اثر تغییرات سطح آب زیرزمینی بر فرونشست دشت سمنان

عبدالحسین حداد[1]* و الهام خراسانی[2]

[1]دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

[2]کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۲۶

چکیده

دشت سمنان واقع در حاشیه شمالی کویر مرکزی ایران، دارای اقلیمی خشک تا نیمه‌خشک است. در دهه‌های اخیر رشد سریع جمعیت و نواحی صنعتی در این دشت و به دنبال آن افزایش نیاز آبی موجب شده تا استحصال بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی بالا رود و در نتیجه ژرفای دست‌یابی به سطح آب شدت یابد. همین امر دشت سمنان را در زمره مناطق بحرانی کشور از نظر کمبود منابع آب و پیامدهای پس از آن قرار داده است. در این پژوهش جهت برآورد میزان نشست زمین در بازه زمانی ۱۳۸۲/۳/۲۶ تا ۱۳۸۳/۸/۲۳ با استفاده از روش تداخل سنجی تصاویر ماهواره‌ای (InSAR)، حداکثر فرونشست ۱۳۳ میلی‌متری زمین در شهر سمنان و پیرامون آن محرز شده است. با هدف شناسایی عوامل مؤثر در فرونشست بخشی از دشت سمنان، نوسانات عمق سطح آب زیرزمینی نیز به همراه ترسیم نمودار هیدروگراف از نتایج ۱۵ چاه مشاهده‌ای مورد بررسی قرارگرفت که نشان‌دهنده افت ممتد سطح آب در طی دوره‌های آبی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۸ بوده؛ به‌طوری که کمینه نرخ افزایش ژرفای سطح آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی برابر ۲۲ سانتی‌متر در سال است. آنچه از انطباق مناطق دچار فرونشست و منحنی‌های افت تراز سطح ایستابی آب در این تحقیق بر می‌آید آنست که بهره‌برداری منابع آبی زیرزمینی بیش از میزان تغذیه آبخوان سبب افزایش تنش مؤثر و در نتیجه تحکیم بالای رسوبات شده است که این عامل دشت سمنان را با توجه به خواص ژئوتکنیکی آبخوان مستعد فرونشست می‌کند. به عبارتی پهنه‌های دارای فرونشست بر مناطق افت سطح آب‌های زیرزمینی، منطبق هستند و یا در نزدیکی آنها قرار دارند. از این رو مدیریت منابع آب باید هر چه بیشتر مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گیرد تا همگام با توسعه پایدار کشاورزی و صنعت بتوان از ادامه روند کنونی فرونشست زمین جلوگیری کرد.

کلیدواژه‌ها: افت سطح آب زیرزمینی، دشت سمنان، فرونشست زمین، نمودار هیدروگراف آب، تداخل‌سنجی ماهواره‌ای.

***نویسنده مسئول:** عبدالحسین حداد

E-mail: haddad@semnan.ac.ir

۱- پیش‌نوشتار

پدیده فرونشست زمین به‌صورت پایین افتادن تدریجی و یا ناگهانی سطح زمین است. این پدیده به عنوان یکی از مخاطرات طبیعی باعث تخریب مناطق مسکونی، شریان‌های حیاتی، خطوط انتقال نیرو و غیره می‌شود و ناشی از هر دو علت طبیعی و غیرطبیعی است. عوامل طبیعی شامل حرکت‌های زمین‌ساختی، تخلیه ماگما، انحلال سنگ‌های آهکی، وجود فروچاله‌های کارستی، اکسیداسیون خاک‌های آلی و تراکم طبیعی خاک است که در مقیاس زمانی طولانی ظاهر می‌شوند. در حالی که عوامل غیرطبیعی عمدتاً ناشی از فعالیت‌های بشر هستند؛ این عوامل همچون کاهش تخلخل لایه‌های ریزدانه آبخوان در اثر افت زیاد و جبران نشده سطح آب زیرزمینی، زهکشی لایه‌های آبدار و کاهش نیروهای شناوری (Buoyancy)، وجود غارها و معابر در معادن زیرزمینی و استخراج نفت و گاز، در فاصله زمانی کوتاهتری ایجاد می‌شوند. از میان عوامل فوق، افزایش روزافزون بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی به‌ویژه در حوزه‌هایی که با نهشته‌های آبرفتی تحکیم نیافته انباشته شده‌اند، توسط بسیاری از محققین مورد بحث و بررسی قرار گرفته و در بسیاری از دشت‌های ایران از جمله یزد، مشهد، نیشابور، کرمان و کاشمر گزارش و مشاهده شده است (آمیغ‌پی و همکاران،۱۳۸۶). عواقب شدید زیست‌محیطی و اقتصادی ناشی از پمپاژ بیش از حد آب‌های زیرزمینی با ایجاد افت سطح آب غیر از آسیب‌رسانی و از دست دادن یک منبع مهم، ممکن است موجب نشست اراضی و در نهایت باعث خسارت به سازه و ابنیه شود. فرونشست ماندگار دشت‌ها که عمدتاً در اثر برداشت بیش از حد مجاز آب‌های زیرزمینی و فشرده شدن لایه‌های رسی و سیلتی میان آبخوان صورت می‌گیرد، غیرقابل بازگشت است و بالا آمدن مجدد سطح ایستابی به تراز اولیه خود را امکان‌پذیر نمی‌سازد (Fulton, 2006). طبق مطالعات صورت گرفته در مقیاس جهانی، خطر فرونشست زمین بر اثر افت سطح آب در بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰ همزمان با صنعتی شدن و رشد شهرنشینی به اوج خود رسیده است (Waltham, 1989). گزارش‌های متعددی از فرونشست زمین خصوصاً از نقاط خشک و کم باران در سراسر جهان ارائه شده که سرزمین ایران نیز به دلیل قرارگیری در کمربند خشک و کم باران دنیا از این امر مستثناء نیست (Pacheco et al., 2006). طبق مطالعات انجام گرفته، نشست زمین در ایران به‌طور عمده ناشی از برداشت آب‌های زیرزمینی است. به‌طوری که بیشترین نرخ فرونشست زمین (۳۰ سانتی‌متر بر سال) مربوط به دشت‌های رفسنجان و کاشمر و کمترین نرخ فرونشست زمین (۴/۳ سانتی متر بر سال) متعلق به دشت‌های جمکران و کاشان است (شمشکی، ۱۳۹۵). پدیده فرونشست ناشی از افت تراز سطح آب زیرزمینی اولین بار در ایران در دشت رفسنجان در سال ۱۳۴۶ همراه با پدیده لوله‌زایی در چاه‌های کشاورزی گزارش شده است (حسینی میلانی، ۱۳۷۳). همچنین در سال‌های پیشین، این پدیده در بسیاری از دشت‌های کشور از جمله دشت سیرجان (عباس‌نژاد، ۱۳۷۷)، زرند و کرمان (رحمانیان، ۱۳۶۵)، اردکان یزد (عالمی، ۱۳۸۱)، فامینین- کبودرآهنگ همدان (امیری و همکاران،۱۳۸۳)، معین‌آباد- ورامین (شمشکی و انتظام سلطانی، ۱۳۸۴)، تهران- شهریار (بلورچی، ۱۳۸۴)، مشهد (بهنیافر و همکاران، ۱۳۸۹) و دامغان (افضلی و همکاران، ۱۳۹۲) پیامدهای ژئومورفیکی و مخاطره‌آور به دنبال داشته و به عنوان یکی از معضلات جدی توسعه محسوب می‌شود. در دو دهه اخیر، نشست زمین در دشت سمنان عامل ایجاد خسارت‌های زیادی همچون گسیختگی جاده‌ها و خطوط راه‌آهن، شکسته شدن لوله‌های آب‌رسانی، کج شدن دکل‌های برق و ایجاد شکاف و ترک‌های متعدد در سازه‌ها شده است (مهندسین مشاور پارس پیاب، ۱۳۹۴). در استان سمنان سالیانه بیش از ۱ میلیارد و ۶۶۱ میلیون متر مکعب آب به‌صورت سطحی و زیرزمینی بهره‌برداری می‌شود که از این میزان یک میلیارد مترمکعب آب زیرزمینی (حدود ۶۱ درصد) از چاه، چشمه و قنات تأمین می‌شود (مهشادنیا، ۱۳۹۵). با توجه به اینکه تاکنون تحقیقی جهت محاسبه میزان نشست در دشت سمنان صورت نپذیرفته و ارتباط این پدیده با تغییر کمی سطح منابع آب زیرزمینی نیز مورد بررسی قرار نگرفته است؛ لذا در این مقاله سعی بر آن است که به تشخیص و بررسی مناطق فرونشست با استفاده از روش تداخل سنجی ماهواره‌ای (InSAR) در بخشی از این دشت پرداخته شود. ضمناً صحت‌سنجی این روش بر مبنای مطالعات زیرسطحی مانند نوسانات عمق سطح آب زیرزمینی با استفاده از داده چاه‌های شاهد استوار بوده است تا انطباق نتایج این داده‌ها با پهنه‌های فرونشست به اثبات رسد.

