



ISSN 2345 - 4997

# Investigating the Relationship between Seismogenic Faulted Systems with Variation of Gravimetric Facies in Northern Qazvin Fault Region-Iran

Roya Khaleghi<sup>\*1</sup>, Seyed Reza Mehrnia<sup>2</sup><sup>1</sup> Department of Geophysics, Islamic Azad University of Hamedan, Iran.<sup>2</sup> Department of Geology, Payam Noor University, Iran.

\*Corresponding Author (Geo.khaleghi@yahoo.com)

Article History:  
Revised 1: Feb 05, 2014Received: Jan 02, 2014  
Accepted: Feb 25, 2014Reviewed: Jan 12, 2014  
Published: Mar 16, 2014**ABSTRACT**

This research is based on the interpretations seismic, gravity and magnetic data it has been proceed on perusal of hidden faults in the north Qazvin area with radius 40 km of Qazvin city center. Contour maps processed by using of Geosoft, Surfer and Matlab specialized software and magnetic and gravity lineaments have been prepared by using filter of first vertical derivative. This study shown that locus of magnetic and gravity lineaments are consistent together with geological surface structure. Research method is based on a local analysis to the 56432 points interpolation in isometric grids. Also, we have discussed in facies changes and it's relation with linear process of gravity gradients by geological map of region and interpolation tectonic considerations (observed faults by Berberian and gravity lineaments related to seismic events). Accessing to such a model, prepare to analysis of mechanisms of seismic attributed to north Qazvin fault (NQF) and it is prepared basis of new research for exploration model of hidden seismic faults which is provable their identity in terms of geophysical.

**Keywords:** Facies Change, Gravity fabric, Rock density, North of Qazvin fault (NQF), Active tectonic, Lineaments.

## بررسی رابطه سامانه‌های گسلی - لرزه‌زا با تغییر رخساره‌های ثقلی در محدوده گسل شمال قزوین - ایران

رؤیا خالقی<sup>۱</sup>، سید رضا مهرنیا<sup>۲</sup><sup>۱</sup> دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد واحد همدان، نگارنده رابط (Geo.khaleghi@yahoo.com)<sup>۲</sup> گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، قزوین.

تاریخ داوری: ۱۳۹۲/۱۰/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۲

تاریخچه انتشار مقاله

تاریخ انتشار: ۱۳۹۲/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۰۶

تاریخ اصلاحات: ۱۳۹۲/۱۲/۱۶

**چکیده**

این پژوهش براساس تفسیر داده‌های لرزه‌ای، گرانی و مغناطیس‌سنجی هوایی به مطالعه‌ی گسل‌های پنهان در منطقه‌ی شمال قزوین و به شعاع ۴۰ کیلومتر از مرکز شهرستان قزوین مبادرت نموده است. نقشه‌های پربندی با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی Geosoft، Surfer و Matlab پردازش گردیده و خطوط و خطواره‌های مغناطیسی و گرانی با استفاده از اعمال فیلتر مشتق اول قائم تهیه شده‌اند. این مطالعه نشان می‌دهد که مکان هندسی خطواره‌های مغناطیسی و گرانی با ساختارهای سطحی زمین‌شناسی همخوانی دارند. روش تحقیق مبتنی بر تحلیل مکانی ۵۶۴۳۲ نقطه درون‌یابی شده در شبکه‌های متساوی‌البعده (ایزومتریک) است. همچنین به کمک نقشه زمین‌شناسی منطقه و درج ملاحظات زمین‌ساختی (گسل‌های مشاهده شده توسط بربریان و خطواره‌های گرانی مرتبط با رویدادهای لرزه‌ای) به بحث پیرامون تغییرات رخساره‌ای و رابطه آن با فرآیند خطوارگی گرادیان‌های ثقلی پرداخته ایم. دست‌یابی به چنین الگویی، امکان تحلیل سازوکارهای لرزه‌ای منسوب به گسل شمال قزوین را فراهم نموده و مبنای تحقیقات جدیدی برای شناسایی الگوی گسل‌های لرزه‌ای پنهان (که هویت آنها از لحاظ ژئوفیزیکی قابل اثبات است) فراهم شده است.

## ۱. مقدمه

بر روی نهشته‌های تخریبی کواترنری و ناودیسسی به سن نئوژن گردیده است (بربریان و همکاران، ۱۳۶۴).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و تقسیمات شهری استان قزوین  
(www.ostan-qz.ir)

اختلاف فرازای ناگهانی میان شهر قزوین (با میانگین فرازای ۱۲۵۰ متر بالای رویه آزاد دریا) و نزدیک‌ترین ستیغ به آن (ستیغ هزار قلعه سی با ارتفاع ۲۷۰۰ متری) در فاصله ۳۰ کیلومتری شمال شرقی قزوین، یکی از بارزترین ویژگی‌های توپوگرافی گستره قزوین است که نتیجه جنبش‌های شاغولی در درازای گسله شمال قزوین است. این گسله در بیشتر درازای خود مرز میان سنگ‌های آتشفشانی-آذرآواری سازند کرج (در شمال) و رسوبات آبرفتی کواترنری (در جنوب) را تشکیل داده است. این گسل از دیدگاه لرزه‌زمین‌ساختی فعال بوده و از این رو می‌تواند یک عامل تهدید لرزه‌ای برای استان قزوین به عنوان یکی از مراکز صنعتی کشور به شمار آید (شکل ۲).

