جغرافیا (نشریه علمی ـ پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)
دورهٔ جدید، سال ششم، شماره ۱۹ و ۱۸ پاییز و زمستان ۱۳۸۸

بررسی عوامل مؤثر در فرونشست زمین دشت اشتهارد

دکتر محسن رنجبر[۱] و نسرین جعفری[۲]

چکیده

نشست و فرونشینی تدریجی و ناگهانی سطح زمین پدیده‌ای است که تحت تاثیر تحولات طبیعی و مصنوعی صورت می‌گیرد. صدمات ناشی از این نوع ریزشها گاهی می تواند فاجعه بار باشد.درمقابل فرونشینی های تدریجی دارای روند کند بوده وعمدتا بر اثر استخراج مایعات (آب ونفت) درون زمین بوقوع می پیوندد. تداوم فرونشینی در درازمدت منجر به خسارتهای قابل توجه به ویژه از نظر اقتصادی خواهد گردید. ازجمله صدماتی که براثر فرونشینی تدریجی زمین بروز می کند صدماتی است که به ساختمانها وراهها وپلها وخطوط لوله وخطوط انتقال نیرو وارد می آید. برداشت بیش اندازه از آبهای زیر زمینی منجر به بروز فرونشینی زمین می‌گردد. منطقه اشتهارد بدلیل همجواری با تهران و کرج و موقعیت ویژه از چشم اندازهای ویژه‌ی مورفولوژیکی برخودار است. در این تحقیق با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۷ و نقشه های ۱:۲۵۰۰۰ توپوگرافی و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی و نرم افزارهای ILWIS وarcGIS و مطالعات اسنادی ومیدانی و آمار میزان سطح آب زیرزمینی چاههای شهر اشتهارد در دوره زمانی ۷۹ الی ۸۳ وخاکشناسی و جنس سنگ و نوع سازند زمین شناسی منطقه مورد مطالعه ونقشه های مورد نظر تهیه شده است که نتایج حاصل نشان می دهد وجود کوره‌های قنات و کاهش سطح آب زیرزمینی در اثراستفاده بی رویه و وجود سازندهای تبخیری در این منطقه از مؤثرترین عوامل فرونشست زمین در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. مسأله فرونشینی امروزه برای مهندسان و برنامه ریزان از اهمیت زیادی برخوردار است(گودرزی نژاد، شاپور، ۱۳۷۸ ص ۳۱۰.) ونتایج مطالعاتی حاکی از این امر می‌باشد که روند توسعه شهر اشتهارد، مشکلات و معضلات زیست محیطی را به بار آورده‌اند. با توجه به پویایی منطقه به لحاظ تکتونیکی ساختمانهای مسکونی آسیب دیده در معرض خطر هستند.

کلید واژگان: اشتهارد، فرونشینی، مورفولوژی، رودخانه شور، سازند تبخیری.

---

1 . عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر ری
2 . دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومرفولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی

مقدمه

شاید جدیدترین مساله مورفولوژیک برای مهندسان و برنامه ریزان امکان فروریختن یا فرونشینی زمین باشد. عوامل متعددی باعث ایجاد این پدیده می شوند از جمله انحلال، آب شدگی یخ ها، تراکم نهشته ها، حرکت آرام زمین، خروج گدازه، عملیات انسانی نظیر معدن‌کاری یا برداشت آبهای زیرزمینی و نفت که البته در بین عوامل مؤثر در ایجاد فرونشست، به نظر می رسد برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی، عامل اصلی ایجاد فرونشست در بیشتر دشتهای ایران است که همچون سرطانی آرام و بی صدا گسترش می یابد.

