



## بررسی اثرات ژئومورفولوژیکی فرونشست زمین و اثرات آن در اکوسیستم با استفاده از نرم افزار ArcGIS (مطالعه موردی: شهر تهران)

پریسا صراطی<sup>۱\*</sup>، سیده آمنه سجادی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اکوهیدرولوژی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- استادیار، دانشکده کشاورزی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

کارشناسی ارشد اکوهیدرولوژی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران، ایران

نویسند مسئول parisaserati@ut.ac.ir

### چکیده

پدیده فرونشست یکی از مخاطرات زیست محیطی است که تأثیرات جبران ناپذیری را به دنبال دارد. عوامل متعدد انسانی از قبیل برداشت مایعات (آب، گاز و نفت)، فشردگی به علت زهکشی، برداشت مواد معدنی، فشردگی به علت تحمیل بارهای سنگین از قبیل سد و ساختمان‌ها، عوامل محیطی نظیر تغییر شکل‌های تکتونیکی و آتشفشانی، عوامل ژئومورفولوژی خاک، به هم خوردن ایزوستازی و سایر عوامل سبب بروز این ناهنجاری زیست محیطی می‌شود. بعلاوه بروز خسارات سنگین اقتصادی، محیطی و انسانی باید برنامه و راهکارهایی به جهت کنترل و مدیریت این بحران به کاربرد. با توجه به موقعیت شهر تهران و مهاجرت گسترده به این شهر در طی ۱۰ ساله گذشته نیازهای زیستی سبب تغییر کاربری اراضی برای تامین آب و غذا و مسکن شهروندان گردیده است. این مسئله باعث برداشت بی رویه آب و خالی شدن سفره های زیر زمینی گردیده است با توجه به موقعیت جغرافیایی و وجود گسل‌ها در تحقیق پیش رو با کمک نرم افزار ArcGIS موقعیت گسل‌ها، چاه‌های پیژومتری و کاربری اراضی مناطق آسیب‌پذیر مشخص گردیده است. این مخاطره زیست محیطی سبب تغییر در اکوسیستم‌های شهری شده و باعث برهم خوردن تعادل محیط می‌گردد.

واژگان کلیدی: فرونشست زمین، اکوهیدرولوژی، اقلیم، سیستم اطلاعات مکانی



## Investigation of geomorphologic effects of land subsidence and its effects on ecosystem using ArcGIS software (Case study: Tehran)

Parisa serati <sup>1\*</sup>, Seyedeh Ameneh Sajjadi<sup>2</sup>

1- Msc. Ecohydrology Student, Faculty of New of Science and Technologies, University of Tehran, Iran

2- Faculty of Agriculture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

Msc. Ecohydrology, Faculty of New of Science and Technologies, University of Tehran, Iran.

C.Author: parisaserati@ut.ac.ir\*

### Abstract

The phenomenon of subsidence is one of the environmental hazards that have irreversible effects. Numerous human factors such as fluid extraction (water, gas and oil), compaction due to drainage, mineral extraction, compaction due to heavy loads such as dams and buildings, environmental factors such as tectonic and volcanic deformation, factors Soil geomorphology, disturbance of Isostasis and other factors cause this environmental anomaly. Due to the severe economic, environmental and human losses, programs and strategies should be used to control and manage this crisis. Due to the location of the city of Tehran and the widespread migration to this city during the last 10 years, biological needs have caused the change of land use to provide water, food and housing for citizens. This issue has led to uncontrolled abstraction of water and emptying of aquifers. Acceptable has been specified. This environmental risk causes changes in urban ecosystems and disturbs the balance of the environment.

