Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

https://doi.org/10.22067/jgrd.2024.86096.1379

Evaluation of the Effects of Water Crisis and Land Subsidence in the Rural Areas of Neishabur Plain

Zhila Kalali Moghadam[1]
Assistant Professor of Geography and Rural Planning, Payam Noor University, Tehran, Iran

Received: 27 December 2023 ***Revised: 12 May 2024*** ***Accepted: 14 May 2024***

Abstract

Land subsidence is a phenomenon emerging in most of the alluvial plains of Iran in the last few decades due to the gradual or sudden lowering of the land surface. It is prompted by various factors such as over-harvesting of underground water, tectonic activities, mining, etc. Neyshabur Plain is not an exception to this rule and due to the over-exploitation of underground water in the last few decades, the water level of the aquifer has dropped and the hydrostatic pressure has declined. This has led to subsidence, which has affected rural and urban areas. This plain covers an area of 3477 square kilometers, of which an area of 591 square kilometers, which is home to a population of 59,000 people and 179 villages, struggles with severe land subsidence. In this research, the relationship between the aquifer and underground water level and its compatibility with the areas facing subsidence is investigated. Research shows that for every 83-cm decline in groundwater level, there is on average 10.5 cm subsidence in the surface of Neyshabur Plain. In this research, sentinel satellite images from October 2014 to December 2017 taken by the Mapping Organization have been used by radar interferometric method. The results suggest that the indiscriminate exploitation of underground water resources has triggered land subsidence and cracks in rural areas, especially in the periphery of the villages of Firuzeh, Abu Saadi, Birum Abad, Faiz Abad, Sarab Koushak, Urdughash, and Farrakhk which are in some cases as big as 15 to 20 cm per year. The highest and the lowest subsidence, i.e., 1 cm per year, is reported in the villages of Dasht, Mehdi Abad, and Khoresofla.

Keywords: Water crisis, Land subsidence, Radar interferometry, Rural areas, Neyshabur plain

1. Corresponding Authou; Email: jkalali@pnu.ac.ir

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

https://doi.org/10.22067/jgrd.2024.86096.1379

مقالهٔ پژوهشی

مجلّهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، سال بیست و دوم، شمارهٔ ۲ ، تابستان ۱۴۰۳ ، شمارهٔ پیاپی ۴۷

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

ژیلا کلالی مقدم (استادیارجغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران)
jkalali@pnu.ac.ir

صص۲۰۱-۱۶۹

چکیده

فرونشست زمین، پدیده‌ای است که در چند دههٔ اخیر در اکثر دشت‌های آبرفتی ایران به چشم می‌خورد که درنتیجهٔ پایین‌رفتن تدریجی یا ناگهانی سطح زمین در اثر عوامل مختلفی ازقبیل: برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، فعالیت‌های تکتونیکی، استخراج معادن و غیره به وقوع می‌پیوندد. دشت نیشابور نیز از این قاعده مستثنی نبوده و با برداشت بیش‌ازحد آب‌های زیرزمینی در چند دههٔ اخیر، سطح ایستابی لایهٔ آبدار پایین رفته و فشار هیدرواستاتیک کاهش یافته است. درنتیجه، فرونشست‌هایی رخ داده که مناطق روستایی و شهری را تحت تأثیر قرار داده است. دشت نیشابور با وسعتی معادل۳۴۷۷ کیلومتر مربع محدوده‌ای از آن به وسعت ۵۹۱ کیلومتر مربع با جمعیتی بالغ بر ۵۹۰۰۰ نفر، با ۱۷۹ روستا با فرونشست شدید زمین مواجه است. در این پژوهش، سعی شده با بررسی وضعیت آبخوان و سطح آب زیرزمینی و انطباق آن با مناطقی که با پدیدهٔ فرونشست مواجه هستند، به رابطهٔ بین این پدیده با کاهش سطح ایستابی آب بپردازیم. بررسی‌ها نشان می‌دهد که سالانه به‌ازای هر ۸۳ سانتی‌متر پایین‌رفتن سطح آب‌های زیرزمینی، به‌طور متوسط ۱۰/۵ سانتی‌متر سطح دشت نیشابور نشست داشته است. در این پژوهش، از تصاویر ماهواره‌ایsentinel در دورهٔ زمانی اکتبر ۲۰۱۴ تا دسامبر ۲۰۱۷ که توسط سازمان نقشه‌برداری به روش تداخل‌سنجی راداری تهیه شده، استفاده شده است. نتایج تحقیق در این دشت حاکی از آن است که بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی موجب نشست زمین وایجاد درز و ترک‌هایی در مناطق روستایی، به‌ویژه در اطراف روستاهای فیروزه، ابوسعدی، بیروم‌آباد، فیض‌آباد، سراب کوشک، اردوغش و کال فرخک به میزان ۱۵ الی ۲۰ سانتی‌متر در سال با بالاترین فرونشست و کم‌ترین

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۱۰/۰۶ تاریخ بازنگری:۱۴۰۳/۰۲/۲۳ تاریخ تصویب:۱۴۰۳/۰۲/۲۵

فرونشست مربوط به روستاهای دشت، مهدی آباد و خروسفلی به میزان ۱ سانتی‌متر در سال گزارش شده است.

واژگان کلیدی: بحران آب، فرونشست زمین، تداخل‌سنجی راداری، مناطق روستایی، دشت نیشابور.

۱. مقدمه

فرونشست زمین، پدیده‌ای است که در اثر خالی‌شدن آب بافت‌های متراکم و لایه‌های زیرین سطح زمین رخ می‌دهد و در اثر آن سطح زمین به‌صورت تدریجی و در برخی موارد به‌صورت ناگهانی فرو می‌نشیند. پدیدهٔ فرونشست زمین یکی از مخاطراتی است که در چند دههٔ اخیر، به‌ویژه دردشت‌های آبرفتی ایران، خسارت‌های جبران‌ناپذیر جانی و مالی به دنبال داشته است و به بسیاری از سازه‌های سطحی و زیرزمینی آسیب رسانیده است. «در مقیاس جهانی خطر فرونشست زمین در اثر افت سطح آب زیرزمینی در بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰ هم‌زمان با صنعتی‌شدن و رشد شهرنشینی به اوج خود رسید» (والتام، ۱۹۸۹،ص.۳۷).

این پدیده تحت تأثیر خشکسالی‌های چند دههٔ اخیر و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی شدت یافته است. درایران اولین‌بار، پدیدهٔ فرونشست زمین در دشت رفسنجان همراه با پدیدهٔ لوله‌زایی چاه‌های کشاورزی درسال۱۳۴۶ ثبت شد (خبرگزاری سینا،۱۳۹۷). اخیراً این پدیده در دشت‌های دیگر کشور همچون: خراسان، فارس، یزد، اصفهان، تهران، چهارمحال و بختیاری گزارش شده است. دشت نیشابور نیز ازاین قاعده مستثنی نبوده و درپی خشکسالی‌های اخیر و برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی ، نشست زمین را در اکثرنقاط دشت تجربه کرده است. این دشت یکی از دشت‌های مهم استان خراسان رضوی است که توسعهٔ سریع کشاورزی و صنعتی همراه با رشد سریع جمعیت و افزایش نیاز آبی باعث برداشت بی‌رویه و افت سطح آب زیرزمینی در این دشت شده است.

برداشت بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی این دشت سبب افت سالانه حدود ۰/۸۳ متر سطح آب زیر زمینی شده است. با برداشت بیش از حد آب زیرزمینی سطح ایستابی لایهٔ آبدار پایین رفته و فشار هیدرواستاتیک کاهش یافته است و درنتیجه، فرونشست‌هایی رخ داده که همچنان ادامه دارد. طبق اطلاعات اخذشده از اداره منابع آب شهرستان نیشابور به علت برداشت بی‌رویه

از آب‌های 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 (خجسته‌پور،۱۴۰۰). «درپی این فرونشست‌ها، ۱۷۹ روستا با جمعیتی درحدود ۵۹۰۰۰ نفر تحت تأثیر مستقیم قرار گرفته و موجب بروز نارسایی‌هاو مشکلات عدیده‌ای برای ساکنین روستایی، به‌ویژه کشاورزان شده است» (سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۹۷).

ازجملهٔ این خسارت‌ها، فرونشست و شکاف درزمین‌های زراعی، آسیب‌رساندن به سیستم آب‌رسانی وایستگاه‌های پمپاژآب‌های سطحی و چاه‌های عمیق، سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی، تغییر شیب زمین، صدمه به محیط‌زیست؛ همچون: زمین‌های کشاورزی،گونه‌های گیاهی و جانوری، فروریختن جدارهٔ چاه‌ها وقنات‌ها و گل‌آلودشدن آب، ایجاد لرزش‌های کوچک در اثر ناپایداری زمین و ایجاد درز وترک در مساکن روستایی است.

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که مناطق دارای نرخ حداکثری فرونشست، منطبق بر کاربری‌های زراعی و باغات است که بیشترین سهم را در برداشت ازآب‌های زیرزمینی دارد.

۲. پیشینهٔ تحقیق

محمودی‌نسب و محسنی (۱۴۰۰)، در پژوهشی به اثرات چاه‌های بهره‌برداری آب زیرزمینی بر تغییرپذیری پهنه‌های فرونشست دشت نیشابور و پیامدهای ژئومورفیک آن پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که با نزدیک‌شدن به چاه‌های پمپینگ، وسعت محدوده‌های پرخطر افزایش یافته و برعکس، با دورشدن از چاه‌ها بر گسترش محدوده‌های کم‌خطر فرونشست افزوده می‌شود.

خرمی (۱۳۹۸)، در تحقیقی به تعیین فرونشست شهر مشهد به روش تداخل‌سنجی راداری پراکنشگر دائمی پرداخته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که فرونشست مناطق شهری مشهد در دورهٔ زمانی سال‌های ۲۰۱۴ تا۲۰۱۷ میلادی با ترکیب ۶۹ تصویر راداری پایین‌گذر و بالاگذر ماهواره sentinel- 1A ، بیانگر بیشینه نرخ فرونشست برابر۱۴۰ میلی‌متر در سال در شمال غرب شهر مشهد است. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که فرونشست در حال پیشروی به سمت مرکز شهر از سمت شمال غرب است که می‌تواند در آیندهٔ نزدیک، تبعات جبران‌ناپذیری به دنبال داشته باشد.

منتظریون و اصلانی (۱۳۹۸)، در پژوهشی به ارزیابی خطر فرونشست زمین با به‌کارگیری اطلاعات جغرافیایی در پهنهٔ استان‌های تهران والبرز پرداخته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تهران در وضعیت خطر بسیار بالای فرونشست قرار دارد. همچنین، شهرهای دماوند، محدودهٔ مرکزی کرج، شهر ری، پیشوا، منطقهٔ جنوب شرقی شهریار، بهارستان، اسلام‌شهر، نظرآباد، ساوجبلاغ در منطقه‌ای با خطرپذیری بالا ارزیابی شده‌اند و شهرستان‌های دماوند، فیروزکوه، مناطق جنوبی شهر ری، ورامین، ملارد و کل حاشیه‌های استان‌های تهران و کرج در معرض خطرپذیری کمتری قرار دارند.

