A-PDF Merger DEMO : Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

دانشگاه زنجان
دانشکده علوم انسانی

عنوان پایان نامه

پایش تغییرات پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده modis وتحلیل سری های زمانی برف

(مطالعه موردی: شمالغرب ایران)

نگارش
لیلا صبور میاندوآب

استاد راهنما: سید حسین میر موسوی

استاد مشاور: دکتر محسن احدنژاد

گرایش اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی

خرداد ۱۳۹۰

شماره: ۱۰/۱۲۲۷۹
تاریخ: ۹۰/۶/۳۰
پیوست: دارد

باسمه تعالی

دانشگاه زنجان

صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای/خانم : **لیلا صبور میاندوآب** رشته : **جغرافیا** گرایش : **اقلیم شناسی**

تحت عنوان : پایش تغییرات پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS و تحلیل های سری زمانی برف (مطالعه موردی: شمالغرب ایران)

که در تاریخ **۹۰/۳/۳۰** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه زنجان برگزار گردید، بشرح زیر است :

☐ قبول (با درجه : عالی ..... امتیاز : ۱۹/۹۵ به حروف نوزده و نود و پنج صدم) دفاع مجدد ☐ مردود☐

۱- عالی (۲۰-۱۸)

۲- بسیار خوب (۱۷/۹۹-۱۶)

۳- خوب (۱۵/۹۹-۱۴ به عدد

۴- قابل قبول (۱۳/۹۹-۱۲)

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	**دکتر سید حسین میرموسوی**	**استادیار**	
۲- استاد مشاور	**دکتر محسن احد نژاد**	**استادیار**	
۳- استاد ممتحن	**دکتر عبد ا... فرجی**	**استادیار**	
۴- استاد ممتحن	**دکتر رامین کیامهر**	**استادیار**	
۵- نماینده تحصیلات تکمیلی	**دکتر مسعود جلالی**	**استادیار**	

دکتر رضا پیرایش
معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده

دکتر محمد حسین شهیر
مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه

تقدیم به

روح پاک پدرم،

آنکه آفتاب مهرش در آستانه قلبم همچنان پابرجاست و هرگز غروب نخواهد کرد

مادرم

دریای بی‌کران عشق و فداکاری، که وجودم برایش همه درد بود و وجودش برایم همه مهر

همسرم،

اسطوره زندگیم، پناه خستگی‌ام و امید بودنم

و برادرانم،

که وجودشان شادی‌بخش و صفایشان مایه آرامش و دلگرمیم است.

چکیده:

مطالعه و اندازه‌گیری تغییرات سطوح برف به عنوان یکی از منابع تامین آب بسیار حائز اهمیت است. با توجه به شرایط سخت فیزیکی محیط‌های کوهستانی امکان اندازه‌گیری دائم زمینی جهت تخمین منابع برفابی و تشکیل پایگاه داده ها وجود ندارد. به همین جهت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای شناسایی مناطق برفگیر و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت مدلسازی تغییرات ابزارهای قدرتمندی به شمار می‌روند. در تحقیق حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس در سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ میلادی، به پایش تغییرات سطوح برف پرداخته شد. روش کار بدین صورت بود که ابتدا ۳ روش شاخص NDSI، طبقه بندی نظارت نشده و طبقه بندی نظارت شده بر روی تصاویر مورد نظر در منطقه شمال‌غرب کشور اعمال شده و مساحت پوشش برف در هر تصویر با استفاده از هر ۳ روش محاسبه شد. روش طبقه بندی نظارت شده به دلیل دقت بیشتر، به عنوان بهترین روش در محاسبه پوشش برف در منطقه در نظر گرفته شد و نقشه‌های حاصل از این روش به تفکیک سال ترسیم شد. مساحت پوشش برف در این ۱۰ سال از روند افزایشی یا کاهشی برخوردار نبوده و شاهد تغییرات زیادی در سالهای مختلف بودیم.

در دهه‌های اخیر همزمان با افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش استفاده از سوختهای فسیلی و مواد آلاینده، تغییراتی در اقلیم جهان بوجود آمده که افزایش میانگین دمای کره زمین از جمله ملموسترین این تغییرات است که خود پیامدهای خاص دیگری مانند تغییر رژیم بارش، تشدید پدیده‌های حدی و ... را در پی دارد. یکی از روش‌های مورد علاقه اقلیم شناسان برای مطالعه این تغییرات، روشهای سری زمانی است که در این پژوهش به بررسی این روشها می‌پردازیم. ابتدا با استفاده از روش زنجیره مارکوف و بکارگیری آمار بارش روزانه ایستگاههای منطقه در ۵ ماه مورد نظر (نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس) مرتبه‌های مورد نظر بر روی داده های برف منطقه اعمال شد، دوره های بازگشت روزهای برفی و روزهای فاقد برف و دوره‌های خشکی ۵ ، ۱۰ ، ۱۵ ، ۲۰ و ۲۵ روزه، برای ایستگاههای مورد نظر محاسبه شده و نمودارهای احتمالاتی، دوره‌های خشکی و وقوع و عدم وقوع برف ترسیم شد.