۲– ابزار و روش تحقیق

در پژوهش حاضر جهت بررسی ارتباط بین افت سطح آب زیرزمینی و پدیده فرونشست زمین ابتدا به شرایط زمین‌شناسی و اقلیمی محدوده مطالعاتی پرداخته شد. سپس جمع‌آوری اطلاعات مربوط به ۱۵ حلقه چاه مشاهده‌ای و تهیه هیدروگراف مربوط به آنها صورت گرفت. در گام بعد به منظور تعیین نرخ فرونشست و ترسیم پهنه‌های نشست زمین طبق روش تداخل‌سنجی راداری (InSAR)، تصاویر ماهواره‌ای ENVISAT از محدوده مطالعاتی تهیه و پس از پردازش توسط نرم‌افزار SARScape اینترفروگرام‌های لازم ساخته شد. در آخرین مرحله با استفاده از تصویر اینترفروگرام مطلوب نقشه‌های مربوط به نشست زمین حاصل شد. با مقایسه موقعیت پهنه‌های نشست با مکان‌های افت سطح آب زیرزمینی، میزان ارتباط بین این دو مقوله بررسی و شواهد پیامدهای ناشی از این پدیده در محدوده مورد مطالعه گردآوری شد (شکل ۱).

شکل ۱- فلوچارت مراحل تحقیق.

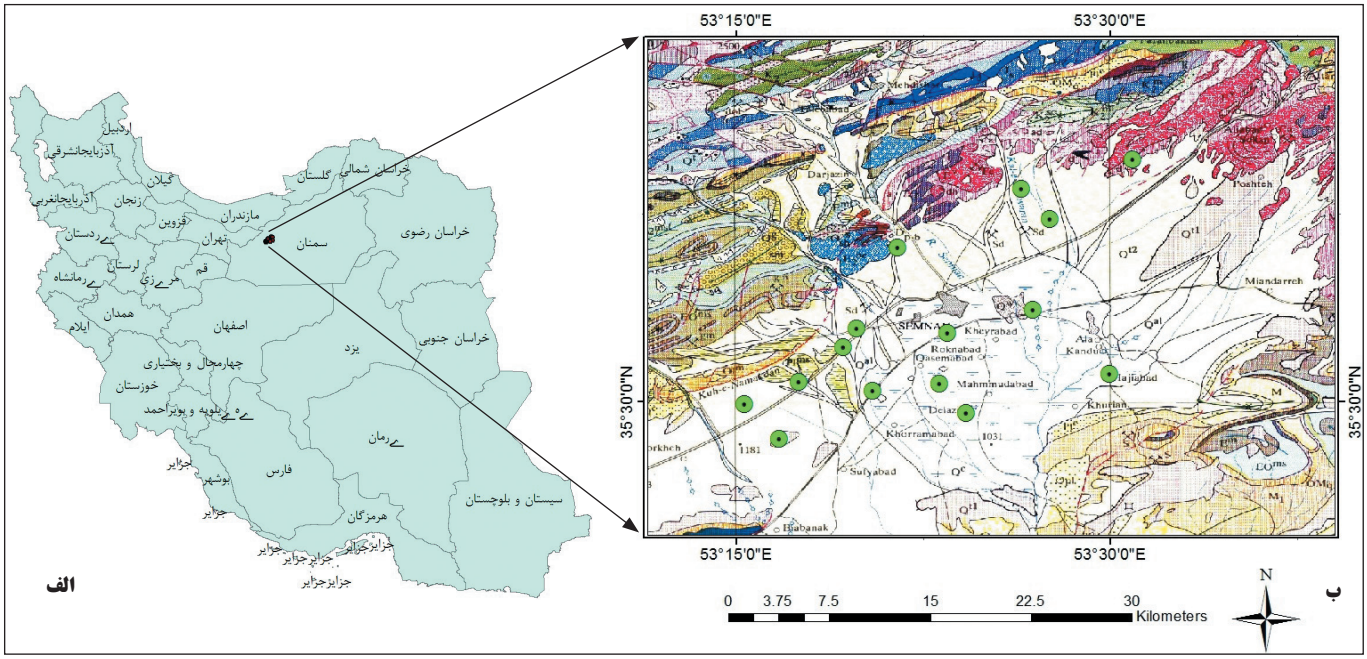
۲– ۱. زمین‌شناسی و اقلیم

دشت سمنان از دیدگاه زمین‌شناسی در مرز دامنه جنوبی رشته‌کوه البرز و زون ساختاری ایران مرکزی واقع است. محدوده مورد مطالعه بخشی از این دشت و بین طول جغرافیایی ″۲۸/۳۶ ′۱۱ °۵۳ تا ″۳۵/۵۹ ′۳۸ °۵۳ خاوری و عرض ″۳۶/۸۱ ′۲۴ °۳۵ تا ″۲۹/۶۵ ′۴۴ °۳۵ شمالی قرار گرفته است. از منظر ژئومورفولوژی این دشت واحد پیکرشناسی وسیع و نسبتاً همواری است که از اطراف به وسیله گسل‌های متعدد با روند تقریبی شمال خاوری– جنوب باختری تا خاوری- باختری محدود شده است و در ارتباط با کوهستان‌های حاشیه شمالی قرار دارد. از این میان می‌توان به راندگی سمنان در شمال شهر سمنان اشاره کرد. برای آگاهی از شرایط زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه نقشه زمین‌شناسی سمنان با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ چاپ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی (آقانباتی و حامدی،۱۳۷۳) مورد استفاده قرار گرفته است. طبق مطالعات صورت گرفته در قالب نقشه زمین‌شناسی از محدوده مطالعاتی، رسوبات آبرفتی جوان (Q^{t2}) در میانه دشت و در محل شهر سمنان و پیرامون آن گسترش فراوان‌تری دارد. این نهشته‌های آبرفتی متعلق به عهد حاضر و محل حفر بسیاری از چاه‌های مشاهده‌ای است (شکل ۲).