در بیشتر برش‌های زمین‌شناسی گسله شمال قزوین در کوهپایه قزوین، دیده می‌شود که رسوبات آبرفتی کم و بیش افقی و یا با شیب کم با نزدیک شدن به خط گسله و به سبب کارکرد گسله شمال قزوین ناگهان تغییر شیب یافته و گاه به صورت شاغولی درآمده‌اند. به نظر می‌رسد زمین‌لرزه تاریخی ۱۱۱۹ میلادی با بزرگای نسبی ۶/۵ در اثر جنبش این گسل روی داده باشد (آمبرسیز و ملویل، ۱۹۸۲).

به طور کلی تفسیر و مدل‌سازی داده‌های ژئوفیزیکی به دو صورت کیفی و کمی صورت می‌گیرد. توسعه روزافزون صنعت و گسترش شریان‌های حیاتی در جای جای این مرزوبوم ایجاب می‌نماید تا وضعیت خطواره‌های زیرسطحی به منظور شناسایی گسل‌های پنهان و تحلیل خطرات ناشی از آن مورد توجه جدی قرار گیرد. تحقیقات به عمل آمده بر روی گسل‌های لرزه‌زا نشان می‌دهد که ناپیوستگی‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در سیستماتیک و دینامیک فرآیند گسلش دارند و تشخیص ناپیوستگی‌ها مهم‌ترین عامل در شناسایی قطعات پنهانی گسل است (سردشتی، ۱۳۸۳).

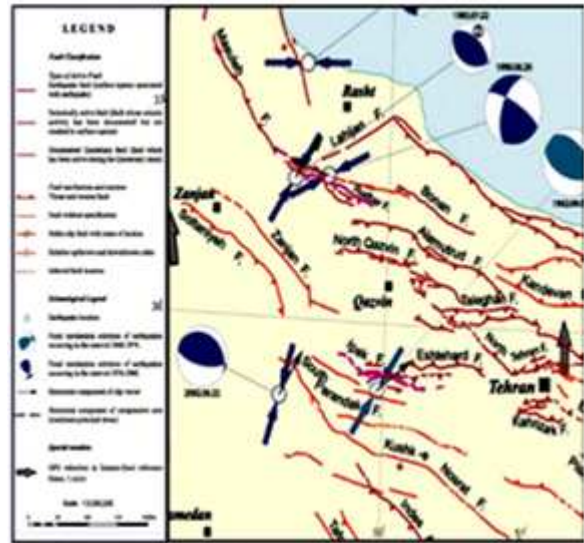
در گستره‌ی مورد مطالعه، خطواره‌ها و بررسی ارتباط آن‌ها با گسل‌ها و رخساره ثقی و نقش آن‌ها در لرزه‌خیزی منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین در این تحقیق با بهره‌گیری از ۴ تپ داده لرزه‌ای، گرانی‌سنجی، مغناطیس‌سنجی و توپوگرافی ضمن تأیید گسل‌های فعلی منطقه، گسل‌های پنهان شناسایی می‌شوند، همچنین با تشخیص این که در طرفین فابریک گرانی منطقه آیا تغییر رخساره زمین‌شناسی وجود دارد یا خیر اعتبار خطواره گرانی را تأیید کرده و ارتباط آن را با سامانه‌های گسلی-لرزه‌زا در منطقه گسل شمال قزوین بررسی خواهیم نمود. در شکل (۱) نقشه موقعیت جغرافیایی و تقسیمات شهری استان قزوین آورده شده است.

## ۲. منطقه مورد مطالعه

### ۲.۱. گسل فشاری شمال قزوین

این گسل در زون البرز-آذربایجان (N۳۹) قرار دارد، سازوکار این گسل معکوس بوده است. گسل فشاری شمال قزوین با روند خاوری-باختری و درازای بیش از ۶۰ کیلومتر که از ۱۱ کیلومتری شمال قزوین می‌گذرد و سبب گسل‌خوردگی سازند کرج به سن ائوسن و رانده شدن آن

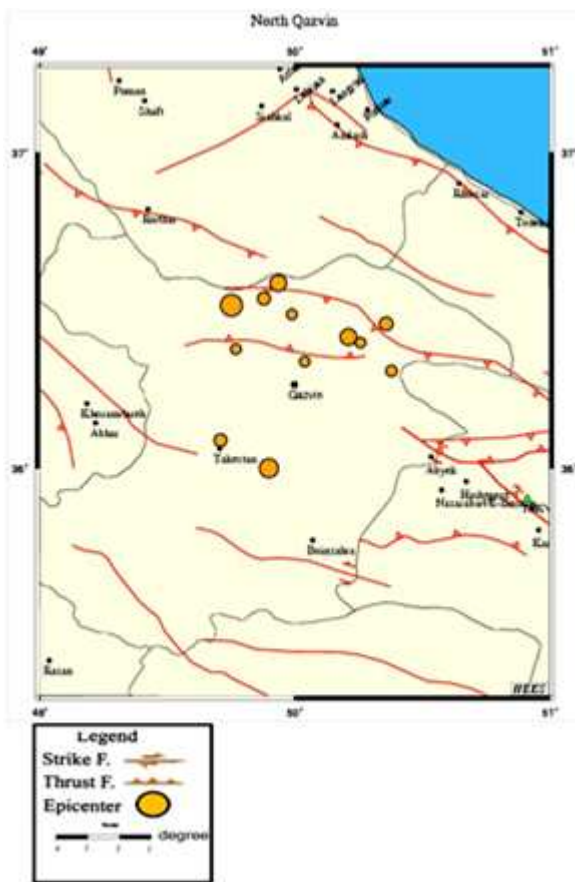
برمی‌گرفتند، براساس جانمایی زلزله‌ها روی نقشه گسلی منطقه صرف‌نظر گردد، بنابراین داده‌های مفید و نزدیک به گسل شمال قزوین با احتساب ۱۲ رویداد لرزه‌ای انتخاب شدند و براساس تغییرات گرادیان بزرگای زلزله‌های رخ داده شده در طول ۵۱ سال اخیر، خطواره‌های لرزه‌ای استخراج و مشخص گردیدند، همچنین در این پژوهش از داده‌های گرانی هوابرد شامل ۱۸۹۰۰ عدد، داده‌های مغناطیسی هوابرد شامل ۱۸۷۶۰ عدد و داده‌های توپوگرافی شامل ۱۸۷۶۰ عدد استفاده شده است.