**Keywords:** Landslide, Echo Hydrology, Climate, Spatial Information System

## ۱-مرور ادبیات

کشور ایران از نظر طبیعی کشوری حادثه‌خیز است، از ۴۰ نوع حادثه‌ای که برای جهان تعریف شده است، ۳۰ نوع آن در ایران وجود دارد و اکنون پدیده انسان‌ساز فرونشست نیز به آن اضافه شده است [۱]. پدیده فرونشست زمین<sup>۹</sup> شامل فروریزش یا نشست رو به پایین سطح زمین است که می‌تواند دارای بردار جابه‌جایی اندکی باشد [۲]. طبق تعریف یونسکو فرونشست عبارت است از فروریزش یا نشست سطح زمین به علت‌های متفاوتی در مقیاس‌های کوچک و بزرگ [۳]. فرونشست یک رخداد ژئومورفولوژیکی پرهزینه است که تاکنون در بیش از ۱۵۰ کشور جهان گزارش شده است [۴]. عوامل انسانی و محیطی از قبیل: انحلال، آب شدن یخ‌ها، تراکم نهشته‌ها، حرکت آرام زمین و خروج گدازه یا عملیات انسانی نظیر معدن‌کاوی یا برداشت آب زیرزمینی و نفت، برداشت و استخراج مواد معدنی، ریزش سازه‌های زیرزمینی مانند تونل و یا فعالیت‌های تکتونیکی [۳] سبب بروز آن می‌گردد. به دلیل تغییرات اقلیمی اخیر و کاهش بارندگی، همچنین افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی از یک‌سو و رشد فزاینده مهاجرت از اقصی نقاط کشور به تهران و به دنبال آن برای رفع نیازهای آبی استفاده از سفره‌های زیرزمینی، دچار عدم تعادل در طبیعت و نیازهای انسانی گشته است [۳]. برداشت بیش از حد ذخایر آب زیرزمینی بطوریکه این ذخایر فرصت بازسازی و ترمیم نداشته باشند و آب خروجی از این سفره‌ها نسبت به تغذیه سفره‌ها اختلاف زیادی داشته باشد. همچنین طرح‌های انتقال آب با فشار بر حوضه آبخیز و کاهش ورودی آب سفره‌های زیرزمینی و تغییرات کاربری اراضی منجر به افت آب‌های زیرزمینی و کاهش فشار هیدرولیکی و در نهایت منجر به فرونشست زمین می‌شود [۱]. پیامدهای حاصل از فرونشست از نظر هانت در سال ۲۰۰۶ [۵]

### جدول ۱ خلاصه‌ای از حرکات مخرب سطح زمین [۵]

نوع حرکت	توضیحات	علت ایجاد	اثرات مهم
فرونشست منطقه‌ای	حرکت رو به پایین در سطح وسیع	فعالیت لرزه‌ای، استخراج آب‌های زیرزمینی	سیل‌خیزی، توسعه گسل، تخریب ساختار
فرونشست زمین	حرکت رو به پایین سطح زمین در منطقه‌ای محدود	معدن کاری نزدیک به سطح گسترش غیر انحلالی، حفر لوله‌ای خاک، آبشویی املاح سیمانه	تخریب ساختار، دگرگونی ساختار
فرونشست خاک	حرکت ناگهانی رو به پایین سطح زمین در منطقه‌ای محدود	تغییرات رطوبتی خاک فشرده‌گی انقباض و خشک شدن	دگرگونی ساختار

پدیده فرونشست به آرامی و به تدریج گسترش می‌یابد، خسارات ناشی از فرونشست و شکاف‌های ترمیم‌ناپذیر پرهزینه و مخرب می‌باشند. این پدیده سبب تخریب ساختار سطحی، سیل‌خیزی و عقیم شدن زمین‌های حاصلخیز می‌شود [۶] نرخ و الگوهای مکانی فرونشست در طول زمان تغییر میکند بنابراین اندازه گیریهای دقیق و استفاده از ابزارهای پیش بینی کننده برای بهبود درک فرونشست زمین لازم است [۷] پدیده فرونشست سبب تخریب سیستم‌های آبیاری و به سبب پایین آمدن تخلخل خاک سبب تخریب شود همچنین منجر به خسارات به چاه و قنوات در منطقه‌های فرونشست می‌شود. همچنین سازه‌ها و تأسیسات زیر بنایی، خطوط آهن، تصفیه‌خانه‌ها دچار تغییر می‌شود همچنین با تغییرات توپوگرافی شاهد تغییرات هیدرولوژیکی از قبیل سیلاب‌های بی‌سابقه،