با مقایسه دوره‌های خشکی و دوره‌های بازگشت روزهای فاقد برف در طول دوره مورد نظر و دوره فرضی ۹ سال اخیر، به این نتیجه رسیدیم که این مقادیر در اکثر ایستگاههای منطقه طی ۹ سال اخیر افزایش یافته است، که خود میتواند گواهی بر کاهش ریزش برف طی سالهای اخیر باشد.همچنین با بررسی همبستگی، روند نسبی و معادله‌های خط برازش یافته بر داده‌های مجموع برف سالانه، مجموع کل بارش و میانگین دمای سالانه، نمودهایی از تغییر اقلیم در منطقه مشاهده شد.

واژگان کلیدی: برف، سنجنده MODIS، شاخص NDSI، زنجیره مارکوف، شمالغرب ایران

تشکر و قدردانی

سپاس و ستایش مر خدای را جل و 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.

با تقدیر و تشکر شایسته از استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر سید حسین میرموسوی که با صبر و مهربانی همواره راهنما و راه گشای نگارنده در اتمام پایان نامه بوده است.

همچنین از استاد مشاور، جناب آقای دکتر محسن احدنژاد به دلیل زحمات بی دریغشان کمال تشکر و قدردانی را دارم.

همچنین از حضور اساتید گروه جغرافیای طبیعی دکتر حسین عساکره، دکتر عبدالله فرجی و دکتر رضا خوشرفتار که در طول دوره آموزش و تحقیق، مرا از دانش، تجربه و راهنمائیهای ارزنده خویش بهره مند ساختند، تقدیر و تشکر می نمایم.

با تشکر از دوستان عزیزم به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

و در نهایت با تشکر از خانواده ام که عمری خستگی های مرا به جان خریدند، خانواده ای که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم. به امید روزی که ذره ای از زحماتشان را پاسخگو باشم.

صبور، خرداد ۱۳۹۰

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- تعریف مساله ۲

۱-۳- سابقه و ضرورت انجام تحقیق ۳

۱-۴-اهداف تحقیق ۱۰

۱-۵- فرضیات تحقیق ۱۰

فصل دوم

۲-۱- مقدمه ۱۱

۲-۲- اهمیت نزولات جوی ۱۲

۲-۳- انرژی یا تشعشع الکترومغناطیس ۱۳

۲-۳-۱- طیف انرژی الکترومغناطیس ۱۳

۲-۳-۲- بازتاب طیفی ۱۳

۲-۴- برف ۱۴

۲-۴-۱- خصوصیات طیفی برف و عوامل موثر بر بازتاب آن ۱۶

۲-۴-۱-۱- نور مرئی و مادون قرمز نزدیک ۱۸

۲-۴-۱-۲- مادون قرمز حرارتی ۱۸

۲-۴-۱-۳- مایکروویو ۱۹

۲-۴-۲- خصوصیات فیزیکی برف ۱۹

۲-۴-۲-۱- دانسیته برف ۲۰

۲-۴-۲-۲- روابط تخلخل برف ۲۰

۲-۴-۲-۳- حرکت برف و تجمع آن ۲۱
۲-۴-۲-۳-۱- انتقال برف ۲۱
۲-۴-۲-۳-۲- جریان سطحی و تراکم برف ۲۱
۲-۴-۲-۳-۳- اثرات ارتفاع بر روی تجمع برف ۲۳
۲-۴-۲-۳-۴- اثرات جهت در تجمع برف ۲۳
۲-۵- ماهواره‌های هواشناسی ۲۴
۲-۶- سنجنده MODIS ۲۴
۲-۶-۱- اصول طراحی سنجندۀ مودیس ۲۶
۲-۶-۲- کاربردهای داده‌های سنجندۀ مودیس ۲۶
۲-۷- شاخص NDSI ۲۹
۲-۸- روشها ۳۱
۲-۸-۲- روند ۳۲
۲-۸-۲- الگوسازی در خانواده چند جمله‌ای‌ها ۳۳
۲-۸-۳- همبستگی ۳۳
۲-۸-۴- زنجیره مارکوف ۳۴
۲-۸-۴-۱- ماتریس تغییر وضعیت و احتمال انتقال وضعیت ۳۵
۲-۸-۴-۲- محاسبه ماتریس احتمال پایا ۳۶
۲-۸-۴-۳- برآورد دوره بازگشت ۳۷
۲-۸-۴-۴- آزمون نیکویی برازش ۳۷
۲-۸-۴-۵- آزمون علیه روند ۳۸
۲-۸-۴-۶- احتمال وقوع دوره های خشک و تر ۳۸

