بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده منابع طبیعی

باسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

بدین وسیله گواهی می‌شود خانم النا نوری دانشجوی رشته **مهندسی آبخیزداری** در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۸ از پایان نامه ٦ واحدی خود با عنوان: **برآورد رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از مدل تابشی SRM در حوزه آبخیز طالقان**، دفاع کرده است. اعضای هیأت داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا بررسی کرده و پذیرش آنرا برای دریافت درجه کارشناسی ارشد تأیید می‌نمایند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
استاد راهنمای اصلی	دکترمهدی وفاخواه	استادیار	
استاد مشاور	دکترسید کاظم علوی پناه	استاد	
استاد ناظر (داخلی)	دکتر حمیدرضا مرادی	دانشیار	
استاد ناظر (خارجی)	دکترحمیدرضامتین فر	استادیار	
نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکترسیدحمیدرضا صادقی	استاد	

آیین نامه حق مالکیّت مادّی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقّق عدالت و کرامت انسان‌ها که لازمهٔ شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادّی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیئت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آن‌ها متعلّق به دانشگاه می‌باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تأیید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقالهٔ مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

ماده ۳- انتشار کتاب و یا نرم‌افزار و یا آثار ویژهٔ حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیهٔ واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه‌های مصوّب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها در جشنواره‌های ملّی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسهٔ مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم الاجرا است.

آیین نامه چاپ پایان نامه(رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به این که چاپ و انتشار پایان‌نامه(رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت های علمی-پژوهشی دانشگاه است. بنابراین به‌منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهّد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامۀ(رسالۀ) خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحۀ سوم کتاب(پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

" کتاب حاضر، حاصل پایان نامه ارشد نگارنده در رشته مهندسی منابع طبیعی است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکدۀ منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر مهدی وفاخواه و مشاوره جناب آقای دکتر سیدکاظم علوی‌پناه از آن دفاع شده است".

ماده ۳: به‌منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب(در هر نوبت چاپ) را به "دفتر نشر آثار علمی" دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهّد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به‌علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به‌منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل کتاب‌های عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶: اینجانب انیس نوری دانشجوی رشته آبخیزداری، مقطع کارشناسی ارشد تعهّد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی: انیس نوری

تاریخ و امضا:

`

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده‌ی منابع طبیعی

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
رشته‌مهندسی منابع طبیعی-آبخیزداری

عنوان:

برآورد روان‌آب ناشی از ذوب برف با استفاده از مدل تابشی SRM در حوزه‌ی آبخیز طالقان

نگارش:

انیس نوری

استاد راهنما:

دکتر مهدی وفاخواه

استاد مشاور:

دکتر سید کاظم علوی پناه

زمستان ۱۳۹۱

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم به پاس ایثار

فداکاری و

پشتیبانی شان

در سراسر زندگیم

تقدیر و تشکر:

سپاس خدای را که هر چه دارم از اوست.

سپاس فراوان بر همراهی و همگامی پدر مهربانم که قلب بزرگش فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهش به شجاعت می گراید.

سپاس بیکران بر همدلی مادر دلسوزم که سجده ی ایثارش گل محبت را در وجودم پروراند و دامان گهربارش لحظه های مهربانی را به من آموخت.

و با تقدیر و تشکر شایسته از اساتید فرهیخته راهنما و مشاورم جناب آقایان **دکتر مهدی وفاخواه و دکتر سید کاظم علوی پناه** که با نکته های دلاویز و گفته های بلند، همواره راهنما و راه گشای نگارنده در اتمام پایان نامه بوده اند.