شکل ۲. تصویری از سازوکار گسل شمال قزوین (برگرفته از حسامی و همکاران، ۱۳۸۲).

از دیدگاه لرزه‌زمین‌ساختی گسل شمال قزوین گسلی فعال (گسل فعال گسلی است که فعالیت لرزه‌ای آن ثابت شده ولی شواهدی از گسیختگی سطحی آن گزارش نشده است) و لرزه‌زا محسوب می‌گردد (بربریان و همکاران، ۱۳۷۱؛ حسامی و همکاران، ۱۳۸۲).

بر روی گسل شمال قزوین زمین‌لرزه‌های تاریخی فراوانی مشاهده شده است که در طی آن‌ها بارها شهر قزوین ویران شده‌است. از جمله گسل‌هایی که در شمال منطقه قزوین نیز رؤیت می‌شوند می‌توان به گسل باراجین و اردبیلک اشاره نمود. روستای اردبیلک در ۵ کیلومتری شمال قزوین قرار دارد. گسل اردبیلک هم راستای روستاهای باراجین-نیاق بوده و عامل اصلی به وجود آمدن ارتفاعات شمال قزوین می‌باشد. در شکل (۳) نقشه گسلی منطقه برگرفته از سایت پژوهشگاه بین‌المللی زلزله آمده است که شعاع دواير متناسب با بزرگای می‌باشد.

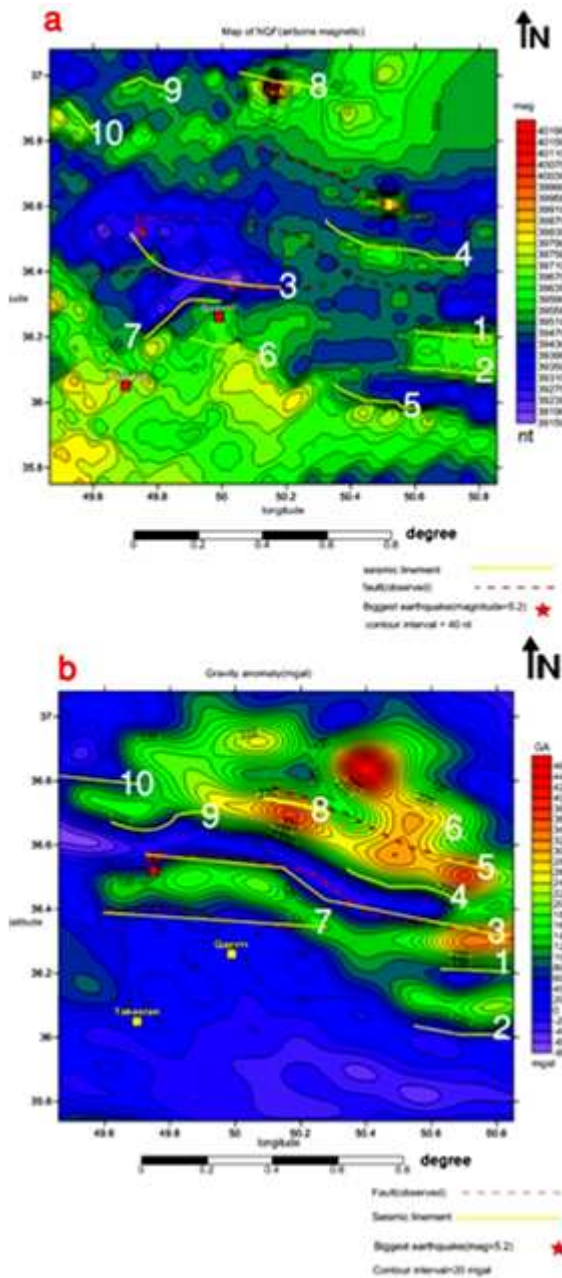


شکل ۳. نقشه گسلی منطقه شمال قزوین (www.iiees.ac.ir).

### ۳. مواد و روش‌ها

این مطالعه با استفاده از اطلاعات ژئوفیزیک هوایی که دو سری داده هوابرد مغناطیس‌سنجی و گرانی‌سنجی برحسب واحد (decimal degree) است و همچنین اطلاعات لرزه‌ای از بخش کاتالوگ‌های لرزه‌ای پژوهشگاه بین‌المللی زلزله تا شعاع ۴۰ کیلومتری از شهر قزوین با احتساب ۱۲ رویداد لرزه‌ای و

ابتدا اطلاعات لرزه‌ای از بخش کاتالوگ‌های لرزه‌ای پژوهشگاه بین‌المللی زلزله، تا شعاع ۴۰ کیلومتری از شهر قزوین و در محدوده‌ی جغرافیایی  $45^{\circ} 49'$  تا  $44^{\circ} 50'$  طولی و  $35^{\circ} 75'$  تا  $37^{\circ} 07'$  عرضی استخراج شد. علت انتخاب شعاع مذکور، بدین سبب بود که سعی شد از رخداد‌های لرزه‌ای که نسبتاً از گسل شمال قزوین دور بودند و جنوب قزوین را در



