Journal of Water and Soil Science
Vol. 30, No. 3, 2026, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931

The Impact of Groundwater-Level Changes on Land Subsidence in the Isfahan–Borkhar Aquifer

Arezoo Vahabi and Jahangir Abedi Koupai[1]*

(Received: June 2-2026; Revised: July 18-2026; Accepted: July 18-2026)

1. Department of Water Science and Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
*Corresponding Author, Email: koupai@cc.iut.ac.ir

Abstract

This study evaluated groundwater-level variations in the Isfahan-Borkhar aquifer and examined their relationship to land subsidence. Representative hydrographs, groundwater-level maps, depth-distribution maps for the wettest and driest months of the study period, and a 20-year groundwater-level variation map were prepared and compared with the land subsidence map within the aquifer area. The results indicated that subsidence zones were mainly located in areas experiencing considerable groundwater-level decline. The occurrence of critical subsidence zones in regions with a high density of pumping wells and agricultural lands further confirmed this relationship. In addition, the alluvial-thickness map of the study area was prepared and compared with the land subsidence map to investigate the relationship between the spatial distribution of subsidence zones and alluvial thickness. The findings indicated that land subsidence is associated not only with groundwater-level decline but also with other factors, including alluvial thickness and soil texture. In other words, even under substantial groundwater-level decline, significant land subsidence is unlikely where alluvial thickness and the proportion of compressible fine-grained sediments are low.

Keywords: Groundwater level decline, Land subsidence, Isfahan–Borkhar aquifer, Representative hydrograph

How to cite this article: Vahabi, A. and J. Abedi Koupai. 2026. The Impact of Groundwater-Level Changes on Land Subsidence in the Isfahan–Borkhar Aquifer. *J. Water and Soil Sci.* 30(3): 83-95. DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931

Copyright © 2026 Vahabi and Abedi Koupai. Published by Isfahan University of Technology.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931]

نشریه علوم آب و خاک
سال سی‌ام/ شماره سوم / پاییز ۱۴۰۵/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۸۳ تا ۹۵ DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931

اثر تغییرات سطح آب زیرزمینی بر فرونشست زمین در محدوده آبخوان اصفهان - برخوار

آرزو وهابی و جهانگیر عابدی کوپایی[*1]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۳/۱۲ ؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۴/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۴/۲۷)

۱. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: koupai@cc.iut.ac.ir

چکیده

در این پژوهش به ارزیابی تغییرات سطح آب زیرزمینی در آبخوان اصفهان - برخوار و بررسی رابطه آن با فرونشست زمین پرداخته شد. بدین منظور هیدروگراف معرف آبخوان، نقشه‌های پهنه‌بندی تراز و عمق آب زیرزمینی در مرطوب‌ترین و خشک‌ترین ماه در طول دوره آماری و نقشه تغییرات ۲۰ ساله سطح آب زیرزمینی تهیه و با نقشه فرونشست زمین در محدوده آبخوان مقایسه شد. نتایج نشان داد پهنه‌های فرونشستی آبخوان بیشتر در مناطقی ایجاد شده‌اند که در آنها افت قابل توجه سطح آب زیرزمینی وجود داشته است. قرارگیری پهنه‌های بحرانی فرونشست در مناطقی با تمرکز زیاد چاه‌های بهره‌برداری و اراضی کشاورزی نیز مؤید این مسئله است. علاوه بر این، به منظور بررسی ارتباط موقعیت پهنه‌های فرونشستی با ضخامت آبرفت، نقشه ضخامت آبرفت منطقه تهیه و با نقشه فرونشست زمین مقایسه شد. نتایج نشان داد که فرونشست زمین علاوه بر افت آب زیرزمینی به عوامل دیگری از جمله ضخامت آبرفت و بافت خاک نیز مرتبط است. بدین معنا که در صورتی که ضخامت آبرفت و درصد رسوبات ریزدانه قابل تراکم آبخوان کم باشد، حتی در صورت وجود افت زیاد سطح آب زیرزمینی، فرونشست زمین قابل توجه نخواهد بود.

واژه‌های کلیدی: افت آب زیرزمینی، فرونشست زمین، آبخوان اصفهان - برخوار، هیدروگراف معرف

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۴ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط به استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است: (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931]

مقدمه

کمبود منابع آب در بسیاری از مناطق جهان، جوامع را به پمپاژ آب زیرزمینی برای اهداف شهری، صنعتی و کشاورزی وابسته کرده است. درنتیجه، بسیاری از سفره‌های آب زیرزمینی در سراسر جهان در معرض تنش بیش از حد قرار دارند (۶). حدود ۵۰ درصد از آب مورد نیاز برای شرب و ۴۳ درصد از آب مورد نیاز برای کشاورزی در سراسر جهان از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود (۱۹). در کشور ایران حدود ۶۰ درصد آب مورد نیاز کشور از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود و بیش از ۹۰ درصد آب استخراج‌شده در بخش کشاورزی به مصرف می‌رسد (۱۱). چنانچه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در مقیاس گسترده و برای مدت زمان طولانی ادامه یابد، مشکلات زیست‌محیطی قابل توجهی از جمله شور شدن آب‌وخاک، خشکسالی، طوفان‌های گردوغبار، بیابان‌زایی و فرونشست زمین را به دنبال خواهد داشت (۲، ۱۳ و ۱۴).

فرونشست زمین، حرکت قائم رو به پایین سطح زمین در مقیاس بزرگ است که می‌تواند به صورت تدریجی یا آنی رخ دهد و با حرکات افقی جزئی نیز همراه باشد (۳ و ۸). این پدیده ممکن است به دنبال وقوع پدیده‌های طبیعی از جمله گسل‌ها، حرکت صفحات تکتونیکی، خروج گدازه‌ها، انحلال تشکیلات زیرسطحی و تحکیم نهشته‌ها رخ دهد (۱۸). علاوه بر این، برخی فعالیت‌های انسانی نیز می‌توانند محرک فرونشست زمین باشند. از جمله این فعالیت‌ها می‌توان به استخراج سیالات (مانند آب، نفت و گاز)، تغییر کاربری اراضی و معدن‌کاری اشاره کرد (۱۰). به طور کلی، حدود ۷۷ درصد فرونشست‌های مشاهده‌شده در سراسر جهان ناشی از فعالیت‌های انسانی است و استخراج آب‌های زیرزمینی ۶۰ درصد این موارد را به خود اختصاص می‌دهد (۱).

بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی به دلیل توسعه شهری و کشاورزی، محرک اصلی فرونشست زمین به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (۱۲ و ۱۵). به طور متوسط به ازای هر یک میلیون مترمکعب کاهش آب زیرزمینی، سطح زمین ۹/۵۴ میلی‌متر نشست می‌کند (۱). در کشور ایران نیز فرونشست زمین حدود ۳/۵ درصد از مساحت کشور را درگیر کرده که نزدیک به ۹۰ درصد این موارد در محدوده آبخوان‌ها قرار دارند. این امر به خوبی نشان می‌دهد که علت اصلی فرونشست زمین در کشور، استخراج بی‌رویه آب‌های زیرزمینی است. علاوه بر این، حدود ۶۷ درصد فرونشست‌ها در محدوده زمین‌های کشاورزی رخ داده‌اند که این امر نقش کشاورزی را در برداشت از آب‌های زیرزمینی برجسته می‌کند (۷).

با توجه به اهمیت موضوع فرونشست زمین و لزوم شناسایی عوامل مؤثر بر آن، در سال‌های اخیر پژوهش‌های متعددی در این زمینه در ایران انجام شده است. پژوهش عمادالدین و نظری (۴) در بررسی فرونشست دشت مشهد نشان داد که بیشترین نرخ فرونشست در مناطق با افت شدید سطح آب زیرزمینی، بافت خاک ریزدانه و ضخامت آبرفت زیاد اتفاق افتاده است. شیرانی و همکاران (۱۸) با بررسی پدیده فرونشست زمین در دشت نجف‌آباد اصفهان نشان دادند که پهنه‌های فرونشستی کاملاً با مناطق کشاورزی و افت آب زیرزمینی انطباق دارند. خواجه‌علی و صفوی (۹) با بررسی فرونشست زمین در دشت دامنه – داران اصفهان نشان دادند که میزان پمپاژ از آبخوان مؤثرترین عامل بر رفتار فرونشست زمین می‌باشد؛ به‌طوری که با کاهش میزان پمپاژ، نرخ فرونشست آبخوان کاهش می‌یابد. نتایج آنها همچنین نشان داد که بین گسترش و ضخامت میان‌لایه‌های رسی با گسترش و مقدار فرونشست زمین همبستگی وجود دارد. مطالعه حداد و خراسانی (۵) در بررسی اثر تغییرات سطح آب زیرزمینی بر فرونشست دشت سمنان نشان داد که برداشت آب زیرزمینی به میزان بیش از توان بازیابی آبخوان یکی از دلایل اصلی نشست زمین در سطح وسیع می‌باشد. پژوهش رهنما و میراثی (۱۷) نشان داد که افت سطح آب زیرزمینی، جنس و ضخامت لایه‌های خاک به ویژه لایه‌های ریزدانه و خصویات ژئوتکنیکی خاک از جمله عوامل مؤثر بر فرونشست زمین در دشت مرودشت استان فارس هستند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931]

به طور کلی فرونشست زمین یک موضوع رایج در سراسر ایران است که ۲۶۵ شهرستان از ۴۲۹ شهرستان کشور را تحت تأثیر قرار داده است (۷). در سال‌های اخیر، رشد جمعیت به همراه توسعه روزافزون صنعت و کشاورزی منجر به افت شدید آب‌های زیرزمینی و وقوع پدیده فرونشست زمین در استان اصفهان شده است؛ به طوری که ۲۷ دشت از ۳۵ دشت استان درگیر این مسئله هستند. یکی از مهم‌ترین این دشت‌ها، دشت ممنوعه و بحرانی اصفهان – برخوار می‌باشد که از حدود ۵۵ سال پیش ممنوعه اعلام شده است. سطح آب زیرزمینی در این دشت طی ۳۶ سال گذشته به طور متوسط ۰/۹۵ متر در سال افت کرده (۱۶) و فرونشست شدید و پیش‌رونده زمین را به دنبال داشته است؛ به‌طوری که نرخ فرونشست در برخی مناطق آن به حدود ۱۸/۵ سانتی‌متر در سال می‌رسد. به منظور کنترل نرخ فرونشست زمین در سطح دشت و جلوگیری از پیشروی آن به سمت شهر اصفهان، در پژوهش حاضر به بررسی عوامل مؤثر بر فرونشست زمین در محدوده آبخوان اصفهان – برخوار پرداخته شده و افت آب زیرزمینی به عنوان یک عامل کلیدی در فرونشست زمین مطرح شده است.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی اصفهان – برخوار یکی از ۲۱ محدوده مطالعاتی حوضه آبریز گاوخونی است که در قسمت شمال شرقی این حوضه قرار گرفته است. این محدوده مطالعاتی دارای وسعت ۳۷۷۵/۶ کیلومترمربع است که حدود ۶۳/۸ درصد آن را دشت و ۳۶/۲ درصد آن را ارتفاعات تشکیل می‌دهند. آبخوان آبرفتی اصفهان – برخوار در بخش‌های مرکزی دشت واقع شده و حدود ۱۶۴۱/۷ کیلومترمربع از وسعت دشت را در بر می‌گیرد. این آبخوان از نظر موقعیت جغرافیایی بین ′۳۳ °۳۲ تا ′۱۶ °۳۳ عرض شمالی و ′۵ °۵۱ تا ′۵۸ °۵۱ طول شرقی گسترده شده و از نظر وضعیت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی ممنوعه است. در این محدوده مطالعاتی کمینه و بیشینه ارتفاع از سطح دریا به ترتیب ۱۵۹۸ متر (مربوط به بخش جنوبی) و ۲۶۴۱ متر (مربوط به بخش شمالی) است. متوسط بارش محدوده مطالعاتی در ارتفاعات ۱۳۷ میلی‌متر و در دشت ۱۱۳/۲ میلی‌متر است و فروردین‌ماه و شهریورماه به ترتیب پربارش‌ترین و کم‌بارش‌ترین ماه‌های سال هستند. از جمله شهرهای مهم این محدوده مطالعاتی می‌توان به اصفهان، شاهین‌شهر، خمینی‌شهر، دولت‌آباد، رهنان، گز، حبیب‌آباد و دستگرد اشاره کرد. شکل ۱ موقعیت محدوده مطالعاتی و آبخوان اصفهان – برخوار را نشان می‌دهد.

