنیک سنجش از دور به عنوان ابزاری جدید و مفید برای به دست آوردن داده‌های برف در پیش‌بینی رواناب حاصل از ذوب برف مطرح می‌باشد.

رودخانه‌های اصلی ایران از جمله زاینده‌رود، کارون، کرخه، دز و سفیدرود از مناطق مرتفع و کوهستانی سرچشمه گرفته و مؤلفه‌ی برف در چرخه‌ی هیدرولوژی این حوضه‌ها، نقش بارزی دارد. در این پایان‌نامه، حوزه آبریز کوهرنگ علیا در محل ایستگاه هیدرومتری دزک‌آباد-یکی از زیرحوزه‌های آبخیز کارون- با توجه به شرایط مناسب برف‌گیری آن به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است.

۱-۲- اهداف تحقیق

مهمترین خصوصیات برف که در مدل‌های هیدرولوژیکی ذوب برف از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد، عبارتند از: سطح پوشش برف و دمای برف. اگر سطح پوشش برف و دمای آن معلوم باشند، با بروزرسانی مدل‌های هیدرولوژیکی و استفاده از اطلاعات سطح پوشش برف و دمای سطح برف، می‌توان به تخمین قابل قبولی از رواناب ناشی از ذوب برف به صورت روزانه دست یافت. استان چهارمحال و بختیاری که در سرآب دو حوزه آبخیز کارون و زاینده‌رود قرار دارد، منطقه‌ای کوهستانی است که ۸۲٪ آن را کوه‌ها و تپه‌ها تشکیل می‌دهند. این کوه‌ها دارای ۱۶ قله با ارتفاع بیش از ۳۵۰۰ متر می‌باشند که مرتفع‌ترین آنها زردکوه با ارتفاع ۴۵۴۸ متر می‌باشد. به دلیل مرتفع بودن و وجود قلل متعدد و بلند در آن، بخش قابل توجهی از بارش به‌خصوص در فصل زمستان به صورت برف نازل می‌شود. کوهستانی بودن زیرحوزه‌های آبخیز کوهرنگ و بازفت در حوزه آبخیز کارون شمالی بیش از سایر زیرحوضه‌ها است. این وضعیت موجب گردیده که نه تنها

میزان بارندگی در این دو زیر حوضه بسیار بیشتر از سایر نواحی گردد، بلکه میزان ریزش برف نیز به نسبت بیشتر است. مطالعه و بررسی میزان ذوب برف و حجم آب حاصل از آن در این منطقه، کمک شایانی به مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب و امور مرتبط با آب و خاک از قبیل برنامه‌های حفاظت خاک و آبخیزداری، احداث سد، تأمین آب کشاورزی و شرب در مناطق بالادست و پایین‌دست منطقه می‌کند.

در این تحقیق به منظور شبیه‌سازی رواناب ذوب برف و تخمین سهم رواناب ناشی از ذوب برف در آورد رودخانه بیرگان، همزمان از مزایای داده‌های ماهواره‌ای اپتیکال و مدل‌سازی هیدرولوژیکی رواناب استفاده شده است. هدف اصلی این تحقیق پیش‌بینی هیدروگراف رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده توأم از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS[1]) و پردازش تصاویر ماهواره‌ای منطقه و مدل‌سازی هیدرولوژیکی توسط مدل رواناب ذوب برف (SRM[2]) و همچنین بررسی کاربرد سنجش از دور در پیش‌بینی رواناب حاصل از ذوب برف به منظور تأمین بخشی از اطلاعات ورودی مدل پیش‌بینی رواناب حاصل از ذوب برف می‌باشد.

۱-۳- مراحل و روش تحقیق

در پیش‌بینی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل‌سازی هیدرولوژیکی، فرایندهای متعددی مطرح است. در زیر مراحل و روش کلی تحقیق اشاره می‌شود.