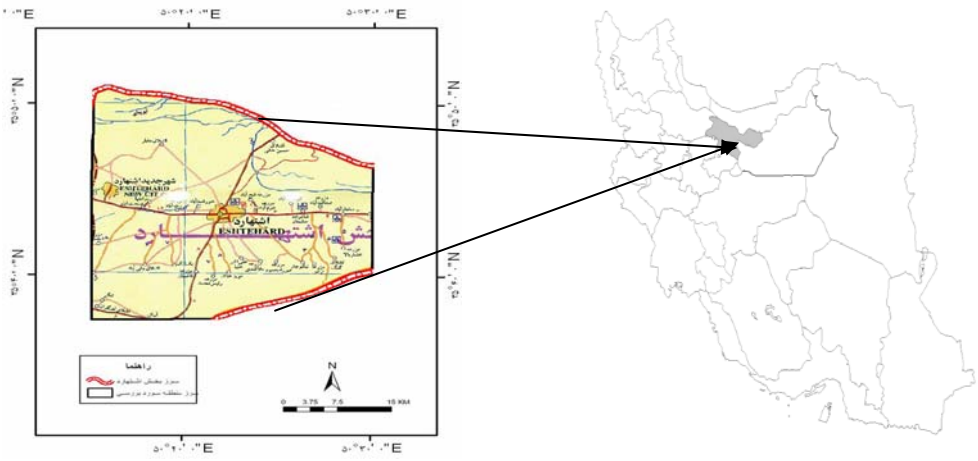
در بیست و یکمین کار گروه ملی فرونشست زمین و حفاظت از منابع آب زیرزمینی، بیشتر دشتهای کشور در معرض خطر فرونشست بر اثر برداشت بی رویه از ذخایر آب زیرزمینی تشخیص داده شدند(http://subsidence.gsi.ir). فرونشست زمین در قسمتی از غرب منطقه اشتهارد (دشت اشتهارد) نیز ایجاد خسارت نموده است، که به نظر می رسد در اثر بهره برداری بی رویه از ذخایر آبهای زیرزمینی منطقه این مشکل ایجاد شده است و در صورت عدم توجه و نظارت مسئولان، این معضل برای قسمتهای دیگر شهر نیز قابل تعمیم است.برای جلوگیری از بروز خسارتها، پیشگیری از هر درمانی ساده تر است. پس بهتر است تدبیر لازم در جهت دستیابی به راهکارهای مناسب صورت پذیرد.هدف از این مطالعه شناخت عوامل فرونشست زمین و ارائه راهکارهای مناسب جهت اقدامات لازم و پیشگیری از توسعه خسارتهاست.

بحث و نتایج

فرونشینی تغییرشکل ناشی از عملکرد انسان در پوسته زمین اغلب مناطق کوچکی را شامل می‌شود که بیش از چندین پیکسل در یک تداخل نما با تفکیک ۲۰ متر را شامل نمی شود. آنها می‌توانند تغییر رنج در حد چند سانتی متر طی کمتر از ۱۰ سال ایجاد کنند. یک مثال از این فعالیتها، تغییرفاز ۰,۳ سیکل (۳ سانتیمتر در رنج) در زمینهای کشاورزی آبگیری شده است. آبگرفتگی طبیعی طی بارندگی نیز می تواند الگوهای مشابهی ایجاد کند. علت تغییر فاز را می‌توان در تغییر خاصیت دی الکتریک خاک بعد از جذب رطوبت و در نتیجه تغییر مکان مراکز بازتابی درون پیکسل های تصویر رادار و یا افزایش حجم خاکهای رسی بعد از جذب رطوبت و برآمدگی فیزیکی سطح زمین جستجو کرد.

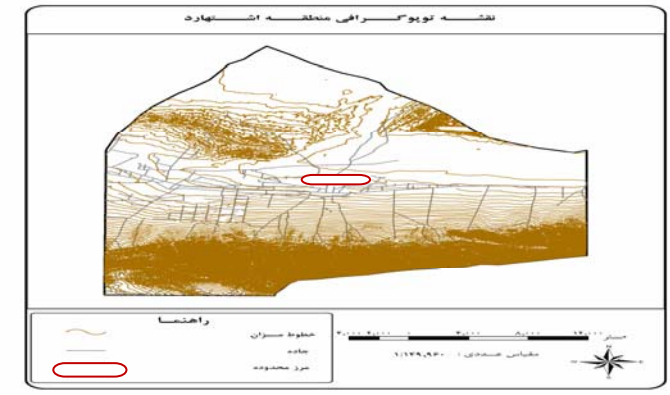
اشتهارد در حوضه آبریز رودخانه شور و در غرب استان تهران با وسعتی معادل ۴۶۱ کیلومتر مربع (۴۶۱۰۰ هکتار) بین عرض جغرافیایی۳۳ ۳۷ ۳۵ الی۳۵ ۵۲ ۳۵ شمالی و طول جغرافیایی ۲۶ ۱۸ ۵۰ الی ۵۹ ۲۹ ۵۰ شرقی واقع گردیده است(شکل۱) شهر اشتهارد در هفتاد کیلومتری غرب

شهرستان کرج در غرب استان تهران واقع شده است. این شهر از شمال به رودخانه شور و ارتفاعات حلقه دره، از جنوب به ارتفاعات جارو، از شرق به رودخانه شور و از غرب به بوئین زهرا (دشت قزوین) منتهی می‌شود.