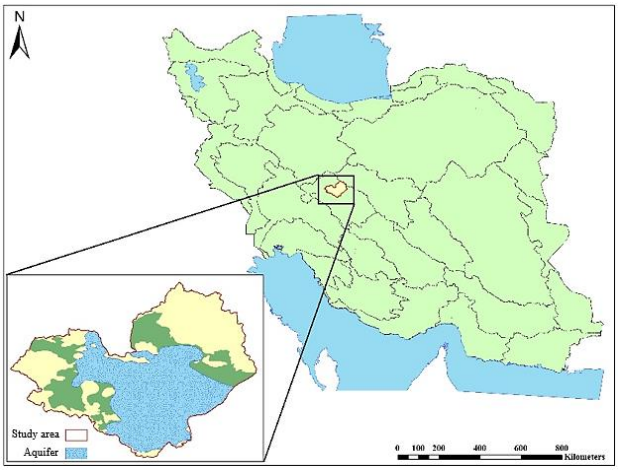
به منظور اطلاع از موقعیت منابع تخلیه آبخوان، مختصات چاه‌های بهره‌برداری، چشمه و قنات‌های آبخوان از شرکت آب منطقه‌ای اصفهان دریافت و نقشه جانمایی آن‌ها در نرم‌افزار ArcGIS به صورت شکل ۲ تهیه شده است. بر اساس نتایج سومین دوره آماربرداری سراسری، ۲۹۲۹ حلقه چاه بهره‌برداری فعال، ۱ دهنه چشمه و ۲ رشته قنات در سطح آبخوان وجود دارد که برای مصارف گوناگون مورد استفاده قرار می‌گیرند. گفتنی است که در این شکل تنها چاه‌های بهره‌برداری مجاز آبخوان نمایش داده شده‌اند.

به منظور آگاهی از نوع کاربری زمین در سطح آبخوان، نقشه کاربری اراضی منطقه نیز به صورت شکل ۳ تهیه شده است. در این نقشه، پلیگون‌های کشاورزی بر اساس نقشه‌های دریافتی از سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان و پلیگون‌های شهری و صنعتی بر اساس تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار Google Earth ترسیم شده‌اند.

به منظور ارزیابی وضعیت کمی آبخوان، هیدروگراف معرف آبخوان تهیه شده است. هیدروگراف معرف نشان‌دهنده تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان در یک دوره زمانی مشخص بوده و با استفاده از آمار بلندمدت چاه‌های مشاهده‌ای و بر اساس روش تیسن می‌گردد. تراز معرف آبخوان در هر ماه در حقیقت یک میانگین وزنی از تراز آب زیرزمینی در تک تک چاه‌های مشاهده‌ای آبخوان است که در آن مساحت تحت پوشش هر چاه به عنوان وزن آن چاه در نظر گرفته می‌شود. در این پژوهش با توجه به وجود نواقص آماری در آمار و اطلاعات بعضی از

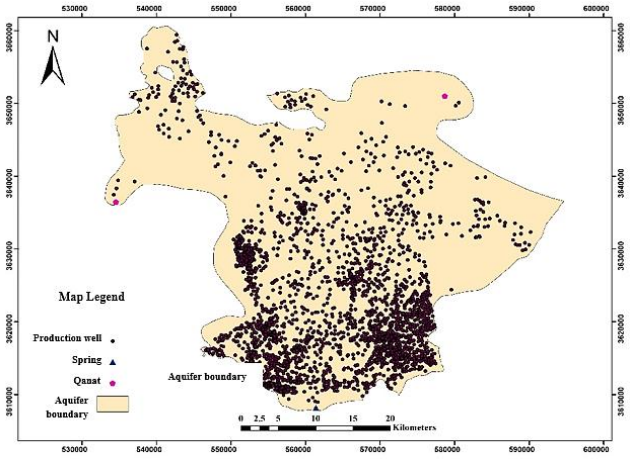
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931]



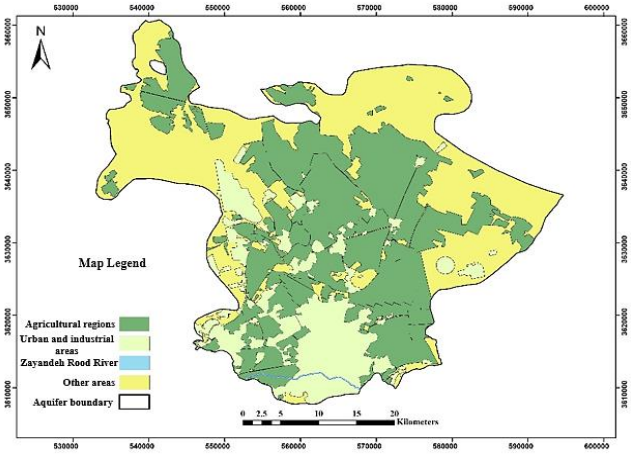
شکل ۱. موقعیت محدوده مطالعاتی و آبخوان اصفهان - برخوار (شرکت آب منطقه‌ای اصفهان)

Figure 1. Location of the study area and the Isfahan-Borkhar aquifer (Isfahan Regional Water Company)



شکل ۲. موقعیت چاه‌های بهره‌برداری، چشمه و قنات‌ها در آبخوان اصفهان - برخوار

Figure 2. Locations of production wells, springs, and qanats in the Isfahan-Borkhar aquifer



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی در محدوده آبخوان اصفهان – برخوار

Figure 3. Land use map of the Isfahan-Borkhar aquifer area

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931]

چاه‌های مشاهده‌ای، تنها از داده‌های ۳۴ حلقه چاه مشاهده‌ای در یک دوره زمانی ۲۰ ساله (از فروردین‌ماه ۱۳۸۱ تا اسفندماه ۱۴۰۰) استفاده شده و پلیگون‌های تیسن نیز در نرم‌افزار ArcGIS ترسیم شده‌اند. شکل ۴ جانمایی چاه‌های مشاهده‌ای و پلیگون‌های تیسن ترسیمی را نشان می‌دهد.