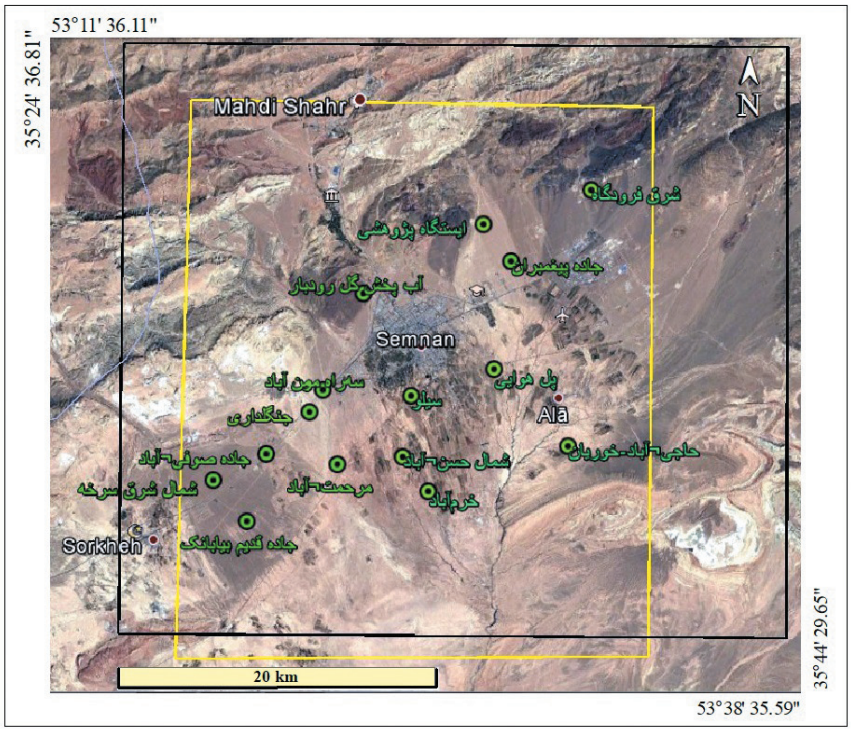
توپوگرافی منطقه به گونه‌ای است که ارتفاع از شمال به جنوب کاهش می‌یابد. در نتیجه با توجه به شیب توپوگرافی عمومی، جریان‌های سطحی و زیرزمینی آب به سمت جنوب محدوده مطالعاتی جریان دارد و از مرز جنوبی به محدوده دشت کویر ختم می‌شود. اغلب رودخانه‌هایی که در استان سمنان جریان دارند دائمی نیستند. رودهای کوهستانی نیز کوچک و کم‌آب هستند و تنها در مواقع بارندگی‌های زیاد تشکیل سیلاب می‌دهند و به دشت کویر منتهی می‌شوند. از این رو سفره‌های آب زیرزمینی استان، مهم‌ترین منبع تأمین آب مورد نیاز در بیشتر مناطق از جمله دشت سمنان هستند (Subyani and Sen, 1989). به‌طورکلی استان سمنان تحت تأثیر جریان هوای گرم و خشک دشت کویر قرار دارد. بر اساس داده‌های بلندمدت ایستگاه سینوپتیک سمنان میانگین دمای استان ۱۸/۱ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارش سالانه در حدود ۱۲۷/۲ میلی‌متر است (مهندسین مشاور پارس پیاب، ۱۳۹۴).

۲– ۲. جمع‌آوری اطلاعات مربوط به آمار چاه‌ها

در این پژوهش به منظور بررسی نوسانات عمق دست‌یابی به سطح آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه، اندازه‌گیری‌های مربوط به ۱۵ حلقه چاه پیزومتری در یک دوره ۶ ساله آبی (طی سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۸) مورد توجه قرار گرفته است. شکل ۳ موقعیت جغرافیایی چاه‌ها را بر روی تصویر ماهواره‌ای گوگل ارث به نمایش می‌گذارد. در ابتدا داده‌های آماری جمع‌آوری، مرتب‌سازی و سپس هیدروگراف ژرفای سطح آب در هر چاه به‌طور جداگانه ترسیم شد (شکل ۴).



شکل ۲- الف) نمایش موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی در استان سمنان؛ ب) نقشه زمین‌شناسی تهیه شده از منطقه با اقتباس از آقانباتی و حامدی (۱۳۷۳) (نقاط سبزرنگ جانمایی چاه‌های مشاهده‌ای را نمایش می‌دهد).



شکل ۳- نمایی از پراکنش چاه‌های پیزومتری در محدوده مطالعاتی بر روی تصویر ماهواره‌ای گوگل ارث (محدوده زردرنگ جانمایی تصویر ماهواره Envisat از منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد).

شکل ۴- تغییرات ژرفای سطح آب (متر) در محل هر یک از چاه‌های پیزومتری در بازه زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۸؛ a) سیلو؛ b) ایستگاه پژوهشی؛ c) حاجی‌آباد- خوریان؛ d) خرم‌آباد؛ e) پل هوایی؛ f) شمال حسن‌آباد؛ g) آب پخش گل رودبار؛ h) جاده قدیم بیابانک؛ l) مرحمت‌آباد؛ m) روبروی جاده صوفی‌آباد؛ n) شمال شرق سرخه؛ o) سه‌راه مومن‌آباد؛ p) جاده پیغمبران؛ q) شرق فرودگاه و r) جنگلداری (ملایی‌نیا، ۱۳۹۴).

۲- ۳. اطلاعات داده‌های ماهواره‌ای

امروزه تداخل‌سنجی ماهواره‌ای (InSAR) به عنوان تکنیکی که جابه‌جایی سطح زمین را با دقت و توان تفکیک بالا برآورد می‌کند؛ ابزار متداولی برای بررسی تغییرشکل سطحی زمین در اثر عوامل مختلف از جمله فرونشست زمین است. در این روش با استفاده از دو تصویر ماهواره‌ای می‌توان یک اینترفروگرام تهیه کرد. به‌طوری که با به کارگیری ابزار اینترفرومتری فازهای سیگنال برگشتی از زمین، در دو تصویر ماهواره‌ای دارای تأخیر زمانی یا پارالاکس از یک منطقه، برای استخراج تغییرات سطح زمین از هم کم می‌شود. این اختلاف فاز می‌تواند شامل اثرات اتمسفری،

توپوگرافی و مداری نیز باشد. بنابراین برای رسیدن به نتیجه دقیق‌تر در به دست آوردن نقشه تغییرات سطح زمین باید این عوامل شناخته و حذف شوند. بدین ترتیب با استفاده از تغییرات دینامیک یک منطقه اینترفروگرام تغییرات با دقتی در حدود میلی‌متر از چند تصویر ماهواره‌ای به دست می‌آید. به عبارت دیگر این روش از یک اینترفروگرام و اختلاف فاز بین دو تصویر ماهواره‌ای بازتابیده شده جهت اندازه‌گیری تغییرات سطح زمین که بین دو زمان برداشت تصاویر رخ داده، استفاده می‌کند و امکان اندازه‌گیری دقیق حرکت پوسته زمین را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در پوشش وسیع فراهم می‌سازد. تکنیک تداخل‌سنجی راداری جهت پیمایش تغییرات سطح زمین از نرم‌افزار Sarscape به عنوان یکی از ابزارهای قدرتمند در رقومی‌سازی تصاویر ماهواره‌ای استفاده می‌کند. در این تحقیق ۶ تصویر ماهواره‌ای Envisat (۳ زوج عکس با فاصله زمانی کمتر از سه سال) از آژانس فضایی اروپا تهیه شد (جدول ۱). با هر زوج عکس یک اینترفروگرام ساخته شد. سپس اینترفروگرام‌های تولیدی از لحاظ میزان اختلال (نویز) بررسی و اینترفروگرام مناسب جهت اندازه‌گیری نشست انتخاب شدند. بر مبنای این تصاویر تنها در یک اینترفروگرام از سه اینترفروگرام تولیدی نتیجه مطلوب حاصل شد (جدول ۲). البته ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که زوج عکس مربوط به اینترفروگرام نهایی (تصاویر مربوط به سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۳) از لحاظ طول دید، اثر توپوگرافی و میزان همبستگی بین دو تصویر کنترل شد. طبق جدول ۳ فاصله دید زوج عکس مربوطه کمتر از فاصله دید بحرانی بوده لذا برای تعیین نشست مناسب است.

جدول ۱- تصاویر تهیه شده جهت تداخل‌سنجی ماهواره‌ای.

ماهواره	نوع تصویر	تاریخ
عکس‌های ماهواره Envisat	VV	۱۳۸۲/۴/۲۵
		۱۳۸۲/۱۲/۲۳
		۱۳۸۳/۴/۱۰
		۱۳۸۳/۸/۲۳
		۱۳۸۸/۹/۲۳
		۱۳۸۹/۸/۲۵

جدول ۲- اینترفروگرام ساخته شده.

عکس اولیه	عکس ثانویه	تعداد روز
۱۳۸۲/۴/۲۵	۱۳۸۳/۸/۲۳	۴۸۶

جدول ۳- ارزیابی فاصله دید مربوط به تصاویر راداری.