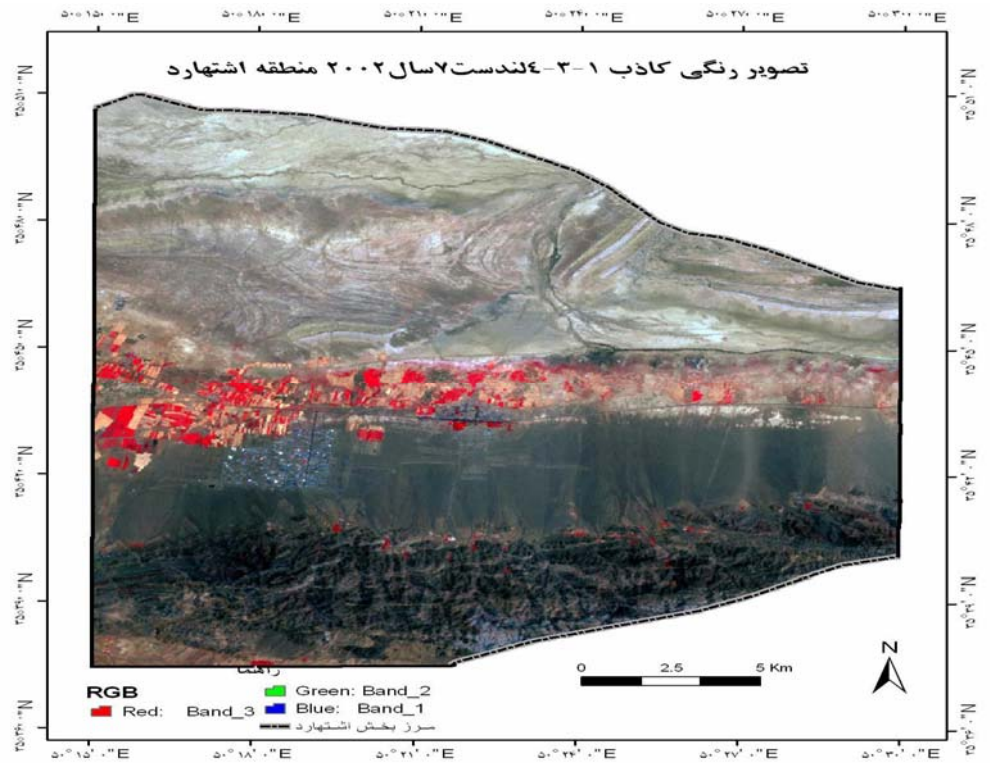


شکل۱: نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

اشتهارد از نظر توپوگرافی در منطقه کم ارتفاع واقع شده ودر دشت کشیده و باریک اشتهاردودر میان ارتفاعات شمالی وجنوبی قرار دارد و میانگین ارتفاع آن از سطح دریای آزاد ۱۱۹۰ متر است (شکل۲).تصویر ماهواره ای موقعیت اشتهارد را نسبت به ارتفاعات پیرامون نشان می‌دهد. بطوری که از تصویر مشخص است ارتفاعات منطقه با راستای شرقی غربی در جنوب و شمال شهر قرار گرفته و شهر در دشت مسطح با شیب ملایمی واقع شده است (شکل۳).



شکل ۲: نقشه توپوگرافی منطقه اشتهارد



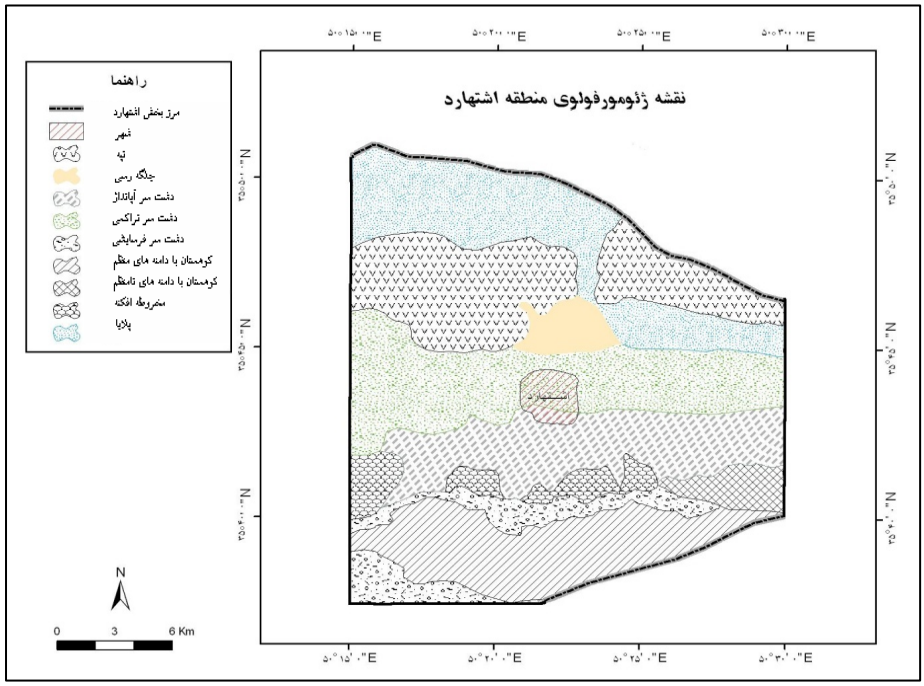
شکل۳: موقیت استقرار شهر اشتهارد برروی تصویر ماهواره ای