انیس نوری

چکیده

روان‌آب ناشی از ذوب برف، نقش مهمی در تامین جریان آب در حوزه‌های آبخیز کوهستانی دارد. در این تحقیق از مدل SRM برای برآورد روان‌آب ذوب برف در حوزه‌ی آبخیز طالقان استفاده شده است. مدل SRM یک مدل هیدرولوژیکی است که جریان روزانه در حوزه‌های کوهستانی را برآورد می‌کند. این مدل روان‌آب ذوب برف را با استفاده از متغیرهای هیدرولوژی، هواشناسی و وضعیت فیزیکی حوزه‌ی آبخیز برآورد کرده و همراه با مقادیر مشاهداتی، به‌صورت نمودار و عددی ارائه می‌کند. هدف از این مطالعه ارزیابی نسخه‌ی درجه-روز و تابشی مدل SRM و هم‌چنین ارائه‌ی روش مناسب برای درون‌یابی متغیر درجه‌حرارت به‌عنوان ورودی مدل SRM می‌باشد. بعد از اعمال ورودی‌ها به مدل، شبیه‌سازی انجام گرفته و آب‌نمود شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده رسم گردید. مقایسه‌ی آب‌نمودها از طریق بررسی چشمی، ضریب کارآیی نش-ساتکلیف و درصد اختلاف حجم انجام گرفت. مقادیر R^2 برای دوره‌ی اعتبارسنجی از ۰/۶۵ تا ۰/۸۶و ۰/۸ تا ۰/۸۸ به‌ترتیب برای مدل‌های درجه-روز و تابشی برآورد گردید. درصد اختلاف حجم دبی در دوره‌ی اعتبار سنجی از ۰/۴۲ تا ۱۸/۳۶ برای مدل درجه-روز و ۸/۳- تا ۴/۶ برای مدل تابشی برآورد شد. هفت روش درون-یابی مختلف در حوزه‌ی آبخیز طالقان برای فصل ذوب اجرا شد. نتایج نشان داد که برآورد درجه حرارت از روش‌های مختلف می‌تواند منجر به تفاوت در روان‌آب برآورد شده در مقایسه با روان‌آب اندازه‌گیری شده گردد. هم‌چنین به‌منظور رفع مشکل کمبود داده‌های اندازه‌گیری شده در مدل روان‌آب ذوب برف، روش‌های درون‌یابی درجه‌حرارت و اضافه کردن متغیر تابش به مدل تا حد زیادی می‌تواند در بهبود دقت شبیه‌سازی و توصیف رفتارهای هیدرولوژیکی برف در حوزه‌ی آبخیز مورد مطالعه کمک کند.

واژه‌های کلیدی: سطح پوشش برف، روان‌آب، مدل روان‌آب ذوب برف، درون یابی درجه حرارت، تابش، تصویر MODIS

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول مقدمه و کلیات	
۱- مقدمه و کلیات	**۲**
۱-۱- مقدمه	**۲**
۱-۲- اهداف تحقیق	**۴**
۱-۳- سؤالات تحقیق	**۴**
۱-۴- فرضیه‌ها	**۴**
۱-۵- مفاهیم	**۵**
۱-۵-۱- بارندگی	**۵**
۱-۵-۲- دمای هوا	**۵**
۱-۵-۳- تابش	**۵**
۱-۵-۴- رواناب سطحی	**۶**
۱-۵-۵- آب‌نمود	**۶**
۱-۵-۶- متغیر هیدرولوژیکی	**۶**
۱-۵-۷- مدل	**۶**
۱-۵-۸- مدل رواناب ذوب برف	**۷**
۱-۵- ۹- واسنجی	**۹**
۱-۵-۱۰- آزمون	**۹**
۱-۵-۱۱- سنجش از دور	**۹**
۱-۵-۱۲- امواج الکترومغناطیسی	**۱۰**
۱-۵-۱۳- سنجنده	**۱۰**
۱-۵-۱۴- داده‌های رقومی سنجنده‌ی MODIS ماهواره‌های Terra و Aqua	**۱۱**
۱-۵-۱۵- قدرت تفکیک رادیومتری	**۱۳**
۱-۵-۱۶- باند طیفی	**۱۴**
۱-۵-۱۷- عمق برف	**۱۴**
۱-۵-۱۸- آب معادل برف	**۱۴**
۱-۵-۱۹- چگالی برف	**۱۴**
۱-۵-۲۰- سطح پوشش برف	**۱۵**
۱-۵-۲۱- زمین‌آمار	**۱۵**
۱-۵-۲۲- درون‌یابی	**۱۵**
فصل دوم پیشینه‌ی تحقیق	
۲- پیشینه‌ی تحقیق	**۱۷**
۲-۱- مقدمه	**۱۷**

