مقدمه:

فرونشینی فرایندی است طبیعی که از مخاطرات محیطی بوده و بیشتر در اثر فعالیت‌های انسانی تشدید می شود. بیشتر نشست‌های سطح زمین هنگامی بوجود می‌آیندکه موادی از قبیل نفت یا آب زیرزمینی از فضاهای خالی سنگ‌ها تخلیه شوند. به طور خلاصه فرونشست زمین پدیده‌ای است که در اثر صنایع استخراجی ایجاد می شود(وانگ، ۲۰۰۸،ص ۲). این پدیده در اکثر دشت‌های کشور به دلیل افت شدید و چشمگیر آبخوان‌ها مشاهده می‌شود که از یک طرف، بهره برداری بیش از ظرفیت منابع آب زیرزمینی منجر به پایین رفتن سطح ایستابی شده و از طرف دیگر منجر به ایجاد فرونشست منطقه‌ای در برخی از مناطق ایران شده، و باعث ایجاد خسارت‌های مالی و جانی هم در مناطق مسکونی و هم در زمین‌های زراعی شده است. از جمله آنها تخریب و ویرانی در ساختمان‌ها، تغییر شیب سطح زمین، بالا آمدن جداره فلزی چاه‌ها و پیچیدگی و مسدود شدن آنها، تغییردر قابلیت آب‌های زیرزمینی و ... می باشد. در زمین‌های زراعی فرونشست عاملی جهت تخریب خاک حاصل‌خیز است. چون در مناطقی که فرورفتگی ایجاد شده است در اثر آبیاری دوباره امکان غرقاب شدن و خرابی گیاهان وجود دارد. به طوری که آبیاری بارانی و قطره‌ای نیز جواب گو نمی‌باشد. بنابراین وجود این مسائل در سالهای اخیر به شدت توجه مسئولین را به خود جلب نموده و به عنوان یکی از تنگنا های محیطی در برنامه ریزی‌های عمرانی و زیربنایی مورد توجه قرار می‌گیرد. دشت اردبیل با مساحت حدود ۱۰۹۷ کیلومتر مربع با داشتن منابع آب‌زیرزمینی غنی و خاک مرغوب، در نیم قرن اخیر همواره مورد توجه بوده و محل مناسبی جهت تامین آب شرب و کشاورزی بوده است. در این دشت قبل از دهه ۵۰ و ۶۰ تعداد چاه‌های عمیق و نیمه عمیق محدود بوده و چاه‌های عمیق نیز در مقایسه با چاه‌های دستی یا نیمه عمیق انگشت شمار بوده‌اند. در نتیجه برداشت از منابع آب‌زیرزمینی نیز در حد محدود انجام می‌گرفت. با رونق کشاورزی از دهه ۶۰ به بعد، و به تبع آن افزایش بی رویه برداشت از سفره مذکور از سال ۶۳، منبع یاد شده شروع به افت نمود و تداوم این وضعیت طی سال‌های بعدی باعث بحرانی‌تر شدن این دشت گردید. به‌طوری که در سال ۱۳۶۸، حدود دو سوم دشت و سپس در سال ۱۳۸۷، به منظور کنترل روند قسمتی از افت ایجاد شده، کل دشت از سوی وزارت نیرو ممنوع اعلام گردید. و علی‌رغم اقدامات غیر سازه‌ای، از قبیل پرکردن چاه‌های غیرمجاز و جلوگیری از اضافه برداشت و نصب و بکارگیری کنتورهای هوشمند آب و برق و اطلاع

رسانی وسیع بین مشترکین آب‌های زیرزمینی و حذف قسمتی از آب شرب از منابع آب زیرزمینی و تامین آن از سدهای منطقه و... متاسفانه هنوز هم تداوم افت دراین دشت به دلیل خشک سالی‌های بیش از یک دهه اخیر و همچنین محدود شدن تغذیه طبیعی آن ناشی از اجرا شدن طرح‌های توسعه منابع آب در بالادست ورودی‌های طبیعی آن ادامه دارد. این روند احتمال فرونشست را در این دشت شدت می‌بخشد. بخصوص اینکه افزایش جمعیت و تراکم شهرنشینی نیز عاملی دیگر بر شدت بخشی این پدیده می‌باشد. بدین جهت هدف اصلی این تحقیق بررسی نقش برداشت آب‌های زیرزمینی بر پدیده نشست منطقه‌ای زمین در دشت اردبیل می باشد. که برای رسیدن به هدف اصلی تحقیق اهداف مرحله‌ای زیر انجام شده است.

۱- مطالعه و بررسی وضعیت آب‌های دشت اردبیل در طی سالهای ۵۷ -۶۷ -۷۷ و ۸۷ .

۲- ایجاد نقشه پهنه بندی افت بر اساس سال‌های مطرح شده.

۳- بررسی رابطه هر کدام از عوامل موثر بر فرونشینی در میزان افت آب‌های زیرزمینی دشت.

۴- تهیه نقشه خطر فرونشست از محدوده مورد نظر.

فصل اول:

کلیات طرح تحقیق

۱-۱ بیان مسئله:

پس از یخچال‌ها، منابع آب‌زیرزمینی، دومین منبع آب شیرین موجود در جهان می‌باشد. در نقاطی که آب-های سطحی همانند دریاچه‌ها و رودخانه‌ها وجود نداشته و یا غیرقابل استفاده باشند، نیازهای آبی توسط منابع آب‌زیرزمینی برطرف می‌گردد. حدود یک سوم جمعیت جهان وابسته به آب زیرزمینی بوده و بیش از ۷۰ درصد منابع آب زیرزمینی به مصرف کشاورزی می رسد. بنابراین توسعه‌ی کشاورزی و صنعت باعث افزایش برداشت از منابع مذکور شده و برداشت بی‌رویه از مخازن آب‌زیرزمینی موجب گردیده که میزان تغذیه آبخوان جواب‌گوی برداشت نبوده و سطح آب‌زیرزمینی افت نماید. افت سطح آب‌زیرزمینی مشکلاتی همچون خشک شدن چاه‌های آب، کاهش دبی رودخانه ها و آب دریاچه ها، تنزل کیفیت آب، افزایش هزینه پمپاژ و استحصال آب و نشست زمین را بدنبال دارد (http//iransamaneh.com).

پیش‌بینی‌های سازمان ملل نشان دهنده آن است که تا سال ۲۰۵۰ میلادی مسئله منابع آبی، اصلی‌ترین موضوع مورد بحث جهانی خواهد بود. زیرا تا آن زمان جمعیت جهان به مرز ۹/۴ میلیارد نفر رسیده است و در نتیجه تامین آب، موادغذایی و حفظ محیط زیست، مهم‌ترین دغدغه رهبران کشورها خواهد بود. به طور کلی، سه چالش مهم جامعه جهانی در قرن ۲۱ را می‌توان به ترتیب تغییر اقلیم، کمبود منابع آب شیرین و بیابان زایی دانست.