در گام بعدی با توجه به هیدروگراف معرف ترسیمی، مرطوب‌ترین و خشک‌ترین ماه (از نظر آب زیرزمینی) در طول این دوره زمانی ۲۰ ساله تعیین شده است. سپس نقشه‌های پهنه‌بندی تراز و عمق آب زیرزمینی در این دو ماه به ترتیب به روش‌های Kriging و IDW در نرم‌افزار ArcGIS تهیه شده است. علاوه بر این، به منظور بررسی نوسان‌های آب زیرزمینی از ابتدای سال ۱۳۸۱ تا پایان سال ۱۴۰۰، نقشه تغییرات ۲۰ ساله سطح آب زیرزمینی نیز ترسیم شده است. برای تهیه این نقشه ابتدا در هر چاه مشاهده‌ای اختلاف تراز آب زیرزمینی در فروردین‌ماه ۱۳۸۱ و اسفندماه ۱۴۰۰ محاسبه شده و سپس با انجام عملیات درون‌یابی به روش Kriging در نرم‌افزار ArcGIS، نقشه پهنه‌بندی تغییرات سطح آب زیرزمینی بدست آمده است.

در گام بعدی به منظور بررسی ارتباط پهنه‌های فرونشستی با ضخامت آبرفت، نقشه ضخامت آبرفت منطقه نیز تهیه شده است. برای تهیه این نقشه ابتدا با استفاده از نتایج حفاری‌های اکتشافی، کاوش‌های ژئوفیزیکی و عمق چاه‌هایی که به سنگ کف برخورد کرده‌اند، مقادیر ضخامت آبرفت در ۱۴۶ نقطه بدست آمده است. سپس با انجام عملیات درون‌یابی به روش IDW در نرم‌افزار ArcGIS، نقشه ضخامت آبرفت منطقه تهیه شده است.

در پایان به منظور بررسی وضعیت زمین‌شناسی منطقه، لاگ‌های زمین‌شناسی حاصل از حفاری‌های اکتشافی و مطالعات ژئوفیزیک از شرکت آب منطقه‌ای اصفهان دریافت و مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که بافت خاک منطقه عموماً مخلوطی از رس با رگه‌های نازکی از شن و ماسه است و مقداری آهک پراکنده نیز در پروفیل خاک دیده می‌شود. در این محدوده مطالعاتی از سطح زمین تا عمق حدود ۱۵ متری لایه‌های رسی، از عمق ۱۵ متر تا حدود ۳۰ متر لایه‌های شن و ماسه و از این عمق به پایین تا حدود ۱۶۰ متر لایه‌های رسی وجود دارد و پس از آن نیز سنگ کف شیلی قرار گرفته است. به طور کلی ستون زمین‌شناسی کلیه چاه‌های اکتشافی، تناوبی از رس با درصدهای متفاوتی از مخلوط رس و شن، رس و ماسه، شن و ماسه، رس و شن و ماسه را نشان می‌دهد که معمولاً لایه‌های رسی ستبرای بیشتری از سایر لایه‌ها دارند. شکل ۵ نمونه‌ای از لاگ‌های حفاری در این محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد.

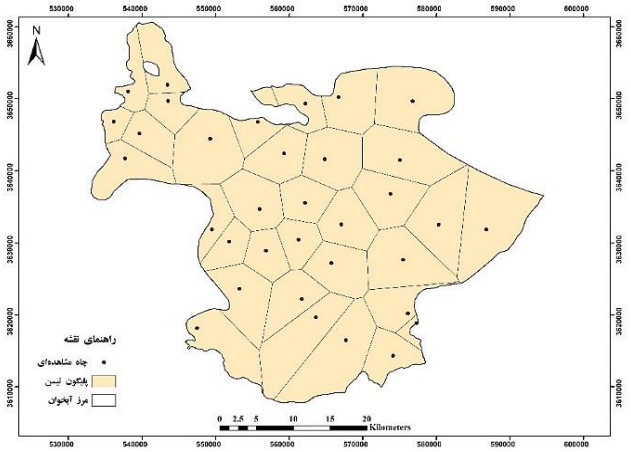
نتایج و بحث

به منظور ارزیابی وضعیت فرونشست زمین در محدوده آبخوان اصفهان – برخوار، یکی از نقشه‌های حاصل از پردازش سری زمانی تصاویر ماهواره Sentinel-1 به عنوان نمونه آورده شده است. این نقشه در شکل ۶ نمایش داده شده و توزیع فرونشست در سطح آبخوان را در پایان سال ۱۴۰۰ نشان می‌دهد. پیکسل‌های فاقد داده در این شکل با رنگ سفید نمایش داده شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۶ دیده می‌شود، بیشترین میزان فرونشست زمین در مناطقی از جمله شمال خوراسگان، رهنان، بخش‌هایی از دولت‌آباد، دستگرد و گز رخ داده است. مقایسه شکل‌های ۲ و ۶ به خوبی نشان می‌دهد که ارتباط تنگاتنگی بین موقعیت پهنه‌های فرونشستی آبخوان و موقعیت چاه‌های بهره‌برداری وجود دارد؛ به‌طوری که در مناطقی از آبخوان که بیشترین میزان فرونشست را تجربه می‌کنند، تمرکز چاه‌های بهره‌برداری نیز وجود دارد. علاوه بر این، مقایسه شکل‌های ۳ و ۶ نشان می‌دهد که پهنه‌های فرونشستی آبخوان با موقعیت زمین‌های کشاورزی منطقه نیز مطابقت دارند؛ بنابراین می‌توان گفت که استخراج آب‌های زیرزمینی به ویژه برای مصارف کشاورزی یکی از علل اصلی فرونشست زمین در محدوده آبخوان اصفهان – برخوار می‌باشد.

به منظور ارزیابی وضعیت آب‌های زیرزمینی، هیدروگراف معرف آبخوان برای یک دوره زمانی ۲۰ ساله به صورت شکل ۷

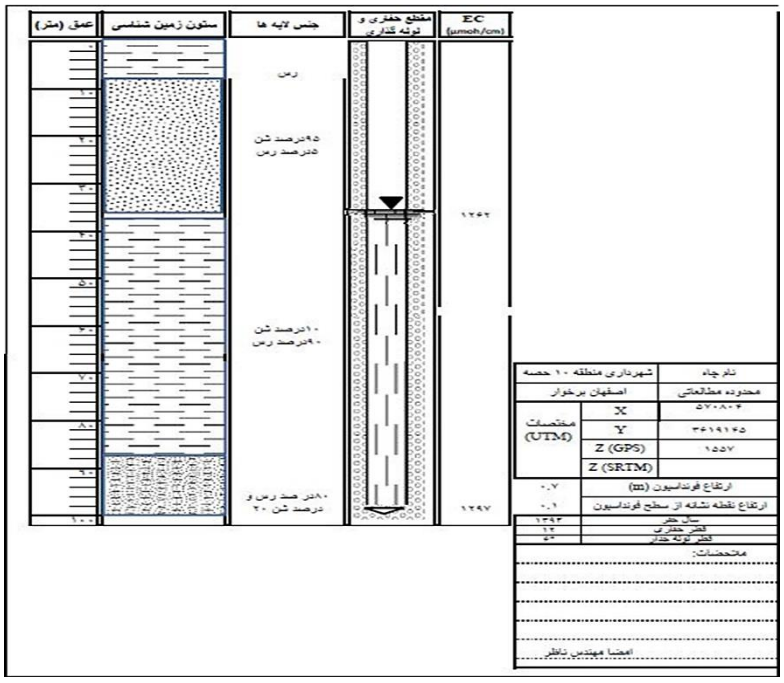
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931]