شکل ۴. نقشه‌های موقعیت خطواره‌های مغناطیسی هوابرد (a) و گرانی هوابرد (b) به همراه گسل‌های لرزه‌زا منطقه‌ی گسل شمال قزوین (مقیاس نقشه ۱:۲۲۰۰۰۰۰۰)

با استفاده از نقشه پربندی داده‌های مغناطیسی در حدود طول و عرض جغرافیایی منطقه و تفسیر آن می‌توان به خوبی به وجود گسل شمال قزوین که امتداد آن شرقی-غربی است پی برد و برای تأیید صحت این موضوع می‌توان نقشه مغناطیس هوابرد منطقه را با نقشه گسلی منطقه مقایسه نمود. در نقشه‌های پربندی شکل (۴) خطواره‌های مغناطیسی-لرزه‌زا و گرانی-لرزه‌زا با رنگ زرد و همچنین نقشه گسلی مشاهده شده در

نقشه زمین‌شناسی منطقه انجام گرفت. پس از آن با استفاده از نرم‌افزار surfer، این داده‌ها فراخوانی و پس از درونیابی داده‌های آماری به روش kriging فایل Grid آن‌ها آماده شد، سپس نقشه پربندی مغناطیس و گرانی رسم گردید (شکل ۴).

آن‌گاه از روی نقشه پربندی خطواره‌های لرزه‌ای استخراج و روی نقشه مشخص شد، همچنین نقشه گسل اصلی شمال قزوین برگرفته از همان سایت پژوهشگاه زلزله روی نقشه پربندی پیاده‌سازی شد که نشان می‌داد تعدادی از خط-واره‌ها در حیطه و چارچوب گسل شمال قزوین هستند و برخی از آن‌ها در این چارچوب نمی‌گنجند. پس چاره‌اندیشی شد که اگر داده‌های مغناطیسی و گرانی منطقه را در اختیار داشته باشیم و نقشه‌های پربندی این داده‌ها را رسم کنیم و خطواره‌های مغناطیسی و گرانی لرزه‌زا را استخراج و مشخص نماییم، پس از تلفیق دو یا سه مورد از این نقشه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که کدام خطواره در نقشه کاتالوگ‌های لرزه‌ای واقعاً معرف خطواره لرزه‌ای است و کدام یک نیست.

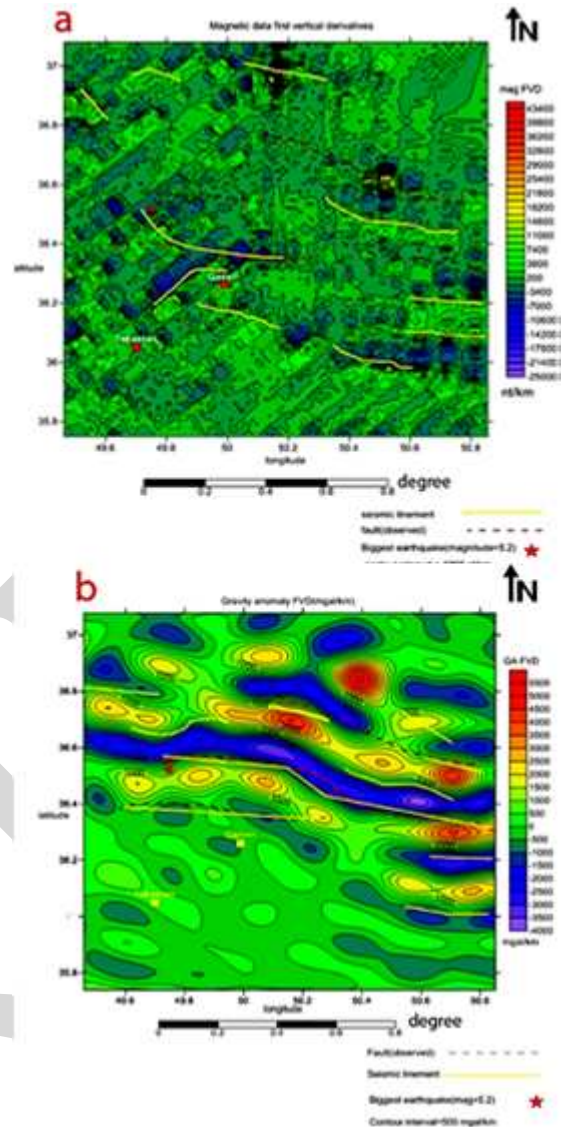
در امر اکتشاف وجود و یا عدم وجود یک گسل و یا توده نفوذی مدفون بیشتر از تعیین شکل و یا عمق تدفین آن اهمیت دارند. در یک نقشه مغناطیسی قسمت‌هایی که دارای تغییرات مغناطیسی شدید و بزرگ قابل توجهی هستند از نظر مغناطیسی بیان‌گر سنگ‌های با خودپذیری مغناطیسی زیاد و عمق دفن کم هستند. روی نقشه‌های مغناطیسی یک حوزه رسوبی به واسطه خطوط پربندی یکنواخت، شدت میدان پایین، تغییرات گرادیان کم و فاصله بین خطوط زیاد خود را نشان می‌دهد. روی یک نقشه مغناطیسی، وجود یک مرز با گرادیان شدید، بین زون‌های با اختلاف گرادیان کم در بسیاری موارد دال بر وجود گسل است.