۲-۲- مروری بر مطالعات انجام شده در خارج از کشور ۲۰
۲-۳- مروری بر مطالعات انجام شده در داخل کشور ۲۴
۲-۴- جمع‌بندی ۲۷
فصل سوممواد و روش‌ها
۳- مواد و روش‌ها ۳۰
۳-۱- مقدمه ۳۰
۳-۲- ویژگی‌های منطقه‌ی مورد تحقیق ۳۰
۳-۲-۱- ویژگی‌های هوا و اقلیم و وضعیت عمومی جبهه‌های هوایی ۳۰
۳-۲-۲- ویژگی‌های پوشش گیاهی ۳۲
۳-۳- روش تحقیق ۳۲
۳-۳-۱- مدل کلاسیک SRM ۳۳
۳-۳-۱-۱- ویژگی‌های حوزه‌ی آبخیز ۳۴
۳-۳-۱-۲- متغیرها ۳۵
۳-۳-۱-۲-۱- سطح پوشش برف ۳۵
۳-۳-۱-۲-۲- دمای متوسط روزانه ۴۰
۳-۳-۱-۲-۱- آنالیزنیم‌تغییرنما ۴۰
۳-۳-۱-۲-۲- روش میان‌یابی کریجینگ معمولی ۴۲
۳-۳-۱-۲-۳- روش کوکریجینگ ۴۳
۳-۳-۱-۲-۴- روش عکس فاصله ۴۳
۳-۳-۱-۲-۵- روش تیسن ۴۴
۳-۳-۱-۲-۶- میانگین حسابی ۴۴
۳-۳-۱-۲-۷- گرادیان دما ۴۴
۳-۳-۱-۲-۸- افت دما ۴۵
۳-۳-۱-۳- بارش روزانه ۴۵
۳-۳-۱-۴-دبی متوسط روزانه ۴۵
۳-۳-۱-۵- فاکتور درجه-روز ۴۶
۳-۳-۱-۶ضریب رواناب سطحی ۴۷
۳-۳-۱-۷ ضریب فروکش دبی ۴۸
۳-۳-۱-۸- سطح شرکت کننده در بارش ۴۹
۳-۳-۱-۹- زمان تاخیر ۴۹
۳-۳-۱-۱۰- دمای بحرانی ۴۹
۳-۳-۱-۱۱نرخ کاهش دما ۵۰
۳-۴-۲- مدل تابشی SRM ۵۰
۳-۴-۲-۱- محاسبه‌ی تابش خالص روزانه ۵۰

۳-۴-۳- واسنجی مدل‌ها ۵۴
۳-۴-۴- آنالیز حساسیت متغیر مدل‌ها ۵۵
۳-۴-۵- نمایه‌های کارآیی و ارزیابی مدل‌ها ۵۵
فصل چهارمنتایج
۴- نتایج ۵۸
۴-۱- استخراج سطح پوشش برف از تصاویر MODIS ۵۸
۴-۲- داده‌های خام دبی، بارش و درجه‌حرارت ۶۲
۴-۳- محاسبه‌ی مقادیر درجه حرارت برای هر ناحیه‌ی ارتفاعی ۶۴
۴-۴- تابش خالص روزانه ۷۲
۴-۵- عملکرد مدل‌های کلاسیک و تابشی SRM ۷۳
۴-۶- واسنجی مدل‌ها ۷۸
۴-۷- تحلیل حساسیت متغیرها ۸۰
فصل پنجم بحث و نتیجه‌گیری
۵- بحث و نتیجه‌گیری ۸۲
۵-۱- مقدمه ۸۲
۵-۲- نتایج واسنجی مدل ۸۲
۵-۳- تحلیل حساسیت متغیرهای مدل ۸۳
۵-۴- مقایسه‌ی نسخه کلاسیک و تابشی مدل SRM ۸۴
۵-۵- مقایسه‌ی روش‌های درون‌یابی درجه حرارت ۸۵
۵-۶- جمع‌بندی ۸۶
۵-۸- آزمون فرضیات ۸۷
۵-۹- پیشنهادها ۸۷
منابع ۸۹