رکنی، حسین‌زاده، لشکری‌پور و ولایتی (۱۳۹۵)، در مقاله‌ای به بررسی فرونشست زمین ،چشم‌اندازها و تحولات ژئومورفولوژی ناشی از آن در دشت‌های تراکمی (مطالعهٔ موردی: دشت نیشابور) پرداخته‌اند. نتایج تحقیق بیانگر آن است که افت شدید آب‌های زیرزمینی در سال‌های اخیر، منجر به بروز خطر ژئومورفولوژیکی فرونشست در این دشت شده است. بر اثر این نشست، ترک‌ها و شکاف‌هایی در دشت با اشکال و عمق و طول متفاوت ایجاد شده است. تغییرات این اشکال در طول زمان موجب ایجاد فرم‌های متفاوت وعوارض متعددی، به‌ویژه در شمال غرب، جنوب، جنوب شرق دشت شده و موجب تهدید شبکهٔ انتقال نفت و گاز وسایر تأسیسات عمرانی ازجمله خط آهن سراسری تهران–مشهد و کاهش برگشت‌ناپذیرظرفیت مخزن آبخوان شده است.

رنجبر باروق و فتح‌الله زاده (۱۴۰۱)، درتحقیقی به بررسی فرونشست زمین با استفاده از سری زمانی تصاویر راداری و ارتباط آن با تغییرات تراز آب‌های زیرزمینی شهر کرج پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق بیانگر فرونشست زمین در مناطق شهری؛ مانند: مهرشهر، کمال‌شهر و محمدشهر است که علت اصلی آن برداشت بی‌رویه از منابع آبی سفره‌های زیرزمینی به دلیل رشد جمعیت و مهاجرت در سال‌های اخیر است. بیشترین فرونشست در بخش شمال غربی مهرشهر بوده که مقدار آن بین ۱۰۰ تا ۱۴۵ میلی‌متر برآورد شده است.

یزدانی و منصوریان (۱۳۹۲)، در پژوهشی با عنوان پهنه‌بندی پتانسیل بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی با استفاده از داده‌های کمی وکیفی آبخوان دشت نیشابور به بررسی آبخوان دشت نیشابور پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که کاهش سطح تراز آب زیرزمینی از شمال شرق به

جنوب غرب و از جنوب به سمت مرکز و غرب است. حداقل و حداکثر عمق سطح آب زیرزمینی به ترتیب ۳/۹۶ و ۱۴۳/۹ متر بوده و محدودهٔ شرق وجنوب دشت پتانسیل بهره‌برداری بیشتری نسبت به سایر مناطق دشت دارد. محدودهٔ مرکز دشت و شهر نیشابور علی‌رغم بالابودن کیفیت آب و پایین‌بودن میزان افت سطح آب، مقدار شاخص پایینی دارد که علت اصلی آن پایین‌بودن ضریب انتقال آبخوان است.

قره چلو، اکبری قوچانی، گلیان و گنجی (۱۴۰۰)، درمقاله‌ای به ارزیابی میزان فرونشست زمین در ارتباط با آب‌های زیرزمینی به کمک دادهٔ ماهواره‌ای راداری سنتینل-۱ والوس-۱ در دشت مشهد پرداخته‌اند. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که مناطق دارای نرخ حداکثری فرونشست منطبق بر کاربری‌های زراعی و باغات است که بیشترین سهم را در برداشت ازآب‌های زیرزمینی دارند. همچنین، بررسی چاه‌های پیزومتری بیانگر کاهش پیوستهٔ سطح آب درطول دورهٔ آماری است. براساس نتایج این تحقیق، مهم‌ترین علت فرونشست در دشت مشهد، برداشت بی‌رویهٔ آب زیرزمینی است.

حاتمی و پرویزی (۱۳۹۴)، درمقاله‌ای به بررسی تأثیر کاهش سطح آب زیرزمینی بر نشست زمین (مطالعهٔ موردی: دشت ارسنجان) می‌پردازند. به همین سبب بیلان آبخوان و افت سطح آب زیرزمینی محاسبه و تأثیر آن برفرونشست زمین بررسی شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، هر منطقه‌ای که با افت سطح ایستابی آب مواجه بوده، پدیدهٔ فرونشست هم در آنجا مشاهده شده است .

سادات وزیری و غفوری (۱۳۹۶)، در پژوهشی به بررسی اثرات افت آب‌های زیرزمینی در فرونشست دشت مشهد می‌پردازند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که با توجه به رشد فیزیکی کلان‌شهر مشهد، هر ماه شاهد تغییرات کند ولی بسیار مخاطره‌آور فرونشست، به‌ویژه درمناطق جنوب شرقی، توس، قرقی، خواجه ربیع و شمال غرب هستیم. مقدار افت سطح آب زیرزمینی در دورهٔ آماری ۲۰ سالهٔ مورد مطالعه برای دشت مشهد، به بیش از ۱۳ متر می‌رسد که البته این میزان برای نواحی شمال غربی دشت بیش از ۳۰ متر در دورهٔ آماری است. این مسئله خطر فرونشست و تبعات آن را هرچه بیشتر به دنبال دارد.

صالحی، غفوری، لشکری‌پور و دهقانی (۱۳۹۲)، در پژوهشی به بررسی فرونشست دشت مهیار جنوبی با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که پدیدهٔ فرونشست زمین دردهه‌های اخیر معضلات زیادی را برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، جاده‌ها و کانال‌های آبرسانی در برخی از دشت‌های استان اصفهان به وجود 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 وترک‌هایی در قسمت‌هایی از دشت شده است. افت سطح ایستابی و به دنبال آن افزایش تنش مؤثر، دلیل اصلی فرونشست دشت مهیار جنوبی است.

بهنیافر، قنبرزاده و اشراقی (۱۳۸۹)، در مقاله‌ای با عنوان بررسی عوامل مؤثر در فرونشست دشت مشهد و پیامدهای ژئومورفیک آن، با استفاده از تکنیک راداری اینترفرامتـری و عملیات GPS و آنالیز ارزیابی‌های انجام‌شده به بررسی آبخوان دشت مشهد پرداخته وبه این نتیجه رسیده‌اند که میـزان افـت سـالانهٔ سطح آب زیرزمینی دشت مشهد ۱/۴۷ متر و بیشترین فرونشست‌ها و حفرات با اشکال ژئومورفیک متفاوت در بخـش‌هـای مرکزی و جنوب شرقی آن رخ داده است.

تحقیقی که توسط دانشکدهٔ علوم زمین در ایالت متحدهٔ آمریکا انجام شده، نشان می‌دهد که فرونشست زمین در بیش از ۱۷۰۰۰ مایل مربع در ۴۵ ایالت از آمریکا رخ داده است، منطقه‌ای تقریباً به اندازهٔ مجموع نیوهمپشایر و ورمونت، مستقیماً تحت تأثیر فرونشست قرار گرفته است. بیش از ۸۰ درصد از فرونشست‌های شناسایی‌شده در این کشور، به دلیل بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی رخ داده است و توسعهٔ 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 مرطوب‌تر که در زیر سنگ‌هایی با قابلیت انحلال بالا؛ مانند: سنگ آهک، گچ، یا نمک قرار دارند، فرونشست زمین یک پیامد زیست‌محیطی است که اغلب نادیده گرفته می‌شود(Galloway,1999:p 10) .تحقیقی که توسط مؤسسات منابع آب ومحیط‌زیست وژئو محیط‌زیست چین در دشت کانگژو Cangzhou (دشت چین شمالی) انجام شده، نشان می‌دهد

که فرونشست زمین عمدتاً ناشی از برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی بوده است که باعث آسیب‌های شدید به شبکهٔ حمل‌ونقل، خدمات عمومی وسایر زیرساخت‌های عمرانی شده است. فرونشست زمین در دشت کانگژو ارتباط زیادی با برداشت آب برای آبیاری کشاورزی دارد (ایستگاه ملی مشاهده و تحقیقات آبهای زیرزمینی و فرونشست زمین هبی کانگژو چین،۲۰۲۲)

درمقابل دیدگاه فوق، دیدگاه دیگر ایجاد فرونشست را به عوامل زمین ساخت (تکتونیک) مرتبط می‌داند. در این مورد می‌توان به مطالعه‌های زیر اشاره کرد:

افرادی هستند که نسبت به این موضوع ابراز تردید کرده و معتقدند که علت اصلی فرونشست می‌تواند شامل مولفه‌های دیگری چون اکتیوتکتونیک و گسل‌ها نیز باشد. پورخسروانی (۱۳۹۴) معتقداست که فرونشست دشت‌ها در یک سیستم تعادلی و هم‌زمان با پدیدهٔ بالاآمدگی در ارتفاعات مجاور آنها صورت می‌گیرد . آبیدین وهمکاران (۲۰۰۹)، در مطالعهٔ فرونشست زمین در حوضه باندونگ اندونزی که دارای نرخ فرونشست ۲۰ سانتی‌متر در سال است ، علت آن را استخراج بیش از حد آب زیرزمینی، بار ساختمان، تراکم رسوب و فعالیت های زمین ساختی می دانند.ماتینز وهمکاران (۲۰۱۳)، اعلام کردند که نفوذ سریع در یک آبخوان نیمه‌اشباع منجر به نشست زمین، توسعهٔ مناطق از پیش شکستهٔ موجود و ایجاد ترک‌های جدید می‌شود. اگر یک لایهٔ رس در شکستگی موجود باشد، مانند سد عمل کرده و مانع نفوذ از طریق شکستگی می‌شود. شدت نفوذ به ارتفاع آب، عرض شکستگی و نفوذپذیری شکستگی بستگی دارد. همان‌گونه‌که مشاهده می‌شود، اکثر محققان معتقدند که علت فرونشست در دشت‌های رسوبی به دلیل برداشت بی‌رویه از آب سفره‌های زیرزمینی است و پاره‌ای به تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی جنبا و تنها معدودی هم عامل اصلی در ایجاد این پدیده را تکتونیک جنبا و در تعامل با بالاآمدگی‌های مجاورتی می‌دانند.

۳. روش‌شناسی تحقیق

۳. ۱. روش کار

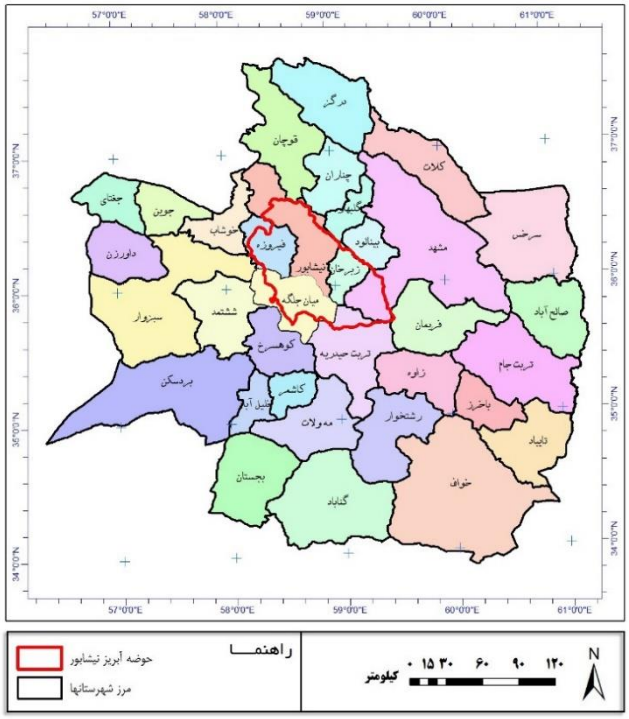
روش تحقیق در این پژوهش، به‌صورت پیمایشی، توصیفی-تحلیلی و اسنادی است. در مرحلهٔ اول با استفاده از اطلاعات ادارهٔ منابع آب شهرستان نیشابور، آمار مربوط به سفره‌های آب زیرزمینی وآب‌های سطحی به دست آمد؛ سپس با استفاده ازاطلس فرونشست دشت نیشابور که ازتصاویر ماهواره‌ای sentinel توسط سازمان نقشه‌برداری کشور درسال۱۳۹۷ تهیه شده است، به بررسی فرونشست زمین در این دشت پرداخته شد. تصاویر مورد استفاده حاصل پردازش ۵۶ تصویر ماهوارهٔ سنتینل از اکتبر ۲۰۱۴ تا دسامبر ۲۰۱۷ به روش تداخل‌سنجی راداری دهانه ترکیبی Interferometric Synthetic Aperture Radar (INSAR) است. اساس این روش، اندازه‌گیری تفاضلی فازهای تصاویر رادار گرفته‌شده از یک منطقه در زمان‌های متفاوت است.