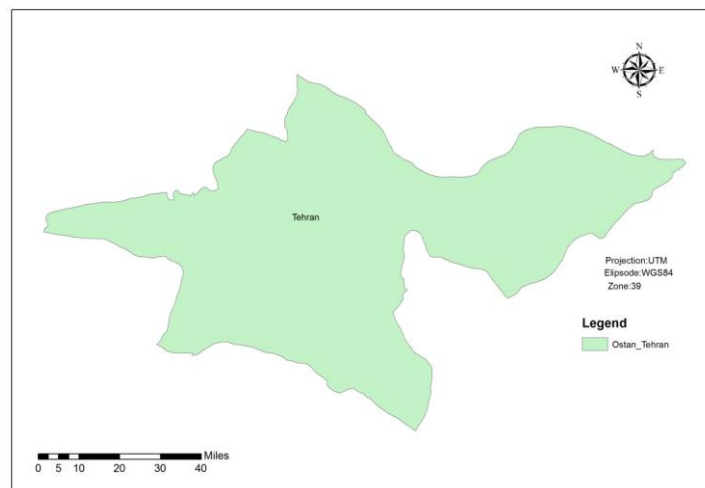
<sup>9</sup> Land Subsidence

تغییر جهت و سرعت جریان آب‌های زیرزمینی، تغییر ناهمسان در ارتفاع و شیب رودخانه‌ها، آبراهه‌ها و سازه‌های انتقال آب، کاهش برگشت‌ناپذیر تمام یا بخشی از سفره آبدار در نتیجه از بین رفتن یا کاهش تخلخل مفید نهشته‌ها، کاهش نفوذپذیری سطحی و در پی آن گسترش پهنه‌های بیابانی و سیلابی در منطقه خواهیم بود [۳]. در ناطقی که سفره های آب زیرزمینی بسته دارند به دنبال تخلیه آبهای زیرزمینی فشار منافذ کاهش یافته و لایه های رسوبی فشرده و متراکم می شوند که این فرایند در سطح زمین سبب کاهش ارتفاع و نشست تدریجی یا ناگهانی می شوند [۸]. جدای از تغییرات طبیعی ناشی از تغییر اقلیم همزمان با توسعه شهری برداشت بی رويه منابع آبهای زیرزمینی باعث فرونشست زمین در استان تهران خصوصا دشت تهران شده است [۹].

## ۲- روش تحقیق

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

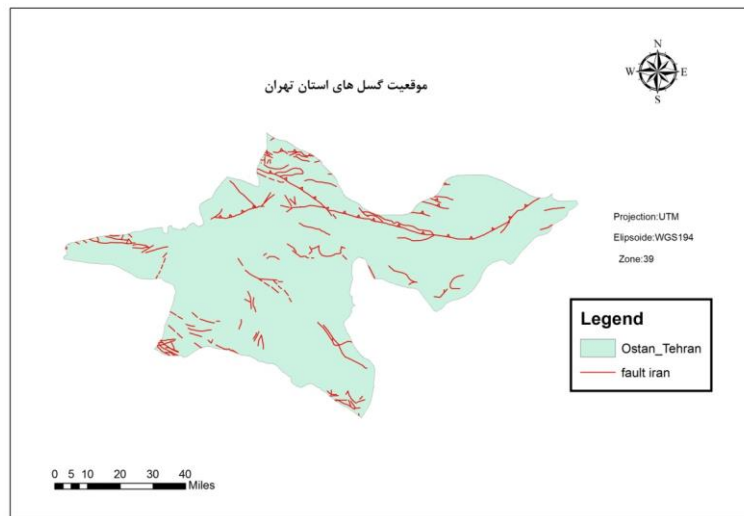
شهر تهران در پهنه‌ای بین دو وادی کوه و کویر و در دامنه‌های جنوبی البرز گسترده شده است و ۷۳۰ کیلومتر مربع مساحت دارد. از نظر جغرافیایی در ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. گستره کنونی تهران از ارتفاع ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متری از سطح دریا امتداد یافته است؛ این ارتفاع از شمال به جنوب کاهش می‌یابد. از نظر ناهمواری‌های طبیعی، تهران به دو ناحیه کوهپایه‌ای و دشتی تقسیم می‌شود. از کوهپایه‌های البرز تا جنوب شهر ری، تپه‌های کوچک و بزرگ پرشماری وجود دارند. تهران دارای اقلیم نیمه‌خشک است. ارتفاع شهر در بلندترین نقاط شمال به حدود ۲۰۰۰ متر و در جنوبی‌ترین نقاط به ۱۰۵۰ متر از سطح دریا می‌رسد. تهران از شمال به نواحی کوهستانی و از جنوب به نواحی کویری منتهی شده، در نتیجه در جنوب و شمال دارای آب و هوایی متفاوت است. نواحی شمالی از آب‌وهوای سرد و خشک و نواحی جنوبی از آب‌وهوای گرم و خشک برخوردار است.