فصل سوم

۳-۱- مقدمه ۳۹
۳-۲- ایستگاههای سینوپتیک مورد استفاده ۳۹

۳-۳- ساختار اکولوژیکی منطقه ۴۱
۳-۴- زمین شناسی و ژئومورفولوژی منطقه ۴۲
۳-۴-۱- گسل تبریز ۴۲
۳-۴-۲- گسل ارومیه ۴۲
۳-۵- منابع و شبکه آب منطقه ۴۴
۳-۶- آب و هوای منطقه مورد مطالعه ۴۵
۳-۶-۱-۱- دما ۴۶
۳-۶-۱-۲- رطوبت نسبی..... ۵۳
۳-۶-۱-۳- بارندگی ۵۹
۳-۶-۱-۴- ساعت آفتابی ۶۲
۳-۶-۱-۵- درجه بری بودن ۶۵
۳-۶-۱-۵- روش گورزنیسکی ۶۶
۳-۶-۱-۶- روش کنراد ۶۷
۳-۶-۱-۷- روش دیبراش ۶۸
۳-۶-۱-۸- طبقه بندی اقلیمی ۶۹
۳-۶-۱-۸-۱- طبقه بندی به روش بلر ۶۹
۳-۶-۱-۸-۲- اقلیم نمای آمبرژه ۷۰
۳-۶-۱-۸-۳- سیستم طبقه بندی اقلیمی کوپن..... ۷۲

فصل چهارم

۴-۱- مقدمه ۷۳
۴-۲- انتخاب تصاویر..... ۷۳
۴-۳-۱- روشهای تعیین سطح پوشش برف با استفاده از تصاویر MODIS ۷۴
۴-۱-۲- شاخص NDSI ۷۴
۴-۳-۲- طبقه بندی نظارت نشده ۷۶

۴-۳-۳- طبقه‌بندی نظارت شده ۷۹
۴-۴- بررسی روش های آماری بارش برف ایستگاههای منطقه مورد مطالعه ۸۸
۴-۴-۱- بررسی روش های آماری بارش برف ایستگاه ارومیه ۸۹
۴-۴-۱-۱- بررسی آماری روند بارش برف سالانه در ایستگاه ارومیه ۹۱
۴-۴-۱-۲- مشخصات احتمالاتی بارش برف ایستگاه ارومیه ۹۲
۴-۴-۱-۳- محاسبه احتمال پایا ارومیه ۹۶
۴-۴-۱-۴- احتمال تداوم خشکی m روزه ایستگاه ارومیه ۹۷
۴-۴-۱-۵- مدل های احتمالاتی تغییر حالت بارش روزانه برف ایستگاه ارومیه ۹۷
۴-۴-۱-۶- محاسبه دوره‌های خشکی متوالی ارومیه (Spell lengths) ۱۰۰
۴-۴-۲- بررسی روش های آماری بارش برف ایستگاه تبریز ۱۰۲
۴-۴-۲-۱- بررسی آماری روند بارش برف سالانه در ایستگاه تبریز ۱۰۴
۴-۴-۲-۲- مشخصات احتمالاتی بارش برف ایستگاه تبریز ۱۰۵
۴-۴-۲-۳- محاسبه احتمال پایا تبریز ۱۰۸
۴-۴-۲-۴- احتمال تداوم خشکی m روزه در ایستگاه تبریز ۱۰۸
۴-۴-۲-۵- مدل‌های احتمالاتی تغییر حالت بارش روزانه برف ایستگاه تبریز ۱۰۹
۴-۴-۲-۶- محاسبه دوره‌های خشکی متوالی تبریز (Spell lengths) ۱۱۲
۴-۴-۳- بررسی روش های آماری بارش برف ایستگاه اردبیل ۱۱۳
۴-۴-۳-۱- بررسی آماری روند بارش برف سالانه در ایستگاه اردبیل ۱۱۵
۴-۴-۳-۲- مشخصات احتمالاتی بارش ایستگاه اردبیل ۱۱۵
۴-۴-۳-۳- محاسبه ماتریس احتمال پایا اردبیل ۱۱۷
۴-۴-۳-۴- احتمال تداوم خشکی m روزه در ایستگاه اردبیل ۱۱۷
۴-۴-۳-۵- مدل‌های احتمالاتی تغییر حالت بارش روزانه برف ایستگاه اردبیل ۱۱۸
۴-۴-۳-۶- محاسبه دوره‌های خشکی متوالی اردبیل ۱۲۰
۴-۴-۴- تحلیل آماری بارش برف ایستگاه خوی ۱۲۲

۴-۴-۴-۱- تحلیل روند بارش برف سالانه در ایستگاه خوی ۱۲۴
۴-۴-۴-۲- مشخصات احتمالاتی بارش ایستگاه خوی ۱۲۴
۴-۴-۴-۳- محاسبه احتمال پایا خوی ۱۲۶
۴-۴-۴-۴- احتمال تداوم خشکی m روزه در ایستگاه خوی ۱۲۶
۴-۴-۴-۵- مدل‌های احتمالاتی تغییر حالت بارش روزانه برف ایستگاه خوی ۱۲۷
۴-۴-۴-۶- محاسبه دوره‌های خشکی متوالی خوی (Spell lengths) ۱۲۹
۴-۴-۵- ارزیابی و مقایسه نتایج حاصل از مدلسازی مارکوفی روزهای برفی برای ایستگاههای منطقه شمالغرب ۱۳۱
۴-۴-۶- ارزیابی تغییرات مجموع برف، میانگین دما، نسبت بارش برف و مجموع کل بارش سالانه در ایستگاههای منطقه شمالغرب ایران ۱۳۶
۴-۴-۶-۱- مجموع برف سالانه ۱۳۷
۴-۴-۶-۲- نسبت بارش برف به مجموع بارندگی سالانه ۱۳۹
۴-۴-۶-۳- بررسی روند میانگین دمای سالانه ۱۴۲
۴-۴-۶-۴- مجموع کل بارش سالانه ۱۴۵
۵-۱- آزمون فرضیات ۱۴۸
۵-۲- جمع بندی ۱۴۹
۵-۳- پیشنهادات ۱۵۲
۵-۴- مشکلات تحقیق ۱۵۳
منابع و مآخذ ۱۵۸