شکل ۴. موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای آبخوان اصفهان – برخوار به همراه پلیگون‌های تیسن

Figure 4. Locations of observation wells in the Isfahan-Borkhar aquifer, along with Thiessen polygons



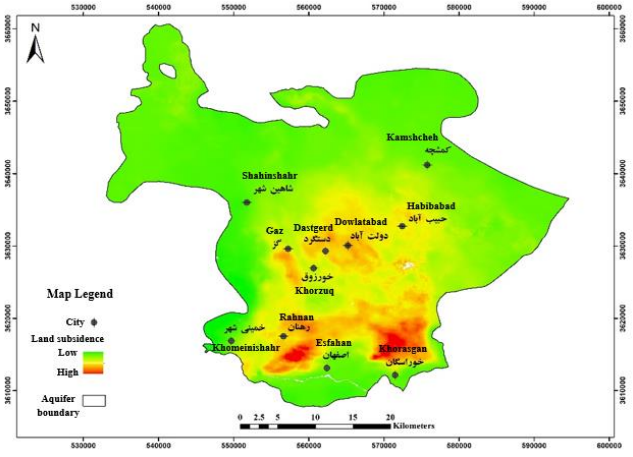
شکل ۵. نمونه‌ای از لاگ‌های حفاری در محدوده مطالعاتی اصفهان – برخوار (شرکت آب منطقه‌ای اصفهان)

Figure 5. An example of drilling logs from the Isfahan-Borkhar study area (Isfahan Regional Water Company)

ترسیم و مقادیر بارندگی ماهانه در سطح آبخوان نیز به صورت نمودار ستونی در آن نمایش داده شده است. همان‌طور که در شکل ۷ دیده می‌شود، سطح آب زیرزمینی در آبخوان اصفهان – برخوار دائماً در حال کاهش است؛ به‌طوری که در طول دوره زمانی در نظر گرفته شده حدود ۸/۸۸ متر افت کرده و متوسط افت سالانه نیز ۰/۴۴ متر است. البته بارندگی‌ها در فصول تر سال با یک تأخیر زمانی سطح آب زیرزمینی را افزایش داده و باعث ایجاد نوسان‌های فصلی در هیدروگراف می‌شوند. میزان این نوسان‌ها از سال ۱۳۸۷ به بعد تحت تاثیر عدم وجود جریان دائمی در رودخانه زاینده‌رود و آبدهی کمتر به رودخانه نسبت به سال‌های پیشین کاهش یافته است.

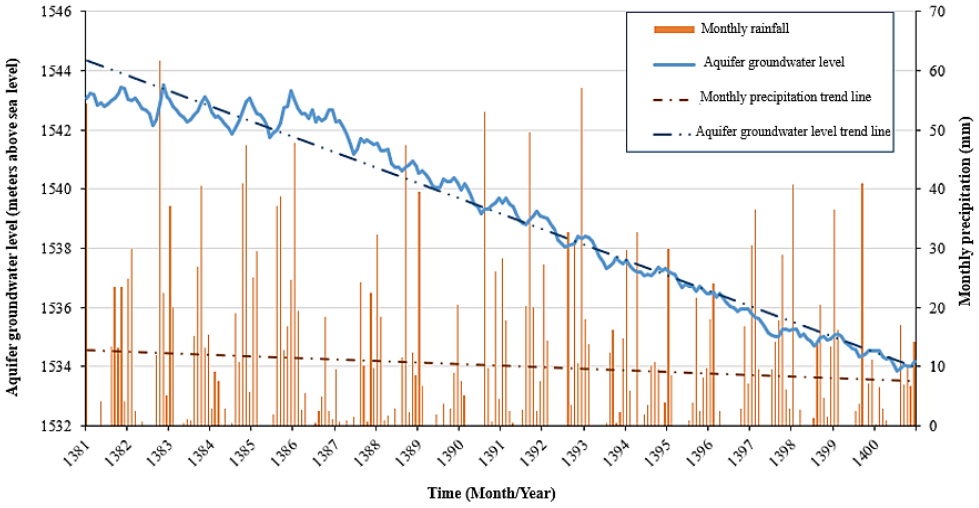
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931]



شکل ۶. نقشه فرونشست زمین در محدوده آبخوان اصفهان – برخوار

Figure 6. Land subsidence map of the Isfahan-Borkhar aquifer area



شکل ۷. هیدروگراف معرف آبخوان اصفهان – برخوار

Figure 7. Representative hydrograph of the Isfahan-Borkhar aquifer

بررسی روند کلی حاکم بر تراز آب زیرزمینی آبخوان و بارندگی ماهانه در شکل ۷ نشان می‌دهد که تراز آب زیرزمینی نسبت به بارندگی با شیب بسیار بیشتری در حال کاهش است؛ بنابراین می‌توان گفت که افت شدید سطح آب زیرزمینی در آبخوان اصفهان – برخوار تنها تحت تأثیر کاهش بارندگی‌ها نبوده و علت اصلی آن، مدیریت ناپایدار منابع آب زیرزمینی می‌باشد. علاوه بر این، شیب کاهشی هیدروگراف در دهه اخیر نسبت به سال‌های گذشته افزایش یافته است که این امر را می‌توان به عدم وجود جریان دائمی در رودخانه زاینده‌رود و عدم آبدهی به شبکه آبیاری مدرن برخوار مربوط دانست که موجب افزایش برداشت کشاورزان از آب‌های زیرزمینی شده است. با توجه به روند نزولی هیدروگراف معرف آبخوان و شدیدتر شدن شیب کاهشی آن در دهه اخیر، وقوع پهنه‌های فرونشستی گسترده در سطح آبخوان دور از انتظار نیست.