از وجود ناحیه‌ای دارد که ساختار زمین‌شناسی آن یکنواخت است. از طرفی در نقشه‌های گرانی همگرا شدن خطوط پربندی نشان از زون‌هایی است که در آن‌ها تغییرات گرادیان گرانی شدید است. هر چقدر همگرا شدن خطوط در مسیر بیشتری باشد، وجود گسل در آن ناحیه بیشتر محتمل است. بنابراین در نقشه‌های گرانی همگرایی و طول مسیر همگرایی خطوط پربندی دو معیار در تشخیص وجود گسل‌ها می‌باشند (حسنوند و مهرنیا، ۱۳۹۱). بدیهی است که استفاده کافی از اطلاعات زمین‌شناسی منطقه در کنار داده‌های گرانی می‌تواند به تفسیر هر چه بهتر و کارآمدتر این نقشه‌ها کمک نماید. با استفاده از نقشه پربندی داده‌های گرانی در حدود طول و عرض جغرافیایی منطقه و تفسیر آن می‌توان به خوبی به وجود گسل اصلی شمال قزوین پی برد که در امتداد شرقی-غربی کشیده شده است و مقایسه این نقشه با نقشه گسلی بربریان مؤید این موضوع است. در نقشه پربندی نواحی که تغییرات گرانی در آن‌ها ناچیز است با رنگ بنفش و آبی نمایش داده شده و نواحی که تغییرات گرانی شدید است با رنگ قرمز و نارنجی نمایش داده شده‌اند. جایی که بی‌هنجاری عمیق‌تر است و گرادیان مثبت، داده‌های گرانی حدود مشخص‌تری را نشان می‌دهند. در نقشه پربندی گرانی محدوده اثر گسل شمال قزوین یک کوریدور (دالان، دهلیز)، دیده می‌شود و حوزه اثر گسل شمال قزوین مشخص است. از لحاظ گرانی بالای این محدوده گرانی بالا و پایین آن گرانی کم می‌باشد. بنابراین، تغییرات رخساره‌ای کاملاً نمایان خواهد بود و از این نقشه جهت تغییرات رخساره‌ای ثقلی منطقه می‌توان بهره گرفت. در شکل (۵) نقشه مشتق اول پربندهای مغناطیس و گرانی نمایش داده شده است.

منطقه با خط‌چین قرمز مشخص شده‌اند. در نقشه‌های مغناطیس قطع‌شدگی روند پربندها و دور شدن خطوط پربندی (واگرایی) نشانه‌ای از جابه‌جایی جانبی به وسیله گسل‌ها می‌باشد (حسنوند و مهرنیا، ۱۳۹۱).

گسل‌های پنهان اغلب به واسطه پوشش رسوبی از معرض دید پنهان مانده و تنها توسط نقشه‌های مغناطیسی آشکار می‌گردند. همان‌طور که از نقشه پربندی و مشتق اول مغناطیس هوارد منطقه مشاهده می‌کنیم تنها خطواره شماره ۳ منطبق بر یکی از شاخه‌های گسلی موجود در نقشه کاتالوگ لرزه‌ای منطقه بوده و الگوی گسلی بربریان نیز آن را تأیید می‌کند و باقی خطواره‌ها جدید بوده و احتمال گسل بودن آن‌ها می‌رود. در نقشه مغناطیسی فوق نواحی زرد و سبز رنگ دارای خودپذیری مغناطیسی بالایی می‌باشند. با افزایش ضریب خودپذیری مغناطیسی توده زیرسطحی شدت بی‌هنجاری مغناطیسی نیز افزایش خواهد یافت، یعنی با افزایش خودپذیری مغناطیسی دامنه بی‌هنجاری افزایش خواهد یافت. گام نهایی و مهم در کارهای گرانی به دست آوردن اطلاعات مفید درباره‌ی ساخت‌های زیرسطحی توسط یافته‌های تصحیح شده گرانی می‌باشد. در اکتشافات گرانی تغییرات چگالی سنگ‌ها باعث ایجاد اختلاف در میدان پتانسیل گرانش می‌شود، بنابراین تباین چگالی در گرانی‌سنجی از اهمیت بنیادی برخوردار می‌باشد. وجود گسل در یک ناحیه از نظر زمین‌شناسی باعث می‌شود که لایه‌های زمین‌شناسی در آن ناحیه دچار شکستگی و جابه‌جایی در جهات قائم و یا افقی شوند، در این حالت لایه‌های زمین‌شناسی هم‌نوع در دو طرف گسل در عمق‌های متفاوتی از سطح زمین قرار می‌گیرند به طوری که روی لایه‌ای که در عمق بیشتر است، معمولاً رسوبات قرار دارند، بنابراین به دلیل اختلاف چگالی لایه‌های رسوبی با لایه‌های گسلی، اثر گرانی آن‌ها در سطح زمین متفاوت خواهد بود. این تفاوت در خطوط پربندی به خوبی نمایان می‌شود، با تعبیر و تفسیری مناسب از خطوط پربندی گرانی می‌توان وجود گسل را در یک منطقه بررسی و شناسایی نمود. در نقشه گرانی هوارد مناطقی که خطوط پربندی به طور آرام و تغییرات گرادیان گرانی ندارند، حکایت