فهرست جداول

جدول شماره (۲-۲) باندهای مورد استفاده در استخراج پوشش برف سنجنده MODIS ۲۵

جدول شماره (۳-۱) مشخصات ایستگاههای سینوپتیک مورد استفاده ۴۰

جدول شماره (۳- ۲) متوسط حداکثر دمای ماهانه ایستگاههای مورد بررسی بر حسب درجه سانتی گراد ۴۷

جدول شماره (۳- ۳) متوسط حداقل دمای ماهانه ایستگاههای مورد بررسی بر حسب درجه سانتی گراد ۴۸

جدول شماره (۳- ۴) میانگین دمای ماهانه ایستگاههای مورد بررسی بر حسب درجه سانتی گراد ۴۹

جدول شماره (۳- ۵) میانگین، حداکثر و حداقل دمای سالانه بر حسب درجه سانتی گراد ۵۰

جدول شماره (۳-۶) متوسط حداکثر رطوبت نسبی ماهانه بر حسب (درصد) ۵۳

جدول شماره (۳-۷) متوسط حداقل رطوبت نسبی ماهانه بر حسب (درصد) ۵۶

جدول شماره (۳-۸) میانگین رطوبت نسبی ماهانه بر حسب(درصد) ۵۷

جدول شماره (۳-۹) میانگین، حداکثر و حداقل رطوبت نسبی سالانه بر حسب درصد ۶۰

جدول شماره (۳-۱۰) آمار بارندگی ماهانه ایستگاهای مورد بررسی ۶۰

جدول شماره (۳-۱۱) مجموع کل بارندگی سالانه ایستگاههای مورد بررسی بر حسب میلی متر ۶۱

جدول شماره (۳-۱۲) ساعات آفتابی ماهانه در ایستگاههای مورد بررسی ۶۳

جدول شماره (۳-۱۳) ساعات آفتابی سالانه در ایستگاههای مورد بررسی منطقه ۶۷

جدول شماره (۳-۱۴) رده بندی شاخص گورزنیسکی ۶۶

جدول شماره (۳- ۱۵) محاسبه درجه بری بودن با استفاده از روش گورزینسکی ۶۷

جدول شماره (۳- ۱۶) محاسبه درجه بری بودن با استفاده از روش کنراد ۶۸

جدول شماره (۳-۱۷) طبقه بندی اقلیمی بر اساس روش آمبرژه ۷۰

جدول شماره (۳-۱۸) نتایج بدست آمده بر اساس روش آمبرژه برای ایستگاههای مورد بررسی ۷۱

جدول شماره (۳-۱۹) نتایج بدست آمده بر اساس روش کوپن ۷۲

جدول شماره (۴-۱) مساحت برآورد شده توسط شاخص NDSI بر روی تصاویر مورد نظر ۷۶

جدول شماره (۴-۲) مساحت برآورد شده توسط روش maxset بر روی تصاویر مورد نظر ۷۹

جدول شماره (۴-۳) مساحت برآورد شده پوشش برف توسط روش نظارت شده ۸۷

جدول شماره (۴-۴) میانگین دمای فصل سرد ایستگاههای سینوپتیک منطقه ۸۸
جدول شماره (۴-۵) مشخصات آماری بارش برف روزانه و سالانه، مجموع بارش و میانگین دمای سالانه ایستگاه ارومیه ۸۹
جدول شماره (۴-۶): مقادیر مشاهده شده و مقادیر مورد انتظار ماتریس فراوانی دو حالته ارومیه ۹٤
جدول شماره (۴-۷): مقادیر مشاهده شده و مقادیر مورد انتظار ماتریس فراوانی مارکوف مرتبه دوم ارومیه ۹٥
جدول شماره (۴-۸): روزهای خشک متوالی ارومیه (۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۱۰۱
جدول شماره (۴-۹) مشخصات آماری بارش برف روزانه و سالانه، مجموع بارش و میانگین دمای سالانه ایستگاه تبریز ۱۰۲
جدول شماره (۴-۱۰): مقادیر مشاهده شده و مقادیر مورد انتظار ماتریس فراوانی دو حالته تبریز ۱۰٦
جدول شماره (۴-۱۱): مقادیر مشاهده شده و مقادیر مورد انتظار ماتریس فراوانی مارکوف مرتبه دوم تبریز ۱۰۷
جدول شماره (۴-۱۲): روزهای خشک متوالی تبریز (۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۱۱۲
جدول شماره (۴-۱۳) مشخصات آماری بارش برف روزانه و سالانه، مجموع بارش و میانگین دمای سالانه ایستگاه اردبیل ۱۱٤
جدول شماره (۴-۱۴) : مقادیر مشاهده شده و مقادیر مورد انتظار ماتریس فراوانی دو حالته اردبیل ۱۱٦
جدول شماره (۴-۱۵) روزهای خشک متوالی اردبیل (۱۹۷۷-۲۰۰۸) ۱۲۱
جدول شماره (۴-۱۶) مشخصات آماری بارش برف روزانه و سالانه، مجموع بارش و میانگین دمای سالانه ایستگاه خوی ۱۲۲
جدول شماره (۴-۱۷) مقادیر مشاهده شده و مقادیر مورد انتظار ماتریس فراوانی دو حالته خوی ۱۲٥
جدول شماره (۴-۱۸): روزهای خشک متوالی خوی (۱۹۶۱-۲۰۰۸) ۱۳۰
جدول شماره (۴-۱۹) ماتریس‌های فراوانی، احتمال تغییر حالت و احتمال پایا برای ایستگاههای برازش یافته با مارکوف مرتبه دوم ۱۳۱
جدول شماره (۴-۲۰) ماتریس‌های فراوانی، احتمال تغییر حالت و احتمال پایا برای ایستگاههای برازش یافته با مارکوف مرتبه اول ۱۳۲
جدول شماره (۴-۲۱) دوره‌های بازگشت روز خشک و روز برفی طی دوره آماری در ایستگاههای مورد ن ظر ۱۳۲