فهرست شکل‌ها

عنوان		صفحه
شکل ۱-۱	فرآیند مدل‌سازی	۷
شکل ۱-۲	مقایسه‌ی مدل با سیستم طبیعی	۸
شکل ۱-۳	سنجش از دور الکترومغناطیسی منابع زمینی	۱۰
شکل ۳-۱	موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه و ایستگاه‌ها	۳۱
شکل۳-۲	نمودار جریانی مدل کلاسیک SRM	۳۳
شکل ۳-۳	نقشه طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه	۳۴
شکل ۳-۴	بازتابش ابر و برف در طول موج‌های مختلف تصاویر سنجنده MODIS	۳۷
شکل ۳-۵	پروفیل طولی الف- باند مرئی و ب- باند مادون قرمز نزدیک (سنجنده‌ی MODIS)	۳۷
شکل۳-۶	تغییرات سطح پوشش برف در طول فصل ذوب برف	۳۹
شکل۳-۷	نمودار جریانی برآورد رواناب با مدل تابشی SRM	۵۳
شکل ۴-۱	نمونه‌ی تصویر طبقه‌بندی شده در تاریخ ۱۳۸۸/۱۰/۱۲ (ابعاد پیکسل ۵۰۰*۵۰۰ متر)	۵۸
شکل ۴-۲	سطح پوشش برف در طبقات ارتفاعی مختلف حوزه‌ی آبخیز سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ (دوره‌ی واسنجی)	۵۹
شکل ۴-۳	سطح پوشش برف در طبقات ارتفاعی مختلف حوزه‌ی آبخیز سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ (دوره‌ی آزمون)	۵۹
شکل ۴-۴	داده‌های بارش، دبی و درجه‌حرارت برای دوره‌ی واسنجی	۶۳
شکل ۴-۵	داده‌های بارش، دبی و درجه‌حرارت برای دوره‌ی آزمون	۶۳
شکل ۴-۶	تغییرنمای کروی داده‌های درجه‌حرارت روزانه (۱۳۸۷ /۲/۱۴)	۶۵
شکل ۴-۷	درون‌یابی درجه‌حرارت با روش کوکریجینگ (۱۳۸۷ /۲/۱۴)	۶۵
شکل ۴-۸	مقدار مجذور میانگین مربعات خطا برای درون‌یابی درجه‌حرارت با روش کریجینگ برای سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ (دوره‌ی واسنجی)	۶۶
شکل ۴-۹	مقدار مجذور میانگین مربعات خطا برای درون‌یابی درجه‌حرارت با روش کریجینگ برای سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ (دوره‌ی آزمون)	۶۶
شکل ۴-۱۰	مقدار مجذور میانگین مربعات خطا برای درون‌یابی درجه‌حرارت با روش عکس فاصله برای سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ (دوره‌ی واسنجی)	۶۷
شکل ۴-۱۱	مقدار مجذور میانگین مربعات خطا برای درون‌یابی درجه‌حرارت با روش عکس فاصله برای سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ (دوره‌ی آزمون)	۶۷
شکل ۴-۱۲	مقدار مجذور میانگین مربعات خطا برای درون‌یابی درجه‌حرارت با روش کوکریجینگ برای سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ (دوره‌ی واسنجی)	۶۸
شکل ۴-۱۳	مقدار مجذور میانگین مربعات خطا برای درون‌یابی درجه‌حرارت با روش	