شرایطی که گفته شد به ویژه برای کشورهای خاورمیانه با پنج درصد جمعیت جهان و دسترسی به تنها یک درصد از آب‌های شیرین هشدار دهنده‌تر است. کشورما براساس پیش‌بینی‌های انجام شده از سوی سازمان ملل متحد (در صورت تداوم وضعیت موجود) تا سال ۲۰۲۵ به لیست کشورهای با وضعیت کمبود آب خواهد پیوست.

چرا که به علت رشد نسبتاً بالای جمعیت کشور، توسعه کشاورزی، صنعت و شهرنشینی در سال‌های اخیر، متوسط سرانه آب قابل تجدید کشور تقلیل یافته است. این رقم از حدود ۵۵۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۴۰ به حدود ۳۴۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۵۷، ۲۵۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۶۷، ۲۱۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۷۶ و حدود ۱۷۵۰ متر مکعب در سال ۱۳۸۵ کاهش یافته است (http// iransamaneh.com).

به استناد گزارش‌هایی که از طریق وزارت نیرو منتشرمی‌شود، سفره‌های آب زیرزمینی در اغلب دشت‌های کشور وضعیت مطلوبی ندارند. بر اساس آمار سال آبی ۸۲-۱۳۸۱ حدود ۷۴/۶ میلیارد مترمکعب آب از طریق چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوات از منابع آب زیرزمینی کشور استحصال می‌شود که حدود۶۰ درصد آب استحصالی از طریق بیش از چهارصدو پنجاه هزار حلقه چاه است.

هرچند فقط ۲۸ درصد چاه‌های موجود کشور عمیق است اما میزان بهره‌برداری از این چاه‌ها بیش از ۶۹ درصد تخلیه کل چاه‌های کشور را شامل می‌شود. و از کل تعداد چاه‌های موجود حدود ۲۶۸ هزار حلقه در مناطق آزاد و۱۹۰ هزار حلقه در مناطق ممنوعه حفر شده است.

از سوی دیگر جدیدترین آمار حاکی از آن است که از ۶۰۹ محدوده مطالعاتی، ۲۲۵ محدوده ممنوعه اعلام و پیشنهاد ممنوعه شدن ۴۵ محدوده دیگر نیز توسط شرکت‌های آب منطقه‌ای کشور به وزارت نیرو ارائه شده است.

بررسی آمار و ارقام ارائه شده توسط وزارت نیرو از وضعیت بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی در حوزه‌های اصلی کشور نشان می‌دهد که در مقابل ۵۷/۷ میلیارد مترمکعب تخلیه آب‌های زیرزمینی حدود ۵۰/۷ میلیارد مترمکعب تغذیه صورت گرفته است. به عبارت دیگر، حدود هفت میلیارد مترمکعب بیش از میزان تغذیه از آب‌های زیرزمینی بهره‌برداری شده به طوری که در اکثر نواحی کشور سطح سفره‌های آب زیرزمینی به شدت افت نموده و تراز آن منفی است. به طور کلی, طبق بررسی‌های یک مؤسسه تحقیقاتی آلمانی (National Geographic)، ایران هم اکنون در وضعیت بحرانی قرار دارد. تقاضای مصرف آب در ایران موجب شده است که، سطح آب‌های زیرزمینی کشور با سرعتی بیش از استانداردهای جهانی کاهش یابد (http//.iransamaneh.com).

این نکته را نیز باید متذکر شد که در بسیاری از مناطق ایران متعاقب افت سطح آب، مشکلاتی همچون خشک شدن چاه‌های آب، کاهش دبی رودخانه‌ها، تنزل کیفیت آب، نشست زمین و تداخل سفره‌های آب شور و شیرین بوجود آمده است که این علایم به تنهایی یا باهم بطور واضح و روشن بروز پدیده بیابان زایی را در ناحیه مربوطه نشان می‌دهد.

دردشت اردبیل نیز با توجه به توسعه کشاورزی و توسعه شهرهای نمین و اردبیل که در محدوده این دشت قرار دارند، و رشد روز افزون جمعیت منطقه، میزان استحصال از سفره آب زیرزمینی برای مصارف مختلف افزایش یافته و این امر موجب افت آب‌های زیرزمینی نزدیک به ۱۰ متر و کسری مخزن شده است که با توجه به شرایط حاد آن از سال ۱۳۶۸ به عنوان منطقه ممنوعه اعلام گردیده است. ادامه این روند در طی سال‌های اخیر احتمال فرونشست زمین و تخریب زیر بناهای عمرانی منطقه را در پی خواهد داشت.

۱-۲ ضرورت انجام تحقیق:

۷۰ درصد از مساحت ۵۱۰ میلیون کیلومتر مربعی کره زمین را آب فرا گرفته و از این میزان آب، فقط سه درصد آنها آب شیرین و قابل استفاده است که از این مقدار هم ۲/۶ درصد به شکل بخار آب در جو و در ژرفای یخچال‌های قطبی متراکم است و تنها ۰/۴ درصد از آبهای شیرین دنیا به عنوان آب‌های تجدید شونده قابل استفاده هستند. همچنین ۷۰ نقطه در دنیا با کمبود آب مواجهند که ایران نیز از جمله این کشورها می باشد. این در حالیست که در کشورمان از منابع آب زیرزمینی سالانه هفت میلیارد متر مکعب اضافه برداشت صورت می‌گیرد(گزارش سازمان زمین شناسی، ۱۳۸۳).

دشت اردبیل با وجود داشتن قابلیت‌های فراوان اقتصادی به ویژه در زمینه کشاورزی از کمبود آب در مقیاس راهبردی رنج می‌برد و موضوع منابع آب به چالش مهمی در عرصه اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی این استان تبدیل شده است.

این دشت به مساحت ۱۰۰ هزار هکتار از نقاط حاصل‌خیز ایران به شمار می‌آید و بزرگترین دشت حاصل خیز حوزه آبریز قره‌سو است. به لحاظ دارا بودن سفره آب زیرزمینی همواره مطرح و در طول نیم قرن اخیر مهمترین منبع تامین آب کشاورزی، صنعتی و آشامیدنی شهری و روستایی بوده است. این منطقه به دلیل دارا بودن ۸۸ واحد روستایی و دو واحد شهری با جمعیتی بالغ بر ۵۰۰ هزار نفر در این حوزه اهمیت صیانت از منابع آب آن را دو چندان کرده است.

کل پتانسیل آبی قابل استحصال دشت اردبیل در حال حاضر ۳۴۵میلیون متر مکعب در سال است که ۱۹۵ میلیون متر مکعب آب از منابع آب زیرزمینی و ۱۵۰ میلیون متر مکعب آن از منابع سطحی می‌باشد.