جدول شماره (۴-۲۲) دوره¬های بازگشت خشکی¬های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ روزه در طول دوره مورد نظر برای ایستگاههای منطقه ۱۳۳
جدول شماره (۴-۲۳) ماتریس‌های فراوانی، احتمال تغییر حالت و احتمال پایا برای دوره ۹ ساله ۱۳۴
جدول شماره (۴-۲۴) دوره‌های باز گشت روز خشک و روز برفی دوره ۹ سال فرضی در ایستگاههای منطقه ۱۳۵
جدول شماره (۴-۲۵) دوره‌های بازگشت خشکی‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ روزه‌ی دوره ۹ ساله برای ایستگاههای منطقه ۱۳۶
جدول شماره (۴-۲۶) میزان روند نسبی مجموع برف سالانه ایستگاههای مورد مطالعه ۱۳۷
جدول شماره (۴-۲۷) همبستگی اسپیرمن، پیرسون و من کندال مجموع برف سالانه ایستگاههای منطقه ۱۳۸
جدول شماره (۴-۲۸) معادله‌های خط برازش یافته بر داده‌های مجموع بارش برف ایستگاه‌های دارای روند ۱۳۸
جدول شماره (۴-۲۹) میزان روند نسبی نسبت بارش برف به کل بارش در ایستگاههای مورد مطالعه ... ۱۴۰
جدول شماره (۴-۳۰) همبستگی اسپیرمن، پیرسون و من کندال نسبت بارش برف ایستگاههای مورد مطالعه ۱۴۰
جدول شماره (۴-۳۱) معادله‌های خط برازش یافته بر داده‌های نسبت بارش برف ایستگاه‌های دارای روند ۱۴۱
جدول شماره (۴-۳۲) میزان روند نسبی میانگین دمای ایستگاههای مورد مطالعه ۱۴۲
جدول شماره (۴-۳۳) همبستگی اسپیرمن، پیرسون و من کندال دمای میانگین ایستگاههای مورد مطالعه ۱۴۳
جدول شماره (۴-۳۴) معادله‌های خط برازش یافته بر داده‌های میانگین دمای ایستگاه‌های دارای روند در منطقه ۱۴۳
جدول شماره (۴-۳۵) میزان روند نسبی مجموع بارش سالانه ایستگاههای مورد مطالعه ۱۴۵
جدول شماره (۴-۳۶) میزان همبستگی بارش – زمان برای بارش و میزان خطای برآورد شده برای هریک از ایستگاهها ۱۴۶
جدول شماره(۴-۳۷) معادله خط برازش یافته بر مجموع بارش سالانه ایستگاههای تبریز، ارومیه و مراغه ۱۴۶

فهرست اشکال

شکل شماره (۲-۱) منحنی انعکاس طیفی برف و ابر (برگرفته از جنسون، ۲۰۰۰) ۱۷

شکل شماره (۲-۲) منحنی طیفی برف تازه ، برف در حال ذوب یخ یخچالی دارای خار و خاشاک ۱۸

شکل شماره (۳-۱) موقعیت محدوده و ایستگاههای سینوپتیک منطقه مورد مطالعه ٤۱

شکل شماره (۳-۲) نمودار میانگین حداکثر دمای ماهانه بر حسب درجه سانتی گراد ٤۸

شکل شماره (۳-۳) نمودار میانگین حداقل دمای ماهانه بر حسب درجه سانتی گراد ٤۹

شکل شماره (۳-۴) نمودار میانگین دمای ماهانه بر حسب درجه سانتی گراد ٥۰

شکل شماره (۳- ۵) نمودار میانگین، حداکثر و حداقل دمای سالانه بر حسب درجه سانتی گراد ٥۱

