ارزیابی اثرات بحران آب و پدیده فرونشست زمین در مناطق روستایی دشت نیشابور

ژیلا کلالی مقدم- استادیار دانشگاه پیام نور،تهران، ایران-jkalali@pnu.ac.ir

چکیده

فرونشست زمین پدیده ای است که در چند دهه اخیر در اکثر دشت های آبرفتی ایران به چشم می خورد که درنتیجه پایین رفتن تدریجی یا ناگهانی سطح زمین در اثر عوامل مختلفی از قبیل برداشت بی رویه ازآب های زیر زمینی، فعالیت های تکتونیکی ، استخراج معادن و...به وقوع می پیوندد. دشت نیشابور نیزاز این قاعده مستثنی نبوده وبا برداشت بیش ازحدآبهای زیرزمینی در چند دهه اخیر ،سطح ایستابی لایه آبدار پایین رفته وفشار هیدرواستاتیک کاهش یافته است ، در نتیجه فرونشست هایی رخ داده که مناطق روستایی وشهری را تحت تاثیر قرار داده است. دشت نیشابور با وسعتی معادل۳۴۷۷ کیومتر مربع محدوده ای از آن به وسعت ۵۹۱ کیلومترمربع با جمعیتی بالغ بر ۵۹۰۰۰ نفر، با۱۷۹روستا با فرونشست شدید زمین مواجه است . دراین پژوهش سعی شده با بررسی وضعیت آبخوان وسطح آب زیر زمینی وانطباق آن با مناطقی که با پدیده فرونشست مواجه هستند به رابطه بین این پدیده با کاهش سطح ایستابی آب بپردازیم. بررسی ها نشان می دهد که سالانه به ازای هر ۸۳ سانتیمتر پایین رفتن سطح آبهای زیر زمینی بطور متوسط ۱۰/۵ سانتیمتر سطح دشت نیشابور نشست داشته است. دراین پژوهش از تصاویر ماهواره ای sentinel در دوره زمانی اکتبر ۲۰۱۴ تا دسامبر ۲۰۱۷ که توسط سازمان نقشه برداری به روش تداخل سنجی راداری تهیه شده استفاده گردیده است. نتایج تحقیق در این دشت حاکی از آنست که بهره برداری بی رویه از منابع آب های زیر زمینی موجب نشست زمین وایجاد درز وترک هایی در مناطق روستایی بویژه در اطراف روستاهای فیروزه، ابوسعدی، بیروم آباد، فیض آباد، سراب کوشک، اردوغش وکال فرخک به میزان ۱۵ الی ۲۰ سانتیمتردر سال با بالاترین فرونشست وکمترین فرونشست مربوط به روستاهای دشت،مهدی آباد،خروسفلی به میزان ۱ سانتیمتر در سال گزارش شده است.

واژگان کلیدی:بحران آب،فرونشست زمین، تداخل سنجی راداری،مناطق روستایی، دشت نیشابور

۱-مقدمه

۱-۱-طرح مساله

فرونشست زمین پدیده‌ای است که در اثر خالی شدن آب بافت‌های متراکم و لایه‌های زیرین سطح زمین رخ می‌دهد و در اثر آن سطح زمین به صورت تدریجی و در برخی موارد به صورت ناگهانی فرو می‌نشیند. پدیده فرونشست زمین یکی از مخاطراتی است که در چند دهه اخیربویژه دردشت های آبرفتی ایران خسارت های جبران ناپذیرجانی ومالی به دنبال داشته است وبه بسیاری از سازه های سطحی وزیرزمینی آسیب رسانیده است . در مقیاس جهانی خطر فرونشست زمین در اثر افت سطح آب زیرزمینی در بین سالهای ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰ همزمان با صنعتی شدن و رشد شهرنشینی به اوج خود رسید(والتام،۱۹۸۹). این پدیده تحت تاثیر خشکسالی های چند دهه اخیر وبرداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی شدت یافته است. درایران اولین بار، پدیده فرونشست زمین در دشت رفسنجان همراه با پدیده لوله‌زایی چاه‌های کشاورزی درسال ۱۳۴۶ ثبت شد ، اخیرا این پدیده در دشت‌های دیگر کشور همچون خراسان، فارس، یزد، اصفهان، تهران، چهارمحال بختیاری گزارش شده است. دشت نیشابورنیز ازاین قاعده مستثنی نبوده ودرپی خشکسالی های اخیر وبرداشت بی رویه از آب های زیرزمینی نشست زمین را دراکثرنقاط دشت تجربه کرده است. این دشت یکی از دشت های مهم استان خراسان رضوی است که از نظر توسعه سریع کشاورزی وصنعتی همراه با رشد سریع جمعیت وافزایش نیاز آبی باعث برداشت بی رویه وافت سطح آب زیرزمینی دراین دشت شده است. برداشت بی رویه ازسفره آب زیرزمینی این دشت سبب افت سالانه حدود ۰/۸۳ متر سطح آب زیر زمینی گردیده است ، با برداشت بیش از حد آب زیرزمینی سطح ایستابی لایه آبدار پایین رفته وفشار هیدرواستاتیک کاهش یافته است ودرنتیجه فرونشست هایی رخ داده که همچنان ادامه دارد. طبق اطلاعات اخذ شده از سازمان آب منطقه ای شهرستان نیشابور به علت برداشت بی رویه ازآب های زیرزمینی برای مصارف کشاورزی این دشت با کسری مخزن ۱۲۹/۵۵ میلیون متر مکعب در سال و افت شدید سطح آب زیرزمینی مواجه شده است (خجسته پور،۱۴۰۰). درپی این فرونشست ها ۱۷۹ روستا با جمعیتی درحدود ۵۹۰۰۰ نفر تحت تاثیر مستقیم قرار گرفته وموجب بروز نارسائی هاو مشکلات عدیده ای برای ساکنین روستایی به ویژه کشاورزان گردیده است (سازمان نقشه برداری کشور،۱۳۹۷) .ازجمله این خسارات فرونشست وشکاف درزمین های زراعی؛آسیب رساندن به سیستم آبرسانی وایستگاه های پمپاژآب های سطحی وچاه های عمیق، سیستم حمل ونقل جاده ای وریلی، تغییر شیب زمین ، ،صدمه به محیط زیست همچون زمین های کشاورزی، ،گونه های گیاهی وجانوری ،فروریختن جداره چاه ها وقنوات وگل آلود شدن آب،ایجاد لرزش های کوچک در اثر ناپایداری زمین وایجاد درز وترک در مساکن روستایی می باشد .یافته های تحقیق نشان می دهد که مناطق دارای نرخ حداکثری فرونشست منطبق بر کاربری های زراعی وباغات است که بیشترین سهم را دربرداشت ازآب های زیرزمینی دارا می باشد.

۱-۲-پیشینه تحقیق

-محمودی نسب.فاطمه،محسنی.ندا(۱۴۰۰)، در پژوهشی به اثرات چاههای بهره برداری آب زیرزمینی بر تغییرپذیری پهنه های فرونشست دشت نیشابور و پیامدهای ژئومورفیک آن پرداخته، نتایج نشان می دهد که با نزدیک شدن به چاههای پمپینگ وسعت محدوده های پر خطر افزایش یافته و بر عکس با دور شدن از چاهها بر گسترش محدودههای کم خطر فرونشست افزوده می شود.

- خرمی .محمد،(۱۳۹۸)،در تحقیقی به تعیین فرونشست شهر مشهد به روش تداخل سنجی راداری پراکنشگر دائمی، پرداخته است ،نتایج تحقیق نشان می دهد که فرونشست مناطق شهری مشهد در دوره زمانی سال های ۲۰۱۴ تا۲۰۱۷ میلادی با ترکیب ۶۹ تصویر راداری پایین گذر وبالا گذر ماهواره **sentinel- 1A** ، بیانگر بیشینه نرخ فرونشست برابر۰ ۱۴ میلی متر در سال در شمال غرب شهر مشهد است.همچنین نتایج نشان می دهد فرونشست در حال پیشروی به سمت مرکز شهر از سمت شمال غرب می باشد که می تواند در آینده نزدیک تبعات جبران ناپذیری به دنبال داشته باشد.

-منتظریون .مریم،اصلانی .فرشته،(۱۳۹۸)، در پژوهشی به ارزیابی خطر فرونشست زمین با بکارگیری اطلاعات جغرافیایی در پهنه استان های تهران والبرز پرداخته است. نتایج تحقیق نشان می دهد که تهران در وضعیت ریسک بسیار بالای فرونشست قرار دارد. همچنین شهرهای دماوند ،محدوده مرکزی کرج ،شهر ری ، پیشوا ، منطقه جنوب شرقی شهریار ، بهارستان ،اسلام شهر ،نظر آباد ،ساوجبلاغ در منطقه ای با خطر پذیری بالا ارزیابی شده اند وشهرستان های دماوند ،فیروزکوه ،مناطق جنوبی شهر ری ، ورامین ملارد وکل حاشیه های استان های تهران وکرج در معرض خطر پذیری کمتری قرار دارند.

- رکنی.جعفر ،حسین زاده .سید رضا ،لشکری پور.غلامرضا ،ولایتی.سعدالله،(۱۳۹۵)،در مقاله ای به بررسی فرونشست زمین ،چشم انداز ها وتحولات ژئومورفولوژی ناشی از آن در دشت های تراکمی (مطالعه موردی:دشت نیشابور) پرداخته اند. نتایج تحقیق بیانگر آنست که افت شدید آب های زیر زمینی در سال های اخیر منجر به بروز مخاطره ژئومورفولوژیکی فرونشست در این دشت شده است.بر اثر این نشست ،ترک ها وشکاف ها یی در دشت با اشکال وعمق وطول متفاوت ایجاد کرده است . تغییرات این اشکال در طول زمان موجب ایجاد فرمهای متفاوت وعوارض متعددی به ویژه در شمال غرب ، جنوب ، جنوب شرق دشت گردیده وموجب تهدید شبکه انتقال نفت وگاز وسایر تاسیسات عمرانی از جمله خط آهن سراسری تهران – مشهد وکاهش برگشت ناپذیرظرفیت مخزن آبخوان شده است.

- رنجبر باروق.زهرا،فتح الله زاده .محمد،(۱۴۰۱)،درتحقیقی به بررسی فرونشست زمین با استفاده از سری زمانی تصاویر راداری وارتباط آن با تغییرات تراز آب های زیر زمینی شهر کرج پرداخته است.نتایج این تحقیق بیانگر فرونشست زمین در مناطق شهری مانند مهر شهر ،کمال شهر،محمد شهرمی باشدکه علت اصلی آن برداشت بی رویه از منابع آبی سفره های زیر زمینی به دلیل رشد جمعیت ومهاجرت در سال های اخیر است.بیشترین فرونشست در بخش شمال غربی مهر شهر بوده است که مقدار آن بین ۱۰۰ تا ۱۴۵ میلیمتر برآورد شده است.