کوکریجینگ برای سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ (دوره‌ی آزمون) ۶۸
شکل ۴-۱۴ مقدار مجذور میانگین مربعات خطا برای درون‌یابی درجه‌حرارت با روش رگرسیون خطی برای سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ (دوره‌ی واسنجی) ۶۹
شکل۴-۱۵ مقدار مجذور میانگین مربعات خطا برای درون‌یابی درجه‌حرارت با روش رگرسیون خطی برای سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ (دوره‌ی آزمون) ۶۹
شکل ۴-۱۶ مقادیر تابش طول موج کوتاه و طول موج بلند ۷۲
شکل ۴-۱۷ مقادیر آلبیدو برف ۷۲
شکل ۴-۱۸ آب‌نمود برآورد شده با مدل تابشی و روش کوکریجینگ (دوره‌ی واسنجی) ۷۴
شکل ۴-۱۹ آب‌نمود برآورد شده با مدل کلاسیک و روش کوکریجینگ (دوره‌ی واسنجی) ۷۴
شکل ۴-۲۰ آب‌نمود برآورد شده با مدل تابشی و روش کوکریجینگ (دوره‌ی آزمون) ۷۵
شکل ۴-۲۱ آب‌نمود برآورد شده با مدل کلاسیک و روش کوکریجینگ (دوره‌ی آزمون) ۷۵
شکل ۴-۲۲ نمودار پراکنش دبی روزانه با استفاده از مدل تابشی SRM برای دوره‌ی واسنجی (روش کوکریجینگ) ۷۶
شکل ۴-۲۳ نمودار پراکنش دبی روزانه با استفاده از مدل کلاسیک SRM برای دوره‌ی واسنجی(روش کوکریجینگ). ۷۷
شکل ۴-۲۴ نمودار پراکنش دبی روزانه با استفاده از مدل تابشی SRM برای دوره‌ی آزمون(روش کوکریجینگ) ۷۷
شکل ۴-۲۵ نمودار پراکنش دبی روزانه با استفاده از مدل کلاسیک SRM برای دوره‌ی آزمون (روش کوکریجینگ) ۷۸

فهرست جداول

عنوان		صفحه
جدول ۱-۱	مشخصات باندهای سنجنده‌ی MODIS	۱۱
جدول ۲-۱	ضرایب هم‌بستگی و تغییرات حجمی رواناب حاصل از ذوب برف به‌دست آمده از مدل SRM در آبخیزهای مختلف	۱۷
جدول ۳-۱	مساحت و درصد هر یک از انواع کاربری اراضی	۳۲
جدول ۳-۲	مساحت و درصد طبقات ارتفاعی ایستگاه گلینک	۳۵
جدول۳-۳	سری زمانی تصاویر سنجنده MODIS مورد استفاده	۳۸
جدول۳-۴	ارتفاع و مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های اندازه‌گیری درجه‌حرارت	۴۰
جدول ۳-۵	ارتفاع و مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های باران‌سنجی	۴۵
جدول ۳-۶	ارتفاع و مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های برف‌سنجی موجود در حوزه آبخیز طالقان	۴۷
جدول ۳-۷	محدوده‌ی مقادیر R و R^2برای تعیین کارآیی مدل SRM به‌منظور تخمین دبی روزانه	۵۶
جدول ۴-۱	مقدار سطح پوشش برف در هر طبقه‌ی ارتفاعی	۶۰
جدول ۴-۲	خصوصیات آمار توصیفی داده‌های دبی ایستگاه گلینک	۶۲
جدول ۴-۳	پارامترهای مربوط به وتغییرنمای داده‌های درجه‌حرارت	۶۴
جدول ۴-۴	خصوصیات آمار توصیفی داده‌های درجه‌حرارت درون‌یابی شده در طبقات ارتفاعی	۷۰
جدول ۴-۵	نتایج شبیه‌سازی رواناب ذوب برف با مدل درجه-روز و تابشی SRM در ایستگاه گلینک	۷۳
جدول ۴-۶	فواصل جستجو برای کالیبره کردن مدل‌های کلاسیک و تابشی SRM	۷۹
جدول ۴-۷	محدوده‌ی بهینه‌ی متغیرهای مدل SRM	۷۹
جدول ۴-۸	تحلیل حساسیت متغیرهای مدل کلاسیک SRM	۸۰
جدول ۴-۹	تحلیل حساسیت متغیرهای مدل تابشی SRM	۸۰

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱- مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