Normal Baseline	۱۰۰/۰۹۲
Critical Baseline	۹۳۲/۴۶۱
Doppler Centroid Diff	۲۶/۴۷۱
Critical Doppler Centroid Diff	۱۶۵۲/۴۱۶

در ادامه با استفاده از یک Dem مربوط به دشت سمنان، اثر توپوگرافی به منظور بالا بردن دقت محاسبات از اینترفروگرام حذف شد (شکل ۵- الف). تصویر کوهرنسی از منطقه که نشان‌دهنده میزان همبستگی بین دو تصویر و یا به عبارتی میزان تغییرات رخ داده در فاصله زمانی مورد نظر است، تولید (شکل ۵- ب) و در انتها تصویر اینترفروگرام نهایی با استفاده از تکنیک Goldstein فیلتر شد (شکل ۵- پ). ضمن آنکه ناپیوستگی‌های موجود در فاز با استفاده از تکنیک Unwrapping نیز برطرف شد (شکل ۵- ت).

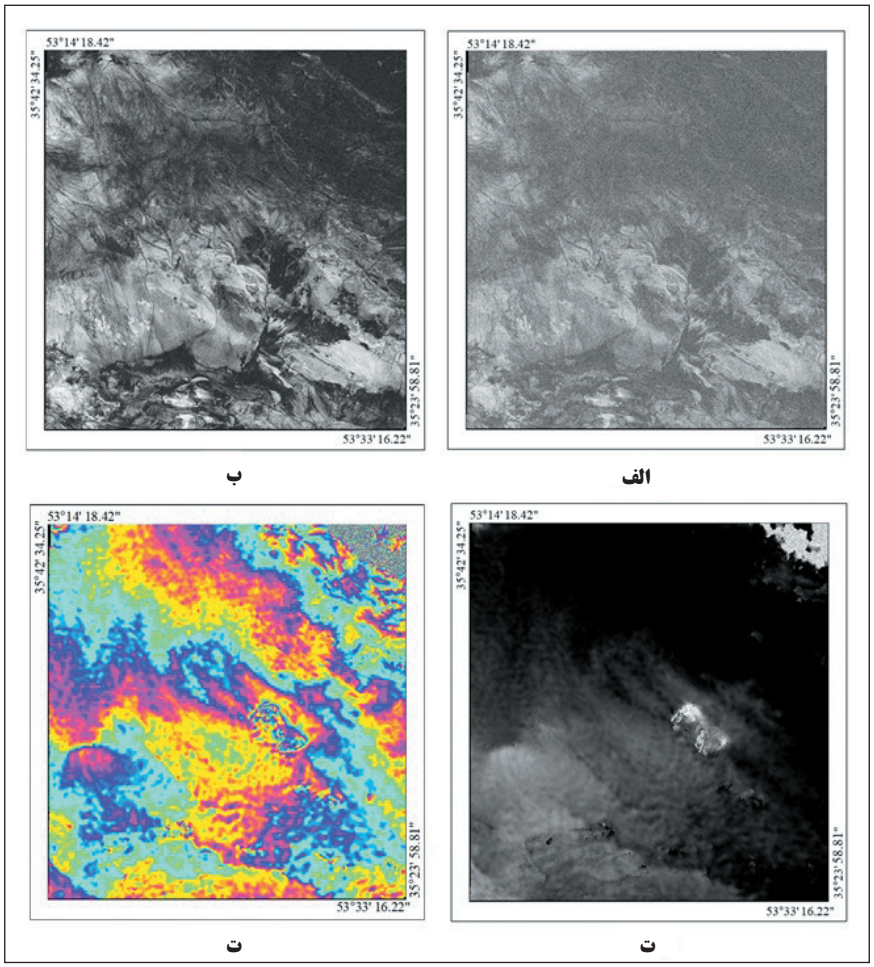
۳- بحث

۳- ۱. تحلیل داده‌های حاصل از چاه‌های پیزومتری

پس از رسم هیدروگراف ژرفای آب زیرزمینی در محل هر یک از چاه‌های مشاهده‌ای (شکل ۴) مشخص شد که عمق رسیدن به سطح آب در محل ایستگاه سیلو به‌طور کلی سیر نزولی دارد. ولی در محل ایستگاه پژوهشی تا سال ۱۳۸۵ ژرفای سطح آب به میزان ۳ متر افزایش یافته است. سپس به تدریج تا سال ۱۳۸۷ به مقدار ۴/۵ متر عمق دست‌یابی به سطح آب به علت انسداد چاه کاهش و در ادامه روند افزایش ژرفای سطح آب متوقف شده است. در ایستگاه‌های حاجی‌آباد- خوریان و خرم‌آباد، تغییر قابل ملاحظه‌ای در عمق سطح آب در طول دوره، مشاهده نمی‌شود. اگرچه ژرفای سطح آب در محل پل هوایی تا نیمه دوم سال ۱۳۸۶ بالا رفته است و از آن پس روند نزولی نشان می‌دهد؛ اما نتوانسته است مقدار افزایش عمق سطح آب را جبران کند و روند کلی ژرفای آب همچنان صعودی است. در سایر ایستگاه‌ها عمق رسیدن به سطح آب زیرزمینی سیر صعودی دارد و این عمق دست‌یابی به سطح آب با نرخ متوسط ۴/۴۵ متر در سال افزایش می‌یابد. مقدار افت و روند کلی تغییرات ژرفای سطح آب زیرزمینی در محل چاه‌ها به‌طور خلاصه در جدول ۴ آورده شده است.

۳- ۲. تحلیل داده‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای

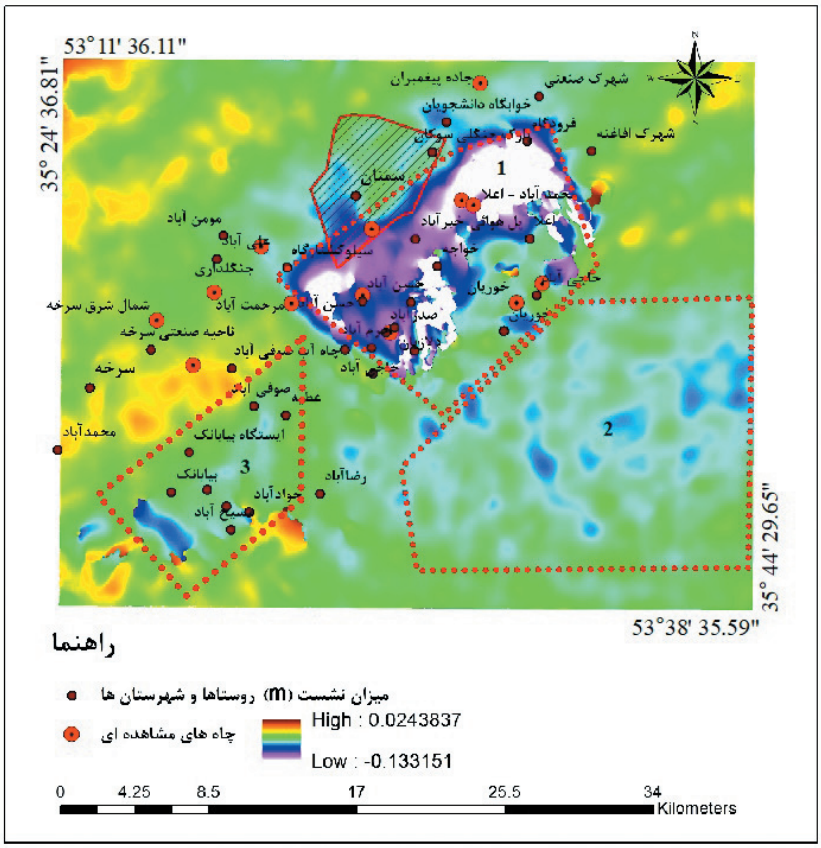
پس از آن که در مراحل ابتدایی زوج عکس مربوط به بازه زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۳ از جنبه فاصله دید، اثر توپوگرافی، ناپیوستگی در فاز و میزان همبستگی میان زوج عکس مورد ارزیابی قرار گرفت و برای تعیین نشست زمین مناسب تشخیص داده شد؛ در آخرین مرحله نقشه مربوط به میزان و موقعیت فرونشست در منطقه مطابق شکل ۶ تهیه شد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود نشست در ناحیه ۱ در راستای جنوب باختری-شمال خاوری گسترش یافته است. در این ناحیه، سه زیر ناحیه سفید رنگ دیگر دیده می‌شود که بیشترین میزان نشست را به مقدار ۱۳۳ میلی‌متر در سطح دشت تجربه کرده‌اند: ۱) زیرناحیه سفیدرنگ و وسیع واقع بین چاه پل هوایی، شمال اعلاء و فرودگاه، ۲) زیرناحیه سفیدرنگ خواجه تا دلازیان و ۳) زیرناحیه سفیدرنگ باختر حسن‌آباد و خاور کشتارگاه که تا چاه آب صوفی‌آباد ادامه دارد. ناحیه ۲ از خط واصل رضاآباد-خوریان تا حاشیه‌های جنوبی و خاوری منطقه گسترش یافته است. حداکثر نشست زمین در این ناحیه ۷۰ میلی‌متر بوده و ۲۰ میلی‌متر سطح زمین بالا آمده است. در ناحیه ۳ (جنوب باختر محدوده مطالعاتی) بیشینه نشست برابر ۲۷ میلی‌متر و مقدار نشست در مسیح‌آباد ۸ میلی‌متر و در بیابانک ۵ میلی‌متر به دست آمد. در سایر نقاط منطقه سطح زمین به میزان کم و به‌صورت موضعی نشست کرده است. در شهرک افاغنه سطح زمین به مقدار ۴ میلی‌متر بالاآمده و در نتیجه به‌طور کلی حداکثر نشست سطح زمین در سراسر محدوده مطالعاتی برابر ۱۳/۳ سانتی‌متر و بیشترین مقدار تورم خاک در خاور مسیح‌آباد به مقدار ۲۴ میلی‌متر صورت گرفته است.