هم اینک در دشت اردبیل بیش از ۲۷۳۰ حلقه چاه وجود دارد که از این تعداد از ۳۸۹ حلقه چاه اضافه برداشت صورت می‌گیرد و ۱۱۸ حلقه چاه نیز به صورت غیر مجاز دراین دشت بهره‌برداری می‌شود (گزارش سازمان آب منطقه ای، ۱۳۸۸، ص ۱۲).

در قبل از دو دهه اخیر تعداد چاه‌های عمیق و نیمه عمیق محدود بود و به تبع آن برداشت از سفره آب زیرزمینی نیز در حد بسیار کم انجام می‌گرفت اما از سال ۶۳ با توجه به توسعه کشاورزی و توسعه شهرهای نمین و اردبیل و رشد جمعیت در مناطق یاد شده میزان استحصال از سفره‌ی مزبور برای مصارف مختلف افزایش یافته و این امر موجبات کاهش سطح آب زیرزمینی و کسری مخزن را فراهم آورده است. وجود تعداد چاه‌های زیاد در این دشت و برداشت‌های بی رویه و مازاد بر نیاز و خشکسالی‌های متمادی وضعیت کم آبی دشت اردبیل را تشدید کرده است. در زمان حاضر میزان کاهش آب‌های زیرزمینی نزدیک به ۱۰ متر

و کسری مخزن نیز حدود ۵۴۰ میلیون متر مکعب گزارش شده است که در نتیجه، امروزه آب قابل برداشت به لایه های شور آب رسیده است (گزارش سازمان آب منطقه‌ای، ۱۳۸۸).

وزارت نیرو با توجه به شرایط حاد سفره‌های زیرزمینی منطقه، از سال ۱۳۶۸ دو سوم از دشت اردبیل را به عنوان منطقه ممنوعه در برداشت آب زیرزمینی اعلام کرده است. که ادامه این روند در طی سال‌های اخیر وضعیت نامطلوبی را در این حوزه بوجود خواهد آورد و احتمال فرونشت زمین و تخریب زیر بناهای عمرانی منطقه، پایین آمدن کیفیت منابع تامین آب‌های آشامیدنی، خشک شدن چاه‌ها و قنوات و چشمه‌ها، بروز پدیده مهاجرت و بحران‌های اقتصادی و اجتماعی را در پی خواهد داشت.

فرونشست زمین جزو فرایندهایی است که به آرامی گسترش می‌یابد. به این جهت خطرات آن در کوتاه مدت قابل مشاهده نیست. دیدن مراحل اولیه فرونشینی برای مردم مشکل است اما دیدن زیان اقتصادی آن بعد از مدت طولانی بر آنان شگفت انگیز خواهد بود.

بنابراین طبق نظر اندرسن[1] (۱۹۹۱) که معتقد است "کاهش مصیبت از بازیافت و بهبود مصیبت هزینه کمتری دارد و تخفیف خطر راهکاری است که اکنون به صورت گسترده در کشورهای پیشرفته بکار می‌رود. "می‌توان با جمع آوری اطلاعات از منطقه و برنامه‌ریزی مناسب بر اساس میزان آسیب‌پذیری و ارائه راه کارهای لازم تا حدودی از خطرات و ابعاد فاجعه در آینده کاست.

۱-۳ سابقه تاریخی (نظری و تجربی)موضوع تحقیق:

پمپاژ آب زیرزمینی در بسیاری از مناطق خصوصیات زمین را برای همیشه دگرگون کرده است. افت سطح آب زیرزمینی در اکثر نقاط جهان، بویژه آفریقای شمالی، آسیای مرکزی و جنوبی، خاورمیانه، چین شمالی، آمریکای شمالی و استرالیا و بطورمحلی در دیگر مناطق جهان مشاهده میگردد.

کسری حجم مخزن آب زیرزمینی جهان سالانه بین ۷۵۰ تا ۸۰۰ میلیارد متر مکعب بوده و مجموع کسری حجم مخزن آب زیرزمینی در کشورهای هند، چین، ایالات متحده، آفریقای شمالی و یمن بیش از ۱۶۰ میلیارد متر مکعب در سال است. آبخوان آبرفتی اوگالالا، یکی از بزرگترین آبخوان‌های جهان و تامین کننده

[1].Anderson

۲۰ درصد آب مورد نیاز اراضی کشاورزی ایالات متحده آمریکا، سالانه با کسری حجم مخزنی معادل ۱۲ میلیارد متر مکعب در سال روبرواست. مجموع کسری حجم مخزن آبخوان مذکور ۳۲۵ میلیارد متر مکعب بوده و افت سطح آب از ابتدا تاکنون به بیش از ۳۰/۴۸ متر رسیده است. در شیکاگو درطول ۱۱۸ سال، (سال های ۱۸۶۴ تا ۱۹۸۰) سطح آب زیرزمینی بیش از ۲۷۴ متر افت کرده که بطور متوسط برابر با ۲/۳۲ متر در سال است(news//http.moe.ir.org).

درآریزونای جنوبی و مرکزی سطح آب زیرزمینی بین ۹۱ تا ۱۵۲ متر افت داشته و سطح زمین از اوایل ۱۹۴۰ تاکنون ۳/۸۱ متر نشست داشته است. سطح آب زیرزمینی درمکزیک از سال ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۲ بین ۶ تا ۱۰ متر افت کرده و درنواحی مرکزی شهر سطح زمین حدود ۸/۵ متر نشست داشته است. کاخ هنر های ظریف که در سال ۱۹۳۹ ساخته شده و طبقه اول آن پله های بالا رو داشته اکنون پله های پایین رو دارد(بوتکین[1]- کلر[2]،۱۳۶۸،۳۹۱).

در پاکستان سطح آب زیرزمینی سالانه دو تا سه متر افت کرده و پیش بینی می‌شود در چند سال آینده رودخانه ایندوس[3]خشک گردد. در بیشتر مناطق چین شمالی، سطح آب زیرزمینی سالانه بیش از۱/۵متر افت کرده و دبی پایه رودخانه زرد[4] کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است. اما پژوهش‌های علمی در مورد فرونشست زمین برای اولین بار در سال ۱۸۲۵ در بلژیک انجام شد(Natioal coal board ، 1975).