بر اساس هیدروگراف ترسیمی، مرطوب‌ترین و خشک‌ترین ماه (از نظر آب زیرزمینی) در این دوره زمانی به ترتیب بهمن‌ماه ۱۳۸۲ با تراز معرف ۱۵۴۳/۵۴ متر و مهرماه ۱۴۰۰ با تراز معرف ۱۵۳۳/۸۶ متر هستند. نقشه‌های پهنه‌بندی تراز آب زیرزمینی در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931]

این دو ماه در شکل ۸ و نقشه‌های پهنه‌بندی عمق آب زیرزمینی در این دو ماه در شکل ۹ نشان داده شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۸ مشخص است، مقادیر تراز آب زیرزمینی در بیشتر بخش‌های آبخوان در مهرماه ۱۴۰۰ نسبت به بهمن‌ماه ۱۳۸۲ کاهش یافته است؛ به‌طوری که میانگین تراز آب زیرزمینی حدود ۱۰ متر افت کرده است. این افت در بخش‌های شمالی، شمال غربی و جنوبی آبخوان محسوس‌تر است. البته در قسمت‌های شرقی آبخوان افزایش تراز آب زیرزمینی مشاهده می‌شود که به دلیل استفاده از پساب تصفیه‌خانه شمال اصفهان برای آبیاری اراضی کشاورزی می‌باشد. با توجه به شکل ۹ نیز می‌توان گفت که مقادیر عمق آب زیرزمینی در مهرماه ۱۴۰۰ نسبت به بهمن‌ماه ۱۳۸۲ افزایش چشمگیری داشته است؛ به‌طوری که عمق آب زیرزمینی در حوالی خمینی‌شهر از حدود ۸۶ متر به ۱۱۸ متر رسیده است. در قسمت‌های شرقی آبخوان نیز کاهش عمق آب زیرزمینی دیده می‌شود.

علاوه بر این به منظور بررسی نوسان‌های آب زیرزمینی، نقشه پهنه‌بندی تغییرات ۲۰ ساله سطح آب زیرزمینی نیز تهیه و در شکل ۱۰ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۱۰ مشخص است، در این دوره زمانی افزایش برداشت از چاه‌های بهره‌برداری و همچنین عدم تحویل آب به شبکه نکوآباد و رودخانه زاینده‌رود، به عنوان تغذیه‌کنندگان اصلی آبخوان، موجب افت سطح آب در بیشتر بخش‌های آبخوان شده است. این افت در نواحی شمالی و جنوب غربی آبخوان شدیدتر می‌باشد. متأسفانه به دلیل عدم وجود چاه مشاهده‌ای در محدوده شهر اصفهان، نمی‌توان تغییرات سطح آب زیرزمینی در این بخش از آبخوان را به طور دقیق ارزیابی کرد؛ اما با توجه به نقشه پهنه‌بندی تهیه شده، افت سطح آب در این محدوده نیز قابل توجه می‌باشد. در نواحی شرقی آبخوان، استفاده از پساب تصفیه‌خانه شمال اصفهان برای کشاورزی و همچنین ریزدانه بودن آبرفت موجب بالا آمدن سطح آب زیرزمینی شده است.

با مقایسه شکل‌های ۶ و ۱۰ می‌توان گفت که در نواحی شرقی آبخوان فرونشست قابل توجهی دیده نمی‌شود؛ چرا که در این بخش‌ها نه تنها افت آب زیرزمینی مشاهده نمی‌شود، بلکه بالاآمدگی سطح آب نیز وجود دارد. با توجه به اینکه در نواحی شمالی و جنوب غربی آبخوان افت شدید سطح آب زیرزمینی مشاهده می‌شود، انتظار می‌رود پهنه‌های فرونشستی گسترده نیز در این نواحی دیده شوند؛ در صورتی که در این بخش‌ها فرونشست قابل توجهی وجود ندارد. این امر به خوبی نشان می‌دهد که فرونشست زمین علاوه بر افت آب زیرزمینی به عوامل دیگری نیز وابسته است.

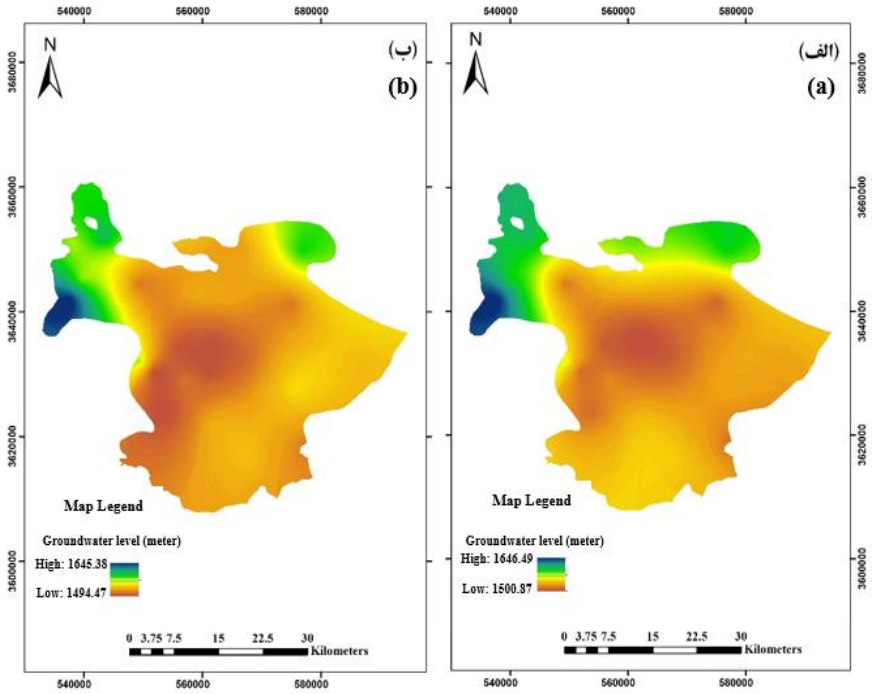
به منظور بررسی ارتباط موقعیت پهنه‌های فرونشستی آبخوان با ضخامت آبرفت منطقه، نقشه ضخامت آبرفت نیز تهیه و در شکل ۱۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشخص است، ضخامت آبرفت منطقه از حدود ۲۶ متر در قسمت‌های حاشیه‌ای آبخوان تا حدود ۳۸۵ متر در بخش‌های مرکزی و شرقی تغییر می‌کند. مقایسه این شکل با شکل ۶ نشان می‌دهد که تمامی پهنه‌های فرونشستی آبخوان در بخش‌هایی با ضخامت آبرفت زیاد قرار گرفته‌اند. البته گفتنی است که بافت خاک این مناطق نیز ریزدانه همراه با لنزهای درشت‌دانه است که احتمال وقوع تحکیم و فرونشست زمین را افزایش می‌دهد. در قسمت‌های حاشیه‌ای آبخوان به دلیل ضخامت کم آبرفت و درصد کم رسوبات ریزدانه قابل تراکم (با وجود افت قابل توجه سطح آب زیرزمینی) فرونشست قابل توجهی مشاهده نمی‌شود؛ بنابراین می‌توان گفت که فرونشست زمین علاوه بر افت آب زیرزمینی به عوامل دیگری از جمله ضخامت آبرفت و بافت خاک نیز مرتبط است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست‌آمده می‌توان گفت که سطح آب زیرزمینی در آبخوان اصفهان – برخوار با وجود نوسان‌های فصلی، دائماً در حال کاهش است؛ از این رو پهنه‌های فرونشستی گسترده در بخش‌های مرکزی آبخوان ایجاد شده و در حال پیشروی هستند. بیشترین میزان فرونشست در مناطقی از جمله شمال خوراسگان، رهنان، بخش‌هایی از دولت‌آباد،