شکل ۵- تصاویر اصلاح شده از اینترفروگرام متعلق به زوج عکس مربوط به بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۳ محدوده مطالعاتی؛ الف) با اعمال حذف اثر توپوگرافی؛ ب) تصویر کوهرنس تولید شده؛ پ) تصویر حاصل از مرحله Unwrapping به منظور از بین بردن ناپیوستگی در فاز؛ ت) تصویر اینترفروگرام نهایی یا فیلترشده به همراه فرینج‌های (Fringe) تولید شده.

جدول ۴- مقدار افت و روند تغییرات ژرفای سطح آب در چاه‌های پیزومتری در بازه زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۸.

ردیف	نام محل	UTM (m)		افزایش عمق سطح آب در پایان دوره اطلاعات (متر)	متوسط افزایش عمق سطح آب در سال (متر)	روند تغییرات عمق سطح آب
		Y	X			
۱	ایستگاه پژوهشی	۳۹۴۶۹۷۹	۷۲۰۹۵۱	- ۱/۰	- ۰/۲	نزولی
۲	سیلو	۳۹۳۶۱۸۵	۷۱۶۷۶۰	- ۲/۵	- ۰/۴۲	نزولی
۳	حاجی‌آباد-خوریان	۳۹۳۳۳۵۱	۷۲۶۶۴۹	۰	۰	تقریباً ثابت
۴	خرم‌آباد	۳۹۳۰۲۷۵	۷۱۸۰۰۹	۰	۰	تقریباً ثابت
۵	پل هوایی	۳۹۳۷۹۹۱	۷۲۱۸۸۵	+۲/۰	+ ۰/۳۳	صعودی
۶	شمال حسن‌آباد	۳۹۳۲۳۶۸	۷۱۶۳۵۱	+۱/۱	+۰/۲۲	صعودی
۷	آب پخش گل رودبار	۳۹۴۲۴۴۹	۷۱۳۵۹۲	+۲/۴	+۰/۴۸	صعودی
۸	جاده قدیم بیابانک	۳۹۲۸۰۷۳	۷۰۶۷۵۲	+۲/۸	+۰/۴۷	صعودی
۹	مرحمت‌آباد	۳۹۳۱۷۷۹	۷۱۲۲۸۹	+۳/۱	+۰/۵۱۷	صعودی
۱۰	جاده صوفی‌آباد	۳۹۳۲۲۹۰	۷۰۷۸۳۳	+۳/۴	+۰/۵۷	صعودی
۱۱	شمال شرق سرخه	۳۹۳۰۵۶۲	۷۰۴۵۸۰	+۵/۵	+۰/۹۲	صعودی
۱۲	سه‌راهمومن‌آباد	۳۹۳۶۳۷۷	۷۱۱۲۴۰	+۵/۷	+۱/۱۴	صعودی
۱۳	جاده پیغمبران	۳۹۴۴۷۳۴	۷۲۲۷۴۲	+۶/۳	+۱/۲۶	صعودی
۱۴	شرق فرودگاه	۳۹۴۹۳۱۶	۷۲۷۶۱۹	+۷/۴	+۱/۴۸	صعودی
۱۵	جنگلداری	۳۹۳۴۹۸۰	۷۱۰۴۴۹	+۹/۲	+۱/۵۳	صعودی



شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی نشست زمین در محدوده مورد مطالعه (ملایی‌نیا، ۱۳۹۴).

از دیگر مزایای استفاده از روش تداخل‌سنجی ماهواره‌ای بررسی اثر گسل‌های موجود در منطقه مورد مطالعه است که نشان می‌دهد به دلیل اینکه روند نشست محاسبه شده در امتداد هیچ یک از گسل‌های منطقه (با روند تقریبی شمال‌خاوری- جنوب‌باختری تا خاوری- باختری) نبوده و به شکل دایره‌ای است؛ لذا نقش گسل در میزان نشست ناچیز بوده و به عبارتی دیگر در پدیده فرونشست، گسل غیرفعال است.

۳- ۳. تلفیق داده‌های حاصل از روش تداخل‌سنجی ماهواره‌ای و چاه‌های پیزومتری

در راستای تعیین ارتباط بین فرونشست زمین و افت سطح آب زیرزمینی، پس از آنکه داده‌های جمع‌آوری شده از سازمان آب منطقه‌ای استان سمنان شامل تراز سطح آب چاه‌ها (با توجه به بازه زمانی اینترفروگرام ساخته شده) دسته‌بندی شد؛ نقشه هم‌افت تراز سطح آب با استفاده از روش کریجینگ ترسیم و در گام آخر بر روی نقشه میزان نشست منطقه برازش داده شد (شکل ۷).

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده شد نشست دشت به سه ناحیه ۱) نواحی دارای نشست بیش از ۱۰۰ میلی‌متر، ۲) بخش‌های بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر و ۳) محدوده کمتر از ۵۰ میلی‌متر قابل تقسیم است. در ناحیه یک منحنی‌های هم‌افت در فاصله نزدیک به هم قرار دارند. به عبارت دیگر، شدت افزایش عمق دست‌یابی به سطح آب در این ناحیه زیاد است و در نتیجه بیشترین میزان افت در این مناطق دیده می‌شود. در نواحی شمال خاوری این ناحیه که به تدریج سطح زمین بالا آمده است؛ متناظر با آن فاصله منحنی‌ها از یکدیگر زیاد می‌شود. این مسئله بر تأثیر زیاد افت سطح آب بر نشست زمین صحه می‌گذارد. می‌توان این گونه بیان کرد که به جز در محل حاجی‌آباد- خوریان، در سایر چاه‌ها تراز سطح آب زیرزمینی طی دوره مطالعاتی فرو افتاده و به بیان دیگر تقریباً در محل تمام چاه‌های مشاهده‌ای سطح زمین فرونشسته است. این امر نقش انکارناپذیر افت سطح آب زیرزمینی در بروز فرونشست در این دوره را روشن می‌سازد. تغایر بالا آمدن تراز سطح آب زیرزمینی و فروافتادن سطح زمین در محل حاجی‌آباد- خوریان از این حقیقت سرچشمه می‌گیرد که پدیده تحکیم، یک پدیده تدریجی و وابسته به زمان است. بنابراین در پی افزایش تنش مؤثر، قبل از شروع این دوره نشست زمین در محل حاجی‌آباد- خوریان ادامه یافته است.