در بررسی‌های جهانی بر اساس مطالعه‌ای که به صورت موردی در دو شهر آمستردام و بانکوک انجام گرفت این دو شهر که بر روی دلتا مستقر می‌باشند جنبه‌های گوناگونی از مسائل و مشکلات مربوط به زمین را آشکار می‌سازند که نتایج بدست آمده به شرح زیر می‌باشد: زمین‌های واقع در زیر شهر آمستردام مجموعه متناوبی از چینه‌های ماسه‌ای آبدار و رس‌های غیرقابل نفوذ و تورب است که آبخوان‌های محبوس و محدودی را تشکیل داده‌اند که به دلیل زهکشی توسط پولدرهای وسیع اطراف شهر، سطح این آبخوان‌ها پایین رفته اما

---

[1].Botkin
[2].Keler
[3].Indus
[4].Yellow

به دلیل کاهش پمپاژ سطح آب مجددا بالا آمده که این امر در مناطق جدید شهری سبب تراوش آب به طبقات زیرین ساختمان‌ها و در نهایت موجب فرونشینی شده است.

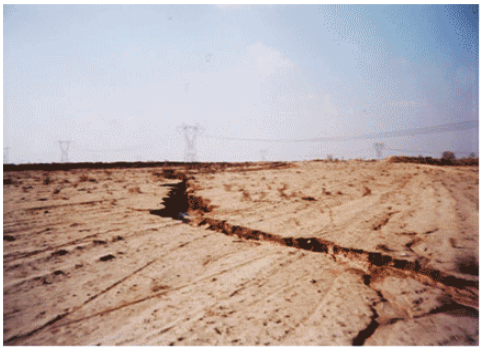
در مورد بانکوک خلاف این موضوع صدق می‌کند. چون توسعه این شهر بر سطح دشت چائوفیا[1] آن چنان سریع اتفاق افتاد که آب‌رسانی شهر نامناسب و غیرکافی بود و باعث برداشت بیش از حد آب‌های زیرزمینی توسط بخش خصوصی گردید. و نتیجه آن افت سطح آبخوان‌ها و نشست زمین بوده است(علی آبادی،۱۳۸۷، ص ۱۲).

در مناطق مختلفی از ایران پدیده فرونشست با درجات مختلف در حال بروز می‌باشد. بر اساس مطالعات صورت گرفته، حدود ۳۰۰ دشت اصلی کشور با پدیده‌ی فرونشست روبه رو می‌باشد (بهادران ، ۱۳۷۱). مطالعات مربوط به طور خاص در مناطقی صورت گرفته که آثار و شواهد این پدیده بر چهره زمین ظاهر شده و دامنه بحران بسیار اساسی است. در مورد تحقیقات در سطح ملی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

۱- براساس نتایج اندازه‌گیری‌های به عمل آمده و محاسبات انجام شده متوسط کسری حجم مخزن آبخوان های آبرفتی تحت پوشش حوزه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای تهران در طی دوره ۱۱ ساله، ۸۶-۱۳۷۵، معادل ۲۶۵ میلیون متر مکعب است که، بیشترین متوسط افت با رقم دو متر مربوط به آبخوان آبرفتی دشت ورامین در جنوب شرق تهران است. که این عامل باعث ایجاد شکاف زمین به طول ۴/۲ کیلومتر در دشت شده و در حال گسترش می‌باشد. و تهدیدی بر روند انتقال نیرو نیز می‌باشد(گزارش سازمان زمین شناسی،۱۳۸۳).

در زیرتصویری از ترک و شکاف در سطح زمین و بیرون زدگی و بریدگی لوله‌ی جدار چاه‌ها در دشت ورامین دیده می‌شود.

[1].Chauofia



شکل(۱-۱) ترک و شکاف‌های ایجاد شده در دشت ورامین در اثر افت آب‌های زیرزمینی

همچنین بر اساس بررسی‌های این سازمان در منطقه وسیعی از جنوب غرب تهران با مساحت حدود ۴۱۶ کیلومتر مربع پدیده فرونشست منطقه‌ای با الگوی V شکل و بیشینه نرخ نشست حدود ۱۶ سانتیمتر در سال شکل گرفته و فرونشست در آن همچنان ادامه دارد. با توجه به مطالعاتی که انجام گرفته عامل اصلی این فرونشست را افت شدید آب زیرزمینی و ضخامت زیاد نهشته‌های ریزدانه می‌دانند که در راستای کنترل این پدیده و کاهش خسارات احتمالی آن در گام نخست به کاهش بهره‌برداری از آب زیرزمینی واعمال مدیریتصحیح منابع آب تاکید می شود و در ضمن ساماندهی شریانهای حیاتی از جمله خطوط انتقال سوخت – راه آهن – خطوط انتقال نیرو در داخل و پیرامون محدوده فرونشست تا رسیدن به پایداری در این ناحیه و توقف نشست کاملا ضروری است(http//www.sharifnews.ir).

۲- (قماشی،۱۳۷۶،ص۳) در پایان نامه خود برای پیش بینی نشست منطقه‌ای زمین در اثر پایین انداختن سطح ایستابی آب زیرزمینی در بخش جنوبی دشت تهران مطالعاتی انجام داده و به کمک روش‌های ارتجاعی لگاریتمی و نظریه غیر خطی و با مقایسه نتایج ۱۵ ساله نشست و مشاهدات صحرایی، روش تحکیم طرزاقی (لگاریتمی) را به عنوان روش مناسب پیش بینی فرونشست پیشنهاد کرده است.

۳- درسالهای اخیر می توان به وقوع ۲۱ فرو چاله در نزدیکی نیروگاه ۱۰۰۰ مگاواتی شهید مفتح همدان اشاره کرد. این نیروگاه برای خنک کردن سیستم خود نیاز به آب دارد که به دلیل نبود رودخانه، از آبهای زیرزمینی استفاده کرده و این مساله با فشار بر این مناطق فرو چاله‌هایی را ایجاد کرده و احتمال آسیب به تاسیسات زیر بنایی این نیروگاه نیز وجود دارد. شایان ذکر است که در این منطقه سطح آب زیرزمینی بین ۳۰ تا ۵۰ متر افت نموده است(امیری، ۱۳۸۴، ص۴).

همچنین تعداد زیادی فروچاله در دشت کبودر آهنگ در استان همدان با مکانیزم های فروریزشی با سربار فوقانی، فرونشستی با سربار فوقانی، انحلالی و فرو ریزش سنگ بستر رخ داده است که این فرو چاله های رو

نشستی در شروع دهه گذشته گزارش شده اند و در اثر پمپاژ شدید منابع آب جهت مصارف صنعتی و کشاورزی منجر به افت سطح آب زیر زمینی شده و افت سطح آب در سفره کارستیک معمولا بطور ناگهانی باعث ایجاد فروریزش های سطحی شده است (طالب بیدختی،۱۳۸۳،ص۲).