از لحاظ زمین شناسی منطقه اشتهارد جزئی از مناطق آتشفشانهای سنوزوئیک ایران است (آقانباتی،۱۳۸۳؛۵۵۶)، و در منطقه سازندهای کهن‌تر از ائوسن دیده نمی‌شود (سازمان زمین شناسی ،۱۳۸۴؛۵). رسوبات تبخیری دوران سوم زمین شناسی شامل نمک، گچ و مارن است، که بطور مستقیم باعث شوری و نامطلوب شدن کیفیت آبها می‌شود (کردوانی،۱۳۸۱؛۱۳۵). مارنهای میوسن، ارتفاعات "حلقه‌دره" در شمال و سنگهای آتشفشانی ائوسن ارتفاعات جنوبی دشت اشتهارد را پدید آورده‌اند؛ و بیشتر تاقدیس‌ها در این مناطق دیده می‌شوند (شکل ۴).

شهر اشتهارد روی رسوبات کواترنری قرار گرفته است. رسوبات آبرفتی کواترنر جدید ایران دارای بافت سست و فرسایش‌پذیر هستند. جنس سنگ کف منطقه از نوع نهشته‌های رسوبی پلیوکواترنر است که از کنگلومرای سست با میان لایه های ماسه، سیلت و رس است که با دگرشیبی بر روی نهشته‌های رسوبی نئوژن از جنس مارن قرمز با میان لایه‌های ژیپس و نمک، ماسه سنگ و سیلتستون سبز و آهک نازک لایه قرار دارد (http://geology-group.blogfa.com). دشت

اشتهارد از خاکهای رسی و مارنی پوشیده شده است که خاکهای رسی به علت پوکی و تخلخل زیاد مقدار نشست بیشتری دارند و با کاهش فشار آب منفذی و به نسبت افزایش تنش مؤثر، میزان فرونشینی افزایش می یابد.

شهر اشتهارد از نظر ژئومرفولوژیک در میان دشت سرفرسایشی و تراکمی و در ضلع جنوبی مخروط افکنه قرار گرفته است که ابتدابا شیب نسبتا ملایمی به جهات مختلف امتداد و سپس با شیب تندی از سمت شمال وجنوب به کوهستان منتهی می‌شود (شکل۵).