شکل شماره (۳-۶) نقشه پهنه بندی میانگین حداکثر دمای سالانه بر حسب درجه سانتی گراد ٥۱

شکل شماره (۳-۷) نقشه پهنه بندی میانگین حداقل دمای سالانه بر حسب درجه سانتی گراد ٥۲

شکل شماره (۳-۸) نقشه پهنه بندی میانگین دمای سالانه بر حسب درجه سانتی گراد ٥۲

شکل شماره (۳-۹) نمودار میانگین حداکثر رطوبت نسبی ماهانه برحسب درصد ٥٤

شکل شماره (۳-۱۰) نمودار متوسط حداقل رطوبت نسبی ماهانه بر حسب درصد ٥٥

شکل شماره (۳-۱۱) نمودار میانگین رطوبت نسبی ماهانه بر حسب درصد ٥٦

شکل شماره (۳-۱۲) نمودار میانگین، حداکثر و حداقل رطوبت نسبی سالانه بر حسب درصد ٥۷

شکل شماره (۳-۱۳) نقشه پهنه بندی میانگین حداکثر رطوبت نسبی سالانه بر حسب درصد ٥۸

شکل شماره (۳-۱۴) نقشه پهنه بندی میانگین حداقل رطوبت نسبی سالانه بر حسب درصد ٥۸

شکل شماره (۳-۱۵) نقشه پهنه بندی میانگین حداقل رطوبت نسبی سالانه بر حسب درصد ٥۹

شکل شماره (۳-۱۶) نمودار بارندگی ماهانه برحسب میلی متر ٦۰

شکل شماره (۳- ۱۷) نمودار مجموع بارندگی سالانه در ایستگاههای مورد مطالعه ٦۱

شکل شماره (۳-۱۸) نقشه پهنه بندی مجموع کل بارندگی سالانه بر حسب میلی متر ٦۲

شکل شماره (۳ -۱۹) نمودار تغییرات کل ساعات آفتابی ماهانه ٦۳

شکل شماره (۳-۲۰) نمودار کل ساعت آفتابی سالانه در ایستگاههای مورد بررسی ٦٤

شکل شماره (۳-۲۱) نقشه پهنه بندی ساعات آفتابی سالانه در منطقه ٦٥

شکل شماره (۳-۲۲) نمودار اقلیم نمای آمبرژه ایستگاههای مورد بررسی ۷۱
شکل شماره (۴-۱) نقشه حاصل از بکارگیری روش شاخص NDSI بر روی تصویر مورخ ۲۳ آوریل ۲۰۰۰ ۷۵
شکل شماره (۴-۲) نقشه نهایی (reclass) حاصل از بکارگیری شاخص NDSI بر روی تصویر۲۳ آوریل ۲۰۰۰ ۷۵
شکل شماره (۴-۳) نقشه حاصل از بکارگیری روش maxset بر روی تصویر مورخ ۲۳ آوریل ۲۰۰۰ ۷۷
شکل شماره (۴-۴) نقشه نهایی (reclass)حاصل از بکارگیری روش maxset بر روی تصویر ۲۳ آوریل ۲۰۰۰ ۷۸
شکل شماره (۴-۵) نقشه کاذب رنگی تصویر مورخ ۲۳ آوریل ۲۰۰۰ ..... ۸۰
شکل شماره (۴-۶) محدوده پوشش برف استخراج شده تصاویر سال ۲۰۰۰ ..... ۸۱
شکل شماره (۴-۷) محدوده پوشش برف استخراج شده تصاویر سال ۲۰۰۱ ..... ۸۲
شکل شماره (۴-۸) محدوده پوشش برف استخراج شده تصاویر سال ۲۰۰۲ ..... ۸۳
شکل شماره (۴-۹) محدوده پوشش برف استخراج شده تصاویر سال ۲۰۰۳ ..... ۸۳
شکل شماره (۴-۱۰) محدوده پوشش برف استخراج شده تصاویر سال ۲۰۰۴ ..... ۸٤
شکل شماره (۴-۱۱) محدوده پوشش برف استخراج شده تصاویر سال ۲۰۰۵ ..... ۸٤
شکل شماره (۴-۱۲) محدوده پوشش برف استخراج شده تصاویر سال ۲۰۰۶ ..... ۸۵
شکل شماره (۴-۱۳) محدوده پوشش برف استخراج شده تصاویر سال ۲۰۰۷ ..... ۸۵
شکل شماره (۴-۱۴) محدوده پوشش برف استخراج شده تصاویر سال ۲۰۰۸ ..... ۸٦
شکل شماره (۴-۱۵) محدوده پوشش برف استخراج شده تصاویر سال ۲۰۰۹ ..... ۸٦
شکل شماره (۴-۱۶) نمودار روند بارش برف سالانه ایستگاه ارومیه ۹۲
شکل شماره (۴-۱۷)نمودار مدل اولیه احتمالاتی تغییر روز بارش و مدل برازش یافته ارومیه (۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۹۸
شکل شماره (۴-۱۸) نمودار مدل اولیه احتمالاتی (p_rdr) و مدل برازش یافته ارومیه (۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۹۸
شکل شماره (۴-۱۹) نمودار مدل اولیه احتمالاتی (p-rrd) و مدل برازش یافته ارومیه (۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۹۹
شکل شماره (۴-۲۰) مدل اولیه احتمالات (p_rrr) در ایستگاه ارومیه (۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۹۹
شکل شماره (۴-۲۱) مدل برازش یافته حالت های p_rrr، p_rrd، p_rdr و p_rdd ارومیه (۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۱۰۰
شکل شماره (۴-۲۲) درصد احتمال و عدم احتمال بارش در ایستگاه ارومیه (۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۱۰۰
شکل شماره (۴-۲۳) درصد احتمال روزهای خشک متوالی در ارومیه (۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۱۰۲

