بسم الله الرحمن الرحیم

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

دانشگاه رازی
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی
دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی
گروه مهندسی آب

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی کشاورزی
گرایش مهندسی منابع آب

عنوان پایان نامه
بررسی تغییرات کمی و کیفی منابع آب کارست حوضه قره سو

استاد راهنما:
دکتر هوشنگ قمرنیا

نگارش:
سیده آرینا مصطفوی

اسفند ۱۳۹۲

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی
دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی
گروه مهندسی آب

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی کشاورزی گرایش مهندسی منابع آب

نام دانشجو
سیده آرینا مصطفوی

تحت عنوان
بررسی تغییرات کمی و کیفی منابع آب کارست حوضه قره سو

در تاریخ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنما دکتر هوشنگ قمرنیا با مرتبه علمی دانشیار امضاء

۲- استاد داور اول دکتر سید احسان فاطمی با مرتبه علمی استادیار امضاء

۳- استاد داور دوم دکتر بهمن فرهادی با مرتبه علمی استادیار امضاء

تقدیر و تشکر:

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق رارفیق راهم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم . از استاد فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر

هوشنگ قمرنیا به عنوان استاد راهنما که همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داه اند کمال تشکر را دارم .

گر بدین سان زیست باید پست

من چه بی شرمم اگر

فانوس عمرم را به رسوائی نیاویزم

بر بلند کاج خشک کوچه بن بست

گر بدین سان زیست باید پاک

من چه ناپاکم اگر

نشانم از ایمان خود، چون کوه

یادگاری جاودانه برتر از بی بقای خاک

تقدیم به پدر، مادر

و

همسر عزیزم

چکیده :

تغییر اقلیم بر منابع آب تأثیر به سزایی می گذارد، برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، مناسب ترین ابزار، استفاده از مدل های گردش عمومی جو می باشد. در این پایان نامه در ابتدا سعی شده است تا تأثیر تغییر اقلیم را بر پارامترهای هواشناسی (دما و بارش) حوضه قره سو برای دوره ۲۰۹۹-۲۰۱۱ پیش بینی نمود؛ برای پیش بینی پارامترهای هواشناسی از مدل $CGCM3$ تحت سناریو انتشار A_2 استفاده شده است.داده های دما و بارش توسط نرم افزار $SDSM$ و به روش آماری مبتنی بر رگرسیون، ریز مقیاس و کالیبره گردیدند.پس از آن مقدار SPI برای مقیاس زمانی ۲۴ ماهه تعیین گردید و با توجه به آن در دوره پایه یک خشکسالی، یک سال نرمال و یک ترسالی انتخاب گردید و تاثیر هر یک از این سال ها را بر دبی چشمه های حوضه، شیب منحنی فروکش چشمه، حجم ذخیره دینامیکی و زمان مرگ چشمه بررسی گردید. همچنین بر اساس رابطه بین دبی و بارش، دبی دوره های آتی را تخمین و با دبی های پایه مقایسه شدند. در مرحله بعد، بر اساس پارامترهای کیفی چشمه ها منابع آب آن ها برای مصارف مختلف شرب، کشاورزی و صنعت بررسی گردید. برای شرب با استانداردهای وزارت نیرو ، برای کشاورزی با طبقه بندی ویلکوکس و برای صنعت با استفاده از شاخص های خورندگی و رسوب گذاری مقایسه شدند. نتایج افزایش بارندگی در دوره های آتی و در نتیجه افزایش دبی چشمه ها، همچنین افزایش در میزان دما را نشان می دهند. در ضمن با توجه به شاخص بارندگی استاندارد شده در دوره پایه سال ۱۹۸۹ به عنوان ترسالی، سال ۱۹۹۸ به عنوان سال نرمال و سال ۲۰۰۰ به عنوان خشکسالی برای منابع آب زیرزمینی تعیین شدند. با بررسی نتایج آبنود چشمه ها نیز نمایان گردید که با تغییر شرایط از ترسالی به نرمال و از نرمال به خشکسالی میزان حجم ذخایر دینامیکی و زمان مرگ چشمه ها کاهش یافته اند. از لحاظ کیفی نیز آب اکثر چشمه ها سخت، کمی شور و خورنده هستند اما برای مصارف شرب و کشاورزی قابل استفاده می باشند.