-یزدانی.وحید ،منصوریان.حمید،(۱۳۹۲)،در پژوهشی تحت عنوان پهنه بندی پتانسیل بهره برداری از منابع آب زیرزمینی با استفاده از داده های کمی وکیفی آبخوان دشت نیشابور به بررسی آبخوان دشت نیشابور پرداخته وبه این نتیجه رسیده است که کاهش سطح تراز آب زیرزمینی از شمال شرق به جنوب غرب واز جنوب به سمت مرکز وغرب می باشد .حداقل وحداکثر عمق سطح آب زیرزمینی به ترتیب ۳/۹۶و۱۴۳/۹ متر بوده است ،محدوده شرق وجنوب دشت دارای پتانسیل بهره برداری بیشتری نسبت به سایرمناطق دشت می باشد ،محدوده مرکز دشت وشهر نیشابور علیرغم بالا بودن کیفیت آب وپایین بودن میزان افت سطح آب ، مقدار شاخص پایینی دارد که علت اصلی آن پایین بودن ضریب انتقال آبخوان می باشد .

- قره چلو.سعید،اکبری قوچانی.حسام،گلیان.سعید .گنجی.کامران،(۱۴۰۰)،درمقاله ای به ارزیابی میزان فرونشست زمین درارتباط با آب های زیرزمینی به کمک داده ماهواره ای راداری سنتینل-۱ والوس-۱ دردشت مشهد پرداخته اند.یافته های تحقیق نشان می دهد که مناطق دارای نرخ حداکثری فرونشست منطبق بر کاربری های زراعی وباغات است که بیشترین سهم را دربرداشت ازآب های زیرزمینی دارا می باشند .همچنین بررسی چاه های پیزومتری بیانگر کاهش پیوسته سطح آب درطول دوره آماری می باشند . بر اساس نتایج این تحقیق مهمترین علت فرونشست در دشت مشهد برداشت بی رویه آب زیرزمینی است .

- حاتمی .فرزاد، پرویزی .منصور،(۱۳۹۴) درمقاله ای به بررسی تاثیر کاهش سطح آب زیرزمینی بر نشست زمین (مطالعه موردی: دشت ارسنجان) می پردازد، به همین سبب بیلان آبخوان و افت سطح آب زیرزمینی محاسبه و تاثیر آن برفرونشست زمین بررسی شده است. نتایج تحقیق نشان می دهد ، هرمنطقه ای که با افت سطح ایستابی آب مواجه بوده پدیده فرونشست هم مشاهده شده است .

- سادات وزیری.نسیبه ، غفوری، سید محمد (۱۳۹۶)، در پژوهشی به بررسی اثرات افت آب های زیرزمینی در فرونشست دشت مشهد می پردازد، نتایج تحقیق نشان می دهد که با توجه به رشد فیزیکی کلان شهر مشهد هر ماه شاهد تغییرات کند ولی بسیار مخاطره آور فرونشست به ویژه درمناطق جنوب شرقی، توس، قرقی، خواجه ربیع و شمال غرب می باشیم. مقدار افت سطح آب زیرزمینی در دوره آماری ۲۰ ساله مورد مطالعه برای دشت مشهد به بیش از ۱۳ متر می رسد که البته این میزان برای نواحی شمال غربی دشت به بیش از ۳۰ متر در دوره آماری می باشد،این مساله خطر فرونشست وتبعات آن را هرچه بیشتر به دنبال دارد.

- صالحی.رضا،غفوری.محمد،لشکری پور.غلامرضا،دهقانی.مریم(۱۳۹۲)، در پژوهشی به بررسی فرونشست دشت مهیار جنوبی با استفاده از روش تداخل سنجی راداری پرداخته اند، نتایج تحقیق نشان می دهد که پدیده فرونشست زمین دردهه‌های اخیر معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، جاده‌ها و کانال‌های آبرسانی در برخی از دشت‌های استان اصفهان بوجود آورده است. در سال‌های اخیر برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی این دشت رشد چشمگیری داشته و طبق آمار و اطلاعات موجود بیشترین برداشت از منابع آب زیرزمینی این دشت در بخش کشاورزی صورت می‌گیرد. پیامدهای افت سطح آب زیرزمینی منجر به فرونشست زمین و ایجاد درز وترک هایی در قسمت‌هایی از دشت شده است. افت سطح ایستابی و به دنبال آن افزایش تنش مؤثر دلیل اصلی فرونشست دشت مهیار جنوبی می‌باشد.

– بهنیافر.ابوالفضل،قنبر زاده.هادی ،اشراقی.علی (۱۳۸۹)،در مقاله ای با عنوان بررسی عوامل موثر در فرونشست دشت مشهد و پیامدهای ژئومورفیک آن، با استفاده از تکنیک راداری اینترفرامتـری و عملیات **GPS** و آنالیز ارزیابی های انجام شده به بررسی آبخوان دشت مشهد پرداخته وبه این نتیجه رسیده است که میـزان افـت سـالانه سطح آب زیرزمینی دشت مشهد ۱/۴۷ متر و بیشترین فرونشست ها و حفرات با اشکال ژئومورفیک متفاوت در بخـش هـای مرکزی و جنوب شرقی آن رخ داده است.

-در تحقیقی که توسط دانشکده علوم زمین درایالت متحده آمریکا انجام شده نشان می دهد که فرونشست زمین در بیش از ۱۷۰۰۰ مایل مربع در ۴۵ ایالت از آمریکارخ داده است، منطقه ای تقریباً به اندازه مجموع نیوهمپشایر و ورمونت، مستقیماً تحت تأثیر فرونشست قرار گرفته است. بیش از ۸۰ درصد از فرونشست های شناسایی شده در این کشور به دلیل بهره برداری از آب های زیرزمینی رخ داده است و توسعه روزافزون زمین و منابع آبی تهدیدی برای تشدید مشکلات موجود فرونشست زمین و ایجاد بحران جدید است. در بسیاری از مناطق خشک جنوب غربی، و در مناطق مرطوب تر که در زیر سنگ هایی با قابلیت انحلال بالا مانند سنگ آهک، گچ، یا نمک قرار دارند، فرونشست زمین یک پیامد زیست محیطی است که اغلب نادیده گرفته می شود (By Water June 5, 2018،Science School).

–در تحقیقی که توسط موسسات منابع آب ومحیط زیست وژئو محیط زیست چین در دشت کانگدونک (دشت چین شمالی)انجام شده ، نشان می دهد که فرونشست زمین عمدتا ناشی ازبرداشت بی رویه از منابع آبهای زیر زمینی بوده است که باعث آسیب های شدید به شبکه حمل ونقل،خدمات عمومی وسایر زیرساخت های عمرانی شده است.منطقه فرونشست زمین در دشت کانگدونک ارتباط زیادی با برداشت آب برای آبیاری کشاورزی دارد(2022،…&Haipeng1. 2 Guo www.frontiersin.org).

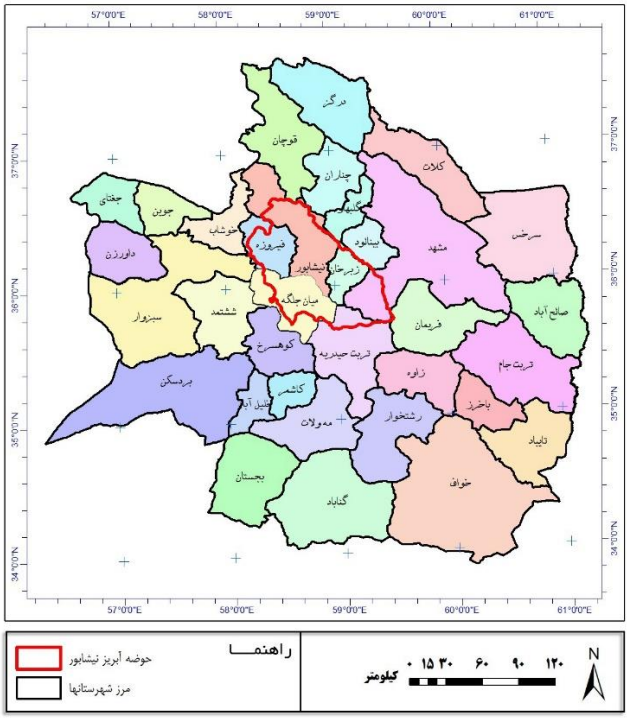
درمقابل دیدگاه فوق، دیدگاه دیگرایجاد فرونشست را به عوامل زمین ساخت (تکتونیک) مرتبط می داند . در این مورد می توان به مطالعات زیر اشاره کرد:از جمله افرادی هستند که نسبت به این موضوع ابراز تردید کرده و معتقدند علت اصلی فرونشست می تواند شامل مولفه های دیگری چون اکتیو تکتونیک و گسل ها نیز باشد. پورخسروانی و همکاران (۲۰۱۲)معتقدند که فرونشست دشت ها در یک سیستم تعادلی و همزمان با پدیده بالاآمدگی در ارتفاعات مجاور آنها صورت می گیرد . آیدین وهمکاران (۲۰۰۹)،در مطالعه فرونشست دربرخی مناطق کشوراندونزی که دارای نرخ نشست ۲۰–۲۵ سانتیمتر در سال می باشد، خاک های با تراکم پذیری بالا ونشست های تکتونیکی را عامل اصلی فرو نشست در این منطقه عنوان کردند. ماتینز وهمکاران (۲۰۱۳) اعلام کردند که نفوذ سریع در یک آبخوان نیمه اشباع منجر به نشست زمین ،توسعه مناطق از پیش شکسته موجود وایجاد ترک های جدید می شود.اگر یک لایه رس در شکستگی موجود باشد مانند سدعمل کرده ومانع نفوذ از طریق شکستگی می شود.شدت نفوذ به ارتفاع آب ،عرض شکستگی ونفوذ پذیری شکستگی بستگی دارد (سپهر ،۱۳۹۶: ۶۲). همانگونه که مشاهده می شود اکثر محققان معتقدند علت فرونشست در دشت های

رسوبی بواسطه برداشت بی رویه ازآب سفره های زیر زمینی است و پاره ای به تاثیر فعالیت های تکتونیکی جنبا و تنها معدودی هم عامل اصلی در ایجاد این پدیده را تکتونیک جنبا ودر تعامل با بالا آمدگی های مجاورتی می دانند.