شکل شماره (۴-۲۴) نمودار روند بارش برف سالانه ایستگاه تبریز ۱۰۵
شکل شماره (۴-۲۵) نمودار مدل اولیه احتمالاتی (p_rdd) تبریز(۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۱۰۹
شکل شماره (۴-۲۶) نمودار مدل اولیه احتمالاتی (p-rdr) و مدل برازش یافته ایستگاه تبریز (۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۱۱۰
شکل شماره (۴-۲۷) نمودار مدل اولیه احتمالاتی و مدل برازش یافته (p_rrd) ایستگاه تبریز (۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۱۱۰
شکل شماره (۴-۲۸) نمودار مدل اولیه احتمالاتی (p_rrr) ایستگاه تبریز ۱۱۱
شکل شماره (۴-۲۹) نمودار مدل برازش یافته حالت های p_rrr، p_rrd، p_rdr و p_rdd تبریز ۱۱۱
شکل شماره (۴-۳۰) نمودار احتمال و عدم احتمال بارش برف روزانه ایستگاه تبریز (۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۱۱۲
شکل شماره (۴-۳۱) نمودار درصد احتمال روزهای خشک متوالی در ایستگاه تبریز (۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۱۱۳
شکل شماره (۴-۳۲) نمودار احتمالاتی تغییر حالت بارش روزانه اردبیل (۱۹۷۷-۲۰۰۸) ۱۱۸
شکل شماره (۴-۳۳) نمودار مدل اولیه احتمالاتی تغییر روز بارش به روز خشکی و مدل برازش یافته آن ۱۱۹
شکل شماره (۴-۳۴) نمودار مدل اولیه احتمالاتی تغییر روز برفی به روز برفی و مدل برازش یافته اردبیل ۱۱۹
شکل شماره (۴-۳۵) نمودار مدل برازش یافته تغییر روز برفی به روز خشک و برفی به برفی (۱۹۷۷-۲۰۰۸) ۱۲۰
شکل شماره (۴-۳۶) نمودار احتمال و عدم احتمال بارش برف روزانه ایستگاه اردبیل (۱۹۵۱-۲۰۰۸) ۱۲۰
شکل شماره (۴-۳۷) نمودار درصد احتمال روزهای خشک متوالی در ایستگاه اردبیل (۱۹۷۷-۲۰۰۸) ۱۲۲
شکل شماره (۴-۳۸) نمودار احتمالاتی تغییر حالت خوی (۱۹۶۱-۲۰۰۸) ۱۲۷
شکل شماره (۴-۳۹) : مدل اولیه احتمالاتی تغییر روز بارش به روز خشکی و مدل برازش یافته خوی ۱۲۸
شکل شماره (۴-۴۰) نمودار مدل اولیه احتمالاتی تغییر روز بارش به روز بارش و مدل برازش یافته خوی ۱۲۸
شکل شماره (۴-۴۱) نمودار مدل برازش یافته تغییر روز برفی به روز خشک و برفی به برفی خوی ۱۲۹
شکل شماره (۴-۴۲): درصد احتمال و عدم احتمال بارش درخوی (۱۹۶۱-۲۰۰۸) ۱۲۹
شکل شماره (۴-۴۳) نمودار درصد احتمال روزهای خشک متوالی در خوی (۱۹۶۱-۲۰۰۸) ۱۳۱
شکل شماره (۴-۴۴) نمودار روند مجموع بارش برف در ایستگاههای دارای روند در منطقه ۱۳۹
شکل شماره (۴-۴۵) نمودار روند نسبت بارش برف در ایستگاههای دارای روند در منطقه ۱۴۱
شکل شماره (۴-۴۶) نمودار روند میانگین دمای سالانه ایستگاههای مورد مطالعه ۱۴۴
شکل شماره (۴-۴۷) نمودارروند مجموع بارش سالانه ایستگاههای تبریز، ارومیه و مراغه..... ۱۴۵

فصل اول

کلیات طرح تحقیق

۱-۱- مقدمه

برآورد دقیق سطح پوشش برف و حجم آب معادل مربوطه، به عنوان یکی از عملیات محوری و اساسی در زمینه مدیریت منابع آب، بویژه در مناطقی که بارش برف سهم زیادی در نزولات جوی دارد، محسوب می‌شود.