کلمات کلیدی :

حوضه قره سو، تغییر اقلیم، $CGCM3$، SDSM، SPI، کارست.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه و هدف

۱-۱- مقدمه..... ۲

فصل دوم : کلیات

۲-۱- کارست ۶

۲-۲- درآمدی بر خاستگاه کارست ۶

۲-۳- منابع اقتصادی کارست ۷

۲-۴- منابع فرهنگی کارست ۷

۲-۵- چالش های زیست محیطی کارست ۷

۲-۶- چالش های منابع آب کارست در ایران ۷

۲-۷- انواع کارست ۸

۲-۸- کارستیفیکاسیون ۸

۲-۹- شبکه کارستی ۸

۲-۱۰- چشمه های کارستی ۹

۲-۱۱- درآمدی بر خاستگاه اقلیم ۹

۲-۱۲- طبقه بندی های اقلیمی ۱۰

۲-۱۲-۱- ضریب اقلیمی ترانسو (Transeau) ۱۰

۲-۱۲-۲- ضریب اقلیمی ایوانف (Ivanov) ۱۰

۲-۱۲-۳- ضریب اقلیمی دومارتن (De Martonne) ۱۱

۲-۱۲-۴- سیستم طبقه بندی کوپن (Koppen) ۱۱

۲-۱۲-۵- سیستم طبقه بندی سلیانینوف (Selyaninov) ۱۱

۲-۱۳- خشکسالی ۱۲

۲-۱۳-۱ شاخص های خشکسالی ۱۲

فصل سوم : مروری بر تحقیقات انجام شده

۳-۱- مقدمه ۱۴

۳-۲- تحقیقات انجام شده در خارج از کشور ۱۴

۳-۳- تحقیقات انجام شده در داخل کشور ۱۸

فصل چهارم : مواد و روش ها

۴-۱- مشخصات عمومی منطقه مورد مطالعه ۲۴

۴-۱-۱- موقعیت استان کرمانشاه ۲۴

۴-۱-۲- کلیات حوضه آبریز ۲۴

۴-۱-۳- مشخصات عمومی حوضه ۲۶

۴-۱-۴- زمین شناسی حوضه ۲۶
۴-۱-۵- هواشناسی حوضه ۲۷
۴-۱-۶- وضعیت اقلیمی منطقه ۲۸
۴-۱-۷- جمع آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز ۲۸
۴-۱-۷-۱- آمار و اطلاعات هواشناسی ۲۸
۴-۱-۷-۲- اطلاعات کمی منابع کارست حوضه ۲۹
۴-۱-۷-۳- اطلاعات کیفی منابع کارست حوضه ۳۰
۴-۲- بررسی های اقلیمی حوضه ۳۱
۴-۳- کوچک مقیاس کردن ۳۳
۴-۳-۱-روش استفاده از سلول اصلی یا روش تناسبی ۳۳
۴-۳-۲-روش دینامیکی ۳۴
۴-۳-۳-روش های آماری ۳۴
۴-۳-۳-۱- روش طبقه بندی هواشناسی ۳۴
۴-۳-۳-۲- روش مولد های هواشناسی ۳۴
۴-۳-۳-۳- مدل های رگرسیونی ۳۵
۴-۴- مدل SDSM ۳۶
۴-۵- بررسی وضعیت خشکسالی حوضه ۳۸
۴-۵-۱- شاخص طول دوره خشک (یا مرطوب) ۳۸
۴-۵-۲- شاخص پایداری روز خشک (یا مرطوب)..... ۳۹
۴-۵-۳- شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) ۳۹
۴-۶- بررسی چشمه های کارستی حوضه ۴۰
۴-۶-۱- آبنمود ۴۰
۴-۶-۲- هدف از بررسی آبنمود ۴۱
۴-۶-۳- محاسبه معادله تخلیه چشمه ها ۴۱
۴-۶-۴- محاسبه ضریب فروکش چشمه ها ۴۲
۴-۶-۵- محاسبه زمان مرگ چشمه ها ۴۳
۴-۶-۶- محاسبه حجم ذخیره دینامیکی چشمه ها..... ۴۳
۴-۷- بررسی کیفی منابع آب حوضه ۴۳
۴-۷-۱- تحلیل آب چشمه بر اساس مصرف شرب ۴۴
۴-۷-۲- تحلیل آب چشمه بر اساس مصرف کشاورزی ۴۵
۴-۷-۳- تحلیل آب چشمه بر اساس تعادل یونی..... ۴۶
۴-۷-۴- تحلیل آب چشمه بر اساس خورندگی و رسوب گذاری ۴۷
۴-۷-۴-۱- شاخص لانژلیه (Langelier) ۴۷
۴-۷-۴-۲- شاخص رایزنر (Ryznar) ۴۷