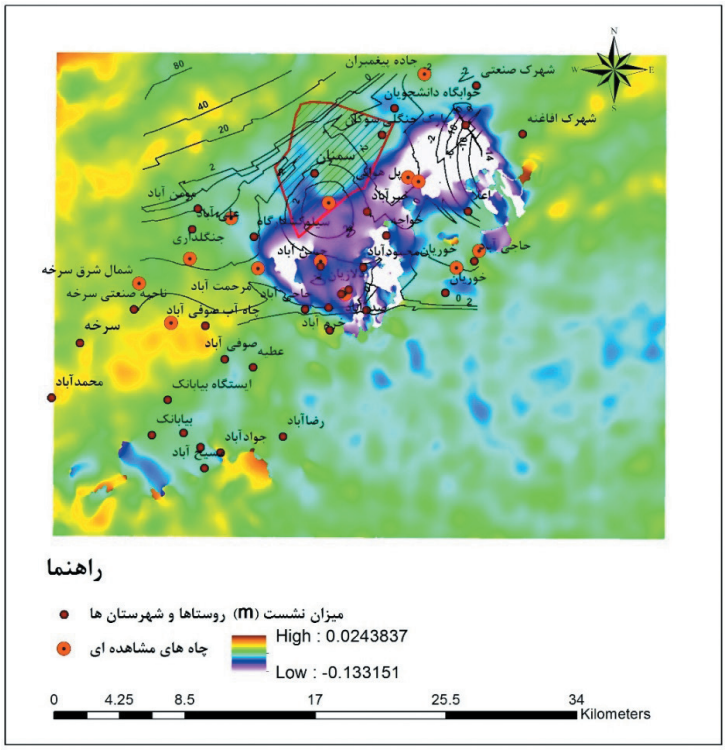
علاوه بر این، مقایسه موقعیت و میزان گستردگی نشست زمین با موقعیت مناطق مسکونی در محدوده مطالعاتی نشان می‌دهد که در مناطق شهری و روستایی و حوالی آنها که عموماً برداشت منابع آب زیرزمینی با شدت بیشتری انجام می‌شود، میزان نشست بزرگ‌تر و وسیع‌تر است (منحنی‌های هم‌افت به یکدیگر نزدیکتر هستند) و محرز می‌شود که مقدار و روند تغییرات سطح زمین تابع مقدار و روند نوسانات تراز سطح آب است (شکل ۷). از جمله این مراکز می‌توان به شهر سمنان، محمدآباد، اعلاء، محمودآباد و حسن‌آباد اشاره کرد. همچنین توزیع چاه‌های بهره‌برداری در محدوده مطالعاتی نشان می‌دهد که گستردگی و تراکم چاه‌ها در حوالی شهر سمنان، اعلاء، خاور سمنان و شمال اعلاء، خاور و جنوب خاوری سرخه بیشتر است. از طرفی چگونگی پراکنش چاه‌ها در منطقه (شکل ۳) با روند تقریبی جنوب باختر- شمال خاور و انطباق آن بر راستای نشست زمین در ناحیه ۱ در شکل ۶ قابل توجه است.

۴- پیامدهای ژئومورفیک محدوده مطالعاتی

با توجه به اینکه مازاد برداشت سالانه آب از منابع تجدیدناپذیر دشت سمنان به بیش از میزان جایگزین آن توسط نزولات جوی می‌رسد، این مسئله می‌تواند علاوه بر تشدید خطر گسترش فرونشست در بخش‌های مختلف سطح استان، نشانه‌های مورفولوژیکی نیز برجای گذارد. به‌طوری که هم اکنون حدس زده می‌شود که دشت دامغان

(افضلی و همکاران، ۱۳۹۲) و گرمسار در گستره استان از مناطق رو به بحران ایجاد پدیده فروچاله و فرونشست‌ها به شمار روند. با توجه به شواهد و مطالعات میدانی محتمل‌ترین سازوکار ایجاد و گسترش ترک‌ها و شکاف‌های منطقه مورد مطالعه را می‌توان به نشست قسمتی از آبرفت دانه‌ای و فاقد چسبندگی ناشی از افت سطح آب زیرزمینی نسبت داد و به دنبال آن ترک‌خوردگی و سپس شسته شدن خاک درون شکاف را بر اثر جاری شدن آب‌های سیلابی و رواناب‌ها در نظر گرفت. از مهم‌ترین مورفولوژی‌های فرونشست صورت گرفته در محدوده مورد مطالعه (به‌طور مثال شمال خاور روستای اعلاء) می‌توان به سیمای ترک یا شکاف‌خوردگی و فرونشست حفره‌ای زمین اشاره کرد. در منطقه مورد مطالعه ترک و شکاف‌های ناشی از افت سطح ایستابی در اکثر موارد در امتداد یک خط اثر سطحی خود را بر روی سطح زمین نشان داده است اما در موارد معدودی نیز به شکل حفره‌ای و یا دهانه‌ای ظاهر شده است. به‌طور کلی شکاف‌های طولی زمین با زمین‌های در حال نشست مرتبط هستند (Hozler, 1989). بررسی مورفولوژی شکاف‌ها در محدوده مورد مطالعه آشکار می‌سازد که این نوع شکاف‌ها عمدتاً دارای طول زیاد و عمق تقریبی ۰/۵ تا ۰/۷۵ متر هستند و در اثر فرآیند ورود آب به درون آنها دچار عریض‌شدگی شده‌اند (شکل ۸- الف).

سیمای دیگر فرونشست مشاهده شده در منطقه از نظر ژئومورفولوژی فرونشست حفره‌ای یا دهانه‌ای است. این نوع حفره‌ها معمولاً به شکل بیضی یا دایره در مناطقی رخ می‌دهند که افت سطح آب بیشتر است. مورد اخیر معمولاً در اثر تخریب یک فضای زیرزمینی و یا شسته‌شدگی زمین در اعماق رخ می‌دهد. بنابراین می‌توان فرض کرد در منطقه مورد مطالعه قنات‌ها و یا چاه‌هایی تخریب شده که از شواهد ناشی از افت سطح آب زیرزمینی است (شکل ۸- ب).