از نظر اقلیم شناسان و هواشناسانی که تغییرات اقلیمی و اتمسفری را مطالعه می‌کنند در یک دید جهانی پایش برف یک ضرورت است، زیرا خصوصیات فیزیکی درون برف بر تغییرات روزانه و اقلیمی و حتی تغییرات بلند مدت اقلیمی ثاثیر می‌گذارد (براون[۱] و همکارانش، ۲۰۰۲). برآورد دقیق سطح پوشش برف و تغییرات سطح آن به عنوان یکی از عملیات محوری و اساسی در زمینه مدیریت منابع آب محسوب می‌شود (عادلی ، ۱۳۸۴).

مطالعه و اندازه‌گیری تغییرات سطوح برفگیر به عنوان یکی از منابع تامین آب بسیار حائز اهمیت است. با توجه به شرایط سخت فیزیکی محیط‌های کوهستانی امکان اندازه‌گیری دائم زمینی جهت تخمین منابع برفابی و تشکیل پایگاه داده ها وجود ندارد. به همین جهت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه[۲] جهت شناسایی مناطق برفگیر و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت مدلسازی تغییرات ابزارهای قدرتمندی به شمار می‌روند (علوی پناه، ۱۳۷۹).

برخی از محققان معتقدند که داده‌های سنجش از دور می‌تواند ارزیابی‌های بهتری از محدوده‌های پوشش برف درحوضه های آبریز نسبت به روش های مساحی سنتی ارایه دهد *(متکالف و باتل[۳]، ۱۹۹۹)*.

از این رو، امروزه در روند مدیریت کارآمد منابع آبی، به کارگیری داده‌های سنجش از دور با هدف کسب اطلاعات دقیق از پوشش برف به صورت عملیاتی اجرا می‌گردد (جانسون[۴] و همکاران، ۲۰۰۱).

با عنایت به پیشرفت‌های موجود در چند دهه‌ی گذشته، توسط کشورهای مختلف سنجنده‌های ماهواره‌ای متعدد و متنوعی طراحی و به فضا ارسال شده که یکی از مهمترین آنها ماهواره TERRA است. سنجنده MODIS ماهواره مذکور با توجه به قابلیت‌های فنی و اپتیکی خود تصاویر متنوعی را در باندهای مختلف الکترومغناطیس عرضه می‌دارد به منظور مدلسازی مشخصات سطحی پوشش برف با استفاده از

---

۱ Brown, R.D

۲ Multi Temporal

۳ Metcalfe, R. A., and Buttle, J. M

۴ Johansson, B

تصاویر سنجش از دور، آگاهی از خصوصیات فیزیکی برف و فرآیند ذوب آن امری ضروری است (نجف‌زاده و همکاران، ۱۳۸۳).

در دهه‌های اخیر همزمان با افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش استفاده از سوختهای فسیلی و مواد آلاینده، تغییراتی در اقلیم جهان بوجود آمده که افزایش میانیگن دمای کره زمین از جمله ملموسترین این تغییرات است که باعث افزایش پدیده‌های حدی مانند سیل، هاریکن ها، خشکسالی و ... شده است. گرمایش زمین مسائل اقتصادی و خسارات مالی فراوانی را در پی داشته و لزوم توجه بیشتر به این امر را می‌طلبد. اقلیم شناسان از جمله محققانی هستند که به مطالعه در این زمینه می پردازند. با توسعه روش-های کمی و آماری در این رشته شاهد پیش بینی‌های دهه‌ای در این زمینه هستیم. یکی از روش‌های مورد علاقه اقلیم شناسان برای مطالعه تغییرات دما، روشهای سری زمانی است.

۱-۲- تعریف مساله

ایران سرزمین کم آبی است که در منطقه خشک و نیمه خشک کره زمین قرار گرفته و لذا بارش برف مهمترین عامل تأثیرگذار در میزان ذخایر آب، بویژه در فصول گرم سال محسوب می‌گردد. به علاوه، برف یکی از فاکتورهای مهم کنترل کننده هیدرواقلیم هر ناحیه جغرافیایی است (قائمی و نوحی، ۱۳۵۵).

در شمالغرب ایران نزولات جوی در فصول سرد سال بیشتر به صورت برف است و به دلیل وسعت مناطق کوهستانی در این نواحی، ذخایر برفی در طول سال ماندگار بوده و بنابراین مدیریت علمی این ذخایر آبی جهت تأمین آب مصرفی (شرب، صنعتی و کشاورزی) ضروری است (عادلی، ۱۳۸۴). لازم به ذکر است که پوشش‌های برفی ایران عمدتا از نوع فصلی هستند و تنها در برخی از ارتفاعات بسیار بالا پوشش‌های دائمی برف دیده می‌شود (جلوخانی نیارکی، ۱۳۸۱).

ثابت شده است که در محدوده نور مرئی و مادون قرمز نزدیک برف تازه دارای بیشترین انعکاس نسبت به سطوح دیگر از جمله آب، خاک و پوشش گیاهی می باشد. معمولا ویژگی برف تازه آن را از پوشش ابری متمایز ساخته است، همچنین برف در محدوده مادون قرمز میانی (حدود ۱,۵ الی ۲,۵ میکرومتر) دارای کمترین میزان انعکاس نسبت به پدیده ابر است (ریگس[۵] و همکاران،۲۰۰۳).

[۵] Riggs, G. A