۲- مواد وروش ها

۲-۱- معرفی محدوده تحقیق

حوضه آبریز دشت نیشابور جزئی از حوضه آبریز کویر مرکزی ایران (کویر نمک با دشت کویر) است،این حوضه در طول جغرافیایی ´۱۷-°۵۸تا´۳۰-°۵۹درجه شرقی وعرض جغرافیایی ´۴۰-°۳۵ تا´۳۹-°۳۶ شمالی واقع شده است که از شمال به خط الراس ارتفاعات بینالود، ازشرق به بلندیهای لیلا جوق و یال پلنگ واز جنوب به تپه ماهورهای نیره بند، سیاه کوه و کوه نمک واز غرب به حوضه آبریز دشت سبزوار محدود می شود (ولایتی ، توسلی، ۱۳۷۰). وسعت کل حوضه آبریز دشت نیشابور حدود ۷۳۳۰ کیلومتر مربع می باشد که ۳۱۶۰ کیلومتر مربع آن را ارتفاعات و ۴۱۷۰ کیلومتر مربع را دشت تشکیل می دهد. بلندترین نقطه در ارتفاعات بینالود واقع در شمال شرقی دشت بوده که از سطح دریا ۳۳۰۰ متر ارتفاع دارد،منابع آبی موجود در دشت نیشابور شامل:رود ها،قنات ها،چشمه ها،وچاه ها هستند. چاهها منبع اصلی تامین آب مورد نیاز منطقه بوده که از آبخوان دشت نیشابور تغذیه می شوند.



نقشه شماره(۱)-موقعیت محدوده تحقیق در استان خراسان رضوی

۲-۲-روش کار

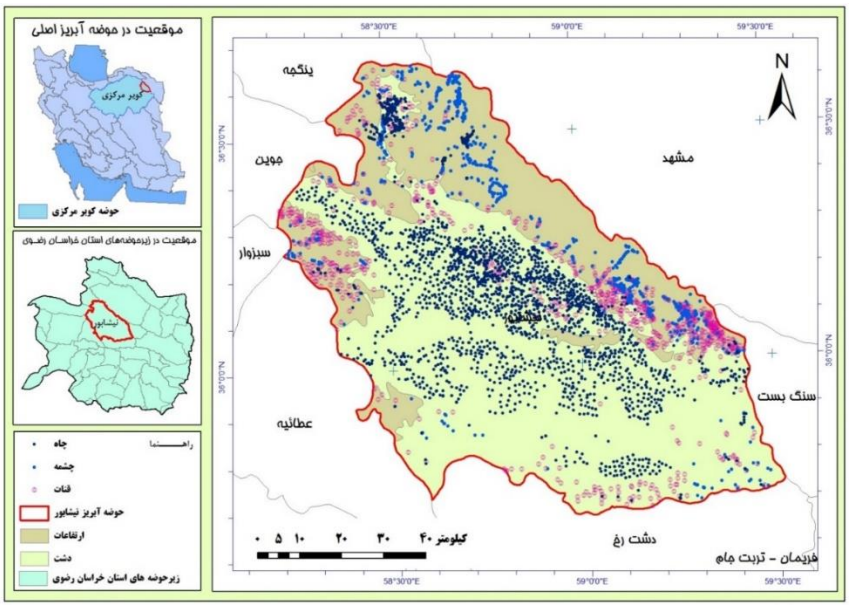
روش تحقیق در این پژوهش به صورت پیمایشی،توصیفی-تحلیلی واسنادی می باشد،در مرحله اول با استفاده ازاطلاعات اداره منابع آب شهرستان نیشابور آمارمربوط به سفره های آب زیر زمینی وآب های سطحی اخذ گردید ،سپس با استفاده ازاطلس فرونشست دشت نیشابور که ازتصاویر ماهواره ای **sentinel** توسط سازمان نقشه برداری کشور درسال۱۳۹۷ تهیه شده است به بررسی فرونشست زمین دراین دشت پرداخته شد، تصاویر مورد استفاده حاصل پردازش ۵۶ تصویر ماهواره سنتینل از اکتبر ۲۰۱۴ تا دسامبر ۲۰۱۷به روش تداخل سنجی راداری دهانه ترکیبی Interferometric Synthetic Aperture Radar (INSAR)می باشد، اساس این روش، اندازه گیری تفاضلی فازهای تصاویر رادار اخذشده از یک منطقه در زمان های متفاوت است. تعداد زوج تصاویراستفاده شده برای پردازش۳۲۰ زوج است که حجم پردازش بسیار بالایی را شامل می شود و نتایج پردازش نیز از دقت حدود ۱ سانتی متربرخوردار است. برای اعتبارسنجی نتایج روش تداخل سنجی راداری از سری زمانی ایستگاه دائمی GPS نیشابور و مسیر ترازیابی دقیق BCBK شامل ۳۱ ایستگاه و به طول حدود۶۷ کیلومتر، استفاده شده است. همچنین دراین پژوهش با استفاده از نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ ونقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ،آمار واطلاعات منابع آب های زیر زمینی، وضعیت آبخوان محدوده تحقیق مورد بررسی قرار گرفته وسپس با انجام بازدیدهای میدانی به شناسایی منطقه به لحاظ پدیده فرونشست زمین واثرات آن بر مناطق روستایی پرداخته شده است.

۴- یافته های تحقیق

دشت نیشابور دارای ۱۰۰ مسیل و رودخانه فصلی و ۲۰ رودخانه دائمی است که از ارتفاعات شمالی و جنوبی دشت سرچشمه می گیرند. مهمترین جریانات سطحی ارتفاعات بینالود شامل : رودخانه های ملاغون، بار، خرو بزرگ واندر آب و ...می باشد که این جریانات در نهایت به کال شور می پیوندند. رودخانه هایی که از ارتفاعات جنوب و جنوب شرقی حوضه سرچشمه می گیرند مانند کال سیاه، بازه خور، حصار به یکدیگر پیوسته و کال شور را بوجود می آورند.

برمبنای آخرین آمار برداری در سال۱۴۰۱میزان تخلیه آب های زیرزمینی از طریق ۳۴۶۶حلقه چاه عمیق ونیمه عمیق، ۹۸۸ دهنه چشمه و ۸۹۳ رشته قنات ،۲۰ رودخانه دائمی با مجموع برداشت ۵۴۲/۹میلیون متر مکعب منبع تامین کننده آب مصرفی سه شهرستان نیشابور ،فیروزه،زبر خان هستند .براساس ایستگاه سینوپیک شهرستان نیشابور در سال آبی (۱۴۰۱-۱۳۹۹)میزان بارش معادل ۸۶ میلیمتر بوده که این میزان به حدی نبوده تا در زمین نفوذ ومنابع زیر زمینی را تغذیه کند به همین دلیل هم اکنون تغذیه منابع آب زیر زمینی در دشت نیشابور نزدیک به صفر است، میانگین۳۰ ساله بارش نیشابور برابر۲۵۱/۹ میلیمتر است که در این مورد شاهد کاهش ۶۶ درصدی بارش درسال جاری هستیم. این کاهش نزولات جوی ظرف ۷۰ سال اخیر بی سابقه بوده است(خجسته پور ،۱۴۰۱). میزان تخلیه وبرداشت از منابع آب در مناطق مختلف حوضه به میزان متفاوتی بستگی به ضخامت

آبرفت دارد. ضخامت آبرفت در غرب دشت ۸۰ متر ودر شهرنیشابور حدود ۷۵ متر، در جنوب شرق ۵۰متر، در شمال شرق ۱۸۰ متر ودر اراضی باغرود وسالاری حدود ۲۰۰ متر می باشد. مساحت آبخوان زیرزمینی دشت نیشابور ۲۵۶۰ کیلومتر مربع و آورد آب رودخانه ها به آن ۲۳۰ میلیون متر مکعب برآورده شده است. برداشت از منابع آبی حوضه عمدتا توسط چاه ها صورت می گیرد ، در نتیجه با توجه به آمار میزان آبی تخلیه سالانه چاه ها که از سازمان آب منطقه ای شهرستان اخذ شده است ،کمترین میزان تخلیه ۴۰۰ الی ۶۰۰ هزار متر مکعب در سال بوده که عمدتا از منابع آبی قسمت های شرقی و مرکزی دشت برداشت می شودو بیشترین میزان برداشت از منابع آبی دشت، به میزان تخلیه بیش از ۲ میلیون متر مکعب در سال از منابع آبی قسمت های غرب وجنوب غربی حوضه استخراج گردیده است. به طور کلی شاهد تفاوت میزان بحران در نقاط مختلف دشت هستیم ودر کل هیچ قسمت از دشت خالی از بحران نمی باشد وفقط میزان آن در نقاط مختلف منطقه متفاوت است. بررسی ها نشان می دهد که شدت بحران در۲۳ درصد از منطقه در حد بحران کم است که عمدتا مناطق شرقی وبویژه شمال شرق را در بر می گیرد، در این قسمت میزان نفوذپذیری پایین ودر عوض میزان بارش بالا است، اما میزان تخلیه از منابع آبی، میزان افت وتبخیر نیز پایین می باشد، الگوی کشت در این منطقه نیز نیاز آبی کمی دارد. این عوامل مجموعا در پایین نگه داشتن میزان بحران در منطقه بسیار موثر بوده است. از قسمت شمال شرق دشت هرچه به قسمت های شرق وجنوب حوضه حرکت کنیم، میزان تبخیر زیاد ومیزان بارش کمتر می شود. در قسمت های جنوبی ، میزان تخلیه نیز بیشتر می گردد، ولی با توجه به نوع الگوی کشت نیاز آبی پایین در این مناطق بحران آب در حد متوسط بر آورد شده است که این محدوده ۴۶ درصد از حوضه را در برمی گیرد. بیشترین شدت درجه بحران در قسمت های جنوبی وغربی دشت برآورد شده است که ۳۱ درصداز وسعت حوضه را شامل می شود. در این مناطق بیشترین تخلیه از منابع آب صورت می گیرد که گرچه میزان نفوذ پذیری بالایی دارند ولی چون نوع الگوی کشت که همراه با کشت گیاهان زراعی وباغی با نیاز بالای آبی است ،باعث تشدید بحران آب در این مناطق شده است (فرج زاده اصل،۱۳۸۵ :۲۳۲).