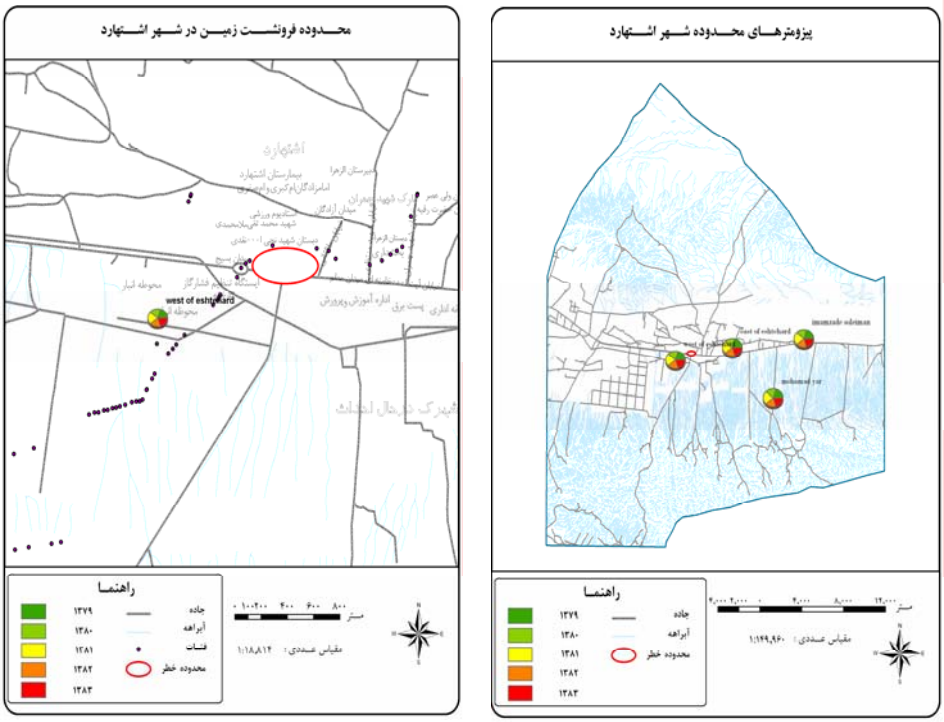


شکل ۵: نقشه ژئومورفولوژی منطقه اشتهارد

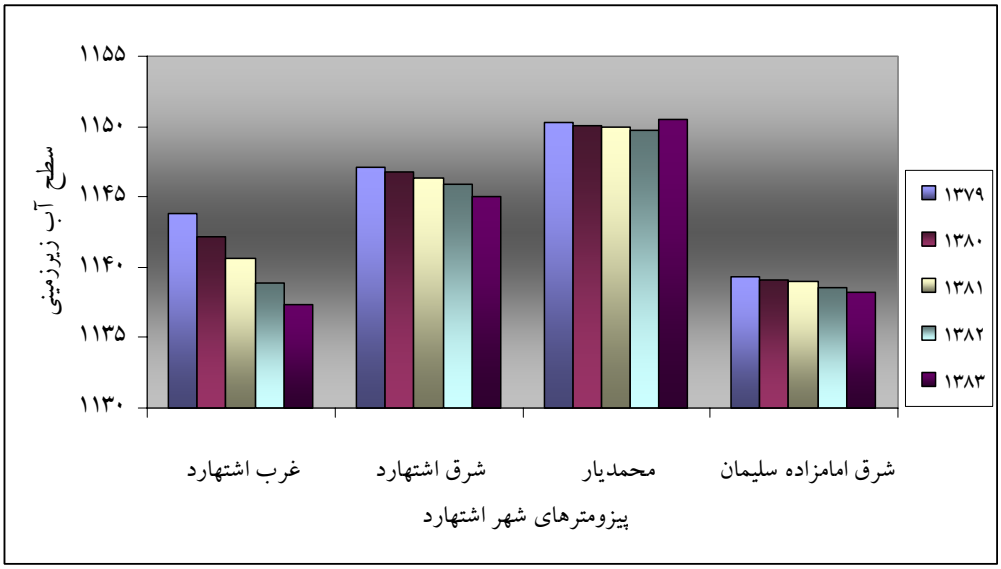
نوع آب و هوای منطقه اشتهارد با استفاده از آمار موجود و بهره گیری از دو روش دومارتن و آمبرژه خشک و خشک سرد محاسبه شده است. بررسی ها در محدوده اشتهارد نشان داده است که میزان بارش های جوی از نواحی شمال تا جنوب دارای سیر کاهنده است و ارتباط تنگاتنگی با توپوگرافی دارد. متوسط بارندگی سالانه در محدوده اشتهارد ۲۲۷,۴ میلیمتر است و پر باران ترین ماههای سال اسفند و فروردین هستند(جعفری،۱۳۸۶ ؛۴۴). بارندگی منطقه در فصل سرد به حدی است که هر ساله سیلابهای زمستانه و بهاره رخ می دهد. در شمال دشت اشتهارد به علت

بالا بودن سطح آب زیرزمینی، پهنه های تبخیری و باتلاقهای نمکی ایجاد می‌شود. بنابراین به علت وجود شوره زار در سطح وسیعی در شمال شهر اشتهارد و بروز سیلابهای سالانه، هر ساله بر وسعت این شوره زار افزوده می شود. در صورتی که مسیر سیلابها قبل از عبور از زمین های شور تغییر داده شود و توسط کانال های بتونی به آبخوان دشت اشتهارد منتقل شود کاهش سطح ذخایر آب زیرزمینی در منطقه به حداقل می‌رسد.

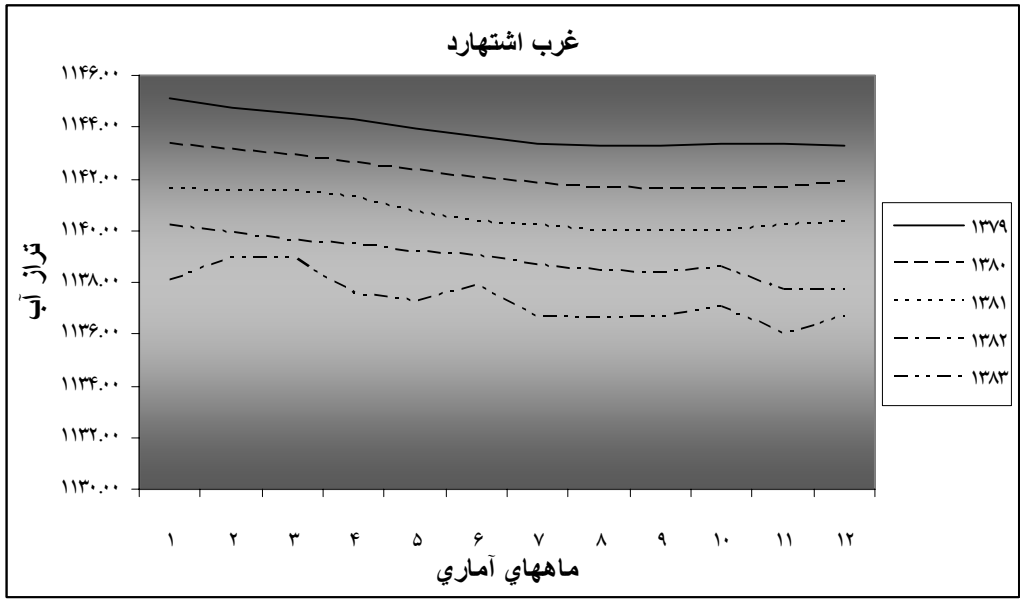
با توجه به آمار موجود و محاسبات صورت گرفته سطح آب زیرزمینی طی سالهای آماری مذکور به میزان ۵ متر کاهش یافته است، که حجم بهره برداری غیر مجاز معادل که 68.6 mcm متوسط سالانه آن 13.7 mcm/an- است. بنابراین افت سطح آب زیرزمینی با توجه به لایه رسوبی منطقه که از جنس رس و مارن است و در مقایسه با رسوبات دانه درشت مانند شن و ماسه حساس تر عمل نموده، دچار فرونشست بیشتری خواهد شد.فرونشست زمین موجب خسارت به ساختمانهای مسکونی محدوده آسیب دیده بخش غربی شهر اشتهارد به صورت خطی و در حوالی قنات شهراشتهارد شده است(اشکال۶ و ۷).