مشتق گیری نمایان می شود. ملاحظه می کنیم که خطواره های گرانی شماره ۱ و ۴، خطواره های مغناطیسی شماره ۱ و ۴ را تأیید می کنند. همچنین خطواره های گرانی شماره ۳، ۵ و ۷ گسل های موجود در نقشه کاتالوگ لرزه ای منطقه را تأیید می کنند. پس خطواره هایی که با دو یا سه مورد از مؤلفه های ژئوفیزیکی قابل تأیید هستند می-توانند به عنوان الگوی جدیدی از سامانه لرزه زای منطقه محسوب شوند. روش مشتق یک ابزار قدرتمند برای آشکارسازی مؤلفه های با عدد موج بلندتر میدان بی-هنجاری می باشد. در نقشه های مشتق، بی-هنجاری های ناحیه ای و عمیق به دلیل خطی بودن آن خیلی ضعیف بوده و یا از بین می روند، بنابراین بی-هنجاری های سطحی به صورت واضحتری نشان داده خواهند شد. از روش مشتق اول برای به دست آوردن تاثیرات سطحی عمیق تر استفاده می شود (کوپر و کوان، ۲۰۰۴). یکی از کاربردهای مهم نقشه مشتق اول قائم کردن خطواره های مغناطیسی و تعیین دقیق تر مرز بین واحدهای سنگ شناسی است که از این فیلتر برای تعیین خطواره های گرانی و مغناطیس استفاده شد و نهایتاً خطواره های استخراجی ضمن همپوشانی نقشه های پربندی با نقشه الگوی گسلی بربریان با موقعیت گسل های بنیادی منطقه مقایسه شد. در پایان با کمک هم پوشانی پربندهای گرانی و مغناطیس هوابرد منطقه با الگوی گسلی بربریان (شکل ۶) و استفاده از نقشه زمین شناسی منطقه و تولید نقشه رخساره ثقلی با استفاده از تغییرات چگالی سنگ ها به شناسایی شاخه گسل های پنهان و تأیید خطواره های گرانی منطقه پرداخته شده است. لازم به ذکر است که رخساره ثقلی تغییرات واحد چینه شناسی با تغییرات چگالی است. برای تحلیل این الگو از داده زمین شناسی زمین مرجع شده در محیط GIS برحسب مختصات درجه استفاده شده است. به این ترتیب نقشه تغییرات ثقلی جهت بررسی این که آیا فابریک ها بینسازندها قرار می گیرند یا خیر، را تولید کرده ایم (شکل ۷). روی شکل (۶) سامانه گسلی مشاهده شده با رنگ قرمز و خطواره های جدید با رنگ زرد نمایش داده شده اند. همان طور که از شکل (۶-a) و (۶-b) پیدا است در موارد زیادی خطواره و سامانه هم دیگر را تأیید نموده، اما در

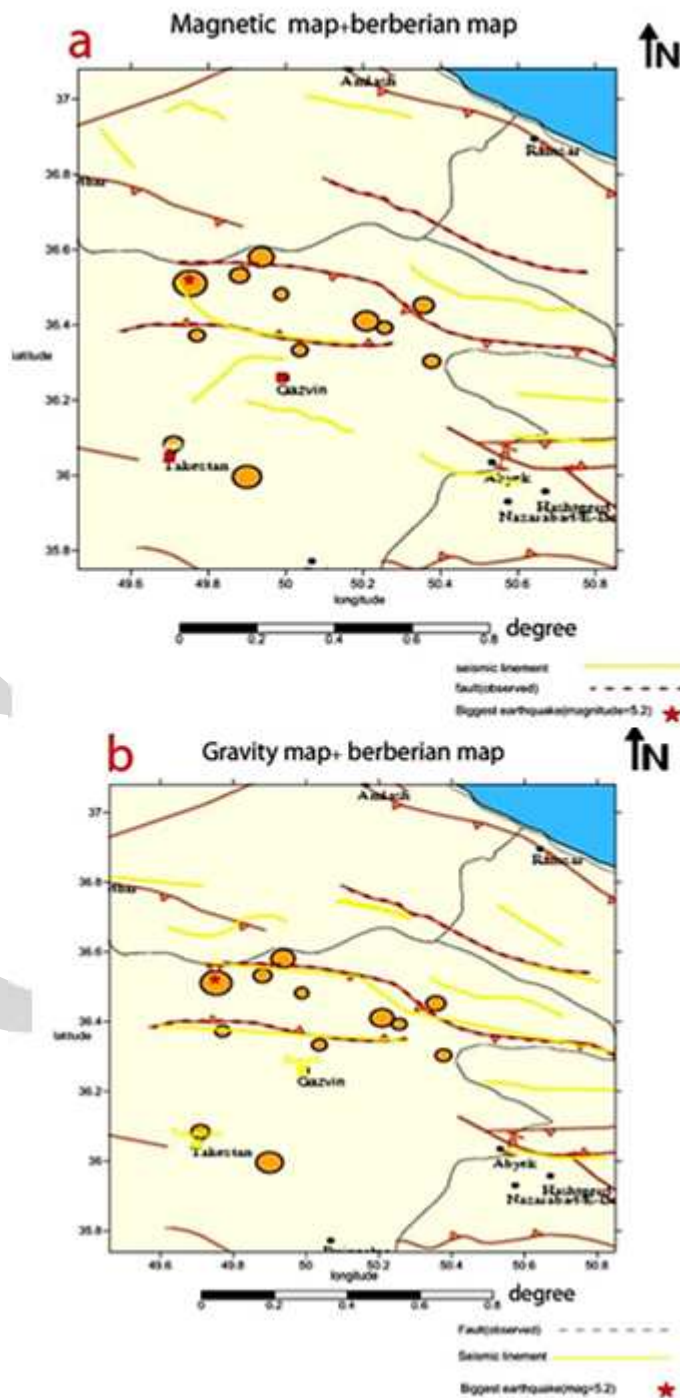


شکل ۵. نقشه های پربندی مشتق اول مغناطیسی هوابرد (a) و گرانی هوابرد (b) به همراه گسل های لرزه زای منطقه ی گسل شمال قزوین (مقیاس نقشه ۱:۲۲۰۰۰۰۰)