نقشه شماره(۲)- توزیع منابع آب زیرزمینی در دشت نیشابور(یزدانیان،۱۳۹۲)

جدول شماره(۱) –تعداد منابع آب زیرزمینی ومیزان تخلیه به تفکیک نوع منبع آبی طی سالهای ۱۴۰۱-۱۳۶۸

(تخلیه:میلیون متر مکعب)

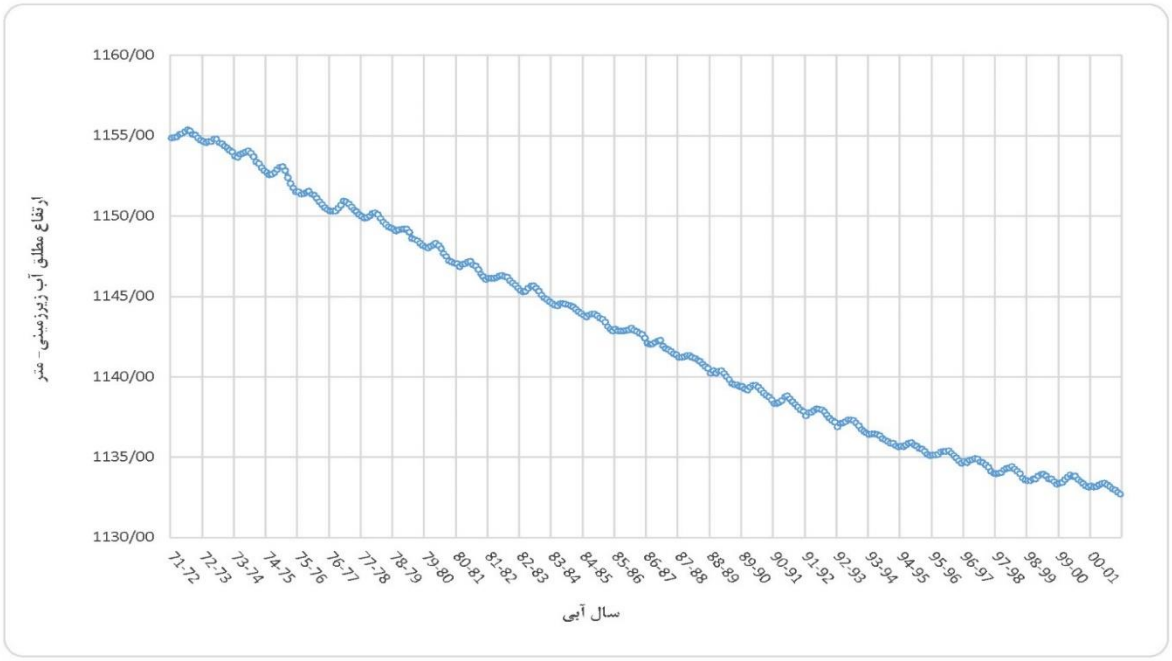
نوع منبع آب	چاه		قنات		چشمه		تعداد کل منابع آبی	مجموع تخلیه سالانه m/m3
سال	تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه	---	---
۱۳۶۸	۱۸۲۸	۶۷۰/۵	۱۰۳	۱۴/۴	۶۲۰	۱۰۶/۱	۲۵۵۱	۷۹۱
۱۳۸۱	۲۵۸۹	۹۹۵	۹۳۰	۶۱/۱	۹۱۴	۱۱۹/۳	۴۴۳۳	۱۱۷۵/۴
۱۳۹۶	۲۷۰۴	۵۲۳	۹۲۴	۴۹/۸	۱۰۸۴	۱۵/۲	۴۷۱۲	۵۸۸
۱۴۰۱	۳۴۶۶	۴۲۸/۸	۸۹۳	۸۴/۱	۹۸۸	۳۰	۵۳۴۷	۵۴۲/۹

ماخذ: سازمان آب منطقه ای شهرستان نیشابور -۱۴۰۱

با توجه به جدول شماره (۱) مشاهده می شود که طی چهاردوره آمار برداری طی ۳۳ سال (۱۴۰۱-۱۳۶۸) ضمن افزایش۱۶۳۸ حلقه چاه عمیق ونیمه عمیق ، میزان تخلیه ۲۴۱/۷میلیون متر مکعب کاهش داشته است که علت آن اثرات خشکسالی های چند دهه اخیر بر منابع آب می باشد که علیرغم افزایش تعداد چاه ها میزان برداشت از منابع آب های زیرزمینی به علت افت سفره آب زیر زمینی کاهش نشان می دهد. افزایش تعداد و تخلیه قنوات در آمار برداری سال ۱۳۸۱ نسبت به دوره های قبل به دلیل شناسایی و آمار برداری قنوات واقع در کوهپایه ها و به خصوص چشمه قنات ها می باشد که این تعداد در آمار برداری سال۱۴۰۱ کاهشی برابر۳۷ رشته قنات را نشان می دهد. افزایش تعدادچشمه هادر سال۱۳۹۶ ، ناشی از آمار برداری چشمه هایی با دبی کم وناچیز می باشدکه در سال۱۴۰۱ این تعدادبه۹۸۸ دهنه چشمه کاهش یافته است. افزایش تعداد و تخلیه بیش ازحد منابع آب زیرزمینی دشت نیشابورازطریق چاه های بهره برداری طی سالهای ۱۳۶۸ الی ۱۴۰۱بیانگر اعمال استرس وکسری مخزن غیرقابل جبران طی سالهای اخیر می باشد. این درحالی است که به سبب عدم نظارت بر بهره برداری و حفر چاه های غیر مجاز کم عمق در دشتهای سیلابی رودخانه ها و مسیل های ورودی به دشت، حجم زیادی از مولفه های تغذیه آبخوان به سطح زمین کشانده و مورد استفاده کشاورزی قرار می گیرد، که این امر تنش وارده را تشدید نموده است.

منابع آب زیرزمینی دشت نیشابور عمدتا شامل آبهای ذخیره شده در خلل وفرج رسوبات آبرفتی کواترنر (Qt2) است که آبخوان آزاد منطقه را تشکیل داده است، آبخوان این دشت عمدتا از طریق مخروط افکنه ها وسیلاب ها، مسیل های ورودی از ارتفاعات شمالی حوضه آبریز تغذیه می گردد. استحصال آب زیرزمینی نیز عمدتا از طریق چاه های عمیق صورت می گیرد. تخلیه سازندی حوضه آبریز نیز ازطریق چشمه های ظهور یافته و از سازندهای سخت در ارتفاعات شمالی صورت می گیرد. برداشت بیش از حد منابع آب سبب افت زیاد سطح آب زیرزمینی شده وپیامدهایی از قبیل نشست سطح زمین وافت کیفی آب را در پی داشته است (لشکری پور،بی تا:۱۰۸۵). نمودارشماره (۱) میزان افت سطح آب زیرزمینی در دوره ۳۰ ساله (۱۴۰۱-۱۳۷۱) رانشان می

دهد همانگونه که مشاهده می شود در سال آبی۱۳۷۲-۱۳۷۱ ارتفاع مطلق آبهای زیر زمینی برابر۱۱۵۵ متر بوده است در حالیکه این میزان طی سالهای مختلف به تدریج افت کرده به حدی که درسال۱۴۰۱ این رقم به ۱۱۳۰متر یعنی معادل ۲۵- متر افت نشان می دهد وبه عبارتی هر ساله حدود ۸۳ سانتی متر سطح ایستایی آب پایین رفته است.



نمودار شماره(۱)- آبنمود محدوده مطالعاتی در دشت نیشابورطی سالهای۱۴۰۱-۱۳۷۱

۱-۴-مصرف کنندگان اصلی آب های زیرزمینی

نتایج بررسی ها نشان می دهد که از کل منابع آب در سال ۱۴۰۱-۱۳۹۹ که معادل ۵۹۶ میلیون متر مکعب بوده در حدود ۸۶/۵ درصد آن در بخش کشاورزی و زیر مجموعه آن به ویژه زراعت و باغداری مصرف گردیده است. جدول شماره (۲) میزان مصرف آب در بخشهای مختلف از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی را نشان می دهد.

جدول شماره (۲) مصارف آب کشاورزی، شرب و بهداشت، صنعت و خدمات از منابع آب های سطحی وزیرزمینی

مصارف	سطحی m/m3	درصد	زیرزمینی m/m3	درصد	جمع کلm/m3	درصد
کشاورزی	۳۵/۱	۹۳/۱	۴۸۰/۲	۸۶	۵۱۵/۳	۸۶/۵
شرب و بهداشت	۰/۱	۰/۲	۶۱/۷	۱۱	۶۱/۸	۱۰
صنعت و معدن	۲/۴	۶/۴	۷/۱	۱/۲۷	۹/۵	۱/۸
خدمات	۰/۱	۰/۲	۹/۳	۰/۷	۹/۴	۱/۶
جمع کل	۳۷/۷	۱۰۰	۵۵۸/۳	۱۰۰	۵۹۶	۱۰۰

ماخذ: شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی —۱۴۰۰

مصرف کننده اصلی در سطح محدوده تحقیق ، بخش کشاورزی با ۵۱۵/۳ میلیون مترمکعب (۸۶/۵ درصد) ، بخش شرب و بهداشت با ۶۱/۸ میلیون متر مکعب (۱۰ درصد) وصنعت و معدن با ۹/۵ میلیون متر مکعب (۱/۸درصد)، بخش خدمات ۹/۴میلیون متر مکعب (۱/۶درصد) مصرف کنندگان اصلی از منابع آب زیرزمینی وسطحی محسوب می شوند، علاوه براین ۵۳/۱ میلیون متر مکعب از آب برگشتی دربخش های مختلف نیزاستفاده می شود، طی چند سال گذشته در نیشابور دربخش کشاورزی گرایش الگوی کشت از زراعت به محصولات باغی تغییر کرده و باعث افزایش چندبرابری مصرف آب در بخش کشاورزی شده است. در بخش زراعت برای هر هکتار زمین چهار تا پنج نوبت نیاز به آبیاری دارد، اما همین مقدار زمین اگر تبدیل به باغ شود دوره آبیاری آن بین ۱۲ تا ۱۵ نوبت خواهد بود و در نیشابور هم با تبدیل اراضی کشاورزی از زراعی به باغی میزان مصرف آب در بخش کشاورزی افزایش یافته و مدیریت مصرف آب تحت تاثیر جاذبه‌های اقتصادی کم‌رنگ شده است. با توجه به اینکه بخش کشاورزی بزرگترین مصرف کننده آب تجدید شونده در منطقه است ، لذا با کاهش مصرف وتغییر الگوی کشت وگرایش به کشتهایی با نیازآبی کم می توان در این بخش تا حد زیادی به تعادل بین سیستم عرضه و تقاضای آب امیدوار بود. هم زمان، افزایش سرمایه گذاری در بخش صنعت و انتقال فعالان بخش کشاورزی به این بخش، راهی برای تضمین ثبات اقتصادی خانوارهای این منطقه می باشد. در این سناریو فرض می شود سالانه یک درصد از سطح زیر کشت اراضی آبی کاهش یافته تقاضای کشاورزی در اختیار بخش صنعت قرار داده می شود. در این صورت با وجود اینکه مقدار کل تقاضا تغییر زیادی می کند. ولی به دلیل اینکه آب برگشتی از صنایع نسبت به کشاورزی بیشتر است. می توان گفت که بطور کلی در مصرف آب صرفه جویی خواهد شد. میانگین مصرف آب هر هکتار از اراضی کشاورزی در دشت نیشابور سالانه در حدود ۱۲۵۹۰ مترمکعب ومیانگین مصرف سالانه هر واحد صنعتی حدود ۱۰۳۵۸ متر مکعب است. این بدین معنی است که