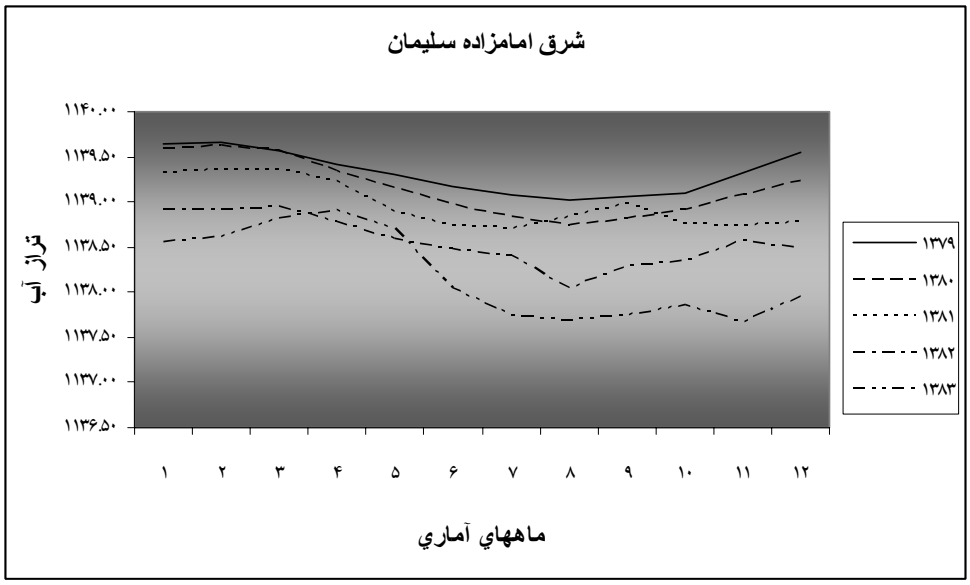
شکل۶: نقشه پیزومترهای محدوده شهر اشتهارد شکل ۷: نقشه محدوده فرونشست زمین در شهر اشتهارد



نمودار (۱) سطح آب زیر زمینی در اشتهارد



شکل۸: نمودارسطح ترازآب زیر زمینی درغرب اشتهارد ماخذ: سازمان زمین شناسی)



شکل۹: نمودارسطح آب زیر زمینی در شرق امامزاده سلیمان
ماخذ: سازمان زمین شناسی کشور

استخراج مایعات بویژه آب مهمترین علت فرونشینی سطح زمین است.استخراج مایع موجب کاهش فشار آن در مخزن زیرزمینی می‌گردد، و مستقیما به افزایش تنش مؤثر یا (فشار دانه به دانه) و تراکم (فشردگی) منجر می‌شود. لایه‌های رسی ریزدانه بسیار تراکم پذیرند، اما تنظیم فشار تخلخل آنها کند، وابسته به زمان و دائمی است(گودرزی نژاد،۱۳۷۷،۲۴۸) .

حجم بهره‌برداری مجاز و غیرمجاز در محدوده اشتهارد در جدول ذیل ارائه شده است. بر اساس این جدول تنها ۸۱ حلقه از چاههای مجاز به تنهاییmcm ۲۰,۸۲۸ و ۲۰۸ حلقه از چاههای غیرمجاز mcm ۷,۶۷۶ از آبهای زیرزمینی آبخوان آبرفتی در محدوده شهر اشتهارد را تخلیه می‌کنند. این در حالی است که همین چاههای به اصطلاح مجاز و دارای پروانه بهره برداری از آبدهی مجاز هم تجاوز می نمایند بسازمان زمین شناسی؛۱۳۸۴؛۲۷ .