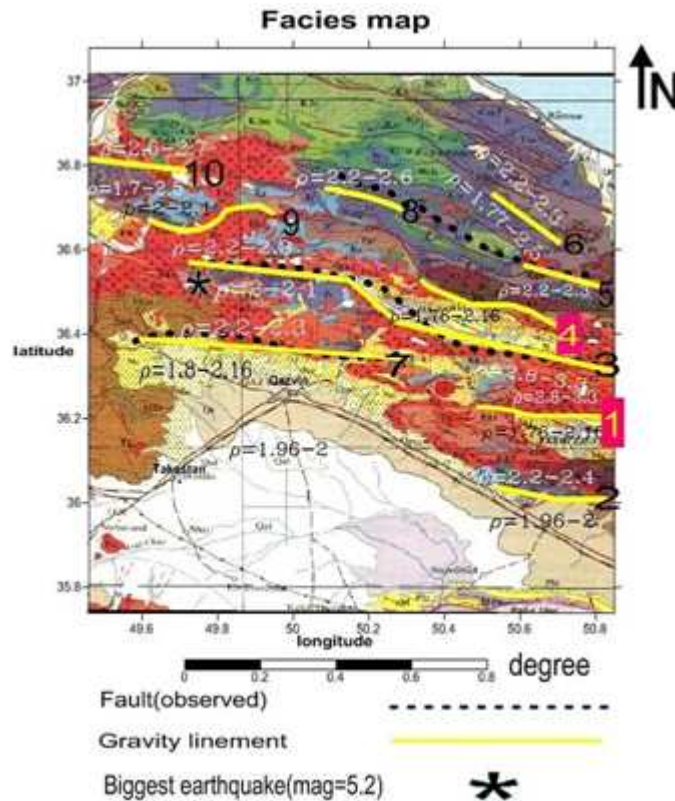
با اعمال این صافی روی نقشه مغناطیسی بی-هنجاری های مغناطیسی به طرز دقیق تری خودنمایی می کنند و خطواره های لرزه زای مغناطیسی به صورت جدی تر و دقیق تر مشخص گردیده اند. در صورتی که برخی از این خطواره ها که در نقشه کاتالوگ لرزه ای هم استخراج شده اند هم دیگر را تأیید کنند می توانند به عنوان یک الگوی جدید از سامانه لرزه زای منطقه تلقی گردند همچنین بی-هنجاری های گرانی به شکل دقیق تری خودنمایی می کنند که با توجه به گرادیان های گرانی می-توان خطواره های گرانی لرزه زای را به طور دقیق تر رسم و استخراج نمود، چرا که طرفین مثبت منفی (گرادیان مثبت و منفی) با

خطواره‌های مغناطیس و گرانی رسم شده، این خطواره‌ها به عنوان گسل‌های زیرسطحی که فعالیت لرزه‌ای داشته‌اند می‌توانند دسته‌بندی شوند. این دسته از گسل‌های پنهان به وسیله رسوبات کواترنری پوشیده شده‌اند و در سطح زمین قابل شناسایی نیستند.

مواردی هم وجود خطواره‌های مشهود به وجود گسل پنهان اضافه شده است. با استفاده از مطالعات انجام شده و تفسیر داده‌های ژئوفیزیک هوایی، خطواره‌های با امتداد شمال غربی - جنوب شرقی مشخص گردیدند که در برخی فابریک‌ها دارای انحنای شرقی و تقریباً شرقی - غربی شده است. با توجه به آمار زلزله‌های ثبت شده دستگاهی و انطباق آن‌ها با موقعیت



شکل ۶. نقشه هم‌پوشانی پربندهای مغناطیس هوارد (a) و گرانی هوارد (b) با الگوهای سامانه لرزه‌ای بربریان، ۱۹۹۲ (مقیاس نقشه ۱:۲۲۰۰۰۰۰)



شکل ۷. نقشه رخساره ثقلی منطقه برگرفته از نقشه زمین‌شناسی منطقه (مقیاس نقشه: ۱/۲۲۰۰۰۰۰).

داشت. لازم به ذکر است که برای ترسیم و تلفیق داده‌ها و تولید نقشه رخساره‌های ثقلی منطقه از نرم‌افزارهای Arc GIS و Surfer11 و Excel بهره‌گیری شده است.

#### ۴. بحث و نتایج

نتایج بدست آمده از کاتالوگ زمین لرزه‌های منطقه به همراه داده‌های گرانی و مغناطیس هوابرد، امکان شناسایی فابریک‌ها و تشخیص الگوی زمین‌ساختی (زیرسطحی) را فراهم نموده که تحقیق حاضر را به یک پژوهش عملی در زمینه معرفی سامانه‌های گسلی-لرزه‌زا تبدیل نموده است. در این پژوهش ابتدا با استفاده از کاتالوگ لرزه‌ای منطقه (تغییرات بزرگای زلزله‌های تاریخی در پنجاه و یک سال اخیر) خطواره‌های لرزه‌ای شناسایی و استخراج شده‌اند. سپس با درون‌یابی داده‌های گرانی و مغناطیسی، گرادیان شدت میدان بر روی نقشه‌های هم‌شدت بررسی و با موقعیت رومرکز زمین لرزه‌ها مقایسه شده است. در مواردی که خطواره‌های لرزه‌ای حداقل براساس دو مؤلفه ژئوفیزیکی (از سه مؤلفه لرزه‌ای، گرانی و مغناطیسی) یکدیگر را تأیید نموده‌اند به عنوان خطواره قطعاً