تعداد زوج تصاویراستفاده‌شده برای پردازش ۳۲۰ زوج است که حجم پردازش بسیار بالایی را شامل می‌شود و نتایج پردازش نیز از دقت حدود ۱سانتی‌متر برخوردار است. برای اعتبارسنجی نتایج روش تداخل‌سنجی راداری از سری زمانی ایستگاه دائمی GPS نیشابور و مسیر ترازیابی دقیق BCBK شامل ۳۱ ایستگاه و به طول حدود ۶۷ کیلومتر استفاده شده است. همچنین، دراین پژوهش با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ ونقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ،آمار واطلاعات منابع آب‌های زیرزمینی، وضعیت آبخوان محدودهٔ تحقیق بررسی وسپس با انجام بازدیدهای میدانی به شناسایی منطقه به لحاظ پدیدهٔ فرونشست زمین واثرات آن بر مناطق روستایی پرداخته شده است.

۳. ۲. محدودهٔ مورد مطالعه

"حوضهٔ آبریز دشت نیشابور، جزئی از حوضهٔ آبریز کویر مرکزی ایران (کویر نمک یا دشت کویر) است. این حوضه در طول جغرافیایی ´۱۷-°۵۸تا´۳۰-°۵۹ درجهٔ شرقی وعرض جغرافیایی ´۴۰-°۳۵ تا´۳۹-°۳۶ شمالی واقع شده است که از شمال به خط‌الراس ارتفاعات بینالود، ازشرق به بلندی‌های لیلاجوق و یال‌پلنگ و از جنوب به تپهٔ ماهورهای نیره‌بند، سیاه‌کوه و کوه نمک و از غرب به حوضهٔ آبریز دشت سبزوار محدود می‌شود" (ولایتی، توسلی، ۱۳۷۰). وسعت کل حوضهٔ آبریز دشت نیشابور حدود ۷۳۳۰ کیلومتر مربع است که ۳۱۶۰ کیلومتر مربع آن را

ارتفاعات و ۴۱۷۰ کیلومتر مربع را دشت تشکیل می‌دهد. 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: رودها، قنات‌ها، چشمه‌ها و چاه‌ها هستند. چاه‌ها منبع اصلی تأمین آب مورد نیاز منطقه بوده که از آبخوان دشت نیشابور تغذیه می‌شوند.



نقشهٔ ۱. موقعیت محدودهٔ تحقیق در استان خراسان رضوی

منبع: (ویکی پدیا و مطالعات نگارنده)

۴. مبانی نظری تحقیق

"پدیده فرونشست زمین به عنوان مخاطره ای تدریجی نیازمند برنامه ریزی وسیاست گذاری جدی است.بررسی های متعدد نشان می دهد که عمده ترین عامل فرونشست زمین افت سطح آب زیر زمینی است .براساس اطلاعات سال۱۳۹۸ هیجده استان کشور دارای محدوده هایی باخطر بالای فرونشست زمین هستند .فرونشست در ایران با نرخ بیش از۵ برابر متوسط جهانی رخ می دهد وبیش از۳۵ درصد از جمعیت کل کشور در معرض خطر فرونشست زمین قرار دارند.این پدیده بر خلاف وقایعی همچون سیل وزلزله آثار محسوس ولحظه ای به جای نمی

گذارد وپیامدهای آن به رغم خسارت بار بودن به دلیل پایین بودن سرعت وقوع وعدم بروز وجوه خارجی مشخص به راحتی قابل شناسایی نیستند . شناخت پدیده فرونشست وعوامل موثر بر آن با توجه به خسارت هایی که می تواند وارد کند ،بسیار حایز اهمیت است .انجام اقدامات لازم در جهت کنترل آسیب های ناشی از فرونشست به خصوص در نواحی بحرانی فرونشست که دارای تراکم جمعیت ،ابنیه وزیر ساخت های حیاتی هستند، بسیار ضروری است.در حال حاضر موضوع فرونشست زمین در کشور فاقد یک مرجع مورد وثوق واحد است وشاید تعیین متولی برای این موضوع بتواند دستیابی به اهداف مد نظر در کنترل ومقابله با این پدیده را هموارتر کند"(دفتر مطالعات زیر بنایی،۱۴۰۲، ص.۷)

بطور کلی در ایران سه عامل عمده در پدیده فرونشست زمین تاثیر گذارند: الف) کمبود قوانین جامع و تخصصی در بحث فرونشست، به صورتی که تمامی جنبه های مختلف این پدیده را مدنظر قرار دهد. ب) اجرای نامناسب و سلیقه ای قوانین موجود و عدم نظارت بر تحقق و دستیابی به اهداف برنامه های تدوین شده ج) ناهماهنگی بین دستگا ههای مسئول در مدیریت واحد موضوع فرونشست وجزیره ای عمل کردن در بخشهای مختلف.

در بحث کمبود قوانین جامع و تخصصی در مورد فرونشست ،قوانین حاضرعمدتا بصورت غیرمستقیم و در زمینه مدیریت منابع آب می باشدو قوانینی هم که مشخصا و مستقیما به موضوع فرونشست اشاره دارد از جمله قانون مدیریت بحران کشور و یا تکالیفی که در برنامه پنج ساله سوم شهرداری تهران برای شهرداری مشخص شده، جوابگوی این معضل گسترده و ملی نمی باشد.

از جنبه دیگر، نکته مهم در بحث کمبود قوانین جامع در مدیریت فرونشست این است که هرچند علت اصلی این پدیده در کشور ما برداشت از منابع آب زیرزمینی و پایین رفتن تراز آب و در نتیجه تراکم لایه های زیرسطحی می باشد و برای کنترل و کاهش نرخ آن باید مستقیما به موضوع مدیریت آب وکاهش کسری مخازن زیرزمینی پرداخته شود اما از دید کلان برای حل تمامی تاثیرات فرونشست،نباید این پدیده را تنها به تصویب و اجرای قوانین و دستورالعمل های مربوط به مدیریت منابع آبی پیوند بزنیم .بدیهی است اجرای دقیق و اصولی اقدامات تعریف شده در مدیریت و تعادل بخشی منابع آب می تواند نقش موثری در کاهش نرخ

فرونشست در کشور داشته باشد .اما در بحث فرونشست ما علاوه بر کنترل نرخ فرونشست، نیازمند اقدامات همه جانبه دیگری از جمله تعیین اثرات آن بر سازه ها وشریانها، ارزیابی ریسک، افزایش تاب آوری در مناطق شهری و برون شهری و تعیین دستورالعملهای طراحی، بهسازی و اجرایی هستیم، بدیهی است دستیابی به این اهداف فراتر از وضع قوانین تنها درزمینه مدیریت منابع آبی بوده و نیازمند تدوین و ابلاغ قوانین جامع و همه جانبه در بحث فرونشست می باشیم . در زمینه اجرای نامناسب قوانین موجود نیز می توان به این مساله اشاره کردکه اندک قوانین حاضر در بحث فرونشست و همچنین قوانین موجود در زمینه مدیریت منابع آب بنا به دلایل مختلف، توسط دستگا ه های اجرایی مربوطه از جمله وزارت نیرو و وزارت جهاد کشاورزی به درستی در سطح کشور اجرا و پایش نمی شوند .به عنوان نمونه می توان به برنامه مصوب کارگروه ملی سازگاری با کم آبی تصویب نامه۱۳۹۶/۱۲/۱۲هیات وزیران اشاره نمود که به نوعی جامع ترین و موثرترین برنامه برای مدیریت منابع آبی کشور و در نتیجه کاهش نرخ فرونشست در کشور بوده و متاسفانه بدرستی اجرا و پایش نشده است .همچنین در بسیاری از قوانین از جمله قانون سند ملی آمایش سرزمین، مصوب ۱۳۹۹/۱۲/۱۱(ظرفیت منابع آبی قابل برنامه ریزی)برای مدیریت مصارف و منابع آبی اشاره شده، اما این موضوع دربسیاری از مواقع در برنامه ریزی ها مغفول مانده است .به عبارتی در حال حاضر در بحث مدیریت منابع آب، به عنوان عامل اصلی بحث فرونشست، قوانین نسبتا جامع و مکفی در کشور وجود دارد ولی بسیاری از این قوانین به لحاظ اجرایی و عملیاتی شدن مورد غفلت قرار گرفته و چه بسا اگر تنها بخشی از این قوانین بدرستی اجرا شده بود اکنون از لحاظ وضعیت فرونشست به مراتب در شرایط بهتری قرار داشتیم. نهایتا در زمینه ناهماهنگی بین دستگاههای مسئول در مدیریت واحد موضوع فرونشست باید اشاره شودکه یکی از معضلات کنونی ما بابت برخورد با این پدیده یکپارچه نبودن برنامه ها، تصمیم گیر یها وروشهای اجرایی توسط دستگا ها و سازمانهای ذیربط می باشد. البته در این بین وجود تعدد قوانین خود می تواند یکی از عوامل اصلی در بی نتیجه ماندن برنامه ها و اقدامات باشد .به عنوان نمونه در قوانین موجود مسئو ل تعیین نرخ فرونشست و پایش تغییرات آن در کشور به روشنی مشخص نبوده و در حال حاضر هر دستگاهی برای خود بصورت جداگانه به این کار مبادرت نموده و این امر باعث سردرگمی