برف در حوزه‌ی آبخیز، یک ذخیره‌ی آبی بوده و اطلاع داشتن از آن برای پیش‌بینی سیلاب‌ها، تولید برق، تولیدات کشاورزی و آب آشامیدنی (مهدوی، ۱۳۸۵؛ Li و Williams، ۲۰۰۸) به‌خصوص در فصل‌های خشک سال (Chen، ۲۰۰۱) مفید می‌باشد. برخلاف باران، ذخایر برف به دلیل سیکل کند هیدرولوژیکی از منابعی محسوب می‌شود که در فصل‌های کم‌آبی می‌توان با اطمینان بیش‌تری برای استفاده‌ی بهینه از آن برنامه‌ریزی کرده و محل مصرف ضروری آن را مشخص نمود (بیرودیان و جندقی، ۱۳۸۴). طبق بررسی‌های به عمل آمده حدود ۶۰ درصد آب‌های سطحی و ۵۷ درصد آب‌های زیرزمینی کشور در مناطق برف‌گیر قرار داشته و از آب حاصل از ذوب برف تغذیه می‌شوند (نجفی وهمکاران، ۱۳۸۳). بنابراین آگاهی از میزان ذخایر برفی در حوزه‌های آبریز برای استفاده از آب معادل برف، در امر ذخیره‌سازی، کنترل سیلاب‌های فصلی، پیش‌بینی روند جریان رودخانه و تأمین آب مورد نیاز پایین‌دست ضروری است. با توجه به این‌که تحلیل دقیق برف نیاز به اطلاع از آمار برف‌سنجی دارد و در شرایط کنونی در بیش‌تر مناطق کشور اندازه‌گیری دقیق و منظم برف صورت نمی‌گیرد و تنها در بعضی از آبخیزهای برف‌گیر که سدهای مهم را تغذیه می‌کنند، اندازه‌گیری برف صورت می‌گیرد، توجه به این بخش ضرورت می‌یابد.

ذوب برف با روش‌های متعددی از قبیل بیلان انرژی، درجه-روز و تابش-دما برآورد می‌شود (حجام و شرعی‌پور؛ ۱۳۸۲). محققانی از قبیل Clineو همکاران (۱۹۹۸) و Homan و همکاران (۲۰۱۱) روان‌آب حاصل از ذوب برف را با روش بیلان انرژی محاسبه کردند. اگرچه مدل بیلان انرژی اساس فیزیکی قوی دارد ولی نیاز به داده‌های زیادی داشته و به دلیل کمبود داده در حوزه‌های آبخیز کوهستانی قابل استفاده نمی‌باشد(Rangoو Martinec، ۱۹۹۵؛ Dunn و Colohan، ۱۹۹۹؛ Hock، ۱۹۹۹؛ Singhو همکاران، ۲۰۰۰؛ Hock، ۲۰۰۳). هر یک از مدل‌های پیش‌بینی ذوب برف برای نیازهای ویژه و شرایط هیدرولوژیکی مشخصی توسعه یافته‌اند و فقط تعداد اندکی از مدل‌ها می‌توانند در شرایط مختلف هیدرولوژیکی استفاده شوند. مدل-

هایی که کاربردشان در مسائل مربوط به برف رایج است شامل مدل-های SSARR[1] (۱۹۷۲)، SRM[2] (Martinec، ۱۹۷۵)، RMS[3]، UBC[4] و مدل HBV[5] (Lindstrom و همکاران؛ ۱۹۹۷) می‌باشند؛ بعضی از این مدل‌ها از جمله مدل SRM به‌طورگسترده در شبیه‌سازی وپیش‌بینی روان‌آب حاصل از ذوب برف استفاده شده‌اند (Rango و Martinec، ۱۹۷۹؛ Rao و همکاران، ۱۹۹۶). یکی از ورودی-های مدل‌های پیش‌بینی ذوب برف درجه‌حرارت می‌باشد که تخمین صحیح و دقیق آن اهمیت به‌سزایی در پیش‌بینی ذوب برف با استفاده از این مدل‌ها دارد. مدل‌سازی درجه‌حرارت هوا در مناطق کوهستانی دشوار و چالش برانگیز است زیرا تراکم ایستگاه‌های هواشناسی به‌خصوص در ارتفاع بالا و یا در مناطق خالی از سکنه کم می‌باشد. با ورود علم زمین‌آمار[6] به حیطه‌ی علم هیدرولوژی و استفاده از تخمین‌گرهای زمین‌آماری، دقت محاسبات بهبود یافته است. روش‌های زمین‌آمار به دلیل در نظر گرفتن هم‌بستگی و ساختار مکانی داده‌ها از اهمیت زیادی برخوردار هستند. ضمن آن‌که استفاده از این روش‌ها به دلیل امکان استفاده از آن‌ها در سامانه-ی اطلاعات جغرافیایی[7] و استفاده‌ی روز افزون از این سامانه در امور مطالعاتی و تحقیقاتی، سریع و آسان می‌باشد. گفتنی است که روش‌های مختلف زمین‌آمار بسته به نوع متغیر، دقت متفاوتی را ارائه می‌کنند و متأسفانه اغلب کاربران این روش‌ها، یک روش را به صورت تصادفی انتخاب کرده و برآورد مورد نظرشان را انجام می‌دهند که دقت تخمین جای تأمل دارد.