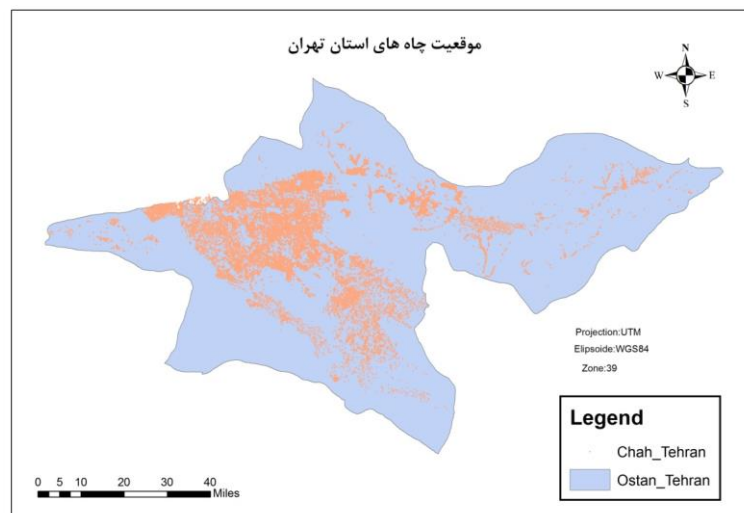
شکل (۱) منطقه مورد مطالعه

## ۲-۲- پیاده‌سازی

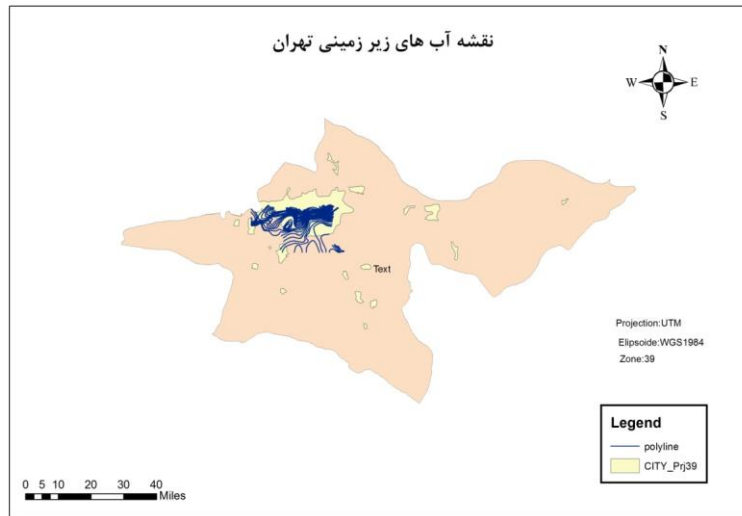
در تحقیق حاضر با بررسی عوامل کاربری اراضی، فاصله از گسل چاه‌های پیزومتري و سطح آب زیرزمینی و رودخانه‌های سطح شهر به‌عنوان عوامل مؤثر در فرونشست موردبررسی قرار می‌گیرد. به هر یک از لایه‌های اصلی که در این تحقیق لایه چاه‌ها، لایه کاربری اراضی و لایه گسل است به ترتیب ارزش ۵۰، ۳۰ و ۲۰ درصد داده شد و هر یک از زیر لایه‌ها نیز با توجه به تاثیرگذاری عددی نسبت داده شده است. موقعیت عوامل تاثیر گذار بر روی نقشه نمایش داده شده است.