۴- دراستان کرمان در مناطق کرمان، رفسنجان و سیرجان، بطور متوسط زمین با سرعت حدود ده سانتیمتر در سال نشست می‌کند. برای شبیه سازی این نشست از مدل اجزاء محدود کوپل با تقارن محوری استفاده شده که بین آنالیزاجزاء محدود مدل پیشنهادی و اطلاعات و آمار موجود نشست منطقه‌ای تطابق خوبی وجود دارد که می‌توان آن را برای برآورد آتی نشست منطقه‌ای با دقت مناسبی استفاده نمود(شفیعی ثابت، ۱۳۷۳).

۵- در مطالعه منطقه‌ای که توسط(مهری،۱۳۸۳،ص۲۶۹) بر روی دشت سبزوار انجام گرفته عمل فرونشینی در آن را به عنوان یکی از تنگناهای موثر بر توسعه فیزیکی شهرمطرح کرده و بر این عقیده است که این نشست‌ها ناشی از فروکش آب‌های زیرزمینی در منطقه است. چون افت مداوم سطح آب زیرزمینی در منطقه ممنوعه دشت سبزوار متوسط ۰/۲۷متر در سال و۷/۶۳ متر از ابتدا تا کنون بوده است در نتیجه شرایط وقوع این نشست در منطقه فراهم می‌باشد.

۶- (یمانی،۱۳۸۷،ص۲) در مقاله خود با بررسی داده‌های هیدروگراف واحد و نیز تغییرات بوجود آمده در حجم ذخیره آبی آبخوان دشت قره بلاغ (معادل ۲/۳۸ مترافت در سال)، و شواهد بدست آمده از ارتفاع یافتن جداره فلزی چاه‌های عمیق و نیز شکاف‌های عمودی و افقی در دیوار ساختمان‌ها، بطور مستقیم علت فرونشینی دشت قره بلاغ را افت سطح آب زیرزمینی این دشت می داند. به عبارتی در ازای هر ۲۶۰ سانتی متر پایین رفتن سطح آبهای زیرزمینی، بطور متوسط ۱۱/۸ سانتی متر سطح اراضی دشت قره بلاغ دچار فرونشینی تدریجی می شود.

۷- مطالعات و شواهد موجود نشان می دهد که این پدیده در دشت های دیگر ایران از جمله دشتهای تابعه شهرستانهای اراک، نهاوند، خمین، گلپایگان، نطنز، یزد، ابرکوه، مشهد و فسا در حال شکل گیری است وبا این روند در آینده ای نزدیک در سایر دشت های کشور هم بوقوع خواهد پیوست.

۱-۴ هدفهای تحقیق:

هدف کلی:

شناسایی مناطق فرونشینی و مستعد فرونشینی و تعیین عوامل موثر برآن جهت استفاده پایدار از منابع آب و خاک.

اهداف جزئی شامل:

۱- تعیین عوامل موثر بر پدیده‌ی فرونشینی.

۲- تهیه نقشه مناطق فرونشست و مستعد فرونشینی.

۳- ارائه راهکار های لازم جهت جلوگیری از وقوع پدیده فرونشینی.

۱- ۵ بیان روش تحقیق:

در این تحقیق از روش استقرایی استفاده می‌شود که اساس آن پرداختن به قضایای جزئی و تعمیم آن بر قضایای کلی است به عبارتی شواهد و دلایل به تدریج جمع‌آوری می‌شوند بطوری که هر متغیر جدید نسبت به متغیر قبلی اطلاعات بیشتری را فراهم کند تا جایی که در نهایت به یک نتیجه و یک کل برسد.

۱-۶ مواد و ابزار های جمع آوری اطلاعات:

۱- مطالعات کتابخانه ای

واستفاده از:

۲- عکس های هوایی ۱:۲۰۰۰۰

۳- تصاویر ماهواره ای

۴- نقشه توپوگرافی و زمین شناسی در مقیاسهای ۱:۵۰۰۰۰ و۱:۱۰۰۰۰۰

۵- آمارهای سطح ایستابی و سطح آب چاه‌های منطقه از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۸۸ که از شرکت آب منطقه ای اردبیل گرفته شده است.

۶- بررسی و مطالعه خاک و پوشش گیاهی منطقه.

۷-اطلاعات پایه‌ای که از سازمان منابع طبیعی استان و سازمان جهاد کشاورزی و استانداری اردبیل گرفته شده است.

۱-۷ روش تجزیه و تحلیل اطلاعات:

در این تحقیق برای تحلیل اطلاعات و تفسیر آن از نرم افزار های مختلفی استفاده شده است. از نرم افزار **Spss**و نرم افزار **ExceL** برای رسم نمودار مربوط به دبی و بیلان و سایر داده ها استفاده گردید. و از نرم افزار **GIS** برای تهیه نقشه‌ها استفاده شده است.

۱-۸ سئوالات اساسی تحقیق:

۱- آیا عامل انسانی (برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی) نسبت به پدیده تکتونیک یا سایر عوامل نقش بیشتری دروقوع پدیده‌ی نشست زمین در دشت اردبیل دارد؟

۲- آیا مناطق فرونشینی یا مستعد فرونشینی با مناطق برداشت آب زیرزمینی جهت مصارف شهری و صنعتی انطباق بیشتری دارد؟

۱-۹ فرضیه‌ها:

۱- به نظر می‌رسد عامل انسانی (برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی) نسبت به پدیده تکتونیک و سایر عوامل نقش بیشتری در وقوع پدیده‌ی نشست زمین دارد.

۲- به نظر می‌رسد مناطق فرونشینی یا مستعد فرونشینی با مناطق برداشت آب زیرزمینی جهت مصارف شهری و صنعتی انطباق بیشتری دارد.