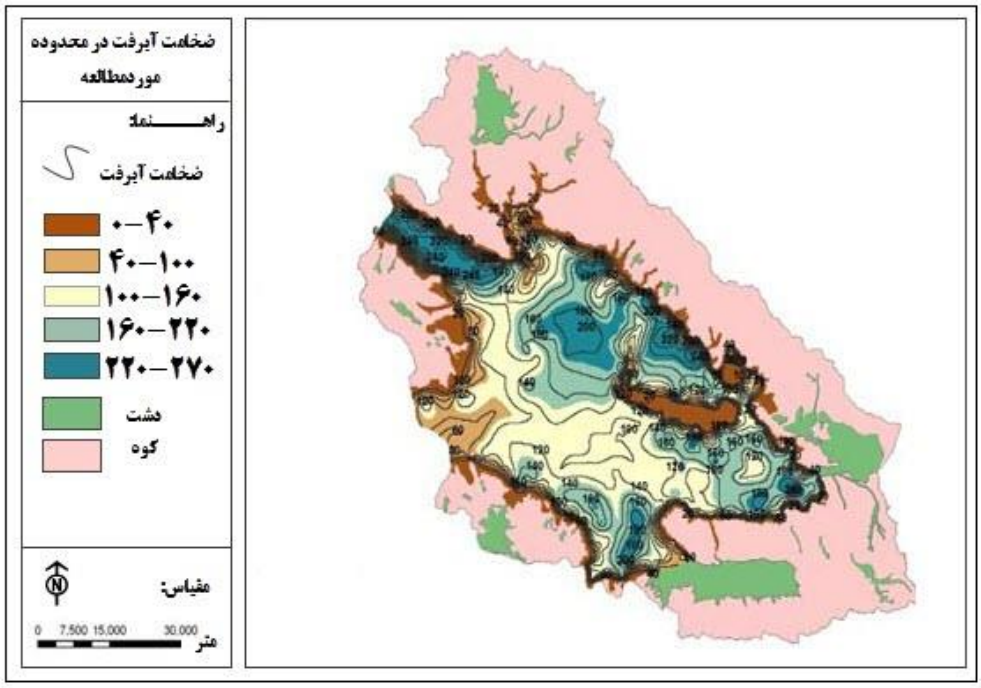
مصرف سالانه آب یک واحدصنعتی برابر با مصرف آب ۰/۸۲هکتار زمین کشاورزی آبی در سال می باشد (کرمانشاهی،۱۳۹۲: ۴۹۹). عدم شناخت صحیح و بهره برداری بی رویه از منابع آب، خسارت جبران ناپذیری مانند افت شدید وغیر قابل برگشت سطح آب زیرزمینی، کاهش دبی چاه ها و قنوات، تغییرات الگوی جریان آب زیرزمینی مانند پیشروی جبهه های آب شوروتداخل آبهای شوروپدیده فرونشست را به دنبال خواهد داشت.

۲-۴-ارتباط پدیده فرونشست زمین با کاهش سطح آب های زیر زمینی

با بررسی نقشه منحنی های هم عمق سطح آب زیر زمینی دشت نیشابور مشاهده می شود که سطح برخوردبه آب در نقاط مختلف دشت متفاوت بوده، کمترین این عمق درحدود ۱۰ متر وحداکثر ۱۳۵ متر در قسمت های جنوبی حوضه است. حرکت آبهای زیرزمینی در حوضه نیشابور از سمت ارتفاعات شمالی (بینالود) وارتفاعات جنوبی به طرف کالشور ومقطع خروجی انتهایی دشت در جنوب غربی منطقه (حسین آباد جنگل) است (فرج زاده اصل،۱۳۸۵ :۲۲۰).تحقیقات نشان می دهد که کمترین میزان افت (کمتر از ۱۰ متر) در حوالی روستاهای مازول، قلعه نو جمشید است ودر دو منطقه این حوضه در قسمت غربی و همچنین قسمت مرکزی متمایل به جنوب حوضه میزان افتی بیش از ۳۰ متر در طی دوره آماری ۱۴۰۱-۱۳۹۶مشاهده می شود که در این مناطق بیش از ۸۰ درصد چاه های مورد بهره برداری، میزان تخلیه بیش از ۱ میلیون متر مکعب در سال را دارند ودر منطقه دوم، نفوذپذیری پایین آن مزید بر علت شده است. بطور کلی ضخامت آبرفت در غرب دشت ۸۰ متر ودر شهرنیشابور حدود ۷۵ متر، در جنوب شرق ۵۰ متر، در شمال شرق ۱۸۰ متر ودر اراضی باغرود و سالاری به ۲۰۰ متر می رسد (سازمان آب منطقه ای شهرستان نیشابور).

از پیامدهای منفی اضافه برداشت های مستمر از منابع آبی دشت نیشابور پایین افتادن عمق سطح برخورد به آب زیرزمینی در این دشت است، معمولا آب های زیرزمینی در دشت‌ها لابه‌لای ذرات شن و ماسه قرار دارند که آبرفت را تشکیل می‌دهند، وقتی سطح آب پایین می‌رود و برای چندین سال این اتفاق می‌افتد، آرام آرام فضای خالی که در گذشته با آب پر شده بود به تدریج با هوا پر شده به ذرات ریزودرشت فشار وارد می‌کند، کم کم آن فضای خالی توسط ذرات ریز پر می‌شود و شاهد این هستیم که دشت دچار فرونشست می‌شود، این فرونشست به دلیل این است که ذرات ریز خرد و میان ذرات درشت جای می‌گیرند. نتایج تحقیقات در سالهای متمادی نشان می دهد، سطح برخورد به آب تقریبا در تمام چاه های دشت از سال آبی ۷۷-۷۶ نسبت به سال آبی ۸۱-۸۰ در حدود ۲ متر افت داشته وحتی در بعضی از چاه ها این میزان افت به ۱۰ متر نیز رسیده است (منبع پیشین: ۲۲۱). براساس آمارسازمان آب منطقه ای شهرستان نیشابورسطح برخورد به آب درسال ۱۴۰۱برابر۱۳۰متر بوده است. با توجه به حجم بارش ها در سال آبی ۱۳۹۹ – ۱۳۹۸ میزان بارش در دشت نیشابور ۱۲۵میلیمتر بوده که حدود ۵۰درصد از میانگین بارش بلند مدت کمتربوده است و در سال آبی ۱۴۰۰ – ۱۳۹۹ این میزان به ۱۹۲میلیمتر رسید که حدود ۲۰درصد از میانگین بارش بلندمدت کمتر بوده است و در سال آبی ۱۴۰۱ – ۱۴۰۰ میزان بارش‌ها ۴۰درصد از میانگین بارش بلند مدت کمتر بوده است به همین دلیل طی سالهای ۹۹و۹۸ میزان کسری مخزن آبی دشت نیشابور به ترتیب ۱۲۵ و ۷۸میلیون مترمکعب برآورد شده است و در سال آبی ۱۴۰۰ – ۱۳۹۹ براساس آمار اعلام شده از طرف شرکت آب منطقه ای این میزان به ۴۲میلیون

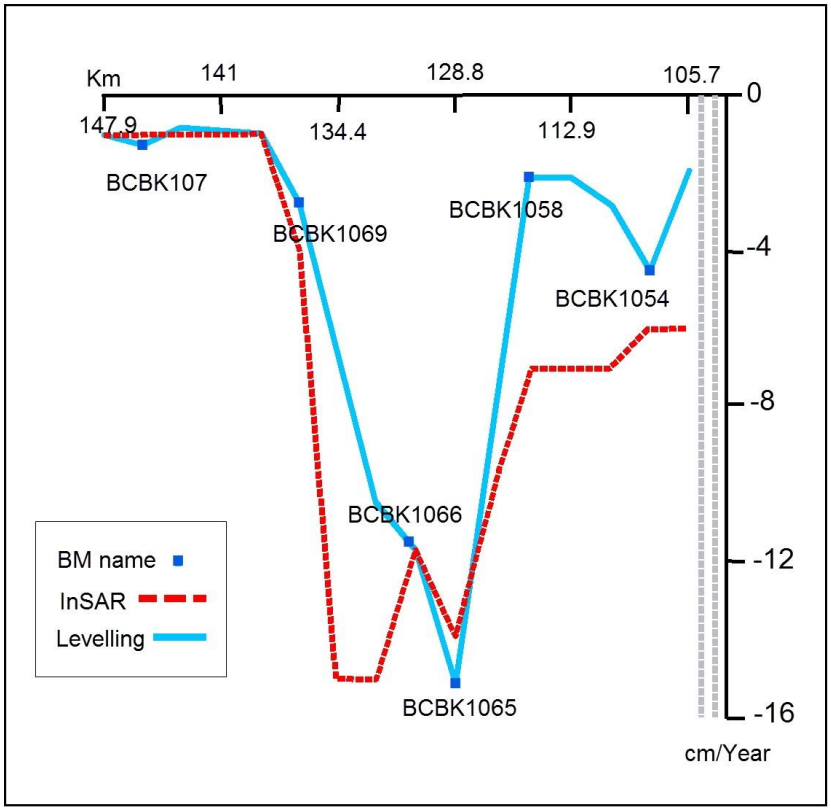
مترمکعب رسیده است، اما در سال آبی ۱۴۰۱ – ۱۴۰۰ دوباره این‌میزان به ۱۰۵میلیون مترمکعب رسید.به طور کلی کسری مخزن بلند مدت ۱۲۹/۵۵ –میلیون متر مکعب درسال برآورده شده است (شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی–۱۴۰۰).



نقشه شماره (۳)– ضخامت آبرفت درمحدوده مورد مطالعه

از دیگر پیامدهای افت سطح آب ایجاد شکافهای عمیق ،حفره ای وطولی می باشد، به طور کلی شکافهای طولی با زمینهای در حال نشست مرتبط هستند، طبق گزارشات موجود اولین شکاف ها از سال۱۳۸۲ در دشت نیشابور ودر محدوده روستای بازوبند در جنوب شهر فیروزه مشاهده شده است(شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی،۱۳۸۷). در سال های بعدنیز درسایر مناطق دشت شکاف هایی با طول وابعاد مختلف ایجاد شده است. با توجه به شواهد و مطالعات میدانی مهمترین سازوکار ایجاد و گسترش ترکها و شکافهای محدوده تحقیق را می توان به نشست قسمتی از آبرفت دانه ای فاقد چسبندگی ناشی از افت سطح آب زیرزمینی نسبت داد و به دنبال آن ترک خوردگی و سپس شسته شدن خاک درون شکاف را بر اثر جاری شدن آبهای سیلابی و روانابها در نظر گرفت، دراثر برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی دردشت نیشابور ترک هایی به طول حداکثر ۷۰ کیلومتر و متوسط ۳۰ کیلومترایجاد شده، آبخوان زیرزمینی این دشت دچار شکستگی شده و توان ذخیره آن کاهش یافته است. بررسی های انجام شده، حاکی از آن است که شکاف های اصلی ایجاد شده در دشت دارای امتداد تقریبا شمالی – جنوبی بوده وبه طول چندین کیلومتر از شمال روستای بازوبند شروع شده وتا روستای اردمه قابل تعقیب می باشد. این شکافها ناشی از افت سطح ایستابی بوده ودر اکثر موارد در امتداد یک خط اثر سطحی خود را بر روی سطح زمین نشان داده است. البته در حد فاصل این دو روستا در محدوده گسل در سطح زمین شکاف مشاهده نمی گردد که عمدتا به دلیل از بین رفتن آثار آن توسط کشاورزان به دلیل قرارگیری در