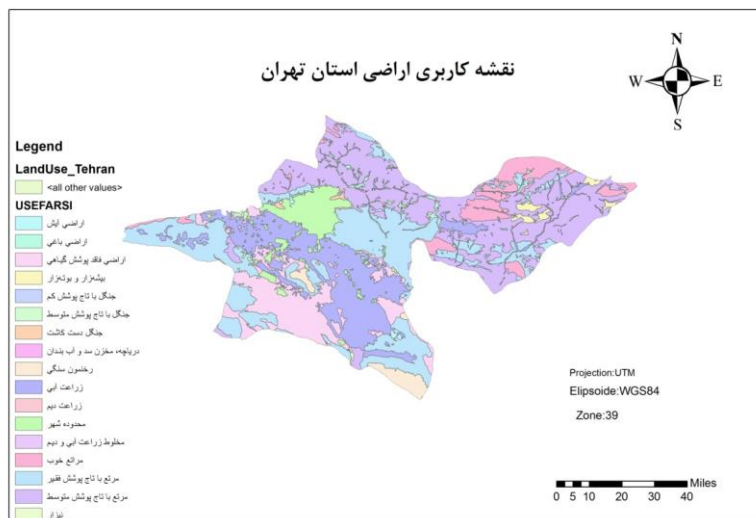
شکل ۲) موقعیت گسل‌های استان تهران



شکل ۳) موقعیت چاه‌های استان تهران



شکل ۴) موقعیت آب‌های زیرزمینی شهر تهران



شکل ۵) نقشه کاربری اراضی استان تهران

جدول ۲ وزن عوامل مؤثر بر فرونشست

رتبه از ۱۰۰	ارزش
۵۰	چاه (تخلیه از زمین)
۵۰	کاربری اراضی
۲۰	فاصله از گسل

جدول ۳ کاربری اراضی و رتبه‌های آن

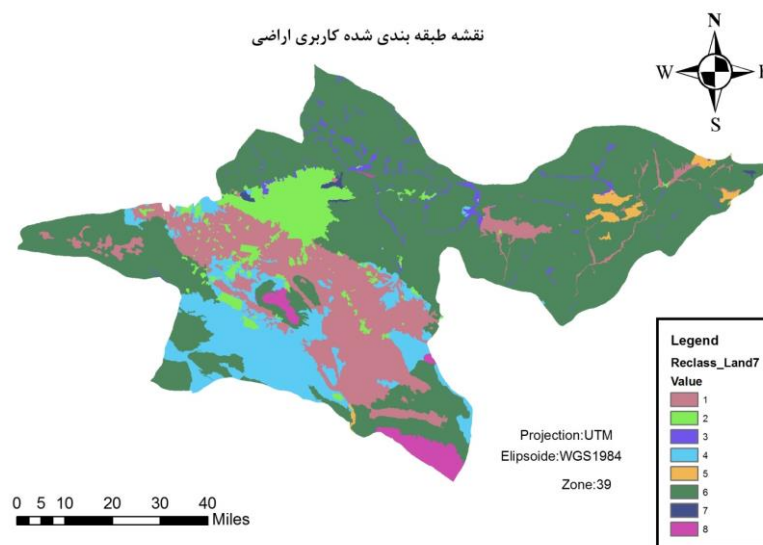
رتبه	کاربری اراضی
۲	مناطق مسکونی
۱	زمین زراعی
۷	جنگل
۵	علفزار
۴	فاقد پوشش گیاهی
۳	باغ
۶	مرتع
۸	غیره