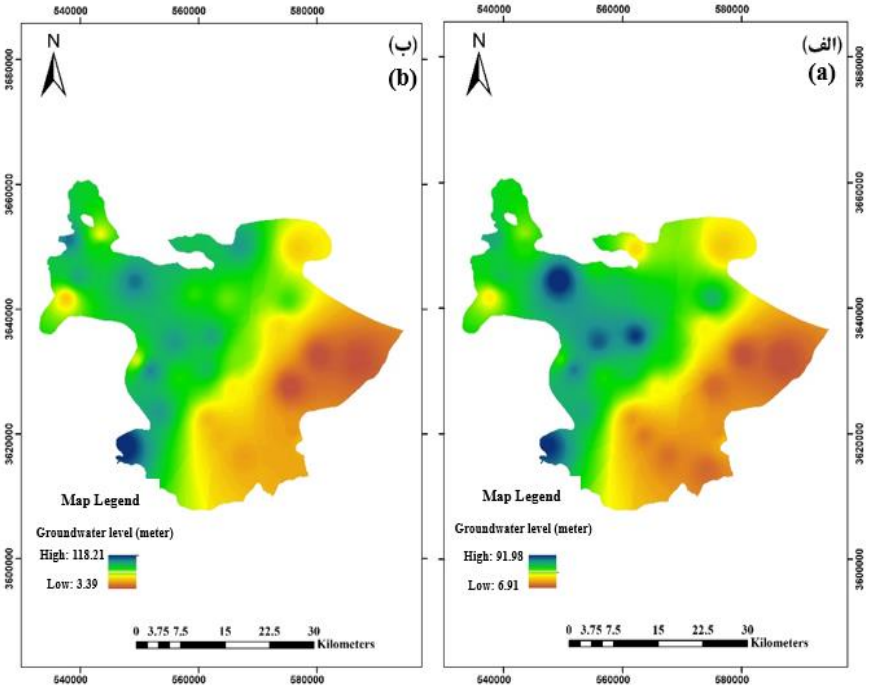
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931]



شکل ۸. نقشه پهنه‌بندی تراز آب زیرزمینی در آبخوان اصفهان – برخوار. الف: در بهمن ماه ۱۳۸۲ و ب: در مهر ماه ۱۴۰۰

Figure 8. Groundwater level zonation map of the Isfahan-Borkhar aquifer. a: In Bahman 1382 and b: In Mehr 1400

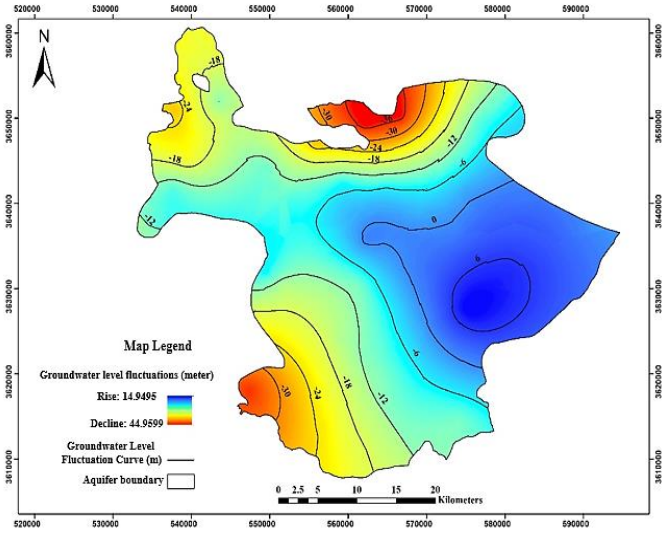


شکل ۹. نقشه پهنه‌بندی عمق آب زیرزمینی در آبخوان اصفهان – برخوار. الف: در بهمن ماه ۱۳۸۲ و ب: در مهر ماه ۱۴۰۰

Figure 9. Groundwater depth zonation map of the Isfahan-Borkhar aquifer. a: in Bahman 1382 and b: in Mehr 1400

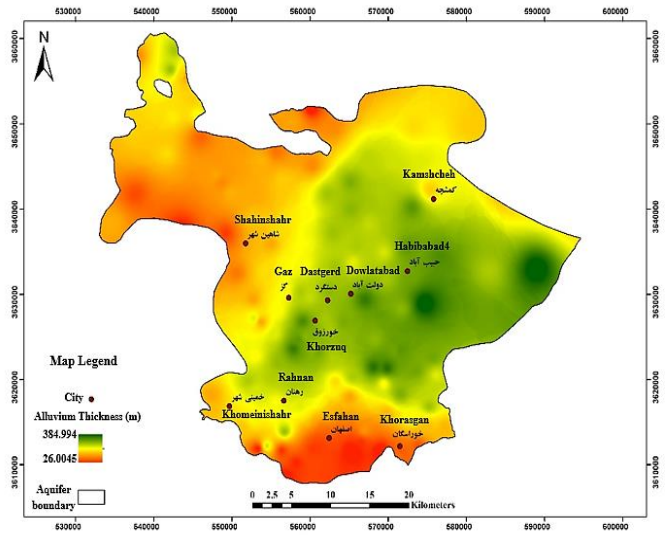
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931]