زمین های کشاورزی بوده است، محل تشکیل این شکاف احتمالا از یک گسل قدیمی در پی سنگ تبعیت می کند. حداکثر عمق مشاهده شده در شکافهای این محدوده حدود ۴ متر است، معمولا پس از بارندگی با عملکرد فرسایش آبی این شکافها عریض تر می شوند. در شرق شهر عشق آباد در جنوب شهر نیشابور نیز شکاف هایی مشاهده می گردد، این شکاف ها در محدوده ای به شعاع حدود یک کیلومتر و در جهات مختلف مشاهده می گردد، علت تشکیل این شکاف ها نیز افت سطح آب زیرزمینی است ،البته در ایجاد این شکاف برخلاف شکاف قبلی گسل نقش ندارد وتنها راه حل این وضعیت کاهش برداشت آب از مخازن آب زیرزمینی تا شعاع ۱۰ کیلومتری محل شکست زمین است. حتی اگر در سالهای آینده نیز از وضعیت خشکسالی خارج شویم به دلیل نابودی مخزن آب امکان ذخیره آب زیرزمینی فراهم نخواهد شد،زیرا زمانی که آب های زیرزمینی بیش از حد تخلیه شوند فضای خالی بین سفره های زیر زمینی کم کم بسته شده و زمین نشست می کند این موضوع باعث می شود دیگر آبهای باران وبرف نتوانند به عمق رسیده و دوباره سفره ها را سیر آب کنند.(جمشیدی،۱۳۹۷)



نمودار شماره (۲) –نرخ فرونشست زمین در مسیر نیشابور از طریق اندازه گیری ترازیابی دقیق **(LEVELLING)**درطی سال های ۲۰۱۴–۲۰۱۷

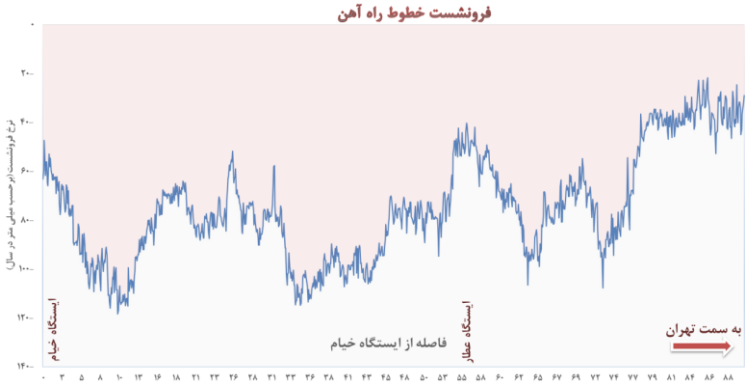
–نرخ فرونشست زمین در مسیرنیشابور از طریق INSAR

۳–۴–اثرات فرونشست زمین بر مناطق روستایی محدوده تحقیق

با بررسی تصاویر ماهواره ای وانطباق آن بر مناطق روستایی محدوده تحقیق مشاهده می شود مناطقی که قطب کشاورزی وصنعتی منطقه محسوب می شوند، بیشترین مصرف کننده منابع آبی بویژه آبهای زیر زمینی بوده ودر حین حال بیشترین اثرات فرونشست در همین مناطق رخ داده است. نتایج بررسی ها ی میدانی بیانگر آنست که اثرات فرونشست زمین در مناطق مختلف دشت متفاوت بوده که علت آن میزان بهره برداری ازمنابع آب های زیرزمینی ، جنس زمین و ضخامت آبخوان و... بوده است. فرونشست در زمین‌های کشاورزی دلیلی جز الگوی کشت نادرست و استفاده بیش از حد سفره های آب زیرزمینی ندارد، در پی این اتفاق عمدتاً زمین های کشاورزی تا شعاع بزرگی در اطراف شکاف، از بین خواهند رفت. ایجاد فرونشست درزمین های کشاورزی می‌تواند سبب تخریب یا غیرقابل استفاده شدن چاه‌های اطراف شود، همچنین به دلیل تغییراتی که در تراکم بافت زمین ایجاد می‌شود، ممکن است تخریب زیادی در زمین‌های اطراف خود به وجود آورد. شکاف های ایجاد شده در دشت نیشابور عمدتا شمال وشمال غربی بوده گرچه در جهت شمال شرقی نیز شکاف هایی شناسایی شده است. به طور کلی در دوبخش عمده شکاف های شرقی (غرب وشرق روستای بشرو،قبل از مسجد چوبی واطراف روستای کاریزک) وغربی (شکاف های حاشیه روستای بازوبند)شناسایی شده اند.از نظر سنی گسترش وایجاد این شکاف هابا هم دیگر متفاوت می باشند.شکاف های اطراف روستای بازوبندی از حدود۲۴ سال پیش ایجاد شده است در صورتی که شکاف های اطراف روستای کاریزک حدود۱۴ سال پیش ایجاد شده ودر سال های بعد گسترش یافته است، شکاف های اطراف روستای بشرو ومسجد چوبی در ۱۱سال اخیر ایجاد شده اند.با توجه به جدول شماره (۳) مشاهده می شود که در محدوده روستای بشروغربی مشکلات ناشی از فرونشست زمین باعث بلا استفاده شدن زمین های کشاورزی به دلیل ناتوانی در آبیاری، تغییر شیب طبیعی زمین، قطع مسیر رشته قنوات، نزدیک شدن به قنات بیخج،آسیب به جاده های ارتباطی، قطع خطوط انتقال انرژی، آسیب به منازل مسکونی شده است در حالیکه اثرات فرونشست زمین درقسمت شرقی روستا با توجه به طول آن که ۶۰۰وعمق ۲متر بوده اثرات مخرب تری داشته که منجر به قطع قسمتی از لوله انتقال نفت سراسری، نفوذ نفت در آبخوان، پیشروی به سمت ریل راه آهن، تغییر مسیر سیلاب کال که منجر به هدایت سیلاب به سمت روستای جیلو شده است.درروستای کاریزک بخش وسیعی از اراضی زراعی تخریب شده وهمچنین فرونشست زمین درز وترک هایی را دربافت مسکونی روستاایجاد کرده ونیزمنجر به هدایت سیلاب ها به بافت مسکونی شده است .در محدوده روستای بازوبندی فرونشست زمین به طول۱۲ کیلومتروعمق ۶متر منجر به تخریب ۷۰ هکتار از اراضی کشاورزی این محدوده شده است، همچنین به علت ایجاد شکاف امکان انتقال آب به زمینهای زراعی وجود نداردو نیزعمق آبهای زیر زمینی در منطقه از ۳۰ متر به ۱۰۰ متر افزایش یافته است، بررسی ها نشان می دهد،امتداد شکاف ها به سمت شمال غرب درحال گسترش است وهمچنان این پیشروی مخرب ادامه دارد. در روستای حسنی ده تخریب مساکن وایجاد درز وترک،ایجاد شکاف در جاده های ارتباطی، ایجاد شکاف در مزارع ، آبگرفتگی ورانش زمین ازجمله عوارض منفی فرونشست زمین است. در سایر روستا ها ازجمله حقیقه واحمدیه نیز مشکلاتی مشابه مشاهده شده است ازجمله ایجاد شکاف های عمیق درزمینهای زراعی، تغییر مسیر

جریان آب وتخریب زمینهای کشاورزی بوده است. درحال حاضر به دلیل بی توجهی به این پدیده، تعدادی از خانه‌های روستایی قابلیت بهره برداری و سکونت خود را از دست داده اند و مسائلی نظیر مهاجرت، انتقال افراد و ایجاد خانه های جدید بوجود آمده است که هزینه های زیادی را به دولت و مردم تحمیل کرده است .

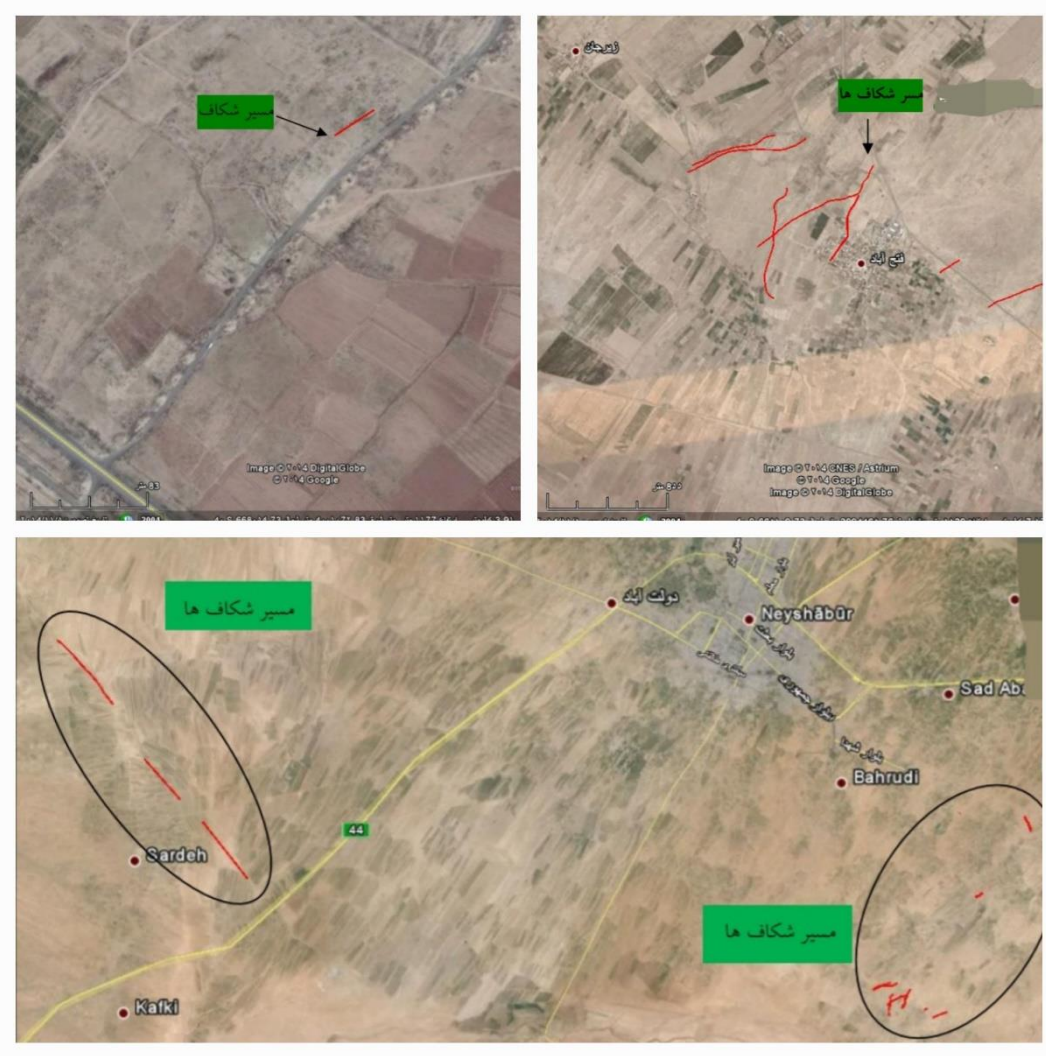
همچنین یکی از مشکلات بسیار حاد دراین زمینه وجود فرونشست در امتداد ایستگاه راه آهن خیام به سمت ایستگاه عطاراست که در نمودارشماره (۳)به تصویر کشیده شده است و همانگونه که ملاحظه می شود، نرخ فرونشست زمین در ایستگاه خیام حدود ۶ سانتیمتر و در ایستگاه عطار حدود ۸ سانتیمتر در سال می باشد، بیشینه نرخ فرونشست نیز در طول این مسیر نزدیک به ۱۲ سانتیمتر درسال محاسبه شده است. جهت بررسی نرخ فرونشست در امتداد بزرگراه مشهد به سمت سبزوار، یک مقطع طولی از حوالی شهر قدمگاه به سمت نیشابور و ادامه آن مورد بررسی قرار گرفته است.با توجه به نمودار شماره(۴) ملاحظه می شود که در اطراف شهر نیشابور نرخ فرونشست نزدیک به ۱۱ سانتیمترو در محدوده شهر قدمگاه حدود ۳ سانتیمتر در سال گزارش شده است .بیشینه نرخ فرونشست نیز در این امتداد حدود ۱۸ سانتیمتر در سال برآورد شده است.



