



University of Tehran Press

Environmental

Hazards

Management



Iranian Hazardology Association

Online ISSN: 2383-0530

Home Page: <https://jhsci.ut.ac.ir>

"Assessment of Land Subsidence in Asadabad Plain of Hamadan and its Hazards"

Morteza Akbarian¹ | Manijeh Ghahroudi Tali^{2*}

1. Phd Student, Department of Physical Geography, Earth Science Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. Email: Mo_akbarian@sbu.ac.ir

2. Corresponding Author, Professor of geomorphology, Department of Physical Geography, Earth Science Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. Email: m-ghahroudi@sbu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received 26 December 2023
Revised 13 Jan 2024
Accepted 25 Jan 2024
Published 05 March 2024

Keywords:
Hazard,
Subsidence,
Asadabad plain,
Sentinel 1,
SBAS.

ABSTRACT

The subsidence is one of the hazards that has posed a significant threat to many plains in the country in recent years. Asadabad Plain in Hamedan province is among those plains with a high potential for subsidence due to its hydro climatic conditions and geomorphology. Because of the importance of this issue, in this research the subsidence status of Asadabad Plain has been assessed and unlike many previous researches, the role of human factors in its occurrence has been analyzed. To do so, Sentinel-1 radar images, Landsat 5 and 8 satellite images, statistical information related to piezo metric wells in the region, and digital elevation layers were used as the primary data sources. Using the SBAS time series method, a subsidence map of the area from 2015 to 2022 was generated, followed by an analysis of the impact of groundwater depletion and land-use changes on subsidence. The results indicate subsidence ranging from 132 to 704 millimeters in Asadabad Plain during 2015 to 2022, with the highest subsidence occurring in the central regions of the plain. Considering the significant correlation (a correlation coefficient of 0.709) between subsidence and groundwater level decline, it can be concluded that one of the main causes of subsidence in Asadabad Plain is the depletion of groundwater resources. The assessment of land-use changes also reveals an increasing trend in agricultural land and human-built areas, corresponding to increased exploitation of groundwater resources and intensified land surface pressure, leading to exacerbated subsidence. Given the persistence of subsidence in this plain, remote sensing monitoring and the establishment of fixed GPS measurement stations facilitate monitoring the rate and extent of subsidence.

Cite this article: Akbarian, M. & Ghahroudi Tali, M. (2024). "Assessment of Land Subsidence in Asadabad Plain of Hamadan and its Hazards". *Environmental Hazards Management*, 10 (4), 277-290. DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2024.370217.807>



© Morteza Akbarian, Manijeh Ghahroudi Tali. **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2024.370217.807>

1. Introduction

Land subsidence is an imperceptible and slow phenomenon or the sudden settlement of the land surface due to the movement of soil particles. The phenomenon of subsidence occurs under the influence of natural factors such as tectonics or human factors such as excessive extraction of underground water resources, extraction of resources and mines, urban development, etc. In arid and semi-arid regions such as Iran, the concentration of underground water tables and their excessive exploitation is considered to be the main cause of subsidence. Subsidence is associated with many risks, including the failure and abandonment of buildings, the tilting of high installations, the damage to agricultural installations, the creation of sinkholes, the breaking and destruction of bridges, roads, urban road networks, etc. This phenomenon is also associated with negative environmental effects, and this problem has caused the risk of subsidence to be one of the challenges facing many countries, including countries in arid and semi-

arid regions. Asadabad plain is one of the plains that have faced a sharp drop in underground water resources and subsidence in recent years. Due to its geomorphological condition, this plain is susceptible to the development of agricultural lands, and this issue has caused it to face a sharp drop in underground water resources and subsidence in parallel with the development of agricultural lands in recent years. Considering the importance of the subject, in this research, the subsidence condition of Asadabad plain and the factors influencing its occurrence have been investigated.

2. Materials and methods

In this research, Sentinel 1 radar images, Landsat 5 and 8 satellite images, statistical information related to piezo metric wells in the region and digital layers of information have been used as the most important research data. The most important tools used in the research include ArcGIS (to prepare the desired maps), GMT (to implement the radar interferometry process and SBAS time series model), ENVI (to prepare user maps) of the lands of the region) and IDRISI (for the purpose of analyzing land use changes). According to the desired goals, this research has been carried out in three general stages. In the first stage, the amount of subsidence of Asadabad plain has been calculated using 97 Sentinel 1 radar images from 2015 to 2022, as well as the SBAS time series method. . In the second stage, the relationship between the decline of underground water resources and the subsidence of the region has been evaluated. Also, in the third stage, the relationship between land use changes and regional subsidence has been evaluated.

3. Discussion and results

The results of this research have shown that Asadabad plain has subsided between 132 and 704 mm in this period of time, and considering the 7-year period, it can be said that the maximum annual subsidence of Asadabad plain is about 10 cm, which corresponds to the central areas of this plain. Because one of the main factors in the occurrence of subsidence risk is the decrease of underground water resources, in this research firstly, the situation of the decline of underground water resources of Asadabad plain and then its relation with subsidence has been investigated. The results of the calculations show that among the studied wells, well No. 3, which is located in the north of Asadabad plain, has the highest water level drop with an average annual drop of 1.75 meters. Also, in this research, the trend of land use changes in the region during the years 1992 to 2022 has been investigated. Based on the results, the land use of the studied area has faced many changes during the years 1992 to 2022. The results of the analysis of changes have shown that during the period of 30 years (1992 to 2022), man-made uses, agricultural lands and gardens have been increasing.

4. Conclusion

According to the results, Asadabad plain has subsided between 132 and 704 mm in this period of time, and according to the 7-year period, it can be said that the maximum annual subsidence of Asadabad plain is about 10 cm, which corresponds to the central parts of this plain including the areas adjacent to Jant Abad village, the southern areas of Asadabad city, and the areas between Saif Abad and Dehnosh villages. The sum of the evaluations carried out in this section has shown that the spatial trend of Asadabad plain subsidence during the studied time period had little variability and the mentioned areas had the highest subsidence rate during the studied time periods. Therefore, it can be said that these areas have a high vulnerability potential in terms of subsidence risk. The results of the investigation of the decline of underground water sources in Asadabad plain have shown that the annual average of the underground water loss in the southern areas of Asadabad city and the central areas of Asadabad plain was about 1.7 meters. Considering the fact that there is a significant relationship between the subsidence of the region and the drop in the level of underground water (a correlation coefficient of 0.709), it can be said that one of the main reasons for the subsidence of Asadabad plain was the drop in underground water resources. Also, the results obtained from the evaluation of land use changes have shown that the increasing trend of agricultural lands and man-made areas has been associated with increasing the use of underground water resources and increasing the pressure on the land surface, and as a result, the subsidence has intensified.



شاپا الکترونیکی: ۴۱۶۸-۲۴۲۳

مدیریت مخاطرات محیطی

سایت نشریه: <https://jhsci.ut.ac.ir>



انتشارات دانشگاه تهران

ارزیابی فرونشست زمین در دشت اسدآباد همدان و مخاطرات آن

مرتضی اکبریان^۱ | منیژه قهرودی تالی^{۲*}

۱. دانشجوی دکتری، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران، تهران، ایران. رایانامه: Mo_akbarian@sbu.ac.ir
 ۲. نویسنده مسئول، استاد ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: m-ghahroudi@sbu.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