جدول ۴ فاصله از گسل و رتبه‌های آن

رتبه	فاصله از گسل (m)
۱	۱۰۰
۲	۱۰۰۰
۳	۱۰۰۰ >

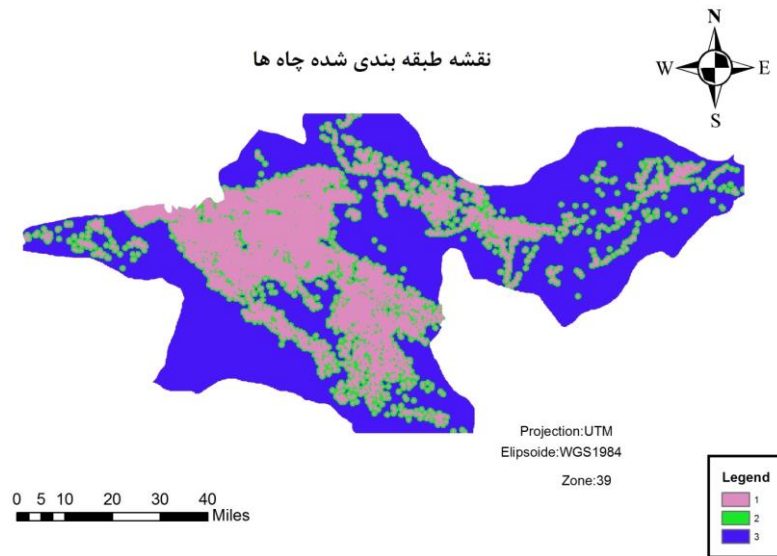
۳- یافته‌ها

داده‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه و پردازش و با کمک روش Weighted Overlay محاسبه گردیده‌اند.