فصل پنجم : نتایج و بحث

۵-۱- بارش ۵۰
۵-۱-۱- شاخص میانگین طول دوره خشک و مرطوب ۵۳
۵-۱-۲- شاخص میانگین پایداری روز مرطوب و خشک ۵۵
۵-۱-۳- شاخص بارندگی استاندارد شده ۵۶
۵-۲- دما ۵۸
۵-۳- بررسی تغییرات کمی چشمه های کارست حوضه ۶۰
۵-۳-۱- بازسازی داده های کمی چشمه ها ۶۱
۵-۳-۲- تخمین دبی چشمه ها در دوره های آتی ۶۲
۵-۳-۳- مقایسه دبی چشمه ها با شرایط بلند مدت ۶۴
۵-۳-۴- بررسی آبنمود چشمه ها و نتایج ناشی از آن ۶۷
۵-۳-۴-۱- محاسبه معادله تخلیه چشمه ها ۶۷
۵-۳-۴-۲- محاسبه ضریب فروکش چشمه ها ۷۱
۵-۳-۴-۳- محاسبه حجم ذخیره دینامیکی چشمه ها ۷۱
۵-۳-۴-۴- محاسبه زمان مرگ چشمه ها ۷۲
۵-۴- بررسی تغییرات کیفی چشمه های کارست حوضه ۷۳
۵-۴-۱- تحلیل آب چشمه بر اساس شرب ۷۴
۵-۴-۲- تحلیل آب چشمه بر اساس کشاورزی ۷۵
۵-۴-۳- تحلیل آب چشمه بر اساس تعادل یون..... ۷۶
۵-۴-۴- تحلیل آب چشمه بر اساس خورندگی و رسوب گذاری ۷۷

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه گیری ۸۰
۶-۲- پیشنهادات ۸۲
۷-۱- منابع ۸۴