در بیش‌تر تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی مدل‌سازی ذوب برف با SRM از شاخص درجه‌حرارت استفاده شده است. تحقیق حاضر در حوزه‌ی آبخیز طالقان، به‌منظور تخمین روان‌آب حاصل از ذوب برف با استفاده از نسخه‌ی درجه-روز و تابشی مدل SRM صورت گرفته و دقت این دو مدل مورد ارزیابی قرار گرفته است. هم-

[1] *Stream flows synthesis and reservoir regulation*
[2] *Snowmelt runoff modeling*
[3] *Runoff modeling system*
[4] *University of British Columbia*
[5] *Hydrologiska byrans vattenbalansavdelning model*
[6] Geostatistic
[7] *Geographic Information System* (GIS)

چنین درون‌یابی درجه‌حرارت به‌عنوان یکی از ورودی‌های مدل SRM با استفاده از روش‌های مختلف زمین-آمار، انجام گردیده و بهترین روش درون‌یابی درجه‌حرارت برای ورود به مدل SRM معرفی شده است.

۱-۲- اهداف تحقیق

تحقیق حاضر به منظور دست‌یابی به اهداف زیر انجام شده است:

۱- مقایسه‌ی نسخه‌ی کلاسیک و تابشی مدل SRMدر تخمین روان‌آب ناشی از ذوب برف.

۲- بررسی تأثیر درون‌یابی درجه‌حرارت با روش‌های مختلف در شبیه‌سازی روان‌آب ناشی از ذوب برف با استفاده از مدل کلاسیک و تابشی SRM.

۱-۳- سؤالات تحقیق

پاسخ‌گویی به سوالات زیر در تحقیق حاضر مدنظر می‌باشد:

۱-آیا مدل تابشی SRM نسبت به مدل کلاسیک SRM دقت بیش‌تری در تخمین روان‌آب حاصل از ذوب برف دارد؟

۲-کدام روش درون‌یابی درجه‌حرارت باعث افزایش کارآیی مدل کلاسیک و تابشی SRM می‌شود؟

۱-۴- فرضیه‌ها

با توجه به اطلاعات و داده‌های موجود و سوالات اصلی پیش‌بینی شده برای تحقیق، موارد ذیل به‌عنوان فرضیه‌های این تحقیق مدنظر می‌باشد:

۱- نسخه‌ی تابشی مدل SRM نسبت به نسخه‌ی کلاسیک مدل SRM از دقت بالاتری در تخمین روان‌آب حاصل از ذوب برف برخوردار است.

۲- روش درون‌یابی کریجینگ[۱] نسبت به سایر روش‌های درون‌یابی (کوکریجینگ[۲] و عکس فاصله[۳]) باعث افزایش دقت مدل کلاسیک و تابشی SRM می‌شود.

۱-۵- مفاهیم

در انجام تحقیق موردنظر از مفاهیم و مبانی علمی مختلفی استفاده شده است که به‌منظور هم‌گونی و تصریح در ارائه‌ی آن‌ها در ذیل بخش مربوط به آن‌ها پرداخته شده است.