فرونشست از جمله مخاطراتی است که در طی سال‌های اخیر بسیاری از دشت‌های کشور را با تهدید مواجه کرده است. یکی از این دشت‌ها دشت اسدآباد در استان همدان است که به دلیل وضعیت هیدرواقليمی و ژئومورفولوژی، با احتمال زیاد وقوع مخاطره فرونشست روبه‌روست. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به بررسی وضعیت فرونشست دشت اسدآباد پرداخته شده و برخلاف بسیاری از تحقیقات پیشین، اثر عوامل انسانی در وقوع آن تحلیل شده است. در این پژوهش از تصاویر راداری سنتینل ۱، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸، اطلاعات آماری چاه‌های پیرومتری منطقه و لایه‌های رقوم اطلاعاتی به‌عنوان مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شده است. ابتدا با استفاده از روش سری زمانی SBAS، نقشه فرونشست منطقه در طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۲ تهیه شد و سپس تأثیر افت منابع آب زیرزمینی و تغییرات کاربری اراضی در فرونشست رخ داده تحلیل شد. براساس نتایج، دشت اسدآباد در طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۲ بین ۱۳۲ تا ۷۰۴ میلی‌متر فرونشست داشته که بیشترین مقدار فرونشست منطبق بر مناطق مرکزی این دشت بوده است. با توجه به اینکه بین فرونشست منطقه و افت سطح آب‌های زیرزمینی ارتباط معناداری برقرار است (ضریب همبستگی ۰/۷۰۹)، می‌توان گفت که یکی از دلایل اصلی فرونشست دشت اسدآباد، افت منابع آب زیرزمینی بوده است. همچنین نتایج ارزیابی تغییرات کاربری اراضی نشان داد که روند افزایشی اراضی کشاورزی و نواحی انسان‌ساخت به‌ترتیب با افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و افزایش فشار بر سطح زمین و در نتیجه تشدید فرونشست همراه بوده است. با توجه به تداوم شرایط پدیده نشست در این دشت، پایش و بررسی سنجش از دوری، احداث و ایجاد ایستگاه‌های اندازه‌گیری ثابت GPS امکان پایش نرخ و دامنه فرونشست را فراهم می‌سازد.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۲۵

کلیدواژه:

دشت اسدآباد،

سنتینل ۱،

فرونشست،

مخاطرات،

SBAS

استناد: اکبریان، مرتضی و قهرودی تالی، منیژه (۱۴۰۲). ارزیابی فرونشست زمین در دشت اسدآباد همدان و مخاطرات آن. مدیریت مخاطرات محیطی، ۱۰ (۴)، ۲۷۷-۲۹۰.
 DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2024.370217.807>

© مرتضی اکبریان، منیژه قهرودی تالی. ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2024.370217.807>



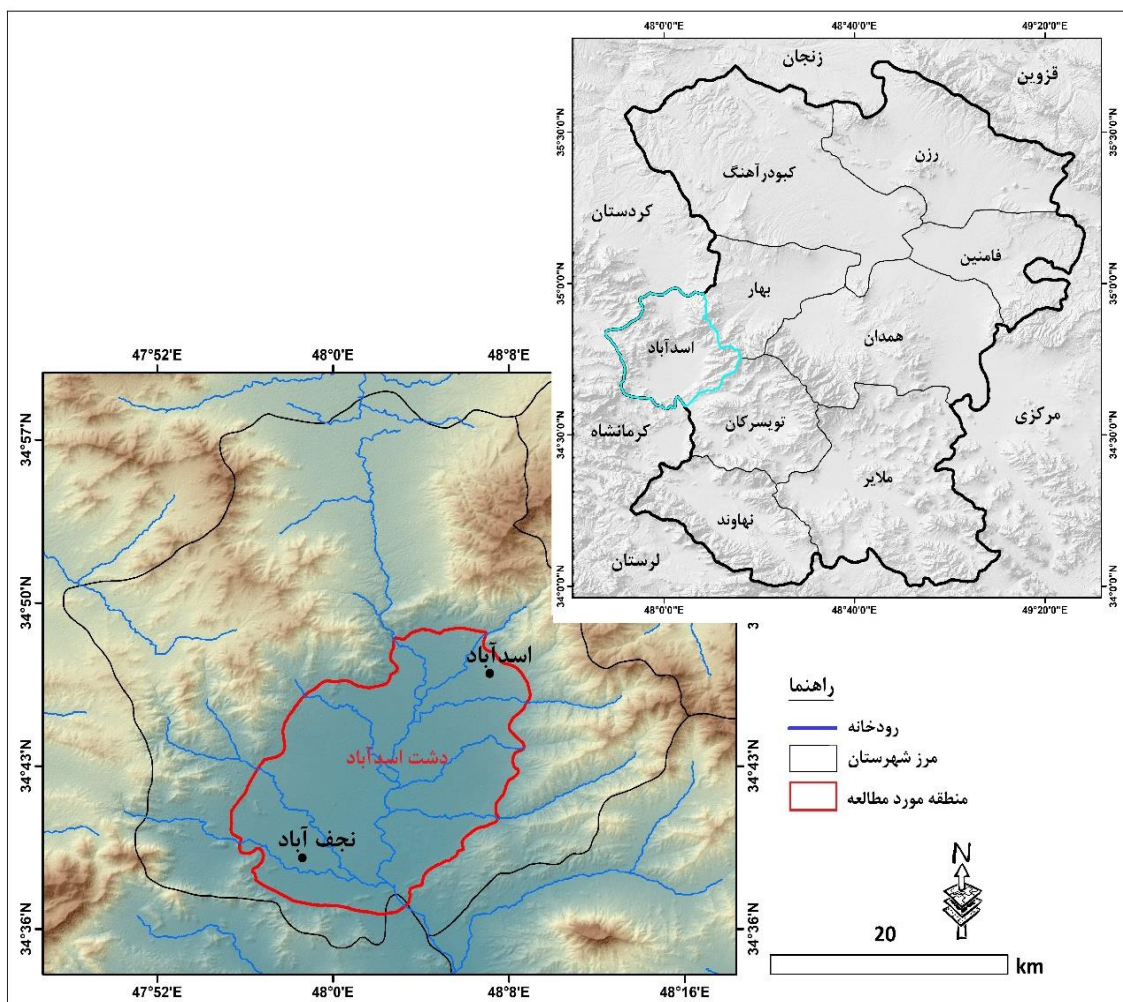
۱. مقدمه

فرونشست زمین پدیده‌ای نامحسوس و کند یا نشست ناگهانی سطح زمین بر اثر جابه‌جایی ذرات خاک است [۲۵]. پدیده فرونشست تحت تأثیر عوامل طبیعی مانند تکتونیک یا عوامل انسانی مانند استخراج بی‌رویه منابع آب زیرزمینی، استخراج منابع و معادن، شهرسازی و غیره رخ می‌دهد [۱۵]. در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، تراکم سفره‌های آب زیرزمینی و بهره‌برداری بیش از حد از آنها، عامل اصلی فرونشست محسوب می‌شود [۲۳]. فرونشست به‌طور مستقیم و غیرمستقیم با مخاطرات زیادی همراه است [۱۰] که از جمله می‌توان به شکست و ترک خوردن ساختمان‌ها، کج‌شدگی تأسیسات مرتفع، آسیب‌دیدگی تأسیسات کشاورزی، ایجاد فروچاله‌ها، شکستگی و انهدام پل‌ها و راه‌ها و شبکه معابر شهری و غیره اشاره کرد [۶]. این پدیده همچنین با اثرهای منفی زیست‌محیطی همراه است و همین مسئله سبب شده که در سال‌های اخیر، مخاطره فرونشست یکی از چالش‌های پیش روی بسیاری از کشورها، از جمله کشورهای مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب شود [۱۹]. دشت‌های استان همدان در غرب کشور از دشت‌های بحرانی ایران است که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. موقعیت جغرافیایی و اقلیمی این دشت‌ها، سبب شده است که از نظر آب‌وهوایی دارای شرایط نیمه‌خشک باشند و همین مسئله سبب شده که مقدار ریزش‌های جوی این منطقه بسیار کمتر از مناطق غربی‌تر و شمالی باشد [۳]. براساس گزارش سازمان هواشناسی در سال ۱۳۹۴، استان همدان از نظر کمبود بارش در بین ۳۱ استان کشور، رتبه ۲۴ را دارد. در واقع نبود ارتفاعات شایان توجه در دشت‌های کبودرآهنگ- رزن، بهار- همدان، قهاوند و اسدآباد سبب شده است که از سیستم‌های بارش‌زای وارد به منطقه، بارش مناسبی دریافت نشود [۵]. با توجه به موارد مذکور، این منطقه با کمبود آب‌های سطحی مواجه است و به همین دلیل بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در این منطقه بسیار بیشتر از تغذیه آنهاست. افت سطح آب‌های زیرزمینی این دشت‌ها در طی چند سال اخیر نمود بیشتری داشته است، چراکه سبب ایجاد فروچاله‌ها و نشست‌های متعددی در دشت‌های استان همدان شده است [۳]. دشت اسدآباد از جمله دشت‌های استان همدان است که در طی سال‌های اخیر با افت شدید منابع آب زیرزمینی و فرونشست مواجه شده است. این دشت به دلیل وضعیت ژئومورفولوژی، مستعد توسعه اراضی کشاورزی است و همین مسئله سبب شده است که در طی سال‌های اخیر، به موازات توسعه اراضی کشاورزی، با افت شدید منابع آب زیرزمینی و در نتیجه فرونشست مواجه باشد. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به بررسی وضعیت فرونشست دشت اسدآباد و عوامل مؤثر در وقوع آن پرداخته شده است.