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۱- موقعیت استان کرمانشاه از لحاظ تقسیمات کشوری (جهاد دانشگاهی کرمانشاه،۱۳۸۸) ۲۵
شکل ۴-۲- موقعیت زیر حوضه قره سو در حوضه کرخه(محمدی،مساح بوانی،۱۳۸۹) ۲۵
شکل ۴-۳- نقشه زمین شناسی همراه با چشمه های کارستی، گسلی و سازند سخت کربناته حوضه ۲۷
شکل۴-۴- دیاگرام ویلکوکس.....۴۶
شکل ۵-۱- کارایی مدل در ریزمقیاس نمایی داده های بارش ۵۱
شکل ۵-۲- مقایسه میانگین بارندگی دوره پایه با دوره های آتی ۵۲
شکل ۵-۳- مقایسه فصلی میانگین بارندگی دوره پایه با دوره های آتی ۵۲
شکل ۵-۴- مقایسه میانگین طول دوره خشک دوره پایه با دوره های آتی ۵۳
شکل ۵-۵- مقایسه فصلی طول دوره خشک دوره پایه با دوره های آتی ۵۴
شکل ۵-۶- مقایسه میانگین طول دوره مرطوب دوره پایه با دوره های آتی ۵۴
شکل ۵-۷- مقایسه فصلی پایداری روز خشک دوره پایه با دوره های آتی ۵۶
شکل ۵-۸- مقایسه فصلی پایداری روز مرطوب دوره پایه با دوره های آتی ۵۶
شکل ۵-۹- مقایسه شاخص بارندگی استاندارد شده دوره پایه با دوره های آتی ۵۷
شکل ۵-۱۰- کارایی مدل در ریزمقیاس نمایی داده های دما.....۵۹
شکل ۵-۱۱- مقایسه فصلی و ماهانه دمای دوره پایه با دوره های آتی ۶۰
شکل ۵-۱۲- مقایسه دبی سال های ۱۹۸۹، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۰ با مقدار میانگین در چشمه قره دانه ۶۵
شکل۵-۱۳- مقایسه دبی سال های ۱۹۸۹، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۰ با مقدار میانگین در چشمه خضر زنده ۶۵
شکل۵-۱۴- قسمت فروکش چشمه بی ابر در سال های ۱۹۸۹، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۰.....۶۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۴-۱- اقلیم حوضه قره سو بر اساس شاخص های اقلیمی مختلف ۲۸
جدول۴-۲- آمار بارندگی و پارامترهای مهم هواشناسی برخی از ایستگاه های داخل و خارج حوضه ۲۹
جدول ۴-۳- پارامترهای کمی و کیفی اندازه گیری شده در چشمه های حوضه ۳۰
جدول ۴-۴- مشخصات سناریوهای انتشار در سال ۲۱۰۰ نسبت به سال ۱۹۹۰.....۳۳
جدول۴-۵- حداکثر مجاز و مطلوب مواد شیمیایی معدنی غیرسمی موجود در آب آشامیدنی ۴۵
جدول۵-۱- متغیر های بزرگ مقیاس مؤثر در ریز مقیاس کردن بارش روزانه ۵۰
جدول ۵-۲- متغیر های بزرگ مقیاس مؤثر در ریز مقیاس کردن ماکزیمم دمای روزانه ۵۹
جدول ۵-۳-رابطه رگرسیونی دبی چشمه نیلوفر با سایر چشمه ها ۶۱
جدول ۵-۴- رابطه رگرسیونی بارش منطقه با دبی چشمه ها ۶۲
جدول ۵-۵- متوسط دبی چشمه ها در دوره پایه و دوره های آتی و بررسی درصد تغییرات آنها ۶۳
جدول ۵-۶- معادله تخلیه چشمه ها در ترسالی.....۶۹
جدول ۵-۷- معادله تخلیه چشمه ها در نرمال.....۷۰
جدول ۵-۸- معادله تخلیه چشمه ها در سال خشک.....۷۱
جدول ۵-۹- مقایسه حجم ذخیره دینامیکی چشمه ها در ترسالی، سال نرمال و خشکسالی ۷۲
جدول ۵-۱۰- مقایسه زمان مرگ چشمه ها در شرایط ترسالی، سال نرمال و خشکسالی ۷۳
جدول ۵-۱۱- پارامترهای کیفی اندازه گیری شده در چشمه های حوضه ۷۴
جدول ۵-۱۲- وضعیت چشمه ها از لحاظ سختی آب بر اساس استانداردهای وزارت نیرو ۷۵
جدول ۵-۱۳- تعیین کلاس چشمه ها با استفاده از نمودار ویلکوکس ۷۶
جدول ۵-۱۴- تعیین درصد تعادل بین کاتیون و آنیون در چشمه ها ۷۷
جدول ۵-۱۵- بررسی وضعیت خورندگی و رسوب گذاری چشمه ها ۷۸

فصل اول

مقدمه و هدف

۱-۱- مقدمه:

مطالعات و بررسی های انجام شده نشانگر آن است که تامین آب در ایران، با توجه به وضعیت جغرافیایی و اقلیمی آن، همچون بسیاری از کشورهای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا، در وضعیت مناسبی قرار ندارد و این امر بیانگر احتمال وقوع خشکسالی های بیشتری در آینده نسبت به گذشته است. اقلیم، تأثیر شرایط متوسط آب و هوا برای یک محدوده خاص در یک دوره خاص زمانی می باشد. اقلیم یک منطقه ثابت نبوده و تحت تاثیر دو گروه از عوامل تغییر می کند که این عوامل عبارتند از : ۱) عواملی که باعث تغییرات سالانه اقلیم می شوند مانند: ال نینو، لانینا و نائو. ۲) عواملی که روندهای تغییر دراز مدت را بوجود می آورند مانند: تغییر انرژی ورودی از خورشید و گرمایش جهانی ناشی از تشدید اثرات گلخانه ای. بسیاری از محققین بر این باورند که میزان انرژی که از خورشیدی به زمین می رسد به طور ملایم در حال افزایش بوده که ممکن است بر افزایش دما مؤثر باشد.اما بر اساس محاسبات انجام شده سهم تغییر انرژی خورشید در گرمایش قرن گذشته تنها ۰/۰۷ درجه سانتی گراد بوده است که فقط ۱۸٪ از ۴ درجه سانتی گراد افزایش دمای جهان را از سال ۱۹۷۰ تا حال حاضر را توجیه می کند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۶) .