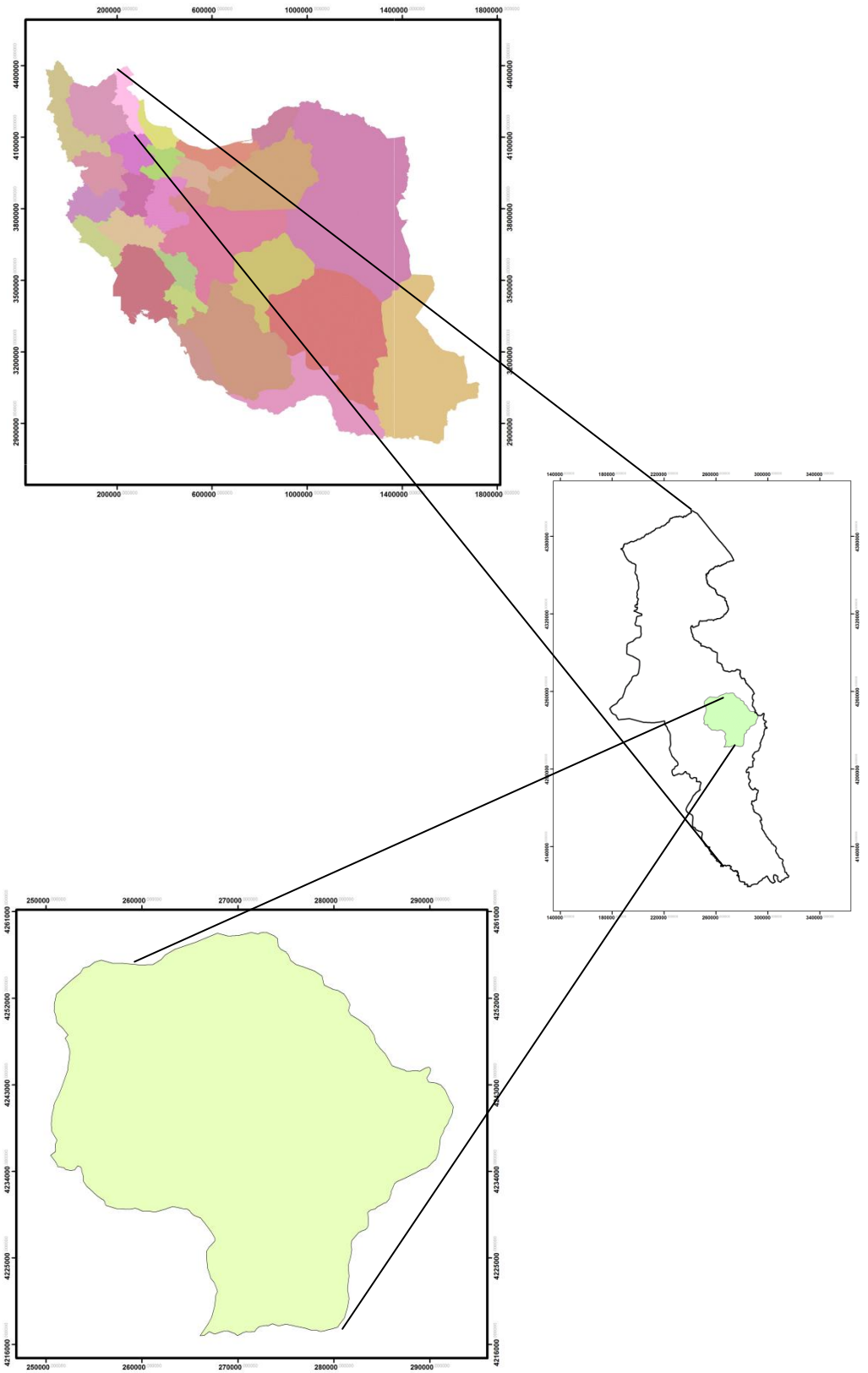
فصل دوم:

کلیات جغرافیایی منطقه

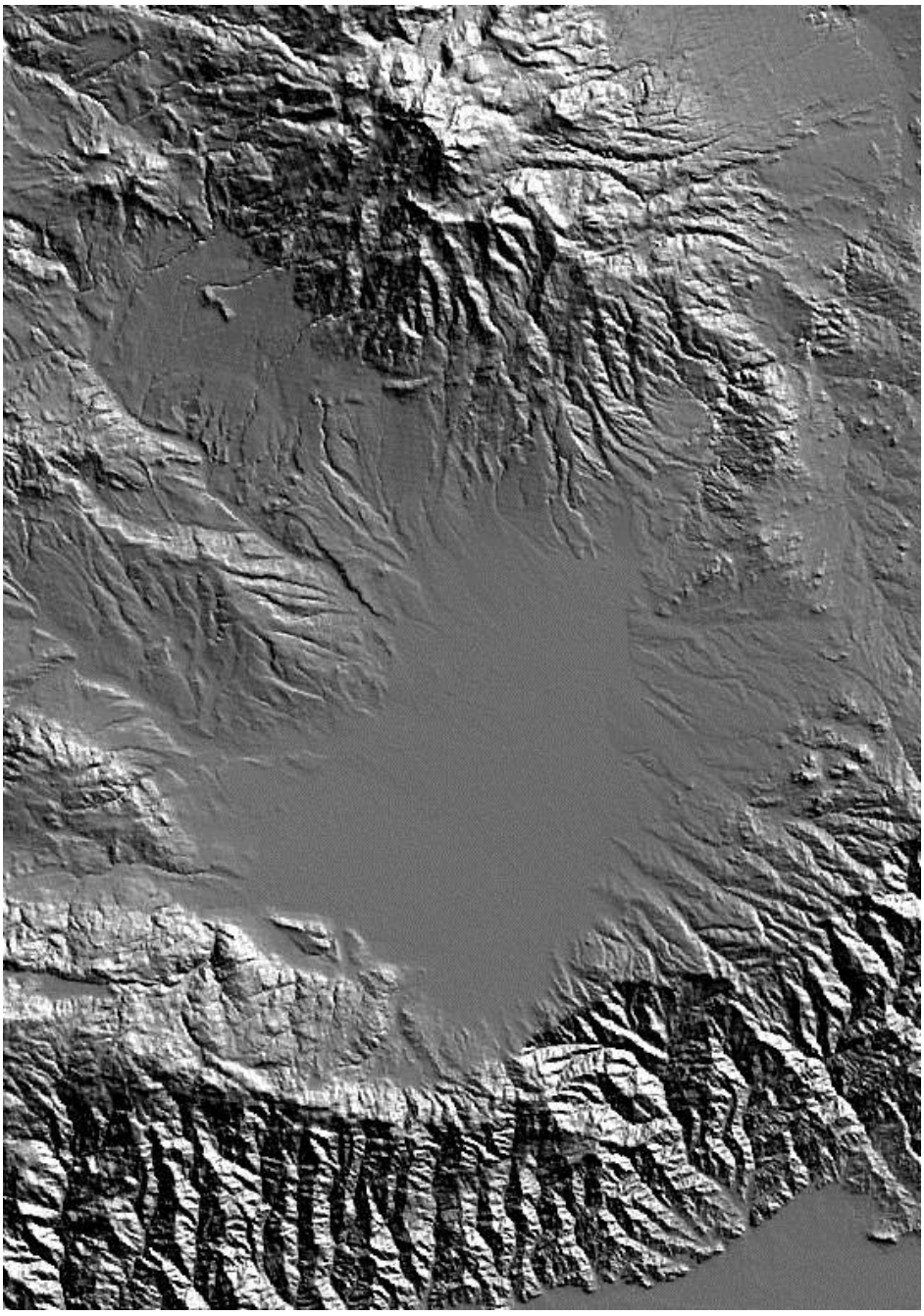
۲-۱ موقعیت جغرافیایی دشت اردبیل:

دشت اردبیل با مساحت تقریبی ۱۰۹۷/۲۳ کیلومترمربع و درمختصات جغرافیایی ۵ ° ۳۸ تا ´۲۷ °۳۸ عرض شمالی و´۹ °۴۸ تا ´۳۷ °۴۸ طول شرقی، یک دشت میانکوهی است که در شمال غربی ایران و در شرق فلات آذربایجان جای گرفته است. این دشت در قسمت میانی استان اردبیل قرار گرفته و توسط ارتفاعات بلند اطرافش محصور گشته است. غرب آن به توده آتشفشانی سبلان با ارتفاع ۴۸۱۱ متر و طول حدود ۶۰ کیلومتر و پهنای حدود ۴۵ کیلومتر، شرق آن به رشته کوه تالش (باغروداغ) با ارتفاع ۳۳۰۰ متر و روندی شمالی– جنوبی و جنوب آن به کوه‌های کم ارتفاع که در حقیقت ادامه ارتفاعات بزغوش به شمار می‌آیند، محدود می‌شود. تنها راه خروجی آن از طرف شمال غربی دشت از طریق رودخانه قره سو، که شاخه‌ای از حوضه آبریز ارس می باشد، است. بنابراین از این نظر یک دشت نیمه باز و به عبارت دیگر نیمه بسته می‌باشد. ارتفاع کلی دشت بین ۱۵۰۰-۱۳۰۰ متر متغیر بوده و کم ارتفاع‌ترین قسمت استان اردبیل را تشکیل می‌دهد. میزان شیب در این دشت بین ۰ تا ۶۰ درصد متغیر می‌باشد. کمترین درصد شیب منطقه قسمت‌های میانی دشت را در بر می‌گیرد که بین ۰ تا ۲ درصد بوده و به سمت اطراف بر میزان شیب افزوده می شود.

این دشت از نظر موقعیت سیاسی در محدوده شهرستان‌های اردبیل و نمین واقع شده است که از طرف شمال شرق به شهرستان نمین، از طرف شمال غرب به شهرستان مشگین شهر، از طرف جنوب شرق به شهرستان اردبیل و از طرف غرب به شهرستان آستارا از استان گیلان محدود می‌شود. در شکل(۲-۱) محدوده دشت اردبیل را در نقشه استان و کل کشور مشاهده می‌کنید.



شکل(۲-۱) موقعیت دشت اردبیل



شکل(۲-۲) تصویر ماهواره ای دشت اردبیل (ماهواره لندست)

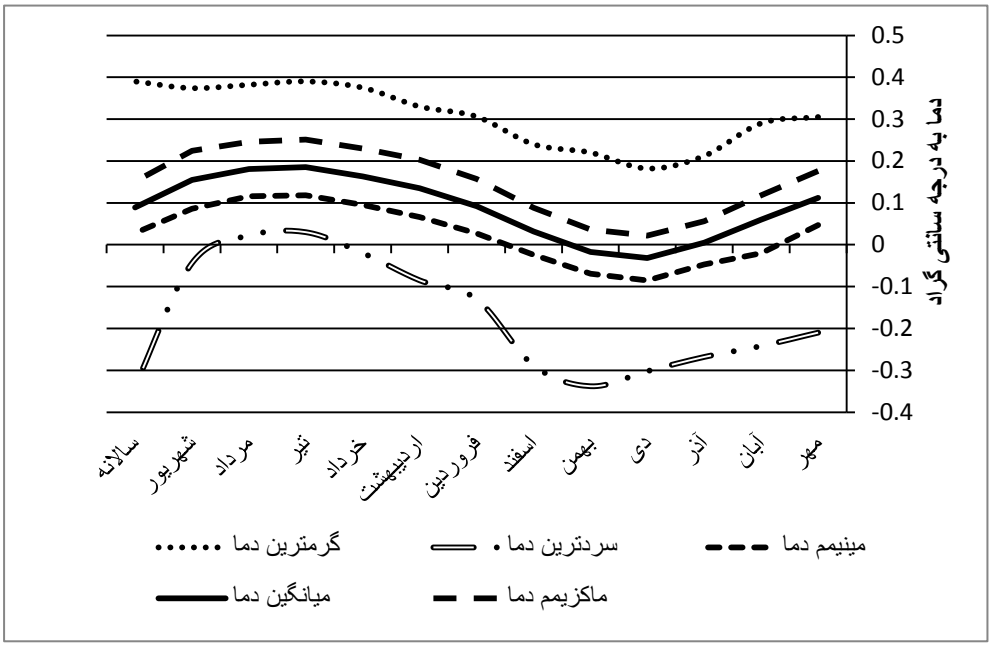
۲-۲ اقلیم دشت اردبیل:

۲-۲-۱ درجه حرارت منطقه:

وضعیت دمایی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که این بخش دراقلیم نیمه خشک سرد تا نیمه مرطوب سرد قرار گرفته است. روند تغییرات ماهانه دما حاکی از وقوع دماهای بسیار سرد تا نسبتا سرد در زمستان می باشد. به طوری که حداقل مطلق ۳۸- درجه سانتیگراد نیز در ایستگاههای شاخص ناحیه به ثبت رسیده است. از طرفی دیگر ماههای فصل تابستان که گرمترین ماههای سال هستند حداکثر مطلق دمای به ثبت رسیده در آنها کمتر از۴۰ درجه سانتیگراد بوده و متوسط دمای روزانه درآن بین ۲۵-۱۹ درجه سانتیگراد و نوسان دمای سالانه درآن بالای ۲۰ درجه سانتی گراد می باشد. میانگین حداکثر درجه حرارت سالانه بین ۱۴/۳ تا ۲۰/۵درجه سانتیگراد و میانگین حداقل درجه حرارت سالانه بین ۱/۵ تا ۹/۷ درجه سانتیگراد می باشد. سردترین ماه سال دی ماه با میانگین ۸/۵- درجه سانتیگراد و گرمترین ماه سال تیر ماه با میانگین ۲۵/۱ درجه سانتیگراد است. به دلیل وضعیت خاص توپوگرافی دشت اردبیل حداکثر دماهای به ثبت رسیده در قسمت شرقی دشت بوده و به سمت غرب به دلیل وجود ارتفاعاتی همچون سبلان از میزان دما کاسته می شود. در دشت اردبیل به دلیل ارتفاع کمتر، دمای هوا زیاد بوده به طوری که منحنی ۱۰درجه سانتیگراد در محدوده این دشت قرار گرفته است (مهندسین مشاور پیشاهنگان آمایش، ۱۳۸۸، ص۸).