مدیریت فرونشینی زمین حداقل مشمول سه استراتژی است. اول پیش‌بینی مکان و ماهیت فرونشینی قبل از حدوث آن، و استفاده از این دانش جهت برنامه‌ریزی توسعه امور سطحی زمین در آینده در مکان امن و جلوگیری از فرونشینی طرح‌های توسعه قبلی. دوم، چاره‌اندیشی در مورد آثار فرونشینی از طریق حفظ و بقای تراز سطح زمین، یا کاهش مقدار فرونشینی یا اصلاح سطح

زمین. سوم، آثار فرونشینی حاصل از توسعه امور سطحی زمین را می توان با طرح و برنامه‌ریزی دقیق و امور حفاظتی کاهش داد (گودرزی نژاد، ۱۳۷۷؛۲۶۴).

البته کانال خاکی که از شمال غربی اشتهارد به سمت شمال شرقی آن توسط جهاد سازندگی احداث شده است، یکی از بهترین اقداماتی است که آبهای شمالی دشت را زهکشی نموده و بدین ترتیب از گسترش پهنه های باتلاقی کاسته است. اما به موازات این اقدام، سیستم آب زیرزمینی نه تنها مورد توجه قرار نگرفته است، بلکه با بی مهری و بی تدبیری، باعث ایجاد عدم تعادل بین تغذیه و تخلیه شده و گسترش آب شور را در بعضی قسمتها خصوصا در شمال غربی شهر اشتهارد به همراه داشته است. چراکه در صورت عدم تغذیه آبخوان و برداشت بی رویه و بر اثر خاصیت موئینگی شرایط شوری آب زیرزمینی فراهم می شود (سازمان زمین شناسی ؛۱۳۸۴ ؛ ۱۳).

جدول (۱) چاههای مجاز وغیر مجاز در اشتهارد

ردیف	شماره شبکه (UTM)	چاههای مجاز		چاههای غیر مجاز		مجموع	
		مجموع		مجموع			
		تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه
۱	۴۳۰-۳۹۵۰	۲۳	۱۰,۸۶۴	۱۰	۱,۲۳۷	۳۳	۱۲,۱۰۱
۲	۴۳۰-۳۹۵۵	۷	۰,۴۸۳	۲۸	۲,۰۶۲	۳۵	۲,۵۴۴
۳	۴۳۵-۳۹۴۵	۳	۰,۰۰۳	۱	۰,۰۰۰	۴	۰,۰۰۳
۴	۴۳۵-۳۹۵۰	۱۸	۴,۴۰۳	۱۶	۱,۷۱۱	۳۴	۶,۱۱۴
۵	۴۳۵-۳۹۵۵	۰	۰,۰۰۰	۱	۰,۰۰۰	۱	۰,۰۰۰
۶	۴۴۰-۳۹۴۵	۲	۰,۰۴۵	۰	۰,۰۰۰	۲	۰,۰۴۵
۷	۴۴۰-۳۹۵۰	۱۶	۴,۸۵۲	۳۰	۱,۴۲۵	۴۶	۶,۲۷۷
۸	۴۴۰-۳۹۵۵	۰	۰,۰۰۰	۱۳	۰,۵۳۳	۱۳	۰,۵۳۳
۹	۴۴۵-۳۹۴۵	۶	۰,۱۴۲	۰	۰,۰۰۰	۶	۰,۱۴۲
۱۰	۴۴۵-۳۹۵۰	۶	۰,۰۳۵	۱۰۹	۰,۷۰۸	۱۱۵	۰,۷۴۳
مجموع		۸۱	۲۰,۸۲۸	۲۰۸	۷,۶۷۶	۲۸۹	۲۸,۵۰۴

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

به طور کلی تحقیق حاضر نشان می دهد برداشت بی رویه از سطح ذخایر زیرزمینی موجب فرونشینی بخشی از منطقه اشتهارد شده است. ساخت وسازهای صورت گرفته بدون توجه به قناتهای خشک و مدفون شهر اشتهارد از دلایل دیگر احتمال فرونشست در اشتهارد می باشد.

سازندهای منطقه اشتهارد مربوط به دوران سوم زمین شناسی است و منطقه از رسوبات رس و مارن و گچ و نمک پوشیده شده است که همزمان موجب شوری آب سطحی و زیرزمینی می‌شود و به علت حساسیت در برابر فرونشست زمین، با بهره برداری بی رویه از ذخایر دچار آسیب می‌شود.

در بین عوامل مؤثر در ایجاد فرونشست، بنظر می‌رسد که ترکیب عواملی چون برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی، ضخامت لایه رسوبی و ویژگیهای مهندسی رسوبات عامل اصلی ایجاد این فرونشست می‌باشد. وجود کوره‌های قنات و کاهش سطح آب زیرزمینی در اثراستفاده بی رویه و وجود سازندهای تبخیری رسوبات دانه ریز مانند سیلت و رس در مقایسه با رسوبات دانه درشت مانند شن وماسه در این منطقه از مؤثرترین عوامل فرونشست زمین میباشد.