شکل ۱۰. نقشه تغییرات ۲۰ ساله سطح آب زیرزمینی در آبخوان اصفهان - برخوار

Figure 10. Map of 20-year groundwater level changes in the Isfahan-Borkhar aquifer



شکل ۱۱. نقشه ضخامت آبرفت در محدوده آبخوان اصفهان – برخوار

Figure 11. Alluvium thickness map of the Isfahan-Borkhar aquifer area

دستگرد و گز مشاهده می‌شود. این پهنه‌ها کاملاً با موقعیت چاه‌های بهره‌برداری و زمین‌های کشاورزی منطقه مطابقت دارند. در نواحی شرقی آبخوان، استفاده از پساب تصفیه‌خانه شمال اصفهان برای کشاورزی موجب بالا آمدن سطح آب زیرزمینی شده است؛ از این رو پهنه‌های فرونشستی در این بخش از آبخوان دیده نمی‌شوند. در قسمت‌های حاشیه‌ای آبخوان با وجود افت زیاد آب زیرزمینی، فرونشست قابل توجهی مشاهده نمی‌شود. این مسئله به علت ضخامت کم آبرفت و درصد کم رسوبات ریزدانه قابل تراکم در این قسمت‌ها است؛ بنابراین به طور کلی می‌توان گفت که فرونشست زمین علاوه بر افت آب زیرزمینی به عوامل دیگری از جمله ضخامت آبرفت و بافت خاک نیز مرتبط است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931]

سپاسگزاری

بدین وسیله از شرکت سهامی آب منطقه‌ای اصفهان و همچنین سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان برای در اختیار گذاردن آمار و اطلاعات و نقشه‌های مربوطه صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

1. Bagheri-Gavkosh, M., S. M. Hosseini, B. Ataie-Ashtiani, Y. Sohani, H. Ebrahimian, F. Morovat and S. Ashrafi. 2021. Land subsidence: A global challenge. *Science of the Total Environment* 778: 146193.
2. Chu, H. J., M. Z. Ali and T. J. Burbey. 2021. Development of spatially varying groundwater-drawdown functions for land subsidence estimation. *Journal of Hydrology* 35: 100808.
3. Edalat, A., M. Khodaparast and A. M. Rajabi. 2020. Scenarios to control land subsidence using numerical modeling of groundwater exploitation: Aliabad plain (in Iran) as a case study. *Environmental Earth Sciences* 79: 1-12.
4. Emadodin, S. and Z. Nazari Gazik. 2023. Estimation of subsidence rate and groundwater level changes in Mashhad plain. *Geography and Development* 21(73): 221-239 (in Farsi).
5. Haddad, A. and E. Khorasani. 2019. Groundwater level changes effect on the subsidence in Semnan plain. *Geosciences* 28(112): 181-190 (in Farsi).
6. Haghshenas Haghighi, M. and M. Motagh. 2021. Land subsidence hazard in Iran revealed by country-scale analysis of SENTINEL-1 InSAR. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 43: 155-161.
7. Haghshenas Haghighi, M. and M. Motagh. 2024. Uncovering the impacts of depleting aquifers: A remote sensing analysis of land subsidence in Iran. *Science Advances* 10(19): eadk3039.
8. Janbaz Fotamy, M., M. Kholghi, A. Abdeh Kolahchi and M. Roostaei. 2020. Land subsidence assessment due to groundwater exploration by using differential radar interferometry technique, case study: Qazvin province. *Iran-Water Resources Research* 16(3): 133-147 (in Farsi).
9. Khajeali Chaleshtory, M. 2019. Investigation and assessment of management scenarios for groundwater rehabilitation to reduction of land subsidence - case study: Damane-Daran sub-basin. Master thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran (in Farsi).
10. Mahmoudpour, M., M. Khamehchiyan, M. R. Nikudel and M. R. Ghassemi. 2016. Numerical simulation and prediction of regional land subsidence caused by groundwater exploitation in the southwest plain of Tehran, Iran. *Engineering Geology* 201: 6-28.
11. Mirzaei, A., B. Saghafian, A. Mirchi and K. Madani. 2019. The groundwater–energy–food nexus in Iran's agricultural sector: implications for water security. *Water* 11(9): 1835.
12. Motagh, M., T. R. Walter, M. A. Sharifi, E. Fielding, A. Schenk, J. Anderssohn and J. Zschau. 2008. Land subsidence in Iran caused by widespread water reservoir overexploitation. *Geophysical Research Letters* 35(16):L16403.
13. Noori, R., M. Maghrebi, A. Mirchi, Q. Tang, R. Bhattarai, M. Sadegh, M. Noury, A. Torabi Haghighi, B. Kløve and K. Madani. 2021. Anthropogenic depletion of Iran's aquifers. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118(25): e2024221118.
14. Qin, H. 2021. Numerical groundwater modeling and scenario analysis of Beijing plain: implications for sustainable groundwater management in a region with intense groundwater depletion. *Environmental Earth Sciences* 80(15): 1-14.
15. Qin, H., C. B. Andrews, F. Tian, G. Cao, Y. Luo, J. Liu and C. Zheng. 2018. Groundwater-pumping optimization for land-subsidence control in Beijing plain, China. *Hydrogeology Journal* 26(4): 1061-1081.
16. Rafiee, M. 2022. Assessment of land subsidence due to groundwater withdrawal in north of Isfahan-Borkhar basin (using numerical methods). PhD thesis, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
17. Rahnema, H. and S. Mirassi. 2016. Analysis and evaluate the effective parameters on land subsidence. *Modares Civil Engineering Journal* 16(1): 45-54 (in Farsi).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931]

18. Shirani, K., M. Pasandi and B. Ebrahimi. 2021. Assessment of land subsidence in the Najafabad plain using the differential synthetic aperture radar interferometry (DInSAR) technique. *Journal of Water and Soil Science* 25(1): 105-127 (in Farsi).
19. Zarei, K., A. Rasoulzadeh, M. Seddighi, G. Ahmadzadeh and J. Ramezani. 2020. Determination of the relationship between land subsidence and ground water level loss with radar interferometry and GPS station methods (Case study: Salmas plain). *Irrigation and Water Engineering* 11(41): 168-182 (in Farsi).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.74931]