۱-۵-۱- بارندگی[۴]

بارندگی را می‌توان مهم‌ترین پارامتری دانست که به‌طور مستقیم در چرخه‌ی هیدرولوژی دخالت دارد که عبارت از نزولاتی است که بر سطح زمین وارد می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۶).

۱-۵-۲- دمای هوا[۵]

دما به‌عنوان نمایه‌ای از شدت گرما، یکی از عناصر اساسی شناخت هواست. با توجه به دریافت نامنظم انرژی خورشیدی توسط زمین، دمای هوا در سطح زمین دارای تغییرات زیادی است که به‌نوبه‌ی خود سبب تغییرات دیگری در سایر عناصر هواشناسی است (علیزاده،۱۳۸۶).

۱-۵-۳- تابش[۶]

اندازه‌گیری تابش کلی شامل تابش مستقیم خورشید و تابش غیرمستقیم یا تابش آسمان و بازتاب زمین با ترموکوپل‌های کوچکی انجام می‌شود که به‌طور سری به هم اتصال یافته و در یک زمینه‌ی سیاه قرار دارند و یا از اکتینوگراف بی‌متالیک استفاده می‌شود که دارای صفحات سیاه و سفید است و تغییرات حرارتی در اثر تابش را ثبت می‌کند. از طرف دیگر با تعیین طول مدت تابش و با در نظر گرفتن فاکتورهای دیگر، می‌توان تابش‌های کلی را به‌طور تقریبی به‌دست آورد. برای اندازه‌گیری تابش‌های مستقیم خورشید از سولاریمتر و یا

---

[۱] *Kriging*
[۲] *Cokriging*
[۳] *Inverse Distance*
[۴] *Precipitation*
[۵] *Temperature*
[۶] *Radiation*

پیرانومتر استفاده می‌شود و ترموکوپل‌ها که قسمت حساس دستگاه اندازه‌گیری می‌باشند در انتهای لوله‌ای قرار دارند که دارای یک دیافراگم با زاویه ۵ درجه و ۴۳ دقیقه است و به این وسیله بیش‌تر تابش‌های غیرمستقیم زمین و آسمان را حذف می‌کند.

۱-۵-۴- روان‌آب سطحی[۱]

آب حاصل از بارندگی که بیش از ظرفیت نفوذ آب به خاک می‌باشد پس از پر کردن گودی‌های سطح زمین، در امتداد شیب جریان پیدا کرده و از طریق شبکه‌ی آبراهه‌ها و سپس رودخانه‌ی اصلی از حوزه‌ی آبخیز خارج می‌گردد. به این بخش از بارندگی که می‌توان مقدار آن را در رودخانه‌ها اندازه‌گیری کرد؛ روان‌آب سطحی یا بارش مازاد می‌گویند (علیزاده، ۱۳۸۶).

۱-۵-۵- آب‌نمود[۲]

منحنی تغییرات دبی بر حسب زمان را آب‌نمود یا هیدروگراف می‌نامند، هرچند که تغییرات سطح آب در زمان نیز آب‌نمود نامیده می‌شود (به‌طور مثال در مورد آب‌های زیرزمینی و یا نوسانات سطح دریاچه‌ها و مخازن). بررسی آب‌نمود آبخیز، امکان مطالعه‌ی دبی حداکثر سیلاب، حجم سیلاب و میزان ذخیره‌ی آبخیز پس از قطع بارندگی را فراهم می‌آورد و در طراحی سازه‌های آبی، نقش اساسی دارد (مهدوی، ۱۳۸۵).

۱-۵-۶- متغیر هیدرولوژیکی[۳]

یک متغیر هیدرولوژیکی عبارت است از یک مشخصه‌ی اصلی سامانه‌ی آبی که در زمان‌های مختلف، مقادیر متفاوت داشته باشد و ممکن است قابل اندازه‌گیری باشد. متغیرهای هیدرولوژیکی می‌توانند گسسته یا پیوسته باشند. کلیه‌ی متغیرهایی که بایستی اندازه‌گیری شود پیوسته و متغیرهایی که باید شمارش گردند ناپیوسته‌اند (صالحی صدقیانی، ۱۳۷۳).

---

[۱] *Surface runoff*
[۲] *Hydrograph*
[۳] *Hydrological variable*