در زمینه موضوع تحت بررسی و استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری، تحقیقات مختلفی صورت گرفته است که از جمله تحقیقات خارجی می‌توان به پژوهش‌های هیگینز و همکاران (۲۰۱۳) درباره ارزیابی مقدار فرونشست اراضی کشاورزی دلتای رود زرد در چین [۲۰]، داویلا هراندز و همکاران (۲۰۱۴) درباره تجزیه و تحلیل چندزمانی فرونشست در دوره تولوکای^۱ مکزیک [۱۶]، دیو و همکاران (۲۰۱۷) درباره بررسی میزان فرونشست جزیره لیژاوو^۲ در چین [۱۸]، کومار و همکاران (۲۰۲۰) درباره پایش مخاطره فرونشست در منطقه جاریا کولفیلد^۳ هند [۲۱]، تاتو و همکاران (۲۰۲۱) در زمینه بررسی وضعیت فرونشست زمین در امتداد خط متروی منطقه کینگدائو^۴ در چین [۲۴]، دینگ و همکاران (۲۰۲۱) درباره ارزیابی مقدار فرونشست رخ داده در مسیر راه‌آهن لونان^۵ [۱۷] و لی و همکاران (۲۰۲۲) درباره ارزیابی مقدار فرونشست در بخش‌های شمالی دشت هنان^۶ [۲۲] اشاره کرد. در ایران نیز می‌توان پژوهش‌های خرمی (۱۳۹۶) در خصوص ارزیابی وضعیت فرونشست زمین در دشت مشهد [۴]، مهرابی و غضنفرپور (۱۳۹۸) درباره ارزیابی فرونشست شهر کرمان [۱۳]، اسدی و همکاران (۱۴۰۰) درباره بررسی فرونشست دشت ایوانکی و عوامل مؤثر در آن [۱]، شیرانی و همکاران (۱۴۰۰) درباره ارزیابی فرونشست زمین در دشت نجف‌آباد استان اصفهان [۷]، قهرودی تالی و همکاران (۱۴۰۰) در زمینه تحلیل عوامل مؤثر بر فرونشست دشت سبزوار [۱۲]، مهرابی و همکاران (۱۴۰۱) در

1. Toluca
2. Leizhou
3. Jharia Coalfield
4. Qingdao
5. Lunan
6. Henan

زمینه تحلیل فضایی فرونشست دشت جیرفت [۱۴]، طالبی نیا و همکاران (۱۴۰۱) درباره تحلیل روند فرونشست دشت اصفهان [۸] و قهرودی و همکاران (۱۴۰۲) درباره ارزیابی میزان فرونشست دشت دهگلان [۱۱] را نام برد. همسو با تحقیقات پیشین، در این پژوهش نیز با استفاده از تصاویر راداری و روش تداخل سنجی راداری به ارزیابی مقدار فرونشست دشت اسدآباد پرداخته شده است؛ اما برخلاف بسیاری از تحقیقات پیشین، افزون بر تهیه نقشه فرونشست منطقه، تأثیر عوامل انسانی از جمله برداشت بی‌رویه منابع آب زیرزمینی و تغییرات کاربری اراضی در فرونشست رخ داده نیز تحلیل شده است. **منطقه پژوهش:** محدوده پژوهش از نظر تقسیمات سیاسی در غرب ایران، غرب استان همدان و در شهرستان اسدآباد قرار دارد (شکل ۱). شهر اسدآباد از جمله نقاط سکونتگاهی مهم در این دشت محسوب می‌شود. دشت اسدآباد یکی از دشتهای بحرانی استان همدان است که در طی سال‌های اخیر با بحران افت آب‌های زیرزمینی مواجه شده است. این دشت از نظر تقسیمات مورفوتکتونیک در واحد سندج- سیرجان قرار دارد [۲] و به دلیل نداشتن اختلاف ارتفاعی زیاد، دارای شیب کمی است و از نظر آب‌وهوایی نیز با توجه به موقعیت جغرافیایی آن، دارای زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم است.



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه پژوهش

۲. روش تحقیق

در این پژوهش از تصاویر راداری سنتینل ۱، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸، اطلاعات آماری چاه‌های پیزومتری منطقه و لایه‌های رقومی اطلاعاتی به‌منزله مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شد. مهم‌ترین ابزارهای به‌کاررفته ArcGIS (به‌منظور تهیه نقشه‌های مورد نظر)، GMT (به‌منظور اجرای فرایند تداخل سنجی راداری و مدل سری زمانی SBAS)، ENVI (به‌منظور تهیه

نقشه‌های کاربری اراضی منطقه) و IDRISI (به‌منظور آنالیز تغییرات کاربری اراضی) بوده است. با توجه به اهداف مورد نظر، این تحقیق در سه مرحله کلی انجام گرفت که در ادامه شرح داده می‌شوند:

مرحله اول (ارزیابی میزان فرونشست منطقه): در این مرحله با استفاده از ۹۷ تصویر سنتینل ۱ (جدول ۱) مربوط به دوره زمانی هفت‌ساله (ژانویه ۲۰۱۵ تا ژانویه ۲۰۲۲) و با استفاده از روش سری زمانی SBAS، مقدار فرونشست دشت اسدآباد محاسبه شد. در این مرحله تصاویر مورد نظر که دارای فواصل ۲۴ روزه هستند تهیه شد. سپس برای پردازش تصاویر از سیستم عامل لینوکس^۱ و نرم‌افزار GMTSAR استفاده شد. در این نرم‌افزار فرایند تهیه نقشه میزان فرونشست منطقه در سه مرحله انجام گرفت. در مرحله اول پیش‌پردازش‌های لازم روی تصاویر انجام گرفت و جدول بیس‌لاین زمانی و مکانی تصاویر تهیه شد. در مرحله دوم با توجه به بیس‌لاین زمانی تصاویر، جفت تصاویر مورد نظر برای تهیه اینترفروگرام انتخاب شد. در این مرحله تصاویری که از نظر زمانی به هم نزدیک‌اند به‌عنوان جفت تصاویر مورد نظر برای تشکیل اینترفروگرام انتخاب شدند. همچنین با استفاده از کدهای مربوط، خطاها و نویزهای موجود روی تصاویر از جمله خطای توپوگرافی و اتمسفری رفع شد و در نهایت در پایان این مرحله نقشه‌های اینترفروگرام و اینترفروگرام فیلتر شدند و جابه‌جایی عمودی جفت تصاویر تهیه شد. در مرحله سوم نیز با استفاده از روش سری زمانی SBAS، نقشه میزان فرونشست منطقه در طی دوره زمانی پژوهش تهیه شد.