مدیران و تصمیم گیران شده است یا در بخش کشاورزی، تمرکز وزارت جهاد کشاورزی به خودکفایی محصولات براساس قوانین حاکم و وظایف ذاتی آن وزارتخانه بدون در نظرگرفتن مقوله آب قابل برنامه ریزی بصورت منطقه ای و ملی امری است که در جهت تشدید فرونشست خواهد بود. یا در بخش مدیریت منابع آب، وجود قوانین بعضا چندگانه و موازی از جمله قانون برنامه پنج ساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، برنامه مصوب کارگروه ملی سازگاری با کم آبی، سند ملی آمایش سرزمین سازمان برنامه و بودجه کشور، مصوبات شورای عالی آب، ضوابط ایجاد تعادل بین منابع و مصارف آب مصوبه ۱۳۸۷/۵/۲۹هیات وزیران، راهبردهای توسعه بلند مدت منابع آب کشورمصوبه ۱۳۸۲/۸/۱۱هیات وزیران و برنامه پنج ساله سوم شهرداری(۱۴۰۲-۱۳۹۸) تهران خود گویای این امر می باشد .همچنین بخشی از این قوانین به نظر میرسد در تعارض با مدیریت منابع آبی بوده و نیازمند اصلاح است. بعنوان مثال در ماده ۲۶ قانون توزیع عادلانه آب مصوب ۱۳۶۱/۱۲/۱۶وزارت نیرو موکلف شده است براساس اطلاعات دریافتی از وزارت کشاورزی در مورد مقدار مصرف آب هر یک از محصولات کشاورزی برای هرناحیه اقدام به صدور مجوز بهره برداری نماید .در واقع باید گفت این روال دقیقا باید برعکس باشد یعنی وزارت نیرو براساس ظرفیت منابع آب قابل برنامه ریزی در هر منطقه باید حداکثرمیزان برداشت آب را مشخص کرده و وزارت کشاورزی براساس این محدودیت نسبت به برنامه ریزی سطح کشت و نوع محصولات و روشهای آبیاری برنامه ریزی نماید .با توجه به مطالب فوق، جهت حل این معضل ضمن یکپارچه نمودن قوانین باید از واگذاری وظایف و اقدامات مشابه توسط دستگا ه های مختلف اجتناب نمود .به این منظور باید نهادی واحد در سطح ملی به منظور تعیین اهداف، وظایف،برنامه ها و تدوین راهکارها ایجاد شده تا کل معضل فرونشست را بصورت واحد مدنظر قرار دهد.همچنین این نهاد وظیفه پایش و نظارت بر اقدامات دستگاه های مختلف را برعهده گیرد تا ازاین طریق مدیریت یکپارچه تبدیل به عملکرد یکپارچه شده و بتوان امیدوار بود اثرات معضل فرونشست در سالهای آتی بصورت چشمگیری کاهش یابد .با توجه به سه عامل برشمرده شده در بالا و برای تدوین خط مشی روشن برای مقابله با فرونشست زمین در کشور ابتدا راهکارهای فنی و اجرایی در زمینه کنترل و مقابله با تاثیرات فرونشست براساس تجربیات

کشورهای مختلف در مقابله با این پدیده بررسی شود و سپس با بومی سازی این راهکارها براساس ساختار حاکمیتی و شرح وظایف قانونی دستگا ه های مختلف در کشور، وظایف انفرادی و مشترک دستگا ها، سازمانها و وزارتخانه های مختلف در راستای نیل به این اهداف تعریف گردیدد.ضروری است جایگاه یک متولی به لحاظ قانونی زیرنظرمستقیم دولت و مجلس، تحت عنوان **"کارگروه کشوری فرونشست"** تعریف و تعیین شده تا این کارگرو ه ضمن همسو کردن سیاستها و سیاستگذاریها به تعیین، تدقیق و تبیین وظایف سازمانهاو دستگا ههای مختلف، اشترا ک گذاری داد ها و دستاوردها و در عین حال پایش و نظارت بر انجام وظایف این دستگا ها بطور مستمر مبادرت نماید.(سرباز،۱۴۰۲،ص. ۱۳۶)

۵. یافته‌های تحقیق

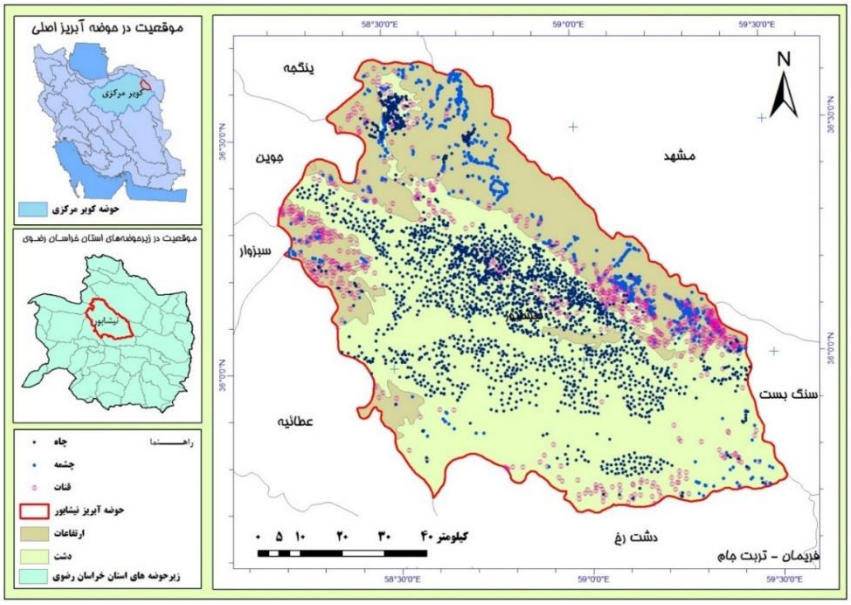
دشت نیشابور دارای ۱۰۰ مسیل و رودخانهٔ فصلی و ۲۰ رودخانهٔ دائمی است که از ارتفاعات شمالی و جنوبی دشت سرچشمه می‌گیرند. مهم‌ترین جریانات سطحی ارتفاعات بینالود شامل: رودخانه‌های ملاغون، بار، خرو بزرگ و اندر آب و ... است که این جریانات درنهایت، به کال شور می‌پیوندند. رودخانه‌هایی که از ارتفاعات جنوب و جنوب شرقی حوضه سرچشمه می‌گیرند، مانند: کال سیاه، بازه خور، حصار به یکدیگر پیوسته و کال شور را به وجود می‌آورند.

برمبنای آخرین آماربرداری در سال ۱۴۰۱ میزان تخلیهٔ آب‌های زیرزمینی از طریق ۳۴۶۶حلقه چاه عمیق ونیمه عمیق، ۹۸۸ دهنه چشمه و ۸۹۳ رشته قنات،۲۰ رودخانهٔ دائمی با مجموع برداشت ۵۴۲/۹ میلیون متر مکعب منبع تأمین‌کنندهٔ آب مصرفی سه شهرستان نیشابور، فیروزه، زبرخان هستند.

براساس ایستگاه سینوتپیک شهرستان نیشابور در سال آبی (۱۴۰۱-۱۳۹۹) میزان بارش معادل ۸۶ میلی‌متر بوده و این میزان به حدی نبوده تا در زمین نفوذ ومنابع زیرزمینی را تغذیه کند؛ به همین دلیل هم‌اکنون تغذیهٔ منابع آب زیرزمینی در دشت نیشابور نزدیک به صفر است. میانگین ۳۰ سالهٔ بارش نیشابور برابر ۲۵۱/۹ میلیمتر است که در این مورد شاهد کاهش ۶۶ درصدی بارش درسال جاری هستیم. این کاهش نزولات جوی ظرف ۷۰ سال اخیر بی‌سابقه بوده است (خجسته پور، ۱۴۰۱).

میزان تخلیه و برداشت از منابع آب در مناطق مختلف حوضه به میزان متفاوتی بستگی به ضخامت آبرفت دارد. ضخامت آبرفت در غرب دشت ۸۰ متر و در شهرنیشابور حدود ۷۵ متر، در جنوب شرق ۵۰ متر، در شمال شرق ۱۸۰ متر و در اراضی باغرود وسالاری حدود ۲۰۰ متر است. مساحت آبخوان زیرزمینی دشت نیشابور ۲۵۶۰ کیلومتر مربع و آورد آب رودخانه‌ها به آن ۲۳۰ میلیون متر مکعب برآورده شده است. برداشت از منابع آبی حوضه عمدتاً از چاه‌ها صورت می‌گیرد. درنتیجه، با توجه به آمار میزان آبی تخلیه سالانهٔ چاه‌ها که از اداره منابع آب شهرستان گرفته شده است، کمترین میزان تخلیه ۴۰۰ الی ۶۰۰ هزار متر مکعب در سال بوده که عمدتاً از منابع آبی قسمت‌های شرقی و مرکزی دشت برداشت می‌شود و بیشترین میزان برداشت از منابع آبی دشت، به میزان تخلیهٔ بیش از ۲ میلیون متر مکعب در سال از منابع آبی قسمت‌های غرب وجنوب غربی حوضه استخراج شده است.

به‌طورکلی شاهد تفاوت میزان بحران در نقاط مختلف دشت هستیم و درکل هیچ قسمت از دشت خالی از بحران نیست وفقط میزان آن در نقاط مختلف منطقه متفاوت است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که شدت بحران در۲۳ درصد از منطقه در حد بحران کم است که عمدتاً مناطق شرقی و به‌ویژه شمال شرق را دربرمی‌گیرد. در این قسمت میزان نفوذپذیری پایین و درعوض میزان بارش بالا است؛ اما میزان تخلیه از منابع آبی، میزان افت وتبخیر نیز پایین است. الگوی کشت در این منطقه نیز نیاز آبی کمی دارد. این عوامل درمجموع، در پایین نگه‌داشتن میزان بحران در منطقه بسیار مؤثر بوده است. از قسمت شمال شرق دشت، هرچه به قسمت‌های شرق وجنوب حوضه حرکت کنیم، میزان تبخیر زیاد و میزان بارش کمتر می‌شود. در قسمت‌های جنوبی، میزان تخلیه نیز بیشتر می‌شود؛ ولی با توجه به نوع الگوی کشت نیاز آبی پایین در این مناطق، بحران آب در حد متوسط برآورد شده است که این محدوده ۴۶ درصد از حوضه را دربرمی‌گیرد. بیشترین شدت درجهٔ بحران در قسمت های جنوبی وغربی دشت برآورد شده است که ۳۱ درصد از وسعت حوضه را شامل می‌شود. در این مناطق بیشترین تخلیه از منابع آب صورت می‌گیرد که گرچه میزان نفوذپذیری 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 (فرج‌زاده اصل، ۱۳۸۵، ص.۲۳۲).



نقشهٔ ۲. توزیع منابع آب زیرزمینی در دشت نیشابور

منبع: یزدانیان، ۱۳۹۲

جدول ۱. تعداد منابع آب زیرزمینی ومیزان تخلیه به تفکیک نوع منبع آبی طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۶۸

(تخلیه: میلیون متر مکعب)

منبع: اداره منابع آب شهرستان نیشابور-۱۴۰۱

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

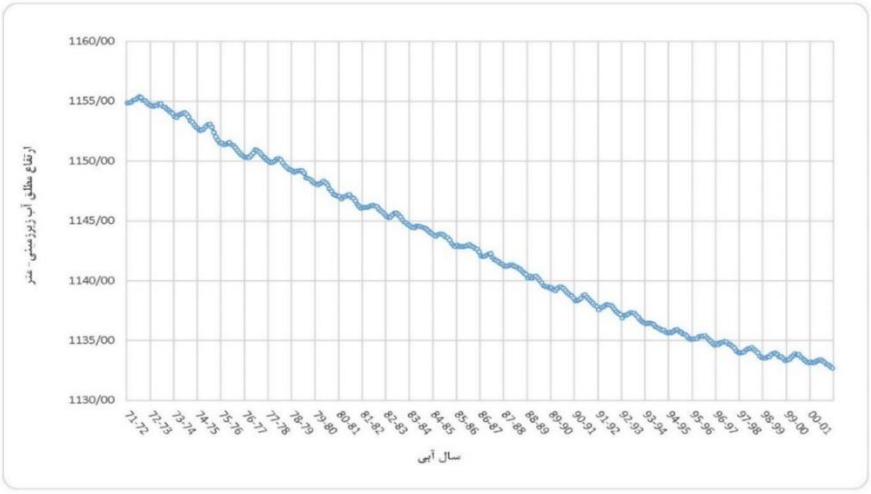
با توجه به جدول شمارهٔ (۱) مشاهده می‌شود که طی چهار دوره آماربرداری طی ۳۳ سال (۱۴۰۱-۱۳۶۸) ضمن افزایش ۱۶۳۸ حلقه چاه عمیق و نیمه‌عمیق، میزان تخلیه ۲۴۱/۷میلیون متر مکعب کاهش داشته است که علت آن اثرات خشکسالی‌های چند دههٔ اخیر بر منابع آب است

که علی‌رغم افزایش تعداد چاه‌ها، میزان برداشت از منابع آب‌های زیرزمینی به علت افت سفرهٔ آب زیرزمینی کاهش نشان می‌دهد.