- جمع‌آوری آمار و اطلاعات هواشناسی و هیدرومتری مورد نیاز به‌خصوص داده‌های دما، بارندگی، دبی و برف‌سنجی از سازمان هواشناسی و آب منطقه‌ای شهرکرد،
- تهیه نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰،
- تهیه مدل ارتفاعی رقومی حوزه کوهرنگ علیا،
- تهیه مشخصات زیرحوزه کوهرنگ علیا،
- تهیه و تأمین اطلاعات ماهواره‌ای مورد نیاز،
- انتخاب سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ به عنوان دوره واسنجی و تهیه داده‌های مربوطه که برای واسنجی و ارزیابی مدل استفاده شده است،
- پردازش تصاویر سنجنده MODIS ماهواره Terra و استخراج سطح پوشش برف سال‌های ۸۶ تا ۸۹،
- بررسی و تعیین پارامترهای مدل SRM براساس داده‌های هیدرومتری و داده‌های روزانه هواشناسی،
- اعتبارسنجی مدل در سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸،

[1] Geographic Information Systems
[2] Snowmelt Runoff Model

۱-۴- ساختار پایان‌نامه

فصل نخست: مقدمه: مقدمه، اهداف و مراحل روش تحقیق.

فصل دوم: کلیات: کلیاتی راجع‌به موضوع پایان‌نامه (خواص برف، سنجش از دور برف، بررسی مدل‌های رواناب ذوب برف، تشریح مدل رواناب ذوب برف (SRM)).

فصل سوم: پیشینه پژوهش: مروری بر سوابق سنجش از دور در مطالعات برف و کاربرد مدل SRM در پیش‌بینی رواناب حاصل از ذوب برف.

فصل چهارم: مواد و روش‌ها: معرفی موقعیت، خصوصیات و ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه، بررسی آمارهای هواشناسی و هیدرومتری، مراحل استخراج سطح برف در تصاویر ماهواره‌ای MODIS، و تهیه پارامترهای مدل SRM.

فصل پنجم: نتایج و بحث

فصل ششم: نتیجه‌گیری

فصل هفتم: منابع: لیست مراجع مورد استفاده در تحقیق.

فصل دوم

کلیات و مفاهیم

۲-۱- کلیات

مطالعه برف و برآورد میزان آب و یا محتوای آبی پوشش برفی و تخمین رواناب ناشی از ذوب برف یکی از مهمترین فعالیت‌های هیدرولوژیست‌ها به حساب می‌آید (Samantha, 2004؛ Flueraru, 2006؛ انتظامی، ۱۳۸۹). چراکه:

- حدود ۶۰ درصد آب‌های سطحی و ۵۷ درصد آب‌های زیرزمینی کشور از ذوب برف تأمین می‌شود (وفاخواه و همکاران، ۱۳۹۰، طالبی اسفندارانی و همکاران، ۱۳۹۰).

- بیش از ۱۰ درصد از سطح زمین به صورت دائمی توسط یخچال‌ها و ۳۰ درصد از سطح آن به صورت فصلی توسط برف پوشیده شده است که در فصل زمستان این مقدار به بیش از ۴۰ درصد نیم‌کره شمالی می‌رسد (رایگانی، ۱۳۸۷).

- آلبیدوی زیاد برف و رسانش گرمایی پایین آن، تأثیر عمده‌ای بر بیلان انرژی زمین دارد (Hall et al, 2001؛ طالبی اسفندارانی، ۱۳۹۰)، و از نظر اقلیم‌شناسان و هواشناسانی که تغییرات اقلیمی و اتمسفری را مطالعه می‌کنند در یک دید جهانی، پایش برف یک ضرورت است. چراکه خصوصیات فیزیکی درون برف بر تغییرات روزانه و اقلیمی و حتی تغییرات بلند مدت اقلیمی تاثیر می‌گذارد (Pivot et al, 2002).

- در اغلب کشورهای نیمکره شمالی، برف منبع اصلی آب برای فعالیت‌های اقتصادی، پوشش اجتماعی و رشد و توسعه آن‌ها می‌باشد (Horene, 1997).