جدول ۱. تاریخ تصاویر استفاده‌شده

| نوع تصاویر | دوره زمانی | تعداد تصاویر | حالت مداری | نوع | فرمت |
|------------|-----------------------------------|--------------|------------|-----|------|
| سنتینل ۱ | از تاریخ ۲۰۱۵/۰۱/۱۶ تا ۲۰۲۲/۰۱/۱۵ | ۹۷ | صعودی | IW | SLC |

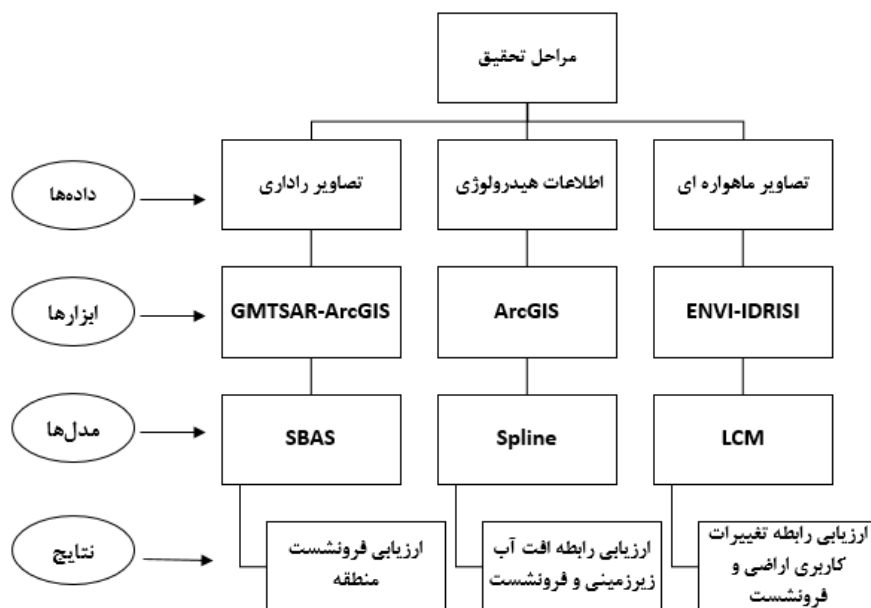
مرحله دوم (ارزیابی ارتباط بین افت منابع آب زیرزمینی و فرونشست منطقه): در این مرحله با استفاده از اطلاعات مربوط به وضعیت افت سطح آب چاه‌های دشت اسدآباد، مقدار تغییرات این چاه‌ها محاسبه و سپس نقشه وضعیت افت سطح آب زیرزمینی در منطقه پژوهش تهیه شد. در این مرحله ابتدا اطلاعات چاه‌های پیژومتری در محدوده پژوهش تهیه شد و سپس با استفاده از برنامه اکسل افت سالانه هر چاه محاسبه شد. پس از محاسبه مقدار افت سالانه هر چاه، با استفاده از روش درونیابی Spline و از طریق نرم‌افزار ARCGIS، نقشه افت سالانه آب زیرزمینی منطقه تهیه شد. سپس با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون، ارتباط افت منابع آب زیرزمینی با فرونشست منطقه ارزیابی شد.

مرحله سوم (ارزیابی ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و فرونشست منطقه): در این مرحله با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، نقشه‌های کاربری اراضی منطقه در طی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۲ تهیه شد و پس از ارزیابی تغییرات کاربری اراضی، ارتباط آنها با فرونشست منطقه تحلیل شد. در این مرحله ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی منطقه مربوط به سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۲۲ تهیه شد. سپس پیش‌پردازش‌های لازم شامل تصحیحات هندسی و رادیومتریک روی تصاویر انجام گرفت و با استفاده از روش حداکثر احتمال، نقشه‌های کاربری اراضی منطقه تهیه شد. پس از آن با استفاده از مدل LCM تغییرات صورت‌گرفته تجزیه و تحلیل شد و در نهایت روند تغییرات کاربری اراضی و ارتباط آن با فرونشست منطقه ارزیابی شد. در شکل ۲ فلوجارت تحقیق نشان داده شده است.

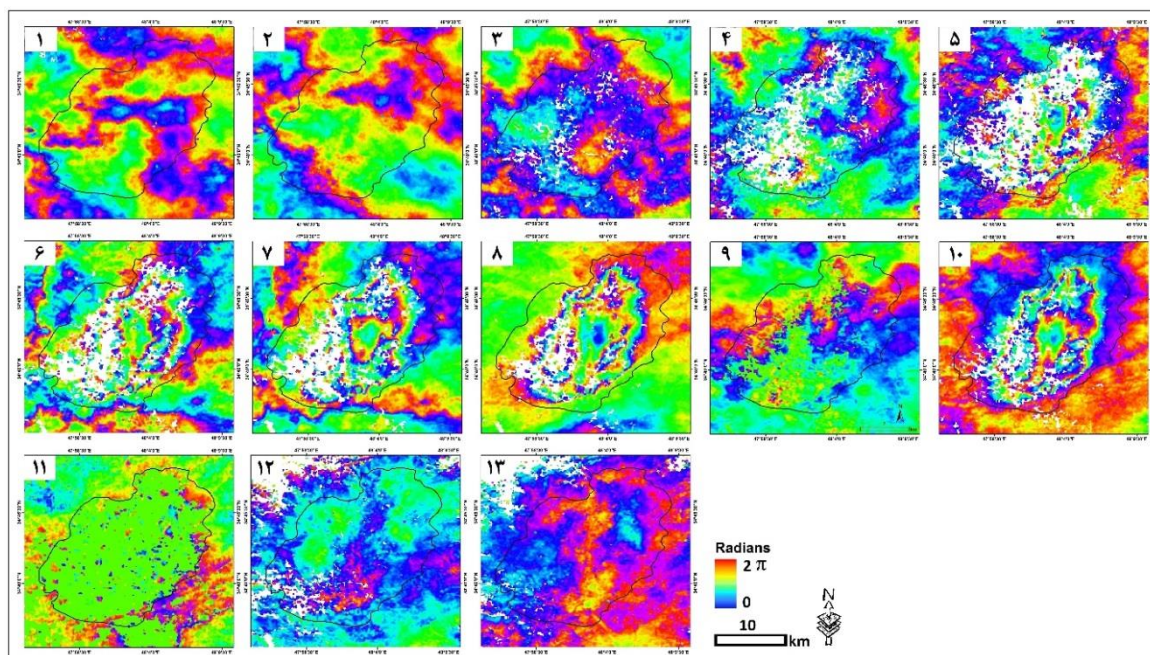
۳. داده‌ها و بحث

۳.۱. ارزیابی میزان فرونشست منطقه

در این پژوهش به‌منظور ارزیابی فرونشست منطقه از تاریخ ۲۰۱۵/۰۱/۱۶ تا ۲۰۲۲/۰۱/۲۲ از ۹۷ تصویر راداری استفاده شد و براساس بیس‌لاین زمانی، ۹۶ زوج تصویر به‌منظور تهیه نقشه‌های اینترفروگرام انتخاب شد. در واقع هر تصویر با تصویر بعد از خودش به‌عنوان یک زوج تصویر انتخاب شد. پس از انتخاب زوج تصاویر، اینترفروگرام‌های مورد نظر در این دامنه زمانی تهیه شد (شکل ۳).



شکل ۲. فلوچارت تحقیق

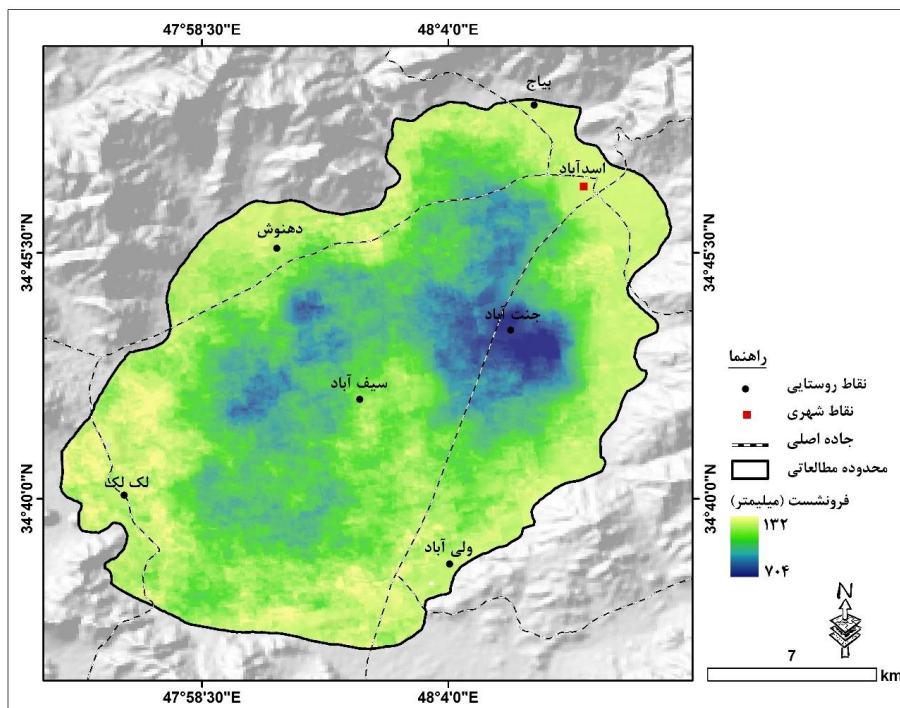


شکل ۳. نمونه‌هایی از اینترفروگرام‌های تهیه‌شده (از تاریخ ۲۰۱۵/۰۱/۱۶ تا ۲۰۱۶/۰۱/۱۱)