افزایش تعداد و تخلیهٔ قنوات در آماربرداری سال ۱۳۸۱ نسبت به دوره‌های قبل به دلیل شناسایی و آماربرداری قنوات واقع در کوهپایه‌ها و به‌خصوص چشمه قنات‌ها است که این تعداد در آماربرداری سال۱۴۰۱ کاهشی برابر۳۷ رشته قنات را نشان می‌دهد. افزایش تعداد چشمه‌ها در سال ۱۳۹۶ ، ناشی از آماربرداری چشمه‌هایی با شدت جریان کم و ناچیز است که در سال ۱۴۰۱ این تعداد به ۹۸۸ دهنه چشمه کاهش یافته است. افزایش تعداد و تخلیهٔ بیش ازحد منابع آب زیرزمینی دشت نیشابور ازطریق چاه‌های بهره‌برداری طی سال‌های ۱۳۶۸ الی ۱۴۰۱ بیانگر اعمال استرس وکسری مخزن غیرقابل جبران طی سال‌های اخیر است؛ این درحالی است که به سبب نبود نظارت بر بهره‌برداری و حفر چاه‌های غیر مجاز کم‌عمق در دشت‌های سیلابی رودخانه‌ها و مسیل‌های ورودی به دشت، حجم زیادی از مؤلفه‌های تغذیهٔ آبخوان به سطح زمین کشانده و در کشاورزی استفاده می‌شود که این امر تنش واردشده را تشدید کرده است.

"منابع آب زیرزمینی دشت نیشابور عمدتاً شامل آب‌های ذخیره‌شده در خلل‌وفرج رسوبات آبرفتی کواترنر (Qt2) است که آبخوان آزاد منطقه را تشکیل داده است. آبخوان این دشت عمدتاً از طریق مخروط افکنه‌ها وسیلاب‌ها، مسیل‌های ورودی از ارتفاعات شمالی حوضهٔ آبریز تغذیه می‌شود. استحصال آب زیرزمینی نیز عمدتاً از طریق چاه‌های عمیق صورت می‌گیرد. تخلیه سازندی حوضهٔ آبریز نیز از طریق چشمه‌های ظهوریافته و از سازندهای سخت در ارتفاعات شمالی صورت می‌گیرد. برداشت بیش از حد منابع آب سبب افت زیاد سطح آب زیرزمینی شده و پیامدهایی ازقبیل نشست سطح زمین و افت کیفی آب را در پی داشته است" (لشکری‌پوروهمکاران، بی تا، ص. ۱۰۸۵).

نمودارشمارهٔ (۱) میزان افت سطح آب زیرزمینی در دورهٔ ۳۰ سالهٔ (۱۴۰۱-۱۳۷۱) رانشان می‌دهد. همان‌گونه‌که مشاهده می‌شود، در سال آبی۱۳۷۲-۱۳۷۱ ارتفاع مطلق آب‌های زیرزمینی برابر۱۱۵۵ متر بوده است؛ درحالیکه این میزان طی سال‌های مختلف به‌تدریج افت کرده، به حدی که درسال ۱۴۰۱ این رقم به ۱۱۳۰متر یعنی معادل ۲۵- متر افت نشان می‌دهد وبه‌عبارتی هر ساله حدود ۸۳ سانتی‌متر سطح ایستایی آب پایین رفته است.



نمودار ۱. آبنمود محدودهٔ مطالعاتی در دشت نیشابورطی سال‌های۱۴۰۱-۱۳۷۱

منبع: شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی-۱۴۰۱

۵. ۱. مصرف‌کنندگان اصلی آب‌های زیرزمینی

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد 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 زیرمجموعهٔ آن، به‌ویژه زراعت و باغداری مصرف شده است. جدول شمارهٔ (۲) میزان مصرف آب در بخش‌های مختلف از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی را نشان می‌دهد.

جدول ۲. مصارف آب کشاورزی، شرب و بهداشت، صنعت و خدمات از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی

منبع: شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی–۱۴۰۰

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

مصرف‌کنندهٔ اصلی در سطح محدودهٔ 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 ۹/۴ میلیون متر مکعب (۱/۶درصد) مصرف‌کنندگان اصلی از منابع آب زیرزمینی وسطحی محسوب می‌شوند؛ علاوه‌براین ۵۳/۱ میلیون متر مکعب از آب برگشتی دربخش‌های مختلف نیزاستفاده می‌شود. 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 هر هکتار زمین چهار تا پنج نوبت نیاز به آبیاری دارد؛ اما همین مقدار زمین اگر تبدیل به باغ شود، دورهٔ 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 تأثیر جاذبه‌های اقتصادی کم‌رنگ شده است.

با توجه به اینکه بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب تجدیدشونده در منطقه است، با کاهش مصرف وتغییر الگوی کشت وگرایش به کشت‌هایی با نیازآبی کم می‌توان در این بخش تا حد زیادی به تعادل بین سیستم عرضه و تقاضای آب امیدوار بود. هم‌زمان، افزایش سرمایه‌گذاری در بخش صنعت و انتقال فعالان بخش کشاورزی به این بخش، راهی برای تضمین ثبات اقتصادی خانوارهای این منطقه است. در این سناریو فرض می‌شود که سالانه یک درصد از سطح زیر کشت اراضی آبی کاهش یافته تقاضای کشاورزی در اختیار بخش صنعت قرار داده می‌شود. در این صورت با وجود اینکه مقدار کل تقاضا تغییر زیادی می‌کند، ولی به دلیل اینکه آب برگشتی از صنایع نسبت به کشاورزی بیشتر است می‌توان گفت که به‌طورکلی در مصرف آب صرفه‌جویی خواهد شد." میانگین مصرف آب هر هکتار از اراضی کشاورزی در دشت نیشابور سالانه در حدود ۱۲۵۹۰ متر مکعب ومیانگین مصرف سالانهٔ هر واحد صنعتی حدود ۱۰۳۵۸ متر مکعب است؛ این بدین معنی است که مصرف سالانهٔ آب یک واحد صنعتی برابر با مصرف آب ۰/۸۲ هکتار زمین کشاورزی آبی در سال است" (کرمانشاهی،۱۳۹۲، ص.۴۹۹).

عدم شناخت صحیح و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب، خسارت جبران‌ناپذیری مانند افت شدید وغیر قابل برگشت سطح آب زیرزمینی، کاهش دبی چاه‌ها و قنوات، تغییرات الگوی جریان

آب زیرزمینی مانند پیشروی جبهه‌های آب شور و تداخل آب‌های شور و پدیدهٔ فرونشست را به دنبال خواهد داشت.

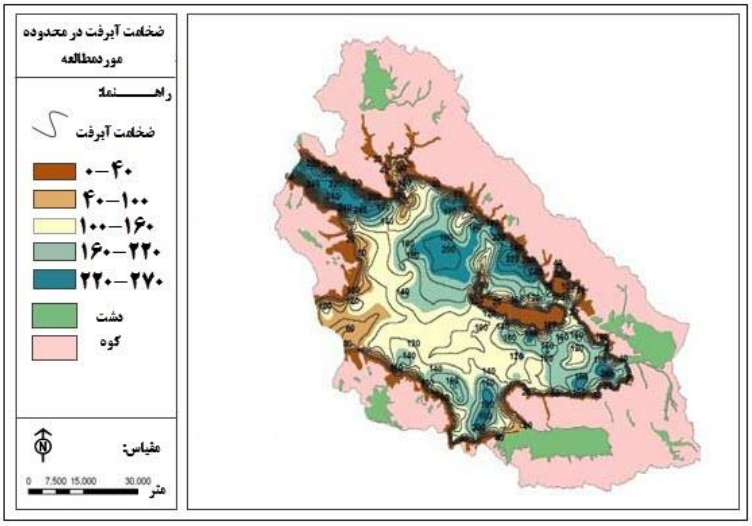
۵. ۲. ارتباط پدیدهٔ فرونشست زمین با کاهش سطح آب‌های زیر زمینی

"با بررسی نقشهٔ منحنی‌های هم‌عمق سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور مشاهده می‌شود که سطح برخورد به آب در نقاط مختلف دشت متفاوت بوده و کمترین این عمق درحدود ۱۰ متر و حداکثر ۱۳۵ متر در قسمت‌های جنوبی حوضه است. حرکت آب‌های زیرزمینی در حوضهٔ نیشابور از سمت ارتفاعات شمالی (بینالود) و ارتفاعات جنوبی به طرف کالشور و مقطع خروجی انتهایی دشت در جنوب غربی منطقهٔ (حسین آباد جنگل) است" (فرج‌زاده اصل،۱۳۸۵، ص.۲۲۰).

تحقیقات نشان می‌دهد که کمترین میزان افت (کمتر از ۱۰ متر) در حوالی روستاهای مازول و قلعه‌نو جمشید است و در دو منطقهٔ این حوضه در قسمت غربی و همچنین قسمت مرکزی متمایل به جنوب حوضه میزان افتی بیش از ۳۰ متر در طی دورهٔ آماری ۱۴۰۱-۱۳۹۶مشاهده می‌شود که در این مناطق بیش از ۸۰ درصد چاه‌های مورد بهره‌برداری، میزان تخلیهٔ بیش از یک میلیون متر مکعب در سال را دارند و در منطقهٔ دوم، نفوذپذیری پایین آن مزید بر علت شده است. به‌طورکلی، ضخامت آبرفت در غرب دشت ۸۰ متر و در شهرنیشابور حدود ۷۵ متر، در جنوب شرق ۵۰ متر، در شمال شرق ۱۸۰ متر و در اراضی باغرود و سالاری به ۲۰۰ متر می‌رسد (اداره منابع آب شهرستان نیشابور).

از پیامدهای منفی اضافه برداشت‌های مستمر از منابع آبی دشت نیشابور، پایین‌افتادن عمق سطح برخورد به آب زیرزمینی در این دشت است. معمولاً آب‌های 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، آرام‌آرام فضای خالی که در گذشته با آب پر شده بود، با هوا پر شده، به ذرات ریزودرشت فشار وارد می‌کند، کم‌کم 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، میان ذرات درشت جای می‌گیرند.