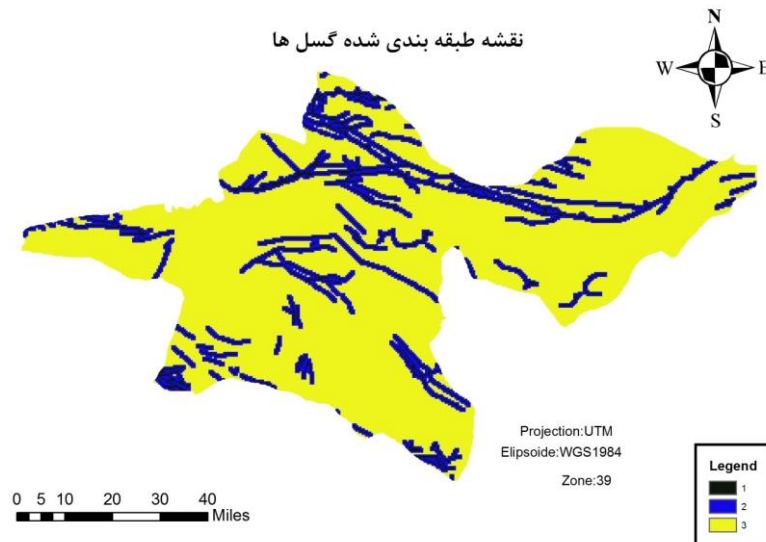


شکل ۶) نقشه کاربری اراضی طبقه بندی شده



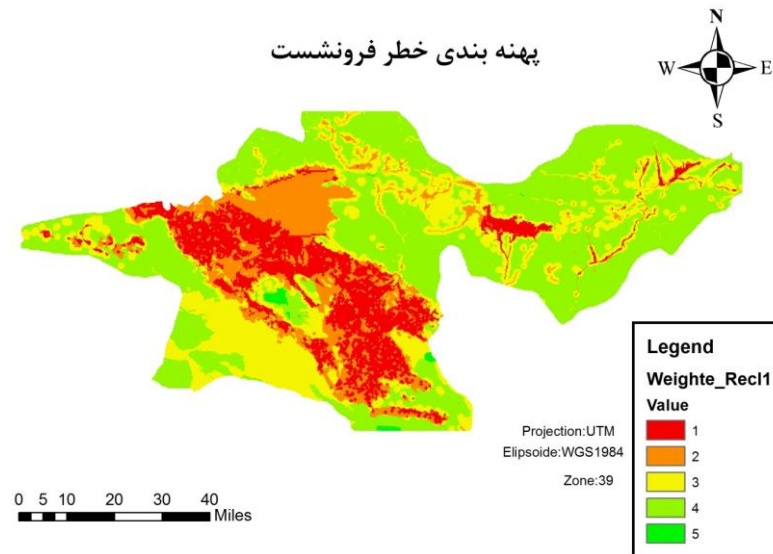


شکل ۷) نقشه فاصله چاه ها



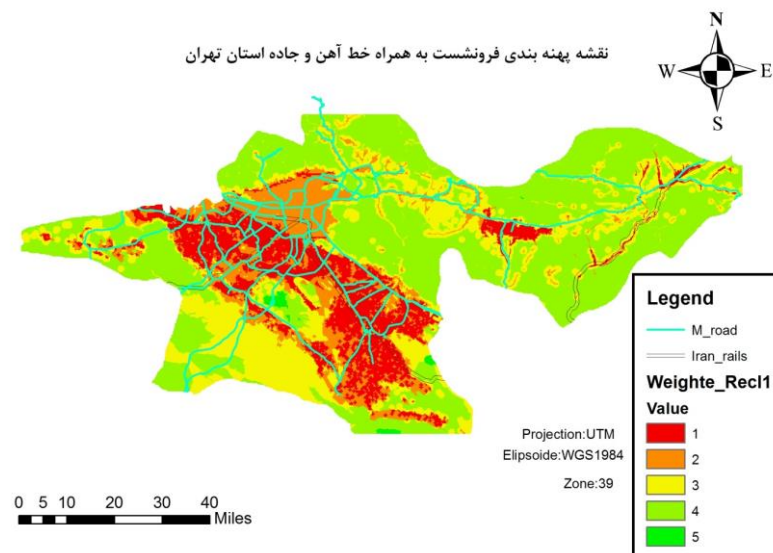
شکل ۸) نقشه فاصله تا گسل ها





شکل ۹) پهنه بندی خطر فرونشست

تاسیسات، جاده‌ها مناطق مسکونی و زیر ساخت‌ها در معرض خطر فرونشست آسیب‌های جدی خواهند دید و این پدیده سبب بروز مشکلات جدی از قبیل از بین رفتن اکوسیستم‌های کوچک و بزرگ و در نتیجه تغییرات اقلیم را بدنبال خواهد داشت.



شکل ۱۰) پهنه بندی خطر فرونشست به همراه تاسیسات راه آهن و جاده



#### ۴- بحث و نتیجه گیری

نقشه پهنه‌بندی نهایی که به هدف ارزیابی فرونشست شهر تهران با کمک عوامل هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی و تاثیر آن بر اکوسیستم شهر بود و مطابق با تحقیق سایر پژوهشگران نیز بوده است [۹] و نشان می‌دهد برداشت بی‌رویه آب و همچنین با توجه به موقعیت شهر تهران و نزدیکی به گسل‌ها می‌تواند آسیب‌های جبران‌ناپذیری را وارد کند. افزون بر دلایل ناشی از تغییر اقلیم برداشت بی‌رویه آب از منابع زیر زمینی، تغییر کاربری اراضی با توجه به افزایش جمعیت و نیاز به منابع بیشتر آبی و غذایی همچنین نیاز به سکونت در طولانی مدت باعث بروز تغییرات اکوسیستمی شده و سبب بروز مشکلاتی چون فرونشست خواهد شد.

#### منابع

- [1] حق شناس، ابوالقاسم و سرورام، حامد و نوری قیداری، محمد حسین، ۱۳۹۳، مطالعه عملکرد ابزار دقیق در سد دوستی (مطالعه موردی وضعیت تنش سنج‌ها)، دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیط زیست)، شهرکرد
- [۲] Bates, RL and Jackson JA (1980), Glossary of Geology. Second edition, Falls Church, Virginia, 749p.
- [3] دهقانی، مریم، افزازی، محمد، ۱۳۹۳، بررسی تاثیر و پیشرفت برداشت بی‌رویه آبهای زیر زمینی با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری (سنجش از راه دور) اولین همایش ملی معماری، عمران و محیط زیست شهری
- [4] Hu, R. L., Yue, Z. Q., Wang, L. U., & Wang, S. J. (2004). Review on current status and challenging issues of land subsidence in China. *Engineering Geology*, 76(1-2), 65-77..
- [5] Hunt, R. E. (2007). *Geologic hazards: a field guide for geotechnical engineers*. CRC Press.
- [6] Bell, F. G. (2003). *Geological hazards: their assessment, avoidance and mitigation*. CRC Press.
- [7] Eggleston, J., & Pope, J. (2013). Land subsidence and relative sea-level rise in the southern Chesapeake Bay region. *US Geological Survey Circular*, 1392, 30.
- [8] Chen, J., Knight, R., Zebker, H. A. & Schreüder, W. A. (2016). Confined aquifer head measurements and storage properties in the San Luis Valley, Colorado, from spaceborne InSAR observations. *Water Resources Research*, 52 (5), 3623-3636.
- [9] Haghghi, M. H. & Motagh, M. (2019). Ground surface response to continuous compaction of aquifer system in Tehran, Iran: Results from a long-term multi-sensor InSAR analysis. *Remote Sensing of Environment*, 221, 534-550.