نمودار شماره (۳)- نرخ فرونشست زمین در ایستگاه خیام وعطار نیشابور

نمودار شماره (۴)- نرخ فرونشست زمین در امتداد بزرگ راه مشهد – نیشابور- سبزوار و خطوط آهن

تصاویر شماره (۱)- اثرات فرونشست زمین در دشت نیشابور



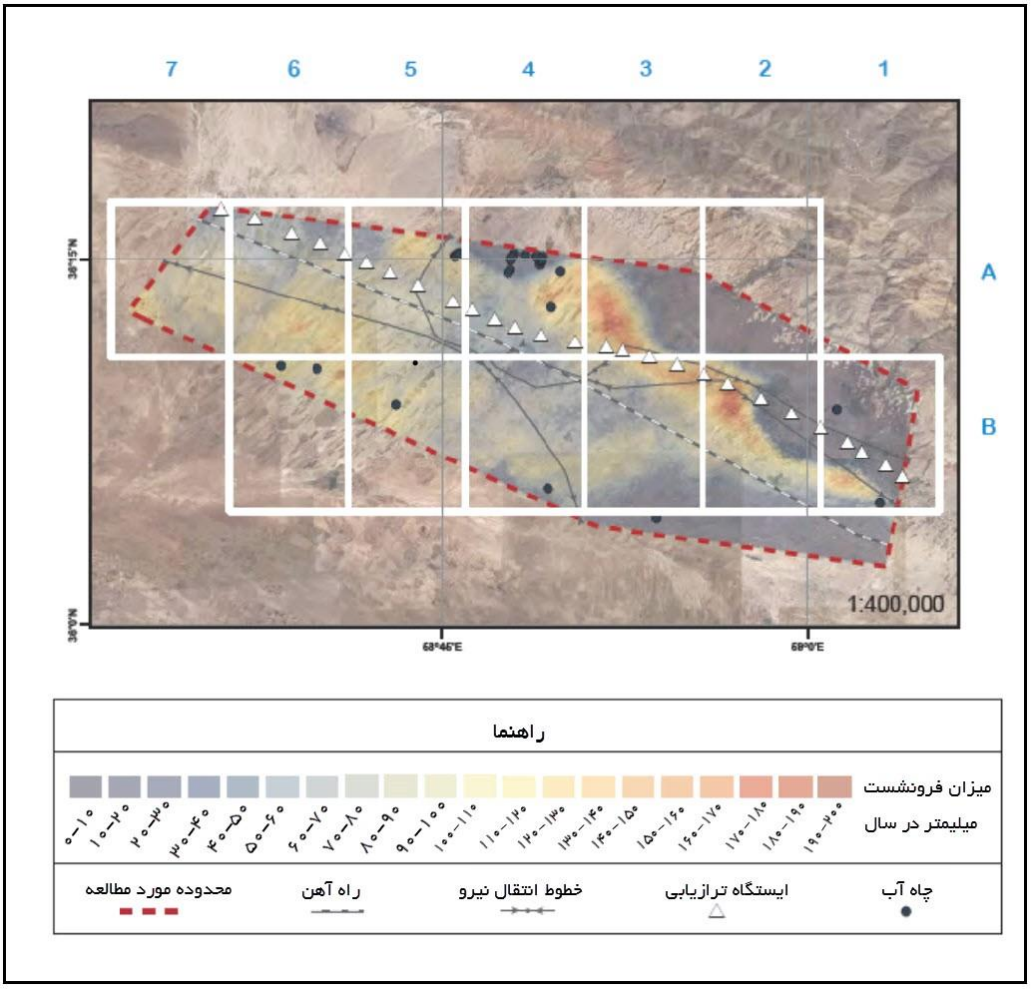
تصاویر ماهواره ای شماره(۲)-شکاف های ایجاد شده دربرخی مناطق دشت نیشابور

جدول شماره (۳)- اثرات پدیده فرونشست زمین در محدوده تحقیق

موقعیت مکانی	اثرات فرونشست
بشرو(قسمت غربی)	-بلا استفاده شدن زمین های کشاورزی به دلیل ناتوانی در آبیاری -تغییر شیب طبیعی زمین - قطع مسیر قنوات - آسیب به جادههای ارتباطی

	-قطع خطوط انتقال انرژی -نزدیک شدن به قنات بیخج - آسیب به منازل مسکونی
بشرو(قسمت شرقی)	-قطع قسمتی از لوله انتقال نفت سراسری -نفوذ نفت در آبخوان -پیشروی به سمت ریل راه آهن - تغییر مسیر سیلاب کال که منجر به هدایت سیلاب به سمت روستای جیلو شده است.
کاریزک	- تخریب زمین های کشاورزی -پیشروی داخل بافت روستا - هدایت سیلاب به داخل منازل روستا
بازوبند	-تخریب ۷۰ هکتاراز زمینهای کشاورزی به علت قطع مسیر توسط شکاف که امکان انتقال آب به زمینهای خود را از دست داده اند . -شکافها در امتداد پل و به سمت شمال غرب گسترده شده و به نظر می رسد در حال گسترش می باشند. -عمق آبهای زیر زمینی در منطقه از ۳۰ متر به ۱۰۰ متر افزایش یافته است.
حسنی ده	- تخریب مساکن وایجاد درز وترک -شکاف در جاده -ایجاد شکاف در مزارع - آبگرفتگی ورانش زمین
حقیقه	-ایجاد شکاف عمیق در زمین های زراعی - تغییر مسیر جریان آب
احمدیه	- تخریب زمین های کشاورزی
مسجد چوبی	- قطع جاده آسفالته
ایستگاه خیام	-نشست زمین در محدوده راه آهن
ایستگاه عطار	-نشست زمین در محدوده راه آهن

منبع: - اطلاعات اخذ شده از تصاویر ماهواره ای سنتینل -مشاهدات میدانی نگارنده



تصویر ماهواره ای شماره(۳)- میزان فرونشست زمین در مناطق مختلف محدوده تحقیق

بحث ونتیجه گیری

نتایج تحقیقات نشان می دهد که به طور متوسط دشت نیشابور سالانه ۱۰/۵ سانتیمتر نشست می کند که در مقایسه با میانگین جهانی این رقم تقریبا ۲۶ برابر بیشتر می باشد. در واقع بهره برداری غیر اصولی ازسفره های آب زیر زمینی دشت نیشابور، باعث بهم خوردگی در آرایش ذرات خاک و کاهش فضای خالی رسوبات شده و در نتیجه فرو نشست زمین را در اکثر نقاط دشت شاهد هستیم. در این پژوهش برای بررسی داده های هیدروگراف واحد ونیز تغییرات به وجود آمده در حجم ذخیره آبخوان دشت نیشابور به استناد داده های آماری با استفاده ازآزمون همبستگی تجزیه وتحلیل ها انجام شده است .شواهد نشان می دهد که سطح ترازآب زیر زمینی در طی دوره آماری(۱۴۰۱-۱۳۷۱) به میزان ۲۵- متر وسالانه معادل (۰/۸۳)متر افت داشته است. مقادیر همبستگی بین دو پارامترافت سطح آب وفرونشست زمین نشان می دهد که همبستگی کامل میان پدیده فرونشست زمین با افت سطح آب های زیرزمینی محدوده تحقیق وجود دارد، به عبارتی سالانه در ازای هر ۸۳ سانتیمتر افت سطح آب های زیر زمینی بطور متوسط ۱۰/۵سانتیمتراز اراضی دشت نیشابورنشست می کند که تبعات آن به صورت شکاف هایی در اراضی زراعی ، تخریب سیستم آبیاری وزهکشی ، سیستم های انتقال

آب و وارد نمودن خسارات به چاههای کشاورزی با پایین آوردن تخلخل آنهاوایستگاه های پمپاژآب های سطحی وچاه های زیرزمینی، تغییر شیب زمین وایجاد مشکلات در شبکه آبرسانی سطحی ونیزتغییر در سرعت وجهت جریان آب زیر زمینی ، آسیب رساندن به سیستم حمل ونقل جاده ای وریلی ،صدمه به محیط زیست مانند:زمین های کشاورزی، ،گونه های گیاهی وجانوری ،فروریختن جداره چاه ها وقنوات وگل آلود شدن آب، ایجاد لرزش های کوچک در اثر ناپایداری زمین وایجاد درز وترک در مساکن روستایی می باشد. مسلما برای کنترل فرونشست زمین،باراهکارهایی چون کاهش مصرف و کنترل برداشت بی رویه از آبهای زیرزمینی، تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها از طریق مهار یا هدایت جریان‌های سطحی و افزایش پروژه‌های آبخیزداری ، اصلاح الگوی کشت، افزایش بهره‌وری در روش‌های آبیاری و تولید محصولاتی با نیاز آبی کمتر، می توان از فرونشست زمین جلوگیری کرد.

پیشنهادات

برای جلوگیری از نشست زمین به دلیل افت سطح آب های زیرزمینی راه حل های زیر مطرح می گردد:

۱- پیشگیری از پمپاژ بی رویه آب و در صورت امکان استفاده از آب های سطحی بجای آب زیر زمینی بویژه در مناطق پایکوهی.

۲- تغذیه سفره های زیرزمینی توسط آب های سطحی ودر صورت امکان انتقال آب از حوضه های مجاور ویا تغذیه توسط فاضلاب شهری خصوصا اگر در نقاط شهری این مشکل وجود داشته باشد.

۳- مطالعه دقیق لایه ها و خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی آن ها.