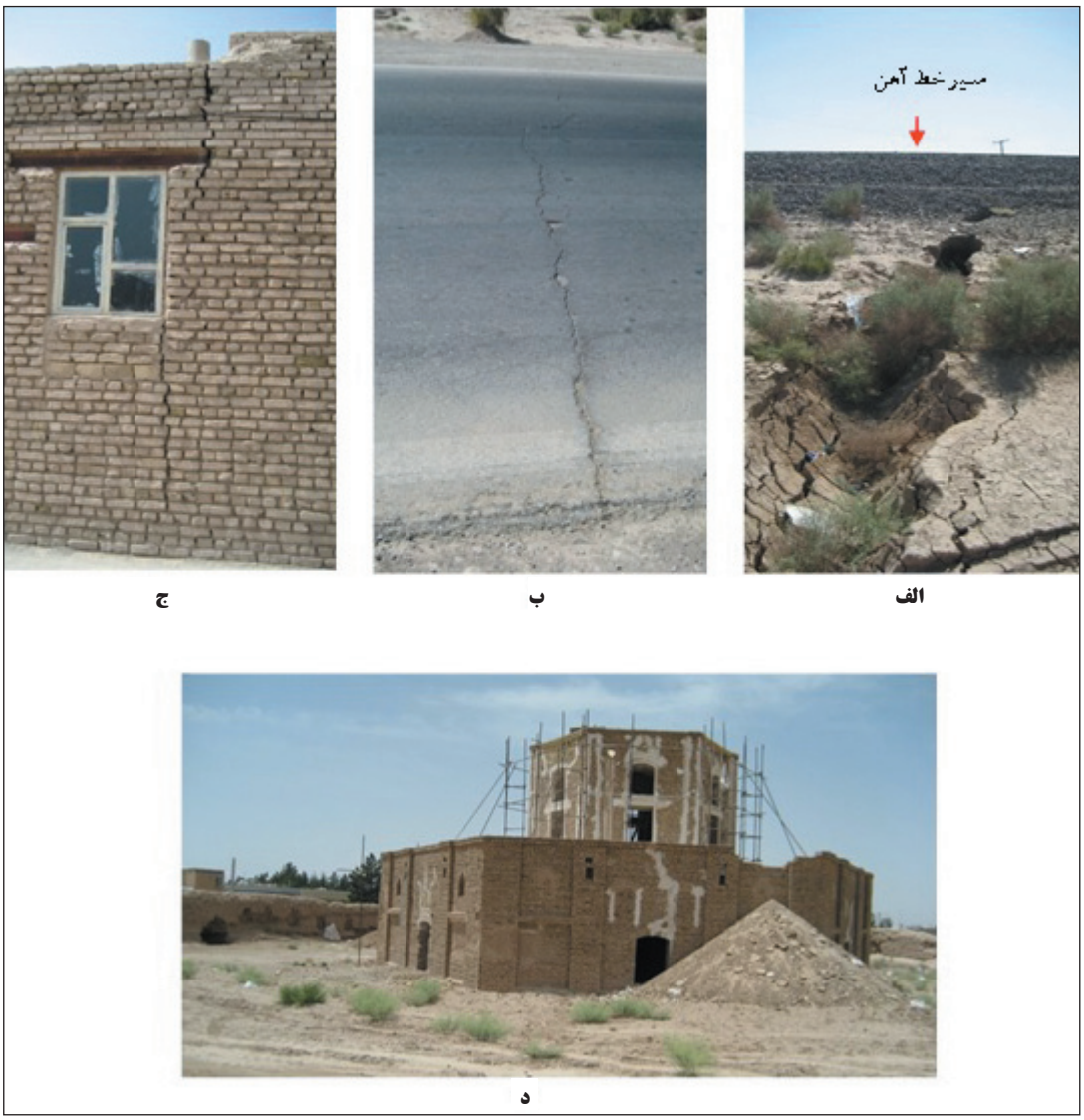


شکل ۷- موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای، منحنی‌های هم‌افت و نشست زمین در محدوده مورد مطالعه (ملایی‌نیا، ۱۳۹۴).

شکل ۸- الف) اثر سطحی امتداد شکاف در ابتدای عریض شدن؛ ب) فرونشست حفره‌ای یا دهانه‌ای (برگرفته از مهندسین مشاور پارس پیاب،۱۳۹۴).

از سوی دیگر شکاف‌های پرشمار و عمدتاً فعال منطقه، پتانسیلی بسیار مخاطره‌آمیز برای برخی از زیرساخت‌های صنعتی، حمل و نقل و حتی منازل مسکونی به شمار می‌رود که در آینده نه چندان دور تهدیدات بیشمار جانی و مالی را به استان سمنان تحمیل خواهند کرد. در این میان خطوط ریل آهن، باند فرودگاه و خطوط انتقال تأسیسات شهری و بین‌شهری از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. هر گونه نشست و یا جابه‌جایی در هر نقطه از مسیر خط آهن، کل مسیر آن خط ریلی را متأثر می‌کند. همچنین در مورد ارتباط هوایی منطقه (فرودگاه) به‌طور کامل قطع خواهد شد. این در حالی است که دو زیرساخت مهم اخیر معمولاً برای امدادرسانی و عبور و مرور حتی در مواردی که حادثه طبیعی غیرمترقبه‌ای چون زمین‌لرزه اتفاق می‌افتد بیشترین اهمیت را دارند. از آنجا که هر دو زیرساخت مهم فوق در محدوده شمالی منطقه مورد مطالعه (ناحیه ۱) قرار دارند، با نشست و گسترش شکاف‌ها تهدید می‌شوند.

به‌طور مثال در شکل ۹- الف رخداد فرونشست در اطراف بخشی از خط آهن عبوری تهران- مشهد ارائه شده که در محدوده مطالعاتی واقع است. در این تصویر بازشدگی و آغاز شکاف خوردن زمین در حریم خط آهن به حدی بوده که در زیر خاک‌ریز و بالادست راه‌آهن حفراتی ایجاد شده است. خطر زیاد استمرار شکاف‌ها به حدی بوده که آسفالت جاده نزدیک به خط آهن (در حدود ۲۵ متری) نیز ترک خورده است (شکل ۹- ب). همچنین بازدیدهای میدانی حاکی از آن است که بسیاری از منازل مسکونی، کارگاه‌ها، شهرک‌های صنعتی و حتی ابنیه تاریخی و میراث فرهنگی واقع در محدوده مطالعاتی نیز به نحوی با نشست و ترک‌خوردگی مواجه شده‌اند و یا تهدید می‌شوند که بنا به وضعیت نشست منطقه‌ای که سازه در آن قرار دارد، شدت ترک‌خوردگی متغیر است. برای مثال در تصویر ۹- ج یک نمونه از آسیب وارده بر سازه به‌صورت ترک قائم نشان داده شده که در اثر تمرکز تنش ناشی از نشست در گوشه قاب پنجره امتداد پیدا کرده است. ضمناً شکل ۹- د تمرکزی از ترک‌خوردگی در گوشه طاق‌ها و نورگیرهای یک ابنیه تاریخی در روستای اعلاء را به نمایش می‌گذارد.



شکل ۹- تأثیر نشست زمین بر روی شریان‌های حیاتی و سازه‌های محدوده مطالعاتی؛ الف) شکاف خوردن زمین در حریم خط آهن؛ ب) شکاف خوردن آسفالت جاده در حریم خط آهن؛ ج) نمونه‌ای از ترک خوردن دیواره جانبی یک منزل مسکونی؛ د) نمایی از بازسازی عمارت تاریخی واقع در روستای اعلاء (برگرفته از مهندسین مشاور پارس پیاب،۱۳۹۴).

۵- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر پدیده فرونشست دشت سمنان مورد بررسی قرار گرفت. نرخ فرونشست محدوده مطالعاتی به خوبی با استفاده از بهره‌گیری ابزارهای ژئودتیکی موجود بالاخص تکنیک تداخل‌سنجی راداری آشکار شد که نتایج آن در انطباق مناسبی با نتایج عمق‌یابی سطح آب در چاه‌های پیزومتری بوده است. به‌طور کلی آنچه که از نتایج حاصل از مطالعات عمق دست‌یابی به سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای و روش تداخل‌سنجی ماهواره‌ای در این پژوهش برمی‌آید آن است که:

الف) بیشترین مقدار افزایش عمق سطح آب در محل ایستگاه جنگلداری به میزان ۹/۳ متر و کمترین مقدار آن در محل ایستگاه شمال حسن‌آباد برابر ۱/۱ متر رخ داده است.

ب) بیشترین مقدار کاهش عمق سطح آب در محل ایستگاه سیلو به میزان ۲/۵ متر دیده می‌شود.

پ) کمینه نرخ افزایش عمق سطح آب برابر ۲۲ سانتی‌متر در سال است.

ت) در سایر ایستگاه‌ها عمق دست‌یابی به سطح آب زیرزمینی سیر صعودی دارد و با نرخ متوسط ۴/۴۵ متر در سال بالا می‌رود. این امر بیانگر آن است که افزایش تقاضای آب در پی افزایش جمعیت و توسعه کشاورزی و صنعتی سبب شده است تا میزان برداشت آب از سفره‌های آب زیرزمینی بیش از میزان نفوذ آب به آنها باشد. پایین افتادن روزافزون سطح آب زیرزمینی به دلیل برداشت بی‌رویه آب از سفره‌های آب زیرزمینی سبب کاهش حجم و کیفیت آب و در نتیجه کمبود آب، افزایش امکان وقوع نشست و کاهش نرخ توسعه پایدار می‌شود.

ج) محدوده مطالعاتی به عنوان بخشی از دشت سمنان نشستی به مقدار ۱۳۳ میلی‌متر را در یک دوره شانزده ماهه (از سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۳) در سطح خود متحمل شده است.

چ) مهم‌ترین ناحیه نشست تقریباً در بخش میانی منطقه و در محل شهر سمنان و اطراف آن (ناحیه ۱ در شکل ۶) قرار دارد. به عبارتی تقریباً در تمام سطح شهر سمنان نشست رخ داده است.