جدول (۲-۱): درجه حرارت‌های شاخص بر اساس دوره آماری ۳۰ ساله **(ایستگاه سینوپتیک اردبیل)**

پارامتر	میانگین ماکزیمم دما (c°)	میانگین دما(c°)	میانگین مینیمم دما(c°)	سردترین دما (c°)	گرمترین دما (c°)
مهر	۱۷/۶	۱۱/۲	۷/۴	-۲۱	۳۰/۵
آبان	۱۱/۸	۶	۲/۰	-۲۴/۲	۲۹
آذر	۶/۵	۵	-۷/۴	-۲۶/۸	۲۱/۲
دی	۲/۲	-۲/۳	-۵/۸	-۳۰/۳	۱۸/۲
بهمن	۳/۶	-۷/۱	-۹/۶	-۳۳/۸	۲۲
اسفند	۸/۸	۲/۳	-۴/۲	-۲۸/۸	۲۴
فروردین	۱۵/۷	۲/۹	۷/۲	-۱۳	۳۰/۶
اردیبهشت	۲۰/۳	۵/۱۳	۶/۶	-۸/۵	۳۳
خرداد	۲۳	۳/۱۶	۵/۹	-۲/۰	۲۷/۵
تیر	۲۵/۱	۵/۱۸	۸/۱۱	۳	۳۹
مرداد	۲۴/۶	۱/۱۸	۶/۱۱	۲/۲	۳۸/۲
شهریور	۲۲/۴	۵/۱۵	۶/۸	-۴/۴	۳۷/۴
سالانه	۱۵/۱	۹/۸	۸/۲	-۳۳/۸	۳۹



شکل(۲-۳): نمودار درجه حرارت‌های شاخص در ایستگاه سینوپتیک اردبیل بر اساس دوره آماری ۳۰ ساله

۲-۲-۲وضعیت بارندگی منطقه مورد مطالعه:

میانگین بارش سالانه کل ناحیه در حدود ۲۹۶ میلی متر در سال می‌باشد. فراوانی بارش‌های بهاره، وجود بارش‌های برفی در فصل زمستان و سهم نسبتا برابر بارش‌های زمستانه و پاییزه از ویژگی‌های تیپ اقلیمی دشت اردبیل است. از لحاظ فصل بارش، اردیبهشت پرباران‌ترین ماه با متوسط بارش ۹/۴۰میلی‌متر و کم باران ترین آن مرداد ماه با متوسط بارندگی ۳/۵میلی‌متر در نوسان بوده است. دلیل کمبود بارش در مرداد ماه را می توان به استقرار پرفشارها و تاثیر آن بر ناحیه دانست که از صعود هوا جلوگیری می‌کند. همچنین باید متذکر شویم که اوج دیگر بارندگی‌ها در فصل پاییز و در آبان ماه دیده می‌شود. فصل بهار با ۳۵ درصد، از کل بارش سالیانه را به خود اختصاص داده و بیشترین درصد فصلی بارش در ناحیه می‌باشد.

کم باران‌ترین فصل سال مانند اکثر بخش‌های کشور فصل تابستان است که علت آن استقرار پرفشار جنب حاره‌ای بر روی ایران است. از لحاظ رطوبتی نیز آذر و بهمن ماه بیشترین میزان رطوبت نسبی و تیر و مرداد ماه کمترین میزان رطوبت نسبی هوا را در این منطقه دارند. هر ساله در دشت اردبیل بطور تقریبی ۸ تا ۹ روز توام با توفان و رعد و برق است که فراوانی آن در ماه‌های اردیبهشت و خرداد که ماه‌های گذر فصل سرد به گرم سال است بیشتر از سایر ماه‌های سال می‌باشد. تعداد روزهای یخبندان به ثبت رسیده درایستگاه اردبیل ۱۲۸ روز بوده و با افزایش ارتفاع برمیزان روزهای یخبندان منطقه افزوده می‌گردد (سایت هواشناسی استان اردبیل www.ardebilmet.ir،).

جدول(۲-۲): متوسط بارندگی سالانه برحسب میلیمتر براساس دوره آماری ۲۶ ساله از(۱۹۸۰ تا۲۰۰۵)

ماه	متوسط بارندگی سالانه به میلیمتر	ماه	متوسط بارندگی سالانه به میلیمتر
۱۹۸۰	۴۰۴/۹	۱۹۹۳	۳۹۵/۷
۱۹۸۱	۳۴۹/۲	۱۹۹۴	۳۲۵/۶
۱۹۸۲	۵۳۸/۱	۱۹۹۵	۲۲۲/۱
۱۹۸۳	۲۴۸/۸	۱۹۹۶	۲۴۵/۴
۱۹۸۴	۲۳۳/۶	۱۹۹۷	۲۷۴/۷
۱۹۸۵	۱۸۹/۳	۱۹۹۸	۳۲۵/۵
۱۹۸۶	۱۹۶/۱	۱۹۹۹	۲۵۹/۴
۱۹۸۷	۲۲۵/۹	۲۰۰۰	۳۰۲/۸
۱۹۸۸	۳۰۴/۶	۲۰۰۱	۲۲۱/۷
۱۹۸۹	۲۲۲/۶	۲۰۰۲	۲۵۱/۸
۱۹۹۰	۲۶۸/۴	۲۰۰۳	۲۷۷/۳
۱۹۹۱	۲۷۶	۲۰۰۴	۳۴۳/۲
۱۹۹۲	۴۰۵/۶	۲۰۰۵	۲۸۰/۴

ماخذ: آمار سازمان هواشناسی استان از (ایستگاه سینوپتیک اردبیل)

۲-۲-۳ توده‌های هوایی موثر بر اقلیم منطقه:

منطقه مورد مطالعه در عرض جغرافیایی بالای ۳۸ درجه و در درون شرایط ماکروکلیمای ایران در تمام طول سال تحت تاثیر کمربند طبیعی باد و فشارهای هوای کره زمین در محل برخورد بین بادهای شمال شرق غالب در تابستان و بادهای غربی باران زای منطقه جنب حاره غالب در زمستان قرار دارد. همچنین توده هواهایی که از مراکز پر فشار اسکاندیناوی، دریای سیاه و مدیترانه از سمت شمال غرب به سوی ایران جریان دارد این ناحیه را نیز تحت تاثیر خود قرار می‌دهد و نقش عمده‌ای در ریزش‌های جوی این ناحیه دارد. این جریان‌های مرطوب از اواسط پاییز تا اواسط بهار و گاهی تابستان مرتبا وجود دارد.

بطورکلی توده‌هواهایی که درطی سال منطقه مورد نظر را تحت تاثیر قرارمی‌دهد عبارتند از:

۱ : توده‌های هوایی زمستانه: که شامل توده‌هوای بری قطبی یا CP ، توده‌هوای بری شمالی یاCA، توده‌هوای قطبی بحری یا MP و توده‌هوای مدیترانه‌ای است که ویژگی‌های هوای بحری را دارد.

۲ : توده‌های هوایی تابستانه: که شامل توده‌هوای تروپیکال بحری یا MT، توده‌هوای مدیترانه‌ای و توده‌هوای تروپیکال بری یا CT می‌باشد.