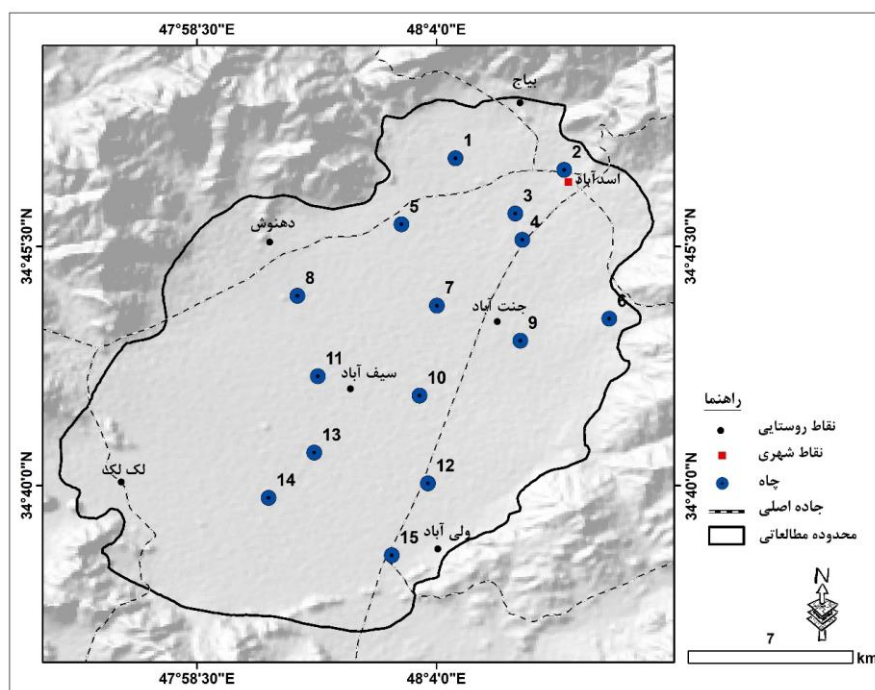
پس از تهیه نقشه‌های اینترفروگرام منطقه و حذف اینترفروگرام‌های نویزی، با استفاده از روش سری زمانی SBAS، نقشه میزان فرونشست منطقه از تاریخ ۲۰۱۵/۰۱/۱۶ تا ۲۰۲۲/۰۱/۱۵ تهیه شد (شکل ۴). براساس نتایج، دشت اسدآباد در این دامنه زمانی بین ۱۳۲ تا ۷۰۴ میلی‌متر فرونشست داشته است که با توجه به دوره زمانی هفت‌ساله می‌توان گفت بیشترین فرونشست سالانه آن در حدود ۱۰ سانتی‌متر است که منطبق بر مناطق مرکزی این دشت از جمله مناطق مجاور روستای جنت‌آباد، مناطق جنوبی شهر اسدآباد و همچنین مناطق حدفاصل روستاهای سیف‌آباد تا دهنوش است. مجموع ارزیابی‌های صورت‌گرفته در این بخش نشان داد که روند مکانی فرونشست دشت اسدآباد در طی دوره زمانی پژوهش، تغییرپذیری کمی داشته است و مناطق ذکرشده در طی دوره‌های زمانی مدنظر، بیشترین فرونشست را داشته‌اند؛ بنابراین می‌توان گفت که این مناطق پتانسیل آسیب‌پذیری زیادی از نظر مخاطره فرونشست دارند.

۲.۳. تحلیل ارتباط فرونشست منطقه با افت منابع آب زیرزمینی

با توجه به اینکه یکی از عوامل اصلی در وقوع مخاطره فرونشست، افت منابع آب زیرزمینی است، در این پژوهش ابتدا به بررسی وضعیت افت منابع آب زیرزمینی دشت اسداباد و سپس ارتباط آن با فرونشست رخ داده پرداخته شد. در این پژوهش به منظور بررسی وضعیت افت سطح آب‌های زیرزمینی دشت اسداباد از اطلاعات سازمان آب و منطقه‌ای استان همدان استفاده شد که به این منظور افت سطح آب ۱۵ چاه محاسبه شد که در شکل ۵ موقعیت چاه‌ها نشان داده شده است.



شکل ۴. نقشه فرونشست منطقه از تاریخ ۲۰۱۵/۰۱/۱۶ تا ۲۰۲۲/۰۱/۱۵



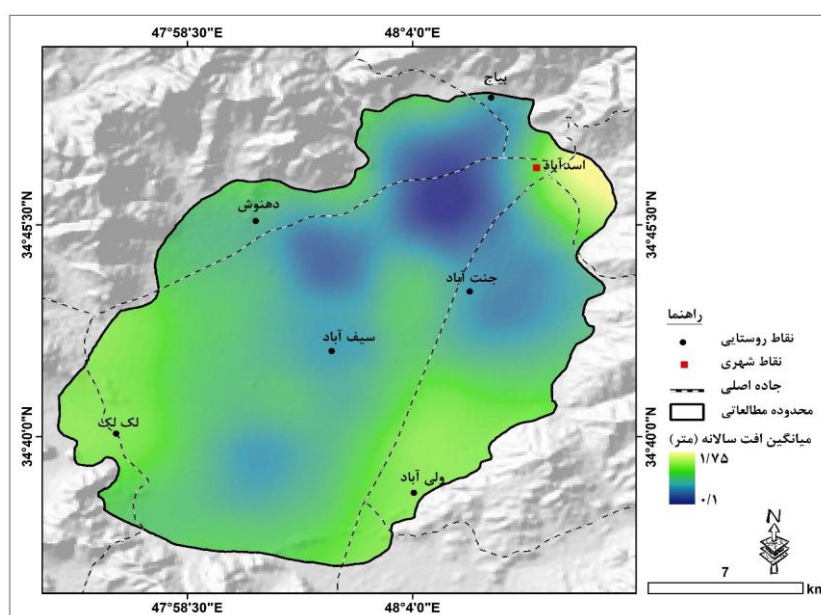
شکل ۵. نقشه موقعیت چاه‌های بررسی شده

در این پژوهش پس از تهیه اطلاعات چاه‌های دشت اسدآباد، ابتدا موقعیت چاه‌ها روی نقشه مشخص شد و سپس مقدار افت آب هر چاه و در نهایت میانگین افت سالانه آن چاه محاسبه شد (جدول ۲). نتایج محاسبات بیانگر این است که در بین چاه‌ها، چاه ۳ که در شمال دشت اسدآباد قرار دارد با میانگین افت سالانه ۱/۷۵ متر، بیشترین افت سطح آب را داشته است. بعد از این چاه نیز، چاه‌های ۱ و ۹ به ترتیب با میانگین افت سالانه ۱/۳۴ و ۰/۹۸ متر بیشترین افت را داشته‌اند. همچنین چاه ۱۲ که در جنوب شرقی محدوده قرار دارد با میانگین افت سالانه ۰/۱۲ متر، دارای کمترین افت سطح آب بوده و بعد از آن، چاه‌های ۱۳ و ۱۵ به ترتیب با میانگین افت سالانه ۰/۱۶ و ۰/۱۹ متر کمترین افت را داشته‌اند.