رشد صنایع و کارخانه ها از آغاز انقلاب صنعتی و به تبع آن افزایش مصرف سوخت های فسیلی باعث افزایش گازهای گلخانه ای به ویژه CO_2 در چند دهه اخیر شده است. میانگین دمای سطح زمین بر اثر انتشار گازهای گلخانه ای در حال افزایش است به طوری که سناریوهای اخیر هیئت بین الدول تغییر اقلیم[1] افزایش متوسط جهانی دما را ۰/۷۶ درجه سانتی گراد در قرن گذشته و ۱/۱ تا ۶/۴ درجه سانتی گراد در قرن حاضر پیش بینی می کنند . بنابراین سهم افزایش انرژی ورودی به زمین در مقایسه با نقش اثرات گلخانه ای در تغییرات اقلیمی بسیار اندک است.

گرچه کاهش گازهای گلخانه ای می تواند از تشدید پدیده تغییر اقلیم در دوره های آتی بکاهد، ولی باید توجه داشت که حتی اگر در حال حاضر انتشار تمامی گازهای گلخانه ای در سطح کره زمین متوقف شود، پدیده تغییر اقلیم تا اواخر قرن بیست و یکم ادامه خواهد یافت. این امر به دلیل ماندگاری ۱۵۰ ساله دی اکسید کربن (به عنوان مهمترین گاز گلخانه ای) در جو کره زمین می باشد. از این رو مهمترین وظیفه جوامع علمی کشورها در برخورد با این پدیده بررسی اثرات تغییر اقلیم برسیستم های مختلف و ارائه راهکارهای تطبیقی در مقابله با تبعات منفی این پدیده در دوره های آتی می باشد ($IPCC$ ،۲۰۰۷) .

[1] .IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change

فرایند تغییر اقلیم به ویژه تغییرات دما و بارش مهمترین بحث مطرح در قلمرو علوم محیطی می باشد. این پدیده به دلیل ابعاد علمی و کاربردی آن از اهمیت فزاینده ای برخوردار است، چرا که سیستم های انسانی وابسته به عناصر اقلیمی مانند کشاورزی، صنایع و امثال آن بر مبنای ثبات و پایداری اقلیم طراحی شده و عمل می نمایند (*IPCC*، ۲۰۰۷).

داده های هواشناسی و خروجی مدل هایی که تغییرات اقلیم را بررسی می کنند نشان دهنده افزایش دمای کره زمین می باشند که کاهش بارندگی، افزایش تبخیر، کاهش رطوبت خاک و افزایش فرسایش، کاهش پوشش گیاهی و در نتیجه آن توسعه پتانسیل بیابان زائی، افزایش احتمال رویداد وقایع حدی چون خشکسالی و سیل،آب شدن یخ های موجود در مناطق کارستی و یخچال های طبیعی، کاهش گسترش کارست (به دلیل بالا رفتن دما و کاهش باران) و در نتیجه آن کاهش ذخایر موجود در مناطق کارستی وکاهش کیفیت آب را در پی خواهد داشت و با افزایش پیوسته انتشار گازهای گلخانه ای (به سبب نگرش جوامع بر توسعه سریع صنعت) این اثرات تشدید خواهد شد . با این وجود گرمایش جهانی اثرات مثبتی چون افزایش طول مدت رشد گیاه و کاهش جزئی در مصرف انرژی را در پی خواهد داشت.

خشکسالی یکی از مخاطرات طبیعی مرتبط با تغییر اقلیم و آب و هوا است که زندگی انسان را تحت تاثیر قرار می دهد و زمانی اتفاق می افتد که کاهش چشمگیر آب، در مکان و زمان خاصی روی دهد. این پدیده به گونه ای است که تشخیص زمان شروع و پایان آن بسیار مشکل بوده و بسته به شرایط مناطق مختلف، با نمود های متفاوتی بروز می یابد و به طور کلی دارای ماهیت خزشی است. نمود های خشکسالی و نحوه پیشروی آن از منطقه ای به منطقه دیگر، متناسب با پارامترهای طبیعی و میزان آسیب پذیری مناطق، متفاوت می باشد(میرزایی و همکاران، ۱۳۹۰).