- ذوب برف، رطوبت خاک و ذخیره آب زیرزمینی و منابع آب دریاچه‌ها و رودخانه‌ها را تأمین کرده (Zhaoi and Gray, 1999، طالبی اسفندارانی و همکاران، ۱۳۹۰) و رواناب حاصل از آن درحوضه‌های کوهستانی و مرتفع عامل مهم و کنترل‌کننده رژیم جریان محسوب می‌شوند (وظیفه‌دوست و همکاران، ۱۳۸۹). رواناب ناشی از ذوب برف در آبدهی حداکثر لحظه‌ای و آبدهی سالیانه حوضه‌های کوهستانی و برفگیر مشارکت داشته (Marsh and Woo, 1985) وحدود یک سوم آب مورد نیاز بخش کشاورزی را در سرتاسر جهان تأمین می‌کند (Rango et al, 2000).

- به‌علاوه، بیشتر مناطق برف‌گیر ایران در ارتفاعات کوهستانی قرار دارد که در این مناطق شبکه ایستگاه‌های دیدبانی و اندازه‌گیری برف توسعه نیافته است، در نتیجه در اکثر حوزه‌های آبریز، آمار و اطلاعات هواشناسی و هیدرولوژی مورد نیاز در شبیه‌سازی جریان، همانند آمار و اطلاعات برف‌سنجی معمولاً در دسترس نیست. بنابراین، شبیه‌سازی و یا پیش‌بینی رواناب و سیلاب حاصل از ذوب برف با مشکلات فراوانی مواجه بوده و به طور معمول با خطای زیادی روبرو می‌شود (وظیفه‌دوست، ۱۳۸۹؛ وفاخواه و همکاران، ۱۳۹۰).

پیش‌بینی دقیق و زمان‌بندی رواناب برف برای مدیریت کارآمد و تصمیم‌گیری در مورد توزیع آب، لازم و ضروری است. در صورتی که رواناب برفی و ذخیره آبی توده برف به‌وسیله محاسبه‌ی سطح برف‌گیر برآورد گردد، با برنامه‌ریزی صحیح می‌توان از این رواناب‌ها بهره جست. بنابراین برای مدیریت منابع آبی در مناطق خشک پایش مداوم این منابع به منظور برنامه‌ریزی در مصرف آب جزء الزامات و ضروریات به شمار می‌آید (طالبی اسفندارانی و همکاران، ۱۳۹۰).

۲-۲- ویژگی‌های برف

مهمترین خصوصیات یک پوشش برف عبارتند از سطح پوشش برف، عمق و چگالی برف و عمق آب معادل برف. اگر عمق برف و چگالی برف معلوم باشند، عمق آب معادل برف قابل محاسبه است و با دانستن سطح پوشیده شده از برف می‌توان حجم کل رواناب ناشی از ذوب برف را تخمین زد. مطالعات متعددی اهمیت

اندازه‌گیری دقیق خصوصیات برف و یخ را به دلیل این‌که با اقلیم زمین و تغییرات اقلیمی مرتبط می‌باشند نشان داده‌اند (وظیفه‌دوست و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۲-۱- آب معادل برف:

آب معادل برف به عنوان مهم‌ترین متغیر هیدرولوژیکی برف در نظر گرفته می‌شود و عبارت است از ارتفاع آب حاصل از ذوب ستونی از یک برف پشته که در آن تبخیر و یا خروج آب صورت نگیرد. آب معادل برف از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$WE = \rho_s . D_s \qquad (۱-۲)$$

در این رابطه WE آب معادل برف برحسب کیلوگرم بر مترمربع و یا میلی‌متر، ρ_s جرم مخصوص برف بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب و D_s عمق برف بر حسب متر می‌باشد. همچنین می‌توان از طریق چگالی ویژه برف نیز محاسبه نمود که چگالی ویژه از رابطه‌ی زیر حاصل می‌شود:

$$\gamma = 100 \frac{\rho_s}{\rho_w} \qquad (۲-۲)$$

در این رابطه γ چگالی ویژه برف، ρ_s جرم مخصوص برف بر حسب کیلوگرم بر مترمربع و ρ_w جرم مخصوص آب بر حسب کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد. آب معادل برف را می‌توان از این رابطه بدست آورد:

$$WE = \gamma . D_s \qquad (۳-۲)$$

۲-۲-۲- تخلخل برف:

تخلخل برف عبارت است از درصد فضای داخل برف که برف به وسیله‌ی هوا و یا آب (غیر از بلورهای یخ) اشغال شده باشد و از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$P_s = \frac{100(V_a = V_w)}{V_s} \qquad (۴-۲)$$

$$P_s = 100\left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_I}\right) \qquad (۵-۲)$$

در این رابطه P_s تخلخل برف برحسب درصد، V_a حجم هوا بر حسب مترمکعب، V_w حجم آب مایع بر حسب مترمکعب، V_s حجم برف بر حسب مترمکعب، ρ_s جرم مخصوص برف بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب و ρ_I جرم مخصوص یخ بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

۲-۲-۳- کیفیت برف[1]:

کیفیت برف عبارت است از مقدار ذرات یخ موجود در برف که معمولاً در برف‌های تازه زیادتر بوده و برعکس در برف کهنه به واسطه ذوب کمتر می‌گردد. کیفیت برف را می‌توان از طریق گرماسنجی تعیین نمود.

۲-۲-۴- خصوصیات گرمایی برف:

۱- گرمای نهان ذوب: گرمای لازم برای تبدیل یک گرم یخ صفر درجه سانتی‌گراد به آب صفر درجه را گرمای نهان ذوب می‌گویند که برابر ۸۰ کالری است. با توجه به این‌که برف مخلوط متغیری از یخ، آب، بخار و هواست بنابراین دارای گرمای نهان متغیر خواهد بود (تبدیل برف صفر درجه به آب صفر درجه).

۲- کیفیت گرمایی[2]: علاوه بر گرمای نهان ذوب عامل دیگری که حائز اهمیت است کیفیت گرمایی برف است. کیفیت گرمایی برف عبارت است از نسبت گرمای لازم برای تولید مقداری آب از برف به مقدار گرمای لازم برای تولید همان مقدار آب از یخ صفر درجه‌ی سانتی‌گراد:

$$Q_t = \frac{C_P.T_S+80}{80} \qquad (۶-۲)$$

در این رابطه Q_t کیفیت گرمایی برف (بدون بعد)، C_p گرمای ویژه برف بر حسب ژول بر کیلوگرم بر کلوین، T_s دمای برف بر حسب کلوین و عدد ۸۰ گرمای نهان ذوب یخ می‌باشد.

۳- ظرفیت سرمایی[3]: عامل دیگری که در هیدرولوژی برف کاربرد نسبتاً زیادی دارد ظرفیت سرمایی برف می‌باشد. ظرفیت سرمایی برف عبارت است از مقدار انرژی گرمایی که به واحد سطح برف وارد شود تا دمای ستونی از برف پشته را به صفر درجه سانتی‌گراد برساند. برای محاسبه‌ی ظرفیت سرمایی از رابطه‌ی زیر استفاده می‌گردد:

$$W_{cc} = \frac{\rho_s.D.T_s}{160} \qquad (۷-۲)$$

در این رابطه W_{cc} ظرفیت سرمایی برف بر حسب سانتی‌متر، p_s جرم مخصوص برف بر حسب کیلوگرم بر مترمربع، D عمق برف بر حسب سانتی‌متر و T_s دمای برف بر حسب سانتی‌گراد می‌باشد.

۴- گرمای ویژه برف: گرمای ویژه برف عبارتست از مقدار گرمایی که به یک گرم برف یا یک واحد حجمی برف داده شود تا دمای آن یک درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش یابد. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود دو نوع

1 Snow Quality
2 Thermal Quality
3 Capacity of Coldness