در این پژوهش پس از محاسبه میانگین افت سالانه چاه‌های منطقه پژوهش، به منظور تهیه نقشه میزان افت سطح آب در دشت اسدآباد، اطلاعات مربوط وارد نرم‌افزار ArcGIS شد و سپس با استفاده از روش درون‌یابی Spline نقشه میزان افت سالانه سطح آب زیرزمینی در این دشت تهیه شد (شکل ۶) که براساس آن مناطق شمالی و مرکزی محدوده بیشترین افت سالانه سطح آب را داشته‌اند.

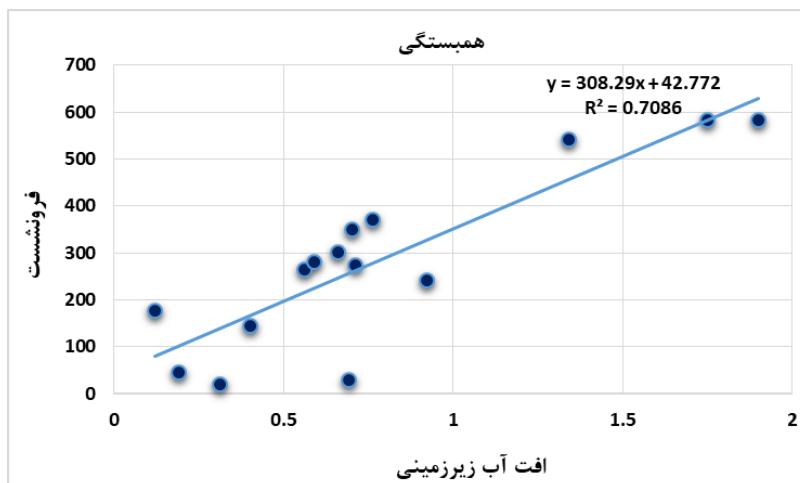
جدول ۲. موقعیت و میانگین افت سالانه چاه‌های منطقه پژوهش

| موقعیت در نقشه | موقعیت محلی | دوره زمانی | میانگین افت سالانه (متر) |
|----------------|----------------|------------|--------------------------|
| ۱ | بیاج | ۱۳۸۱-۱۳۹۵ | ۱/۳ |
| ۲ | امامزاده سیدان | ۱۳۶۷-۱۳۹۵ | ۰/۳۲ |
| ۳ | خاکریز | ۱۳۶۷-۱۳۹۵ | ۱/۷۵ |
| ۴ | ماهواره | ۱۳۷۲-۱۳۹۵ | ۰/۹۲ |
| ۵ | مقابل گذر کجین | ۱۳۶۷-۱۳۹۵ | ۰/۷۱ |
| ۶ | هودرج | ۱۳۸۲-۱۳۹۵ | ۰/۶۹ |
| ۷ | بادخوره | ۱۳۶۷-۱۳۹۵ | ۰/۵۶ |
| ۸ | حسام‌آباد | ۱۳۶۷-۱۳۹۵ | ۰/۷۶ |
| ۹ | گوتلو | ۱۳۶۷-۱۳۹۵ | ۰/۸۸ |
| ۱۰ | اول سیف‌آباد | ۱۳۶۷-۱۳۹۵ | ۰/۴ |
| ۱۱ | شاکهریزک | ۱۳۶۷-۱۳۹۵ | ۰/۷ |
| ۱۲ | وندرآباد | ۱۳۷۲-۱۳۹۵ | ۰/۱۲ |
| ۱۳ | دولت‌آباد | ۱۳۶۷-۱۳۹۵ | ۰/۵ |
| ۱۴ | علی‌آباد | ۱۳۶۷-۱۳۹۵ | ۰/۷۷ |
| ۱۵ | خسرآباد | ۱۳۶۷-۱۳۹۵ | ۰/۱۹ |



شکل ۶. نقشه درون‌یابی شده افت آب زیرزمینی در دشت اسدآباد

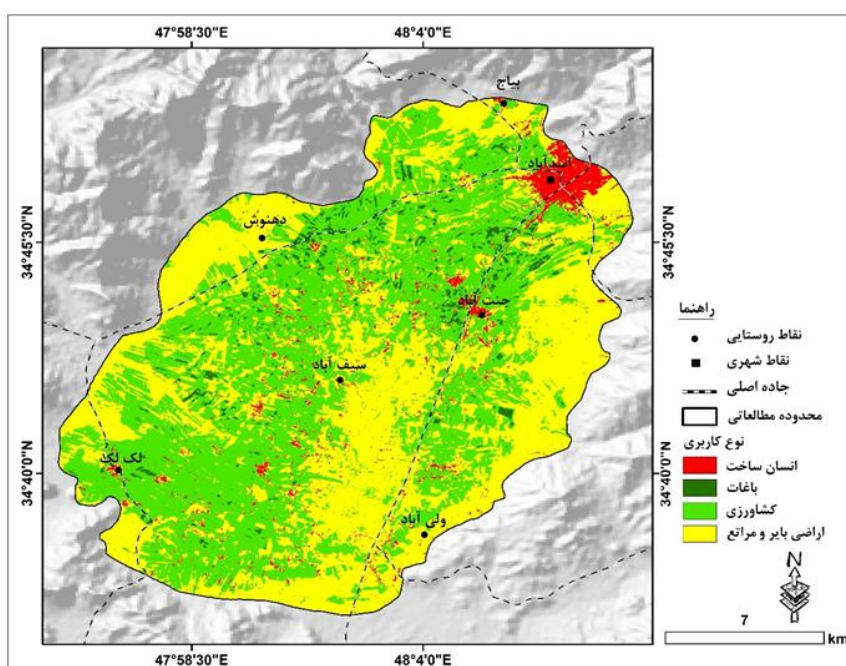
به منظور ارزیابی ارتباط بین مقدار فرونشست منطقه و افت سطح آب چاه‌ها، همبستگی بین آنها محاسبه شد که نتایج بیانگر ارتباط بین قوی و مثبت (۰/۷۰۹) بین آنهاست. در شکل ۷ نمودار وضعیت همبستگی بین افت سطح آب چاه‌ها با مقدار فرونشست زمین در محل چاه‌ها نشان داده شده است.



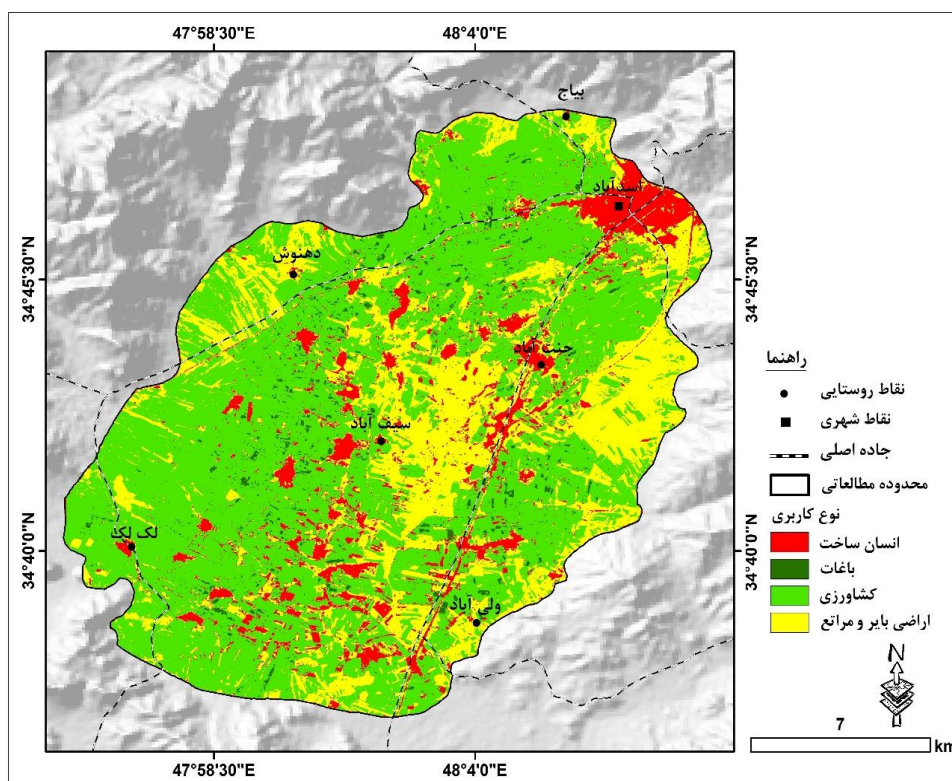
شکل ۷. نمودار وضعیت همبستگی بین افت سطح آب چاه‌ها با مقدار فرونشست زمین

۳.۳. تحلیل ارتباط فرونشست منطقه با تغییرات کاربری اراضی

یکی از عوامل مؤثر در وقوع فرونشست، تغییرات کاربری اراضی از جمله توسعه اراضی کشاورزی و نواحی سکونتگاهی و انسان ساخت است [۹]. توسعه اراضی کشاورزی با افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی همراه است و سازه‌های انسانی نیز با فشاری که بر سطح زمین وارد می‌کند، سبب فرونشست و تشدید آن می‌شوند. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش با استفاده از تصویرهای ماهواره لندست ۵ و ۸ مربوط به سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۲۲، نقشه کاربری اراضی منطقه پژوهش تهیه شد (شکل‌های ۸ و ۹).