پدیده خشکسالی و تغییر اقلیم، از بحران های مدیریت منابع آب به شمار می آیند و با تغییر در شرایط تغذیه، بر تخلیه و ذخیره آب زیر زمینی اثر می گذارند. جلوگیری کامل از خسارات خشکسالی و تغییر اقلیم ممکن نیست،اما با تحلیل خشکسالی های گذشته و کاربرد مدل های موجود برای پیش بینی تغییرات اقلیمی و با اعمال مدیریت یکپارچه در منابع آب، می توان تا حد مطلوبی خسارات ناشی از تغییراقلیم و خشکسالی را کاهش داد.

در این میان منابع آب کارست به دلیل کیفیت مطلوب و حجم آبدهی مناسب از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند و در سال های اخیر میزان برداشت آب از این منابع افزایش یافته است که اگر این مقدار از میزان تغذیه بیشتر باشد اثرات جدی از جمله عدم تعادل در آبخوان های کارستی، تنزل حجم مخازن کارست، کاهش کیفیت آب، کاهش آبدهی وخشک شدن چشمه ها بر منابع آب زیر زمینی خواهد گذاشت.

سرزمین های کارستی با دامنه وسیعی از فرورفتگی های بسته و نسبت کمتری از فروچاله ها و سیماهای باز همراه با سیستم زهکش زیرزمینی از سایر مناطق متمایز می گردند. این سرزمین ها با پوشش حدود ۱۲

درصدی سطح قاره ها، آب آشامیدنی حدود ۲۵ درصد از جمعیت جهان را به طور جزئی یا کامل تامین می کنند(فورد و ویلیامز، ۲۰۰۷).

در مدیترانه و جنوب شرقی آسیا، آبخوان های کارستی اصلی ترین منابع تامین آب شرب را تشکیل می دهند. ۱۱ درصد مساحت ایران را سازندهای کربناته کارستی پوشانده است که این میزان در غرب کشور به ۲۲ درصد می رسد. حجم آب ذخیره شده در این مناطق می تواند نیاز آبی بسیاری از شهرها و روستاها را تامین کند. شهرهای بزرگی همچون شیراز، کرمانشاه و مناطق وسیعی از استان های کردستان، ایلام، لرستان و چهار محال بختیاری از منابع آب کارست تغذیه می کنند. صدها چشمه کارستی از سازندهای کارستی با بده قابل ملاحظه و کیفیت بسیار خوب خارج می گردند. آب این چشمه ها مورد استفاده شرب، کشاورزی و آب معدنی قرار می گیرد(طاهری، ۱۳۸۴).

هدف از انجام این پژوهش، بررسی تغییرات کمی با تاکید بر تغییر اقلیم و مطلوبیت کیفی منابع کارست حوضه قره سو می باشد که روش انجام پژوهش به این صورت است که در ابتدا اقدام به بررسی متغیرهای اقلیمی بارش و دما (به عنوان مهمترین متغیرهای اقلیمی) منطقه در دوره تاریخی و پیش بینی این متغیرها در دوره های آتی با استفاده از مدل $CGCM3$[1] تحت سناریوی انتشار A_2 گردید و داده های مورد نیاز شامل پیشبینی کننده های مرکز ملی پیشبینی محیطی *(NCEP)*[2] و $CGCM3$ از سایت *DAI*[3] با وارد کردن طول و عرض جغرافیایی منطقه مورد مطالعه گرفته شد. برای کوچک مقیاس کردن متغیرهای اقلیمی روزانه اقدام به استفاده از نرم افزار *SDSM*[4] شد که مبتنی بر روش کوچک مقیاس کردن آماری- رگرسیونی می باشد. سپس بر اساس رابطه میان بارش و دبی مشاهداتی چشمه های منابع کارستی حوضه، با تولید بارش در دوره آتی دبی در دوره آتی نیز تعیین گردید و با دبی مشاهداتی مقایسه شدند. همچنین حجم ذخیره دینامیکی و زمان مرگ چشمه ها برای دوره های ترسالی، نرمال و خشکسالی تعیین گردیدند و در نهایت با استفاده از داده های کیفی مطلوبیت منابع آب کارست برای مصارف مختلف مورد سنجش قرار گرفت.