از نظر اقلیم منطقه خشک سرد است و متوسط بارندگی سالانه آن ۲۲۷,۴ میلیمتر است.تنها منبع آب سطحی دشت اشتهارد را رودخانه شور تشکیل می‌دهد. بنابراین با توجه به اقلیم منطقه، حفاظت از منابع آب زیرزمینی ضرورت دارد، چرا که با بهره‌برداری بیش از حد از آبهای شیرین زیرزمینی، آب شور جایگزین آن خواهد شد. این مسئله در بخشی از غرب اشتهارد رخ داده است.

با توجه به آمار حداکثر عمق سطح آب زیرزمینی در سال ۱۳۸۳ در شهر اشتهارد معادل ۳۵ متر بوده است، که بر اثر برداشت غیرمجاز نسبت به سال ۱۳۷۹ دچار ۵ متر افت سطح شده است. برداشت بیش از حد مجاز را می‌توان نتیجه عدم وجود مدیریت درست منابع آب در بخش برداشت و از سوی دیگر به هدر رفتن حجم عظیمی از آب در نتیجه نادرست بودن شیوه‌های کشاورزی و مصارف صنعتی یا بطور خلاصه مصرف نامتناسب دانست.

در صورت نظارت و آگاهی از آمار چاهها، چشمه‌ها و قنات‌های مناطق کشور، و بستن چاههای غیر مجاز و جلوگیری از برداشت بی رویه، میزان خسارات ناشی از فرونشست زمین نیز کاهش می‌یابد. لازم است در این راستا قوانین تعیین صلاحیت شرکتهای حفاری وضع شود. جهت تغذیه آبخوان دشت اشتهارد می‌توان از کانال‌های بتونی برای تغییر مسیر آب شیرین به منطقه استفاده نمود البته این روش نیاز به هزینه‌های سنگین دارد اما در جهت رفع مشکل منطقه کارساز می‌باشد.

احداث سدهای خاکی و یا ایجاد مخازن آب غیر قابل نفوذ در فصل بارندگی از شوری و هدر رفت آب جلوگیری میکند، همچنین از میزان سیلاب و گسترش شوره زار نیز می کاهد. به عنوان راهکار دراز مدت بر مبنای تجربه سایر کشورها چاره‌ای جز اصلاح روشهای مدیریت منابع آب وجود ندارد و تا زمان باقی است باید بسوی آن حرکت کرد. اما تا آن هنگام و بعنوان راهکار فوری و اضطراری دست کم می‌توان به جلوگیری از ادامه فعالیت استفاده کنندگان غیر مجاز و چاههای حفر شده به این طریق (که در بسیاری موارد تعداد آنها از چاههای مجاز بیشتر است) مبادرت ورزید. در غیر اینصورت و با روند موجود ضمن از دست دادن بخش عظیمی از منابع آب برای همیشه، پدیده هایی نظیر فرونشست های نقطه ای یا ناحیه ای با ابعاد نامعلوم و با آسیب های جبران ناپذیر، باز هم بوقوع خواهد پیوست.

منابع

۱. آقا نباتی ،علی؛۱۳۸۳، زمین شناسی ایران،نشر سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۲. جعفری، نسرین؛ ۱۳۸۶، بررسی ژئومورفولوژی منطقه اشتهارد با استفاده از GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد شهر ری.

۳. کردوانی، پرویز؛۱۳۸۱، منابع و مسائل آب در ایران جلد اول، نشر دانشگاه تهران.

۴. گودرزی نژاد، شاپور؛ ۱۳۷۷، ژئومورفولوژی و مدیریت محیط، جلد اول، نشر سمت.

۵. سازمان زمین شناسی ؛۱۳۸۴،بررسی علت فرونشست زمین و آسیبهای وارده به ساختمانهای مسکونی شهرک طالقانی – شهر اشتهارد، سازمان زمین شناسی کشور.

6. http://subsidence.gsi.ir
7. http://geology-group.blogfa.com
8. Massonnet, D., and Feigl, K.L., (1998) Radar interferometry and its application to۸ changes in the earth's surface, Reviews of Geophysics, 36, 4, 441-500
9. 9.Massonnet, D., Feigl, K., Rossi, M., and Adragna, F., (1994) Radar interferometric mapping of deformation in the year after the Landers earthquake, Nature, 369, 227-230
10. 10.Massonnet, D., Briole, P., and Arnaud, A., (1995) Deflation of Mount Etna monitored by spaceborne radar interferometry, Nature, 375, 567-570
11. 11.Massonnet, D., and Feigl, K.L., (1995) Satellite radar interferometric map of the coseismic deformation field of the M 5 6.1 Eureka Valley, California, earthquake of May 17, 1993, Geophysical Research Letters, 22, 1541–1544