شکل ۸. نقشه کاربری اراضی دشت اسدآباد در سال ۱۹۹۲

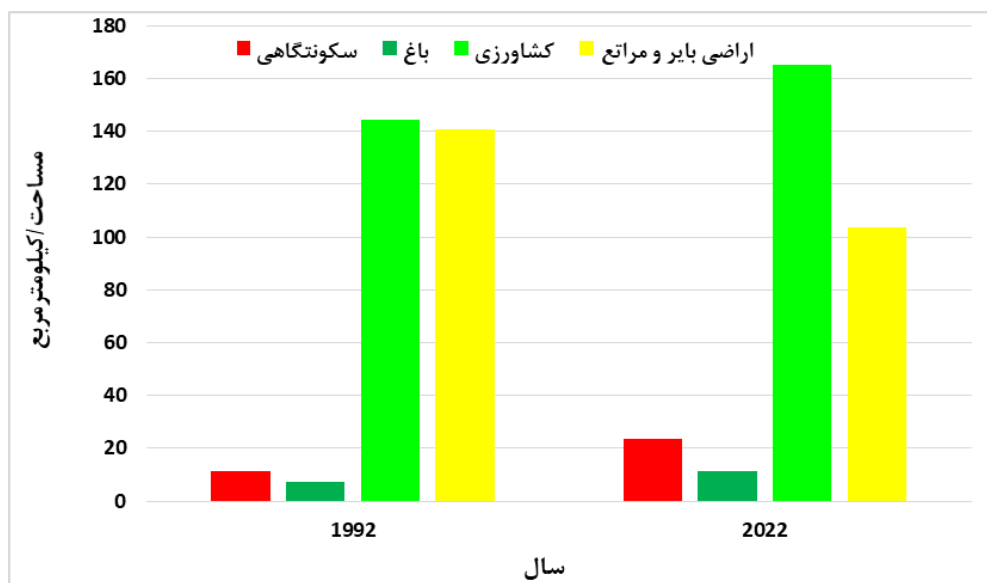


شکل ۹. نقشه کاربری اراضی دشت اسدآباد در سال ۲۰۲۲

براساس نقشه‌های تهیه‌شده، کاربری اراضی منطقه پژوهش در طی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۲، با تغییرات زیادی مواجه شده است. نتایج آنالیز تغییرات صورت‌گرفته نشان داد که در طی دوره زمانی سی‌ساله (۱۹۹۲ تا ۲۰۲۲)، کاربری‌های انسان‌ساخت، اراضی کشاورزی و باغ‌ها دارای روند افزایشی بوده است. با توجه به اینکه کاربری‌های انسان‌ساخت از عوامل مؤثر در افزایش فرونشست هستند، می‌توان گفت که یکی از دلایل تشدید فرونشست در دشت اسدآباد، توسعه کاربری‌های انسان‌ساخت بوده است. همچنین بررسی وضعیت پراکنش کاربری‌های انسان‌ساخت (جدول ۳ و شکل ۱۰) و نقشه فرونشست منطقه نشان داد که مناطق دارای توسعه زیاد کاربری‌های انسان‌ساخت، فرونشست زیادی داشته‌اند. بر این اساس می‌توان گفت که بین فرونشست رخ داده در منطقه و توسعه کاربری‌های انسان‌ساخت ارتباط معناداری وجود دارد. همچنین براساس نتایج، کاربری اراضی کشاورزی نیز در دوره زمانی مدنظر با ۲۰/۸ کیلومتر مربع افزایش مواجه شده است. با توجه به اینکه توسعه اراضی کشاورزی و باغی با افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی همراه است، می‌توان گفت که همانند دشت‌های ایوانکی [۱] و دهگلان [۱۱]، یکی دیگر از دلایل وقوع فرونشست در منطقه، توسعه اراضی کشاورزی و باغی بوده است.

جدول ۳. مساحت و درصد مساحت کاربری‌های اراضی دشت اسدآباد در سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۲۲

| ردیف | نوع کاربری | ۱۹۹۲ | ۲۰۲۲ |
|------|------------------------|-------|-------|
| ۱ | سکونتگاهی و انسان‌ساخت | ۱۱/۵ | ۲۳/۶ |
| ۲ | باغ‌ها | ۷/۳ | ۱۱/۳ |
| ۳ | کشاورزی | ۱۴۴/۳ | ۱۶۵/۱ |
| ۴ | اراضی بایر و مراتع | ۱۴۰/۶ | ۱۰۳/۸ |



شکل ۱۰. نمودار درصد مساحت کاربری‌های اراضی دشت اسدآباد در سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۲۲

۴. نتیجه‌گیری

وضعیت هیدروژئومورفولوژی و هیدرواقليمی دشت اسدآباد همانند دشت همدان (شایان و همکاران، ۱۳۹۵) و دشت نجف‌آباد (شیرانی و همکاران، ۱۴۰۰)، سبب شده است که این دشت پتانسیل زیادی از نظر وقوع مخاطره فرونشست داشته باشد. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری و سری زمانی SBAS، مقدار فرونشست منطقه در طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۲ ارزیابی شد. براساس نتایج، دشت اسدآباد در این دامنه زمانی بین ۱۳۲ تا ۷۰۴ میلی‌متر فرونشست داشته است که با توجه به دوره زمانی هفت‌ساله می‌توان گفت بیشترین فرونشست سالانه آن در حدود ۱۰ سانتی‌متر است که منطبق بر مناطق مرکزی این دشت از جمله مناطق مجاور روستای جنت‌آباد، مناطق جنوبی شهر اسدآباد و همچنین مناطق حدفاصل روستاهای سیف‌آباد تا دهنوش است. مجموع ارزیابی‌ها در این بخش نشان داد که روند مکانی فرونشست دشت اسدآباد در طی دوره زمانی پژوهش، تغییرپذیری کمی داشته است و مناطق ذکرشده در طی دوره‌های زمانی بررسی شده، دارای بیشترین فرونشست بوده‌اند، بنابراین می‌توان گفت که این مناطق پتانسیل آسیب‌پذیری زیادی از نظر مخاطره فرونشست دارند. نتایج بررسی وضعیت افت منابع آب زیرزمینی در دشت اسدآباد نشان داد که میانگین سالانه افت آب زیرزمینی در مناطق جنوبی شهر اسدآباد و مناطق مرکزی دشت اسدآباد حدود ۱/۷ متر بوده است. با توجه به اینکه بین فرونشست منطقه و افت سطح آب‌های زیرزمینی ارتباط معناداری برقرار است (دارای ضریب همبستگی ۰/۷۰۹ بوده است)، می‌توان گفت همانند دشت ایوانکی در استان سمنان (اسدی و همکاران، ۱۴۰۰) و دشت همدان- بهار (جوادی، ۱۴۰۰)، یکی از دلایل اصلی فرونشست دشت اسدآباد، افت منابع آب زیرزمینی بوده است. همچنین نتایج ارزیابی تغییرات کاربری اراضی نشان داد که روند افزایشی اراضی کشاورزی و نواحی انسان‌ساخت به‌ترتیب با افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و افزایش فشار بر سطح زمین و در نتیجه تشدید فرونشست همراه بوده است. با توجه به موارد مذکور، افت آب زیرزمینی و تغییرات کاربری اراضی، مهم‌ترین عوامل وقوع فرونشست در دشت اسدآباد بوده است، بنابراین باید در برنامه‌ریزی‌های عمرانی و کشاورزی منطقه، به توان‌های محیطی منطقه به‌ویژه وضعیت هیدرواقليمی آن توجه ویژه‌ای شود.