[1] .Canadian global climate model
[2] .National Center of Enviromental Prediction
[3] .Data Access Integration
[4] .Statistical Downscaling Model

فصل دوم

کلیات

۲-۱- کارست:

از نظر هیدروژئولوژی آبخوان های کارستی از دو محیط متفاوت تشکیل شده اند، محیط اول از منافذ ریز و درز و شکاف هایی تشکیل شده اند که حداکثر اندازه بازشدگی آن ها به یک سانتیمتر می رسد و به آن محیط ماتریکسی گفته می شود. در محیط دوم اندازه درز و شکاف ها و حفرات انحلالی به بیش از یک سانتیمتر می رسد که به آن مجاری بزرگ [1] می گویند. وجود همین دوگانگی باعث پیچیدگی شدیدی در رفتار آبخوان های کارستی شده است(فورد و ویلیامز، ۲۰۰۷).

کارست ناحیه ای است با هیدرولوژی و سیمای متمایز که باعث ایجاد محیطی منحصر به فرد شده است که این سیمای متمایز از حلالیت بالای سنگ و توسعه تخلخل ثانویه به وجود آمده است. کارست در سنگ های کربناته و تبخیری (گچ و نمک) ایجاد می گردد. نتیجه تخلخل ثانویه ایجاد پدیده های کارستی از قبیل چاله های کارستی، مجاری کارستی، غار، پلیه، گرایک و چشمه های بزرگ است. رفتار و ساختار کارست از دو منظر عمده می تواند مدنظر قرار گیرد، یکی آن که منبعی برای تامین نیاز است و دیگر آن که محلی برای مخاطره. ویژگی های نفوذ سریع آب این ذهنیت را متبادر می سازد که کارست مخزن عظیمی از آب است و البته این امر با واقعیت که حدود یک چهارم آب شرب جهان از منابع کارستی تامین می شود مسجل می گردد. از منظر خطرات کارست نیز باید به کارکرد مهندسی آن رجوع کرد، در احداث سد و تونل در مناطق کارستی، مسئله فرار آب از سد و هجوم آب در تونل پیش می آید. برداشت بی رویه از ذخایر آبی کارست که با ایجاد فروچاله های کارستی می تواند بالقوه خطرزا باشد. خطر آلودگی آب های کارستی به واسطه حرکت سریع آلاینده ها در چاله های کارستی، مجاری کارستی و غارها افزایش می یابد (طاهری، رئیسی، ۱۳۸۹).

۲-۲- درآمدی بر خاستگاه کارست:

کارست یا کراس واژه ای در اصل اسلاوی است که به شکل اصطلاحی علمی در آمده است، منطقه کراس به فلات بین خلیج تریسته در جنوب، نواحی فلیشی دره ویپاوا در شمال، تپه های بریکنی در شرق و دشت آبرفتی رودخانه سوجا یا ایسونزو در غرب اسلوونی به طول تقریبی ۴۰ کیلومتر و عرض ۱۳ کیلومتر با ارتفاعی از ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر بالاتر از سطح دریا اطلاق می گردد. با آلمانی شده این کلمه به کارست تغییر

[1]. conduit

یافته است. این کلمه پیشینه هندی و اروپایی داشته و از کلمه کارا به معنای سنگ گرفته شده است (طاهری، رئیسی، ۱۳۸۹).

۲-۳- منابع اقتصادی کارست:

مناطق کارستی دارای کانی های فراوانی است که طی فرایندهای مختلف زمین شناسی تشکیل شده اند و از آنها با عنوان منابع کانی های همراه با کارست نام می برند. از این منابع می توان به پلاسرها و رسوباتی اشاره کرد که در اقتصاد جهانی جایگاه ویژه ای دارند. طلا، قلع، ولفرامیت، بوکسیتها، آهن، منگنز، سرب، روی، مس، اورانیوم، جیوه و وانادیوم از جمله کانسارهای فلزی و فسفریتها، الماس، یاقوت سرخ و کبود، رس، ماسه، زغالسنگ نارس از جمله کانسارهای غیر فلزی کانی های وابسته به کارست هستند. ذخایر هیدروکربنی با ارزشی در مناطق کارستی مختلف دنیا اکتشاف شده اند. سنگ آهک به طور وسیع در ساختمان ها مورد استفاده قرار می گیرد. در ساخت سیمان پرتلند نیز از سنگ آهک با منیزیم کم استفاده می شود (طاهری، رئیسی، ۱۳۸۹).