ح) انطباق خطوط هم‌افت سطح آب زیرزمینی و موقعیت نشست زمین در این دوره بیان می‌دارد که افت سطح آب زیرزمینی بر نشست زمین تأثیر بسزایی دارد

خ) راستای نشست زمین منطبق بر پراکنش چاه‌ها در راستای جنوب‌باختری-شمال‌خاوری است.

د) روند نشست به‌صورت محلی و دایره‌ای است. به عبارتی نشست در امتداد گسل‌های محدوده مورد مطالعه رخ نداده و در محدوده مطالعاتی اثر حرکت گسل بر تغییرات سطح زمین ناچیز است.

دستاورد حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که برداشت آب به مقدار بیش از توان بازیابی سفره به عنوان یکی از دلایل اصلی نشست در سطوح وسیع است. برداشت بی‌رویه از این منابع علاوه بر ایجاد مشکلاتی نظیر کمبود آب و کاهش کیفیت آن سبب ایجاد خسارت جدی در ساختارهای زیربنایی و تأسیسات شده است. به عبارتی با توجه به مقدار نسبتاً زیاد نشست ۱۳ سانتی‌متری در یک دوره شانزده ماهه، نیاز به توجه ویژه به مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی ضروری به نظر می‌رسد. چرا که پیامدهای ناشی از پدیده فرونشست در محدوده مورد مطالعه به‌ویژه در قسمت‌های شمال خاوری و مرکز دشت به‌صورت شکاف‌های بزرگ طولی، حفرات و فروچاله‌های نسبتاً بزرگ و تخریب زمین به‌صورت ترک‌خوردگی بوده است. این مسئله به خاطر بیلان منفی آب در آبخوان دشت در حال گسترش بوده و اخیراً گزارشاتی از فرونشست‌های مقطعی در سطح استان سمنان منتشر شده است. از این رو ضروری است که کنترل فرونشست دشت را از طریق مدیریت منابع آب زیرزمینی به عنوان یک راهبرد در نظر گرفت. زیرا اگر افزایش ژرفای سطح آب در آبخوان دشت سمنان با همین روند ادامه داشته باشد، امکان مخاطرات گسترده ناشی از فرونشست به شبکه‌های انتقال آب، خطوط گازرسانی، تأسیسات عمرانی و سایر شریان‌های حیاتی وجود خواهد داشت.

کتابنگاری

افضلی، ع.، شریفی کیا، م. و شایان، س.، ۱۳۹۲- ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها و سکونتگاه‌ها از پدیده فرونشست زمین در دشت دامغان، دو فصلنامه ژئومورفولوژی کاربردی ایران.

آقانباتی، س. ع. و حامدی، ا.، ۱۳۷۳- نقشه زمین‌شناسی سمنان به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

امیری، م.، نظری پویا، ه. و مظاهری، ح.، ۱۳۸۳- علل و مکانیسم وقوع فروچاله‌ها در دشت فامنین ـ کبودرآهنگ، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۳ صص. ۱۷۲ تا ۱۸۷.

آمیغ‌پی، م.، عربی، س.، طالبی، ع. و جمور، ج.، ۱۳۸۶- بررسی مناطق فرونشست ایران بر اساس داده‌های ترازیابی، همایش ژئوماتیک اردیبهشت ماه ۸۶ تهران، ایران.

بلورچی، م. ج.، ۱۳۸۴- احتمال فرونشست در اراضی وسیعی از تهران، پایگاه خبری شریف نیوز.

بهنیافر، ا.، قنبرزاده، ه. و اشراقی، ع.، ۱۳۸۹- بررسی عوامل مؤثر در فرونشست‌های دشت مشهد و پیامدهای ژئومورفیک آن، فصلنامه علوم زمین، تهران، ایران.

حسینی میلانی، م.، ۱۳۷۳- اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی و اثرات آن، مجموعه مقالات کنفرانس ملی منابع آب زیرزمینی سیرجان، صص. ۹۱ تا ۹۸.

رحمانیان، د.، ۱۳۶۵- نشست زمین و ایجاد شکاف بر اثر تخلیه آب‌های زیرزمینی در کرمان، مجله آب.

شمشکی، ا. و انتظام سلطانی، ا.، ۱۳۸۴- سازوکار علل تشکیل شکاف‌های زمین در منطقه معین‌آباد- ورامین، چهارمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران.

شمشکی، ا.، ۱۳۹۵- فرونشست زمین و فروچاله‌ها، نخستین همایش تخصصی پدیده فرونشست زمین در ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

عالمی ، ا.، ۱۳۸۱- بررسی علل نشست در دشت یزد ـ اردکان، مجموعه مقالات سومین همایش بین‌المللی ژئوتکنیک و مکانیکی خاک ایران، تهران.

عباس‌نژاد، ا.، ۱۳۷۷- بررسی شرایط و مسائل زمین‌شناسی محیط زیست دشت رفسنجان، فشرده مقالات دومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، مشهد.

ملایی‌نیا، م.، ۱۳۹۴- برآورد نشست دشت سمنان در اثر برداشت آب از سفره‌های آب زیرزمینی با استفاده از تداخل‌سنجی تصویرهای ماهواره‌ای (InSAR)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران دانشگاه سمنان.

مهشادنیا، ف.، ۱۳۹۵-خطر فرونشست زمین در ایران، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

مهندسین مشاور پارس پیاب، ۱۳۹۴- گزارش زمین‌شناسی و آب‌شناسی پروژه ترک‌های جنوب و جنوب شرق سمنان، معاونت عمرانی استانداری سمنان.

References

Fulton, A., 2006- Subsidance and Watertable, U.K.

Hozler, T. H., 1989- State and local response to damaging land subsidence in United States urban areas, Engineering Geology, 27.

Pacheco, J., Arzate, J., Rojas, E., Arroyo, M., Yutsis, V. and Ochoa, G., 2006- Delimitation of ground failure zones due to land subsidence usind gravity data and finite element modelling in the queretaro valley, Mexico Engineering Geology,84.

Subyani, A. M. and Sen, Z., 1989- Geostatistical modelling of the Wasia aquifer in Central Saudi Arabia, Journal of Hydrology, 110: 295- 314.

Waltham, A. C., 1989- Ground subsidence, Blackie & Son Ltd, 202 pp.

Groundwater level changes effect on the subsidence in Semnan plain

A. Haddad[1*] and E. Khorasani[2]

[1]Associate Professor, Department of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

[2]M.Sc., School of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

Received: 2016 October 19 Accepted: 2018 April 15

Abstract

Semnan plain is located in the northern margin of Iran's central desert and has a dry to semi-arid climate. In recent decades, rapid population growth, increasing Industrial areas and water demand has led to excessive extraction of groundwater resources and as a result, the depth of access to the surface of the water will intensify.This reason has made the Semnan plain one of the most important areas of the country in view of water resources scarcity and its consequences. In this research, to estimate the ground subsidencein the period of 26/03/2008 to 23/8/2003 by using Satellite Image Interferometry (InSAR) method, the maximum subsidence of 133 mm in the city of Semnan and its surroundings Has been confirmed.In order to identify the factors affecting the subsidence of a part of Semnan plain, underground water depth fluctuations along with a hydrograph diagram of the results of 15 observational wells were investigated, indicating a continuous decline in water level during the years 2003-2009, so that the minimum Growth rate of groundwater depth of study area is 22 cm / year.What results from adaptation of subsidence areas and water table water level drop curves in this study is that exploitation of groundwater resources more than aquifer nutrition increased effective stress and consequently high consolidation of sediments which caused this factor Semnan plain due to geotechnical properties of the aquifer are susceptible to subsidence. In other words, subsidence zones over, or near, the groundwater level decrease areas. Therefore, water resources management should be given more and more attention by Politicans,who makes policy ,in order to keep up with Sustainable development of agriculture and industry to prevent the ongoing process of land subsidence.

Keywords: Decline in ground water levels, Semnan plain, Ground subsidence, Water hydrograph chart, Satellite imagery interferometry

For Persian Version see pages 181 to 190

*Corresponding author: A. Haddad; E-mail: haddad@semnan.ac.ir