۵. تقدیر

این مقاله مستخرج از رساله دکتری است و در گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه شهید بهشتی انجام گرفته است که بدین‌وسیله قدردانی می‌شود.

منابع

- [۱] اسدی، معصومه؛ گنجائیان، حمید؛ جاودانی، مهناز؛ و قادری‌حسب، مهدیه (۱۴۰۰). ارزیابی ارتباط بین عوامل طبیعی و میزان فرونشست در دشت ایوانکی با استفاده از تصاویر رادار. *هیدروژئولوژی*، ۱۳(۱)، ۲۲-۱۳.
- [۲] آقائباتی، سیدعلی (۱۳۸۵). *زمین‌شناسی ایران*. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [۳] جوادی، سیدمحمدرضا (۱۴۰۰). برآورد و تحلیل میزان فرونشست دشت همدان- بهار با استفاده از تصاویر راداری و سری زمانی SBAS. رساله دکتری، دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی.
- [۴] خرمی، محمد (۱۳۹۶). تخمین فرونشست مشهد با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی راداری و ارزیابی آن با توجه به مشخصات ژئوتکنیکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی، دانشکده مهندسی.
- [۵] شایان، سیاوش؛ یمانی، مجتبی؛ و یادگاری، منیژه (۱۳۹۵). پهنه‌بندی فرونشست در حوضه آبریز قره‌چای. *هیدروژئومورفولوژی*، ۳(۹)، ۱۳۹-۱۵۸.
- [۶] شریفی‌کیا، محمد (۱۳۹۱). تعیین میزان فرونشست زمین به کمک روش تداخل‌سنجی راداری (D-InSAR) در دشت نوق- بهرمان. *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، ۱۶(۳)، ۷۷-۵۵.
- [۷] شیرانی، کورش؛ پسندی، مهرداد؛ و ابراهیمی، بابک (۱۴۰۰). بررسی فرونشست زمین در دشت نجف‌آباد اصفهان با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی تفاضلی راداری. *علوم آب و خاک*، ۲۵(۱)، ۱۰۵-۱۲۷.
- [۸] طالبی‌نیا، مرجان؛ خسروی، حسن؛ زهتابیان، غلامرضا؛ ملکیان، آرش؛ و کشتکار، حمیدرضا (۱۴۰۱). بررسی روند فرونشست دشت اصفهان با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی تفریقی راداری. *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۴(۳)، ۹-۱۲.
- [۹] عابدینی، موسی؛ و محمدزاده شیشه‌گران، مریم (۱۴۰۱). تغییرات کاربری اراضی و ارتباط آن با سطح آب‌های زیرزمینی و مخاطرات آن (مطالعه موردی: شهرستان ملارد). *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۹(۱)، ۳۱-۴۴.
- [۱۰] علی‌دادیانی، بهاره؛ زارع، مهدی؛ درستیان، آرزو؛ اشجع اردلان، افشین؛ و حسینی، سیدکیوان (۱۴۰۲). ارزیابی تأثیر فرونشست بر روند لرزه‌خیزی دشت ورامین و دشت شهریار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۱۰(۲)، ۱۳۷-۱۵۱.
- [۱۱] قهرودی تالی، منیژه؛ خدامرادی، فرهاد؛ و علی‌نوری، خدیجه (۱۴۰۲). تأثیر افت آب‌های زیرزمینی بر مخاطرات فرونشست زمین در دشت دهگلان، استان کردستان. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۱۰(۱)، ۵۷-۷۰.
- [۱۲] قهرودی تالی، منیژه؛ علی‌نوری، خدیجه؛ و ریوندی، هما (۱۴۰۰). تحلیل عوامل مؤثر بر فرونشست در دشت سبزوار. *اطلاعات جغرافیایی*، ۳۰(۱۱۷)، ۱۶۵-۱۸۰.
- [۱۳] مهربابی، علی؛ و غضنفرپور، حسین (۱۳۹۸). پایش روند تغییرات ارتفاعی سطح زمین در شهر کرمان و تعیین مناطق پرخطر با استفاده از تصاویر راداری ASAR و SENTINEL 1. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۸(۲)، ۱۶۷-۱۸۲.
- [۱۴] مهربابی، علی؛ کریمی، صادق؛ و خالصی، مهران (۱۴۰۱). تحلیل فضایی فرونشست دشت جیرفت با استفاده از تکنیک پیکسل‌های کوهرنس (CPT). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۴(۱)، ۹۹-۱۱۶.
- [15] Chen, M., Tomás, R., Li, Zh., Motagh, M., Li, T., Hu, L., Gong, H., Li, X., Yu, J., & Gong, X. (2016). Imaging Land Subsidence Induced by Groundwater Extraction in Beijing (China) Using Satellite Radar Interferometry, *Remote Sens*, 8(6), 468.
- [16] Davila-Hernandez, N., Madrigal, D., Exposito, J. L., & Antonio, X. (2014). Multi-temporal analysis of land subsidence in Toluca Valley (Mexico) through a combination of Persistent Scatterer Interferometry (PSI) and historical piezometric data; *Adv. Remote Sens.* 3(49).
- [17] Ding, P., Jia, C., Di, S., Wu, J., & Wei, R. (2021). Analysis and Evaluation of Land Subsidence along Linear Engineering Based on InSAR Data, *Journal of Civil Engineering*, 25, 3477-3491.
- [18] Du, Y., Feng, G., Peng, X., & Li, Z. (2017). Subsidence Evolution of the Leizhou Peninsula, China, Based on InSAR Observation from 1992 to 2010, *Appl. Sci.* 2017, 7, 466; doi:10.3390/app7050466.
- [19] Galloway, D.L., Hudnut, K.W., Ingebritsen, S.E., Phillips, S.P., Peltzer, G., Rogez, F., & Rosen, P.A. (1998). Detection of aquifer system compaction and land subsidence using interferometric synthetic aperture radar, Antelope valley, Mojave Desert, California, *Water Resour. Res.*, 34, 2573-2585.
- [20] Higgins, S., Overeem, I., Tanaka, A., & Syvitski, J. M. (2013). Land subsidence at aquaculture facilities in the Yellow River delta, China. *Geophysical Research Letters*, 40, 3898-3902.
- [21] Kumar, S., Kumar, D., Chaudhary, S. K., Singh, N., & Malik, K. K. (2020). Land subsidence mapping and monitoring using modified persistent scatterer interferometric synthetic aperture radar in Jharia Coalfield, India, *Journal of Earth System Science*, 129 (146).

- [22] Li, Y., Zuo, X., Xiong, P., Chen, Z., Yang, F., & Li, X. (2022). Monitoring Land Subsidence in North-central Henan Plain using the SBAS-InSAR Method with Sentinel-1 Imagery Data, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 50, 635–655.
- [23] Pacheco, J., Arzate, J., Rojas, E., Arroyo, M., Yutsis, V., & Ochoa, G. (2006). Delimitation of ground failure zones due to land subsidence using gravity data and finite element modeling in the Queretaro valley, Mexico. *Engineering Geology*, 84, 143-160.
- [24] Tao, Q., Guo, Z., Wang, F., An, Q., & Han, Y. (2021). SBAS-InSAR time series ground subsidence monitoring along Metro Line 13 in Qingdao, China, *Arabian Journal of Geosciences*, 14 (2628).
- [25] Zhu, L., Gong, H., LI, X., Wang, R., Chen, B., Dai, Z., & Teatini, P. (2015). Land subsidence due to groundwater withdrawal in the northern Beijing plain, *China. Engineering Geology*, 193, 243–255.