نتایج تحقیقات در سال‌های متمادی نشان می‌دهد که سطح برخورد به آب تقریباً در تمام چاه‌های دشت از سال آبی ۷۷-۷۶ نسبت به سال آبی ۸۱-۸۰ در حدود ۲ متر افت داشته و حتی در بعضی از چاه‌ها این میزان افت به ۱۰ متر نیز رسیده است (فرج زاده اصل،۱۳۸۵،ص. ۲۲۱). براساس آمار اداره منابع آب شهرستان نیشابور، سطح برخورد به آب درسال ۱۴۰۱ برابر ۱۳۰ متر بوده است. با توجه به حجم بارش‌ها در سال آبی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ میزان بارش در دشت نیشابور ۱۲۵میلی‌متر بوده که حدود ۵۰ درصد از میانگین بارش بلندمدت کمتر بوده است و در سال آبی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ این میزان به ۱۹۲میلی‌متر رسید که حدود ۲۰ درصد از میانگین بارش بلندمدت کمتر بوده است و در سال آبی ۱۴۰۱- ۱۴۰۰ میزان بارش‌ها ۴۰ درصد از میانگین بارش بلندمدت کمتر بوده است. به همین دلیل طی سال‌های ۹۹ و ۹۸ میزان کسری مخزن آبی دشت نیشابور به ترتیب ۱۲۵ و ۷۸ میلیون مترمکعب برآورد شده است و در سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ براساس آمار اعلام‌شده از طرف اداره منابع آب شهرستان این میزان به ۴۲ میلیون مترمکعب رسیده است؛ اما در سال آبی ۱۴۰۱- ۱۴۰۰ دوباره این‌میزان به ۱۰۵ میلیون مترمکعب رسید. به‌طورکلی کسری مخزن بلندمدت ۱۲۹/۵۵ -میلیون متر مکعب درسال برآورده شده است (اداره منابع آب شهرستان نیشابور-۱۴۰۰).



نقشهٔ ۳. ضخامت آبرفت درمحدودهٔ مورد مطالعه

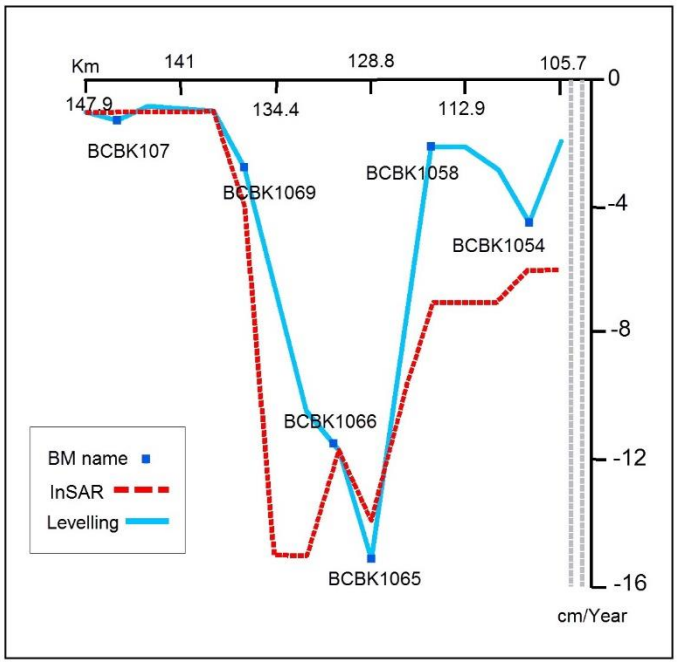
منبع: سربازی، اسماعیلی، ۱۳۹۱

از دیگر پیامدهای افت سطح آب، ایجاد شکاف‌های عمیق، حفره‌ای و طولی است. به‌طورکلی شکاف‌های طولی با زمین‌های در حال نشست مرتبط هستند. طبق گزارش‌های موجود، اولین شکاف‌ها از سال۱۳۸۲ در دشت نیشابور و در محدودهٔ روستای بازوبند در جنوب شهر فیروزه مشاهده شده است (شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۱۳۸۷). در سال‌های بعد نیز درسایر مناطق دشت شکاف‌هایی با طول و ابعاد مختلف ایجاد شده است.

با توجه به شواهد و مطالعات میدانی، مهم‌ترین سازوکار ایجاد و گسترش ترک‌ها و شکاف‌های محدودهٔ تحقیق را می‌توان به نشست قسمتی از آبرفت دانه‌ای فاقد چسبندگی ناشی از افت سطح آب زیرزمینی نسبت داد و به دنبال آن، ترک‌خوردگی و سپس شسته‌شدن خاک درون شکاف را بر اثر جاری‌شدن آب‌های سیلابی و روان‌آب‌ها در نظر گرفت. دراثر برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی دردشت نیشابور ترک‌هایی به طول حداکثر ۷۰ کیلومتر و متوسط ۳۰ کیلومتر ایجاد شده، آبخوان زیرزمینی این دشت دچار شکستگی شده و توان ذخیرهٔ آن کاهش یافته است.

بررسی‌های انجام‌شده حاکی از آن است که شکاف‌های اصلی ایجادشده در دشت، دارای امتداد تقریباً شمالی–جنوبی بوده و به طول چندین کیلومتر از شمال روستای بازوبند شروع شده و تا روستای اردمه قابل تعقیب است. این شکاف‌ها ناشی از افت سطح ایستابی بوده و در 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 محدودهٔ گسل در سطح زمین شکاف مشاهده نمی‌شود که عمدتاً به دلیل از بین رفتن آثار آن توسط کشاورزان به دلیل قرارگیری در زمین‌های کشاورزی بوده است. محل تشکیل این شکاف احتمالاً از یک گسل قدیمی در پی سنگ تبعیت می‌کند. "حداکثر عمق مشاهده‌شده در شکاف‌های این محدوده حدود ۴ متر است. معمولاً پس از بارندگی با عملکرد فرسایش آبی این شکاف‌ها عریض‌تر می‌شوند. در شرق شهر عشق آباد در جنوب شهر نیشابور نیز شکاف‌هایی مشاهده می‌شود. این شکاف‌ها در محدوده‌ای به شعاع حدود یک کیلومتر و در جهات مختلف مشاهده می‌شود. علت تشکیل این شکاف‌ها نیز افت سطح آب زیرزمینی است. البته در ایجاد این شکاف برخلاف شکاف قبلی، گسل نقش ندارد "(لشکری پور،بی تا،ص۱۰۸۸)و تنها 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 ذخیرهٔ آب زیرزمینی فراهم نخواهد شد(خجسته پور،۱۳۹۶)؛ زیرا زمانی‌که آب‌های زیرزمینی بیش از حد تخلیه شوند، فضای خالی بین سفره‌های زیرزمینی کم‌کم بسته شده و زمین نشست می‌کند. این عامل باعث می‌شود دیگر آب‌های باران وبرف نتوانند به عمق رسیده و دوباره سفره‌ها را سیر آب کنند.



نمودار ۲. نرخ فرونشست زمین در مسیر نیشابور از طریق اندازه‌گیری ترازیابی دقیق (LEVELLING) درطی سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۱۷

INSAR-نرخ فرونشست زمین در مسیرنیشابور از طریق

۵. ۳. اثرات فرونشست زمین بر مناطق روستایی محدودهٔ تحقیق

با بررسی تصاویر ماهواره‌ای و انطباق آن بر مناطق روستایی محدودهٔ تحقیق، مشاهده می‌شود مناطقی که قطب کشاورزی وصنعتی منطقه محسوب می‌شوند، بیشترین مصرف‌کنندهٔ منابع آبی به‌ویژه آب‌های زیرزمینی بوده و همچنین بیشترین اثرات فرونشست در همین مناطق رخ داده است.

نتایج بررسی‌های میدانی بیانگر آن است که اثرات فرونشست زمین در مناطق مختلف دشت متفاوت بوده و علت آن میزان بهره‌برداری ازمنابع آب‌های زیرزمینی، جنس زمین، ضخامت آبخوان و غیره بوده است. فرونشست در زمین‌های کشاورزی دلیلی جز الگوی کشت نادرست و استفادهٔ بیش از حد سفره‌های آب زیرزمینی ندارد. در پی این اتفاق، عمدتاً زمین‌های کشاورزی تا شعاع بزرگی در اطراف شکاف، از بین خواهند رفت. ایجاد فرونشست درزمین‌های کشاورزی می‌تواند سبب تخریب یا غیر قابل 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.

شکاف‌های ایجادشده در دشت نیشابور عمدتاً در شمال و شمال غربی بوده؛ گرچه در جهت شمال شرقی نیز شکاف‌هایی شناسایی شده است. به‌طورکلی در دو بخش عمده، شکاف‌های شرقی (غرب وشرق روستای بشرو، قبل از مسجد چوبی واطراف روستای کاریزک) و غربی (شکاف‌های حاشیهٔ روستای بازوبند) شناسایی شده‌اند. از نظر سنی گسترش و ایجاد این شکاف‌ها باهم متفاوت است. شکاف‌های اطراف روستای بازوبندی از حدود۲۴ سال پیش ایجاد شده است، درصورتی‌که شکاف‌های اطراف روستای کاریزک حدود۱۴ سال پیش ایجاد شده ودر سال‌های بعد گسترش یافته است و شکاف‌های اطراف روستای بشرو و مسجد چوبی در ۱۱سال اخیر ایجاد شده‌اند.

با توجه به جدول شمارهٔ (۳) مشاهده می‌شود که در محدودهٔ روستای بشرو غربی مشکلات ناشی از فرونشست زمین باعث بی‌استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی به دلیل ناتوانی در آبیاری، تغییر شیب طبیعی زمین، قطع مسیر رشته قنوات، نزدیک‌شدن به قنات بیخج، آسیب به جاده‌های ارتباطی، قطع خطوط انتقال انرژی، آسیب به منازل مسکونی شده است؛ درحالی‌که اثرات فرونشست زمین درقسمت شرقی روستا با توجه به طول آن که ۶۰۰ و عمق ۲ متر بوده، اثرات مخرب‌تری داشته که منجر به قطع قسمتی از لولهٔ انتقال نفت سراسری، نفوذ نفت در آبخوان، پیشروی به سمت ریل راه‌آهن، تغییر مسیر سیلاب کال که منجر به هدایت سیلاب به سمت روستای جیلو شده است. در روستای کاریزک بخش وسیعی از اراضی زراعی تخریب شده و

همچنین، فرونشست زمین درز وترک‌هایی را دربافت مسکونی روستا ایجاد کرده و نیز منجر به هدایت سیلاب‌ها به بافت مسکونی شده است.

در محدودهٔ روستای بازوبندی فرونشست زمین به طول۱۲ کیلومتر و عمق ۶ متر منجر به تخریب ۷۰ هکتار از اراضی کشاورزی این محدوده شده است. همچنین، به علت ایجاد شکاف، امکان انتقال آب به زمین‌های زراعی وجود ندارد و نیزعمق آب‌های زیرزمینی در منطقه از ۳۰ متر به ۱۰۰ متر افزایش یافته است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد، امتداد شکاف‌ها به سمت شمال غرب در حال گسترش است و همچنان این پیشروی مخرب ادامه دارد. در روستای حسنی‌ده، تخریب مساکن وایجاد درز وترک، ایجاد شکاف در جاده‌های ارتباطی، ایجاد شکاف در مزارع، آب‌گرفتگی و رانش زمین ازجمله عوارض منفی فرونشست زمین است. در سایر روستاها، ازجمله حقیقه واحمدیه نیز مشکلاتی مشابه مشاهده شده است؛ مانند: ایجاد شکاف‌های عمیق در زمین‌های زراعی، تغییر مسیر جریان آب و تخریب زمین‌های کشاورزی.