۴- شناخت مناطق کارستی و بررسی امکان تشکیل سینک هول در محدوده پروژه ها.

۵- پروژه‌های پخش سیلاب یکی از راههایی است که می تواند میزان فرونشست زمین را کمتر کند، به اینصورت که آب‌های حاصل از بارش از طریق کانال‌هایی که به شکل تپه بوده از بالادست به دشت‌هایی که دچار فرونشست هستند منتقل و آب بر سطح دشت پخش می‌شود که با این اقدام حداقل می‌توان جلوی فرونشست زمین را گرفت.

۶-کاهش بهره برداری از منابع آب زیرزمینی (حداقل به میزان ۲۵ درصد) و جلوگیری از برداشت شن و ماسه در مناطق بالادست و در داخل محدوده فرونشست زمین، که موجب تغذیه سفره آب زیرزمینی می شود.

۸-تغذیه مصنوعی و آبخوان داری در دشت های بحرانی.

۹-رعایت حقآبه های زیست محیطی در مناطق به گونه ای که از آب های زیرزمینی و سطحی طوری استفاده شود که تعادل لندفرم های ژئومورفولوژیکی منطقه حفظ شود.

۱۰-تخصیص درصدی از منابع آب از سرچشمه حوضه ها به پایاب حوضه ها و بهره برداری از منابع آب زیرزمینی در حد کمتر از میزان تغذیه آبخوان تا بیلان منفی ایجاد نشودو در نتیجه تعادل لندفرم های محیطی بر هم نخورد.

۱۱-تغییر اساسی در الگوی کشت ونیز الگوی مصرف و بهره برداری از منابع آب زیرزمینی و استفاده از روش های نوین آبیاری کشاورزی برای به حداقل رساندن مصرف و هدر رفت آب.

۱۲-کنترل دقیق سطح ایستابی آب های زیرزمینی، برای برنامه ریزی و جلوگیری از وقوع فرونشست زمین.
۱۳-عدم بهره برداری ازچاه هایی که در سنگ بستر حفاری شده و آبدهی بالایی دارند.
۱۴-با توجه به خطرفرونشست زمین، از ساخت‌وسازهای مسکونی، تجاری و کاربری های کشاورزی در مناطق پرخطر جلوگیری شود و این مناطق به عنوان مناطق ممنوعه قلمداد شود.
۱۵- ایجاد تشکل های بهره برداران آب زیرزمینی و سپردن مدیریت آبخوان و بهره برداری و حفاظت از آبخوان به آنان .

منابع

۱. خجسته پور.سعید،(۱۴۰۰)، روزنامه خراسان۱۴۰۰/۳/۱۲.
۲. سازمان نقشه برداری کشور،۱۳۹۷.
۳. محمودی.فاطمه، محسنی .ندا،(۱۴۰۰)،اثرات چاه های بهره برداری آب زیرزمینی بر تغییرپذیری پهنه های فرونشست دشت نیشابور و پیامدهای ژئومورفیک آن، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هشتم، شماره ۳ .
۴. منتظریون.مریم ،اصلانی .فرشته ،(۱۳۹۸)،ارزیابی خطر فرونشست زمین با به کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی در پهنه استان های تهران والبرز،مجله دانش پیشگیری ومدیریت بحران .
۵. رنجبر باروق.زهرا،فتح الله زاده .محمد،(۱۴۰۱)، بررسی فرونشست زمین با استفاده از سری زمانی تصاویر راداری و ارتباط آن با تغییرات تراز آبهای زیرزمینی (مطالعه موردی: کلان شهر کرج) ،پژوهشهای ژئومورفولوژی کمّی، سال دهم، شماره ۴ .
۶. زارع مهرجردی.احمد علی،(۱۳۹۰)، بررسی پدیده نشست زمین وشکستگی های موجود در منطقه رستاق جنوب میبد ،مجله جغرافیا وبرنامه ریزی محیطی،شماره ۴۳.
۷. حاتمی.فرزاد ، پرویزی . منصور ،(۱۳۹۴)، تاثیر کاهش سطح آب زیرزمینی بر نشست زمین (مطالعه موردی: دشت ارسنجان)، چهارمین کنفرانس ملی مصالح و سازه های نوین در مهندسی عمران.
۸. سادات وزیری. نسیبه ،وزیری.سید محمد،غفوری.محمد،(۱۳۹۶) ،مقاله اثر افت آب های زیرزمینی در فرونشست های دشت مشهد،دومین همایش زمین شناسی مهندسی و محیط زیست شهر مشهد.
۹. صالحی.رضا،غفوری.محمد،لشکری پور.غلامرضا،دهقانی.مریم،(۱۳۹۲)، مقاله بررسی فرونشست دشت مهیار جنوبی با استفاده از روش تداخل سنجی راداری، مجله مهندسی آبیاری و آب ایران، دوره۳ ، شماره۱۱.
۱۰. بهنیافر.ابوالفضل،قنبر زاده.هادی ،اشراقی.علی،(۱۳۸۹)، بررسی عوامل موثر در فرونشست های دشت مشهد و پیامدهای ژئومورفیک آن،فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی شهری چشم انداز زاگرس،سال دوم ،شماره ۵ .
۱۱. پورخسروانی و همکاران، (۲۰۱۲).
۱۲. آیدین وهمکاران، (۲۰۰۹).

۱۳. ماتینز وهمکاران ،(۲۰۱۳).
۱۴. جلینی.مریم،عادل.سپهر،.لشکری پور.غلامرضا،راسکی. علیرضا،(۱۳۹۶)،مجله پژوهش های ژئومورفولوژی کمی،سال پنجم،شماره۴.
۱۵. ولایتی.سعداله ، توسلی.سعید،(۱۳۷۰)،کتاب منابع ومسایل آب استان خراسان،ناشر آستان قدس رضوی.
۱۶. ابطحی و همکاران، (۱۳۹۳).
۱۷. حسین زاده. رضا، رکنی.جعفر، لشکری پور.غلامرضا، ولایتی.سعداله،(۱۳۹۵)، بررسی فرونشست زمین،چشم اندازهاو تحولات ژئومورفولوژی ناشی از آن در دشت های تراکمی(نمونه موردی : دشت نیشابور)،مجله جغرافیایی مناطق خشک، دوره ششم، شماره ۲۰ .
۱۸. جمشیدی.م،۱۳۷۹، https://pesterafsanjan.com/blog.
۱۹. فرج زاده اصل.منوچهر، حسینی.آمنه بیگم، (۱۳۸۶) ،تحلیل بحران آب دشت نیشابور، مجله مدرس علوم انسانی دوره۱۱ ،شماره پیاپی ۵۳، (ویژه نامه جغرافیا)
۲۰. اطلاعات اخذ شده ازاداره منابع آب شهرستان نیشابور، (۱۴۰۲).
۲۱. امیری کاریزکهنی .فاطمه سادات ، خاشعی سیوکی.عباس ، احمدی حاجی.امیرحسین ، کاووسی گیوشاد.محدثه ،(۱۴۰۰) ، بررسی اثر افت آب زیرزمینی بر تغییرات شوری آب آبخوان ،(مطالعه موردی دشت نیشابور)، مجله آبخوان و قنات،جلد۳ ،(۱).
۲۲. قره چلو.سعید،.اکبری قوچانی.حسام،.گلیان.سعید،گنجی.کامران،(۱۴۰۰)، ارزیابی میزان فرونشست زمین درارتباط با آب های زیرزمینی به کمک داده ماهواره ای راداری سنتینل-۱ والوس-۱ (منطقه مورد مطالعه:دشت مشهد) ،مجله سنجش از دور وسامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی ،(۴۴).
۲۳. محسنی .ندا، محمودی نسب.فاطمه،(۱۴۰۰)،اثرات چاه های بهره برداری آب زیر زمینی بر تغییر پذیری پهنه های فرونشست دشت نیشابور وپیامدهای ژئومورفیک آن،مجله تحلیل فضایی مخاطرات محیطی ،سال۸، (۳).
۲۴. کرمانشاهی.سمیه،داوری.کامران،هاشمی نیا.مجید،فرید حسینی.علیرضا،انصاری.حسین، (۱۳۹۲)،کاربرد مدل WEAPدر ارزیابی تاثیر مدیریت مصرف آب آبیاری بر منابع آب دشت نیشابور،نشریه آب وخاک (علوم وصنایع کشاورزی) ،شماره۳ ،مردادوشهریور.
۲۵. یزدانی.وحید،منصوریان.حمید،(۱۳۹۲)،پهنه بندی پتانسیل بهره برداری از منابع آب زیرزمینی با استفاده از داده های کمی وکیفی آبخوان دشت نیشابور،فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری وآب،سال چهارم،شماره۱۵،بهار .
۲۶. لشکری پور.غلامرضا،عفوری .محمد،کاظمی گلیان.رمضان ،دمشناس.مهدی،(۱۳۸۷)،نشست زمین دراثر افت سطح آب های زیر زمینی دردشت نیشابور.
27- Waltham, A.C. 1989. Ground subsidence. Blackie & Son Limites

28- www.frontiersin.orgHaipeng Guo1
www.frontiersin.orgAibing Hao1
www.frontiersin.orgWenpeng Li1
www.frontiersin.orgXisheng Zang1
www.frontiersin.orgYunlong Wang1
www.frontiersin.orgJuyan Zhu1,2
www.frontiersin.org Liya Wang3
www.frontiersin.orgYe Chen4

Abstract

Land subsidence is a phenomenon that has been seen in most of the alluvial plains of Iran in the last few decades as a result of the gradual or sudden lowering of the land surface due to various factors such as excessive extraction of underground water, tectonic activities, mining and ...it takes place. Neyshabur Plain is not an exception to this rule and due to over-harvesting of underground water in the last few decades, the water level of the aquifer has decreased and the hydrostatic pressure has decreased, as a result of which there have been subsidences that have affected rural and urban areas. Neishabur Plain with an area of 3477 square kilometers, an area of 591 square kilometers with a population of 59,000 people and 179 villages is facing severe land subsidence. In this research, we have tried to investigate the relationship between the aquifer and underground water level and its compatibility with the areas that are facing the phenomenon of subsidence. Investigations show that for every 83 centimeters of groundwater level lowering, on average 10.5 centimeters of the surface of Neyshabur Plain has settled. In this research, sentinel satellite images in the period of October 2014 to December 2017 prepared by the Mapping Organization using radar interferometric method were used. The results of the research in this plain indicate that the indiscriminate exploitation of underground water resources causes land subsidence and the creation of cracks in rural areas, especially around the villages of Firuzeh, Abu Saadi, Birum Abad, Faiz Abad, Sarab Koushak, Urdughash, and Farrakhk. The amount of 15 to 20 cm per year with the highest subsidence and the lowest subsidence related to the villages of Dasht, Mehdi Abad, Khoresofla is reported as .1 cm per year

Key words: water crisis, land subsidence, radar interferometry, rural areas, Neyshabur plain