۲-٤- منابع فرهنگی کارست:

مهمترین پتانسیل های زمین گردشگری اینگونه مناطق عبارتند از : غارها، دره ها، آبشارها، چشمه ها و فروچاله هامی باشد. اگر هر کدام از این پدیده ها قابلیت جذب گردشگر داخلی و خارجی را داشته باشند به آنها ژئوسایت اطلاق می شود. از نمونه های بارز این مدعا می توان به غار قوری قلعه روانسر، غار علیصدر همدان و غار ماموت کنتاکی امریکا اشاره کرد (ملکی، الماسی، ۱۳۸۹) و (طاهری، رئیسی، ۱۳۸۹).

۲-۵- چالش های زیست محیطی کارست:

از چالش های زیست محیطی در مناطق کارستی می توان به آلودگی آبهای زیرزمینی، بهره برداری بیش از حد از منابع آب، فرار آب از مخازن سدها، هجوم آب به داخل تونل در زمان ساخت، ایجاد چاله های کارستی در مناطق مسکونی،کشاورزی و جاده ها، انحلال آثار باستانی کربناته در اثر بارندگی اسیدی و تخریب و آلوده نمودن غارها اشاره نمود (طاهری، رئیسی، ۱۳۸۹).

۲-٦- چالش های منابع آب کارست در ایران :

بهره برداری بی رویه از آبخوان های کارستی در بسیاری از مناطق ایران منجر به عدم تعادل در آبخوان های کارستی وخشکیدن چشمه ها شده است. این مهم اکنون در بسیاری از دشت های ایران، موجب کاهش

کیفیت یا تنزل حجم مخازن کارست شده است. ضمن اینکه در برخی مناطق عمق فاجعه با ایجاد فروچاله های کارستی مشخص شده است. اختلاط آب شور گنبدهای نمکی با آب های کارستی، نفوذ آب شور دریاچه ها و دریاها به داخل آبخوان های کارستی به علت برداشت بی رویه از مشکلات دیگر منابع آب کارست در ایران است (طاهری، ۱۳۸۴).

۲-۷- انواع کارست:

تشکیلات آهکی بر اساس درجه خلوص آهک به دو دسته تقسیم می شوند :

۱) کارست کامل : تشکیلات آهکی که دارای مواد ناخالص(رس) ناچیز می باشند. در این نوع کارست درز و شکاف ها به طور یکنواخت و کامل توسعه یافته اند. به عبارت دیگر این درز و شکاف ها با هم در ارتباط می باشند. در این نوع تشکیلات درجه خلوص آهک ها بیش از ۷۰-۶۰ درصد می باشد و چشمه هایی با آبدهی خوب وجود دارند.

۲) کارست ناقص : تشکیلات آهکی که دارای مواد ناخالص(رس) می باشند. در این نوع کارست درز و شکاف ها به طور کامل و منظم توسعه نیافته اند. درجه خلوص آهک ها کمتر از ۷۰-۶۰ درصد می باشد بنابراین در این نوع کارست چشمه هایی با آبدهی کم به وجود می آیند.

۲-۸- کارستیفیکاسیون:

کارستیفیکاسیون پدیده ای است فرسایشی که مکانیسم آن انحلال و خورندگی توده سنگ های کربناته توسط اسید کربنیک محلول در آب های جاری و زیرزمینی می باشد. توسعه کارست در آب و هوای سرد بیشتر از آب و هوا ی گرم می باشد به دلیل اینکه افزایش درجه حرارت باعث تشدید واکنش های شیمیایی و باعث کاهش مقدار کربن دی اکسید محلول در آب می گردد. بنابراین افزایش دمای هوا و به تبع آن افزایش دمای منابع آب، عامل محدود کننده توسعه کارست در مناطق کارستی خواهد بود.

۲-۹- شبکه کارستی:

شبکه کارستی از مجموعه ای درز و شکاف که از درون خود آب های نفوذی را عبور می دهند تشکیل شده است. یک شبکه کارستی شامل سه منطقه می باشد :

۱) منطقه تغذیه : این منطقه نشان دهنده شیارها، حفره ها و فرورفتگی هایی می باشد که آب را به سمت خود جذب می کند.

۲) منطقه انتقال عمودی آب : آب نفوذی در این منطقه از طریق درز و شکاف ها در زمین فرو می رود و همین فرو رفتن آب در این مجاری باعث عریض تر شدن آن ها می شود.