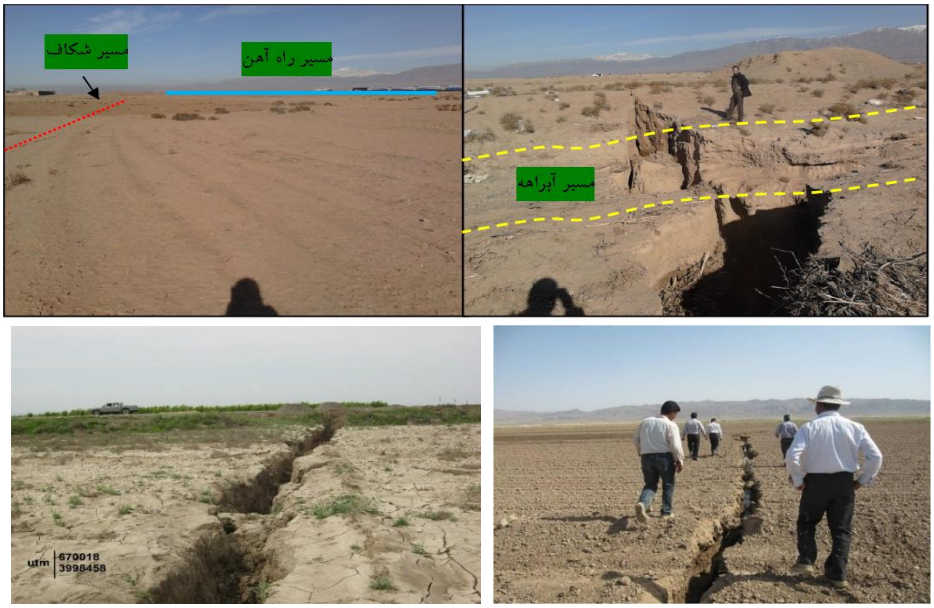
درحال حاضر به دلیل بی‌توجهی به این پدیده، تعدادی از خانه‌های روستایی قابلیت بهره‌برداری و سکونت خود را از دست داده‌اند و مسائلی نظیر مهاجرت، انتقال افراد و ایجاد خانه‌های جدید به وجود آمده که هزینه‌های زیادی را به دولت و مردم تحمیل کرده است. همچنین، یکی از مشکلات بسیار حاد دراین زمینه، وجود فرونشست در امتداد ایستگاه راه‌آهن خیام به سمت ایستگاه عطاراست که در نمودارشمارهٔ (۳) به تصویر کشیده شده است و همان‌گونه‌که دیده می‌شود، نرخ فرونشست زمین در ایستگاه خیام حدود ۶ سانتی‌متر و در ایستگاه عطار حدود ۸ سانتی‌متر در سال است. بیشینهٔ نرخ فرونشست نیز در طول این مسیر نزدیک به ۱۲سانتی‌متر درسال محاسبه شده است. برای بررسی نرخ فرونشست در امتداد بزرگراه مشهد به سمت سبزوار، یک مقطع طولی از حوالی شهر قدمگاه به سمت نیشابور و ادامهٔ آن بررسی شده است. با توجه به نمودار شمارهٔ (۴) ملاحظه می‌شود که در اطراف شهر نیشابور نرخ فرونشست نزدیک به ۱۱ سانتی‌مترو در محدودهٔ شهر قدمگاه حدود ۳ سانتی‌متر در سال گزارش شده است. بیشینهٔ نرخ فرونشست نیز در این امتداد حدود ۱۸ سانتی‌متر در سال برآورد شده است.

نمودار ۳. نرخ فرونشست زمین در ایستگاه خیام وعطار نیشابور

منبع: سازمان نقشه برداری کشور،۱۳۹۷

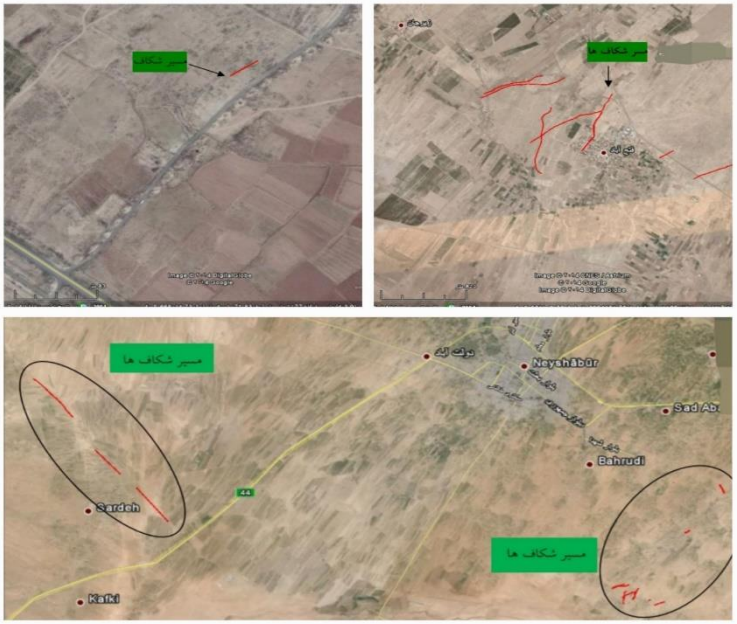
نمودار ۴. نرخ فرونشست زمین در امتداد بزرگراه مشهد-نیشابور- سبزوار و خطوط راه‌آهن

منبع: سازمان نقشه برداری کشور،۱۳۹۷



تصاویر ۱. اثرات فرونشست زمین در دشت نیشابور

منبع: سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی،۱۳۸۷



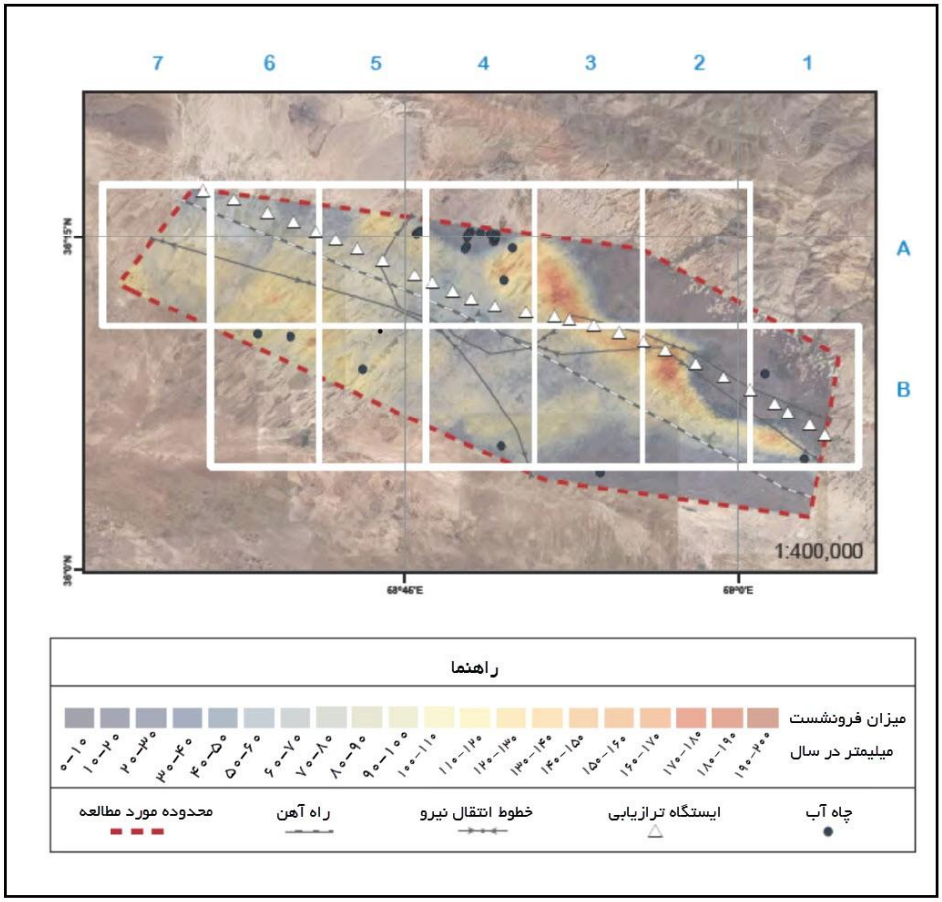
تصاویر ماهواره‌ای شمارهٔ ۲. شکاف‌های ایجادشده در برخی مناطق دشت نیشابور

منبع: سازمان آب منطقه ای خراسان رضوی،۱۳۸۷

جدول ۳. اثرات پدیدهٔ فرونشست زمین در محدودهٔ تحقیق

منبع: اطلاعات گرفته‌شده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل–مشاهده‌های میدانی نگارنده

موقعیت مکانی	اثرات فرونشست
بشرو (قسمت غربی)	-بی‌استفاده‌شدن زمین‌های کشاورزی به دلیل ناتوانی در آبیاری -تغییر شیب طبیعی زمین - قطع مسیر قنوات - آسیب به جاده‌های ارتباطی -قطع خطوط انتقال انرژی -نزدیک‌شدن 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 داده‌اند . -شکافها در امتداد پل و به سمت شمال غرب گسترده شده و به نظر می‌رسد در حال گسترش اند. -عمق آب‌های زیرزمینی در منطقه از ۳۰ متر به ۱۰۰ متر افزایش یافته است.
حسنی‌ده	- تخریب مساکن و ایجاد درز وترک -شکاف در جاده -ایجاد شکاف در مزارع - آب‌گرفتگی و رانش زمین
حقیقه	-ایجاد شکاف عمیق در زمین های زراعی - تغییر مسیر جریان آب
احمدیه	- تخریب زمین‌های کشاورزی
مسجد چوبی	- قطع جاده آسفالته
ایستگاه خیام	-نشست زمین در محدودهٔ راه آهن
ایستگاه عطار	-نشست زمین در محدودهٔ راه آهن



تصویر ماهواره‌ای ۳. میزان فرونشست زمین در مناطق مختلف محدودهٔ تحقیق

منبع: سازمان نقشه برداری کشور،۱۳۹۷

۶. نتیجه‌گیری

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که به‌طور متوسط، دشت نیشابور سالانه ۱۰/۵ سانتی‌متر نشست می‌کند که در مقایسه با میانگین جهانی، این رقم تقریباً ۲۶ برابر بیشتر است. درواقع، بهره‌برداری غیر اصولی ازسفره‌های آب زیرزمینی دشت نیشابور، باعث به‌هم‌خوردگی در آرایش ذرات خاک و کاهش فضای خالی رسوبات شده و درنتیجه، فرونشست زمین را در اکثر نقاط دشت شاهد هستیم.

در این پژوهش برای بررسی داده‌های هیدروگراف واحد و نیز تغییرات به‌وجودآمده در حجم ذخیرهٔ آبخوان دشت نیشابور به استناد داده‌های آماری با استفاده از آزمون هم‌بستگی تجزیه‌وتحلیل‌ها انجام شده است. شواهد نشان می‌دهد که سطح تراز آب زیرزمینی در طی دورهٔ آماری (۱۴۰۱-۱۳۷۱) به میزان ۲۵- متر وسالانه معادل (۰/۸۳) متر افت داشته است. مقادیر هم‌بستگی بین دو عامل افت سطح آب و فرونشست زمین نشان می‌دهد که هم‌بستگی کامل میان پدیدهٔ فرونشست زمین با افت سطح آب‌های زیرزمینی محدودهٔ تحقیق وجود دارد،به‌عبارتی سالانه در ازای هر ۸۳ سانتی‌متر افت سطح آب‌های زیرزمینی، به‌طور متوسط ۱۰/۵سانتی‌متراز اراضی دشت نیشابورنشست می‌کند که تبعات آن به‌صورت شکاف‌هایی در اراضی زراعی، تخریب سیستم آبیاری و زه‌کشی، سیستم‌های انتقال آب و واردکردن خسارات به چاه‌های کشاورزی با پایین‌آوردن تخلخل آنها و ایستگاه‌های پمپاژآب‌های سطحی وچاه‌های زیرزمینی، تغییر شیب زمین و ایجاد مشکلات در شبکهٔ آبرسانی سطحی و نیز تغییر در سرعت و جهت جریان آب زیرزمینی، آسیب‌رساندن به سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی، صدمه به محیط‌زیست؛ مانند: زمین‌های کشاورزی، گونه‌های گیاهی وجانوری، فروریختن جدارهٔ چاه‌ها وقنوات وگل‌آلودشدن آب، ایجاد لرزش‌های کوچک در اثر ناپایداری زمین و ایجاد درز و ترک در مساکن روستایی است.

مسلماً برای کنترل فرونشست زمین، با راهکارهایی چون کاهش مصرف و کنترل برداشت بی‌رویه از آبهای زیرزمینی، تغذیهٔ 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، می‌توان از فرونشست زمین جلوگیری کرد.

۷. پیشنهادها

برای جلوگیری از نشست زمین به دلیل افت سطح آب‌های زیرزمینی راه‌حل‌های زیر مطرح می‌شود:

۱- پیشگیری از پمپاژ بی‌رویهٔ آب و در صورت امکان استفاده از آب‌های سطحی به‌جای آب زیرزمینی به‌ویژه در مناطق پایکوهی.

۲- تغذیهٔ سفره‌های زیرزمینی توسط آب‌های سطحی و در صورت امکان انتقال آب از حوضه‌های مجاور و یا تغذیه توسط فاضلاب شهری، خصوصاً اگر در نقاط شهری این مشکل وجود داشته باشد.

۳- مطالعهٔ دقیق لایه‌ها و خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی آنها.

۴- شناخت مناطق کارستی و بررسی امکان تشکیل سینک هول در محدودهٔ پروژه‌ها.

۵- پروژه‌های پخش سیلاب یکی از راه‌هایی است که می‌تواند میزان فرونشست زمین را کمتر کند، به این صورت 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 بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی (حداقل به میزان ۲۵ درصد) و جلوگیری از برداشت شن و ماسه در مناطق بالادست و داخل محدودهٔ فرونشست زمین که موجب تغذیه سفره آب زیرزمینی می شود.

۸- تغذیهٔ مصنوعی و آبخوان‌داری در دشت‌های بحرانی.

۹- رعایت حقآبه‌های زیست‌محیطی در مناطق به‌گونه‌ای‌که از آب‌های زیرزمینی و سطحی طوری استفاده شود که تعادل لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی منطقه حفظ شود.

۱۰- تخصیص درصدی از منابع آب از سرچشمهٔ حوضه‌ها به پایاب حوضه‌ها و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در حد کمتر از میزان تغذیهٔ آبخوان تا بیلان منفی ایجاد نشود و درنتیجه، تعادل لندفرم‌های محیطی بر هم نخورد.

۱۱- تغییر اساسی در الگوی کشت و نیز الگوی مصرف و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و استفاده از روش‌های نوین آبیاری کشاورزی برای به‌حداقل‌رساندن مصرف و هدررفت آب.

۱۲- کنترل دقیق سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی برای برنامه‌ریزی و جلوگیری از وقوع فرونشست زمین.

۱۳- عدم بهره‌برداری از چاه‌هایی که در سنگ بستر حفاری شده و آبدهی بالایی دارند.

۱۴- با توجه به خطر فرونشست زمین، از ساخت‌وسازهای مسکونی، تجاری و کاربری‌های کشاورزی در مناطق پرخطر جلوگیری شود و این مناطق به‌عنوان مناطق ممنوعه قلمداد شود.

۱۵- ایجاد تشکل‌های بهره‌برداران آب زیرزمینی و سپردن مدیریت آبخوان و بهره‌برداری و حفاظت از آبخوان به آنان.

کتابنامه

۱. اداره منابع آب شهرستان نیشابور، (۱۴۰۲).

۲. امیری کاریزکهنی، ف.س.، خاشعی سیوکی، ع. ، احمدی حاجی، ا.ح.، و کاووسی گیوشاد، م. (۱۴۰۰). بررسی اثر افت آب زیرزمینی بر تغییرات شوری آب آبخوان ،(مطالعه موردی دشت نیشابور). *آبخوان و قنات*،۳ (۱)،۹۲-۱۰.

۳. بهنیافر، ا.، قنبر زاده، ه.، و اشراقی، ع. (۱۳۸۹). بررسی عوامل موثر در فرونشست‌های دشت مشهد و پیامدهای ژئومورفیک آن. *جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم انداز زاگرس*،۲ (۵)،۱۸-۲.

۴. پورخسروانی، م. (۱۳۹۴). بررسی وتحلیل علت فرونشست دشت‌ها واثرات آن، اولین کنفرانس بین المللی علوم جغرافیایی، آباده، https://civilica.com/doc/562105

۵. جلینی، م.، عادل، س.، لشکری‌پور، غ.، و راشکی، ع. (۱۳۹۶). بررسی همبستگی مورفومتری ترک‌های حاصل از فرونشست با تغییرپذیری ادافیک در دشت نیشابور. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۵(۴)، ۷۵-۵۹.

۶. حاتمی، ف.، و پرویزی، م. (۱۳۹۴). تاثیر کاهش سطح آب زیرزمینی بر نشست زمین (مطالعه موردی: دشت ارسنجان). چهارمین کنفرانس ملی مصالح و سازه های نوین در مهندسی عمران.

۷. حسین زاده، ر.، رکنی، ج.، لشکری‌پور، غ.، و ولایتی، س. (۱۳۹۵). بررسی فرونشست زمین، چشم اندازهاو تحولات ژئومورفولوژی ناشی از آن در دشت های تراکمی (نمونه موردی: دشت نیشابور). *جغرافیای مناطق خشک*، ۷ (۲۴)،۳۸-۲۱.

۸. خبرگزاری سینا. (۱۳۹۷/۱۱/۱۰).

۹. خجسته پور.س. (۱۳۹۶)،کد خبر:۲۰۱۱۴۳۷.

۱۰. خجسته پور.س. (۱۴۰۰)، روزنامه خراسان۱۴۰۰/۳/۱۲.

۱۱. دفترمطالعات زیر بنایی، مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی، (۱۴۰۲)، ۱۱(۱۹۴۲۶)،۳۸-۱.

۱۲. رنجبر باروق، ز.، و فتح‌اللهزاده، م. (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*، ۱۰(۴) ، ۱۵۵-۱۳۸.

۱۳. زارع مهرجردی، ا. (۱۳۹۰). بررسی پدیده نشست زمین وشکستگی‌های موجود در منطقه رستاق جنوب میبد. *جغرافیا وبرنامه‌ریزی محیطی*، ۴۳(۱)، ۱۶۶-۱۵۵.

۱۴. سادات وزیری، ن.، وزیری، س. م.، غفوری، م. (۱۳۹۶). اثر افت آب‌های زیرزمینی در فرونشست‌های دشت مشهد. دومین همایش زمین شناسی مهندسی و محیط زیست شهر مشهد https://civilica.com/doc/772834

۱۵. سازمان نقشه برداری کشور،۱۳۹۷.

۱۶. سازمان آب منطقه ای خراسان رضوی،۱۳۸۷.

۱۷. سرباز، ح.، و آقامیری ، س.م. (۱۴۰۲). سیاست‌گذاری و مدیریت فرابخشی حل معضل پدیده فرونشست در ایران. *پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه ریزی انرژی*، ۹ ،(۲)،۱۴۷-۱۰۶.

۱۸. صالحی، ر.، غفوری، م.، لشکری‌پور، غ.، و دهقانی، م. (۱۳۹۲). بررسی فرونشست دشت مهیار جنوبی با استفاده از روش تداخل سنجی راداری. *مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۳ (۱۱)،۵۷-۴۷.

۱۹. فرج‌زاده اصل، م.، و حسینی، آ. ب. (۱۳۸۶). تحلیل بحران آب دشت نیشابور، *مدرس علوم انسانی (ویژه نامه جغرافی)* ، ۱۱(۵۳)،۲۳۸-۲۱۵.

۲۰. قره‌چلو، س.، اکبری قوچانی، ح.، گلیان، س.، وگنجی، ک. (۱۴۰۰). ارزیابی میزان فرونشست زمین درارتباط با آب های زیرزمینی به کمک داده ماهواره‌ای راداری سنتینل-۱ والوس-۱ (منطقه مورد مطالعه:دشت مشهد). *سنجش از دور وسامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی* ،۱۲(۳) ، ۱۴-۱۱.

۲۱. کرمانشاهی، س.، داوری، ک.، هاشمی‌نیا، م.، فرید حسینی، ع.، و انصاری، ح. (۱۳۹۲). کاربرد مدل WEAPدر ارزیابی تاثیر مدیریت مصرف آب آبیاری بر منابع آب دشت نیشابور. *آب وخاک (علوم وصنایع کشاورزی)* ، ۲۷(۳)، ۵۰۵-۴۹۵.

۲۲. لشکری‌پور، غ. ر.، غفوری ، م.، کاظمی گلیان، ر.، و دمشناس، م. (بی تا). نشست زمین دراثر افت سطح آب های زیر زمینی دردشت نیشابور، کنفرانس زمین شناسی مهندسی ومحیط زیست ایران. (صص. ۱۰۸۲-۱۰۹۱).

۲۳. محسنی ،ن.، و محمودی نسب ،ف. (۱۴۰۰). اثرات چاه‌های بهره‌برداری آب زیر زمینی بر تغییرپذیری پهنه‌های فرونشست دشت نیشابور و پیامدهای ژئومورفیک آن، *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*،۸ (۳)،۲۰۰-۱۸۷.

۲۴. محمودی نسب، ف. ، و محسنی، ن. (۱۴۰۰). اثرات چاه‌های بهره‌برداری آب زیرزمینی بر تغییرپذیری پهنه‌های فرونشست دشت نیشابور و پیامدهای ژئومورفیک آن. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۸(۳)، ۲۰۰-۱۸۷.

۲۵. منتظریون، م.، و اصلانی ،ف. (۱۳۹۸). ارزیابی خطر فرونشست زمین با به کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی در پهنه استان‌های تهران والبرز. *دانش پیشگیری ومدیریت بحران*،۹ (۱) ، ۳۵-۴۷.

۲۶. ولایتی،س.، و توسلی، س. (۱۳۷۰). *منابع ومسائل آب استان خراسان*. مشهد: آستان قدس رضوی.

۲۷. یزدانی،و.، و منصوریان، ح. (۱۳۹۲). پهنه‌بندی پتانسیل بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی با استفاده از داده‌های کمی وکیفی آبخوان دشت نیشابور. *مهندسی آبیاری وآب ایران*، ۴(۱۵)،۱۳۲-۱۱۸.

28. Abidin, H.Z, Andreas, H. Gumilary, I, Wangsaatmaja, S, & Fukuda, Y. (2009). Land Subsidence and groundwater extraction in Bandung Basin. *IAHS Publ*, 329, 145-156.
29. Devin L. Galloway, David Richard Jones, S. E. Ingebritsen U.S. Geological Survey, 1999 -177 pages.
30. Hebei Cangzhou Groundwater and Land Subsidence National Observation and Research Station, Cangzhou, China. (2022) Experimental study on consolidation characteristics of deep clayey soil in a typical subsidence area of the North China Plain
31. Martinez, I., Hinkelmann, R., & Savidis, S. (2013). Fast water infiltration: a mechanism for fracture formation during land subsidence. *Hydrogeology Journal*, 21, 761–771.
32. Waltham, A.C. (1989). *Ground subsidence.* Blackie: Scotland.