در نقشه زمین‌شناسی معمولاً بین محدوده گرادیان مثبت و منفی تغییرات رسوبات هم دیده می‌شود، یعنی به عبارتی بین دو طرف خطواره لرزه‌ای تفاوت سازندی دیده می‌شود بنابراین روی نقشه زمین‌شناسی جایی که تفاوت سازندی رؤیت می‌شود آن‌جا خطواره لرزه‌ای است. رخساره ثقلی نیز پارامتری است که به کمک آن می‌توان هویت فابریک‌ها و در ادامه هویت گسل‌ها را از دیدگاه گرانی بهتر اثبات نمود. به بیان دیگر خطواره‌ها را از دید گرانی‌سنجی با نقشه زمین‌شناسی منطقه تطابق می‌دهیم و بررسی خواهیم کرد که آیا در طرفین مکانی که فابریک رسم شده است و نمایش‌دهنده گرانی بالا و گرانی پایین است، تغییر رخساره زمین‌شناسی وجود دارد یا خیر؟ و آیا این تغییر رخساره با تغییر چگالی لوح سنگی همخوان هست یا خیر؟. به عنوان مثال برای روشن شدن بیشتر این بحث، تبدیل دولومیت به آهک را در مجاورت یک فابریک در نظر می‌گیریم. خواهیم دید عملاً تغییر رخساره زمین‌شناسی رخ داده است، اما چون تغییر چگالی محسوس نمی‌باشد پس تغییر رخساره ثقلی نخواهیم



تحقیق است. از آن‌جا که گسل‌های شماره ۱ و ۴ دارای مستندات علمی و عینی معتبرند لذا به عنوان سامانه گسلی جدیدی که از توان لرزه‌ای و تولید کانون‌های لرزه‌ای برخوردار هستند مطرح گردیده و به عنوان منطقه خطر جدید معرفی می‌گردند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که با رسم مقاطع عرضی تغییرات گرانی و مغناطیسی و تطابق آنها با تغییرات سازندی ناحیه مورد تحقیق، مطالعات تکمیلی با تأکید بر نوع گسل‌های لرزه‌ای، سازوکار کانونی زلزله‌ها و تحولات عمقی آنها به عمل آمده و نقش خطواره‌های پنهان در تحلیل خطر رویدادهای آتی تحلیل و تبیین گردد.

### منابع

- بربریان، م.، قریشی، م.، ارژنگ روش، ب. و مهاجر اشجعی، ا. (۱۳۷۱) سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش شماره ۶۰.
- بربریان، م. (۱۳۷۶) پژوهش و بررسی ژرف نوزمین‌ساخت، لرزه-زمین‌ساخت و خط زمین‌لرزه قزوین، سازمان آموزشی و انتشارات علوی تهران، چاپ اول.
- حسامی، خ.، جمالی، ف. و طیبی، ه. (۱۳۸۲) نقشه گسل‌های فعال ایران، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری.
- حسنوند، ش. مهرنیا، ر. (۱۳۹۱) شناسایی فابریک ثقلی-مغناطیسی مرتبط با سامانه‌های گسلی-لرزه‌زا در چهار گوشه تبریز-پلدشت، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی همدان، ۵۰-۱.
- سردشتی، م. (۱۳۸۳) نقش خطواره‌ها در وقوع زلزله‌های مخرب در حوزه آبخیز طالقان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۶-۲۱.

Ambraseys, N.N. and Melville, C.P. (1982) *A history of Persian earthquakes*. Cambridge university press, Cambridge, England, *Gheophysical Research Letters*, 53, 705-740.

Berberian, M. and Yeats, R.S. (1999) Pattern of historical earthquake rupture in the Iranian plateau. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 89, 120-139.

Cooper, G.R.J. and Cowan, D.R. (2004) Filtering using variable order vertical derivatives. *Computers and Geosciences*, 30, 5, 1585-1591.

International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (2013) [Online] Available from: <http://www.iiess.ir>.

لرزه‌ای اطلاق گردیده‌اند. در اغلب موارد، الگوی بدست آمده از نتایج این تحقیق با نقشه گسل‌های منطقه (بربریان، ۱۹۹۲) مطابقت دارد اما در پاره ای موارد، انشعابات خطواره‌های پنهان منسوب به گسل شمال قزوین شناسایی و معرفی شده‌اند. در واقع با بحث تغییر رخساره ثقلی هویت گسل‌ها را از دیدگاه گرانی بهتر اثبات می‌نماییم. در نقشه رخساره ثقلی منطقه، خطواره شماره ۱ با راستای شرقی-غربی از نقطه‌ی ۳۶/۲۵ درجه عرض جغرافیایی و ۵۰/۵ درجه طول جغرافیایی شروع شده و با طول تقریبی ۳۸/۹ کیلومتر در نقطه‌ی ۳۶/۲ درجه عرض جغرافیایی و ۵۰/۸۵ درجه طول جغرافیایی از شرق منطقه خارج می‌شود. همچنین خطواره شماره ۴ با راستای شمال غربی-جنوب شرقی از نقطه‌ی ۳۶/۵۵ درجه عرض جغرافیایی و ۵۰/۳۵ درجه طول جغرافیایی شروع شده و با طول تقریبی ۴۴/۵ کیلومتر در نقطه ۳۶/۴ درجه عرض جغرافیایی و ۵۰/۷ درجه طول جغرافیایی از شرق منطقه خارج می‌شود. این دو سامانه توسط خطوط هم‌شدت گرانی و مغناطیس تأیید شده و با مشاهدات زمین‌شناسی و رومرکز زلزله‌های تاریخی مطابقت دارند. بدین ترتیب انشعابات گسلی با خواص لرزه‌زایی جدیدی معرفی شده‌اند که پیش از این در نقشه گسل‌های منطقه (بربریان، ۱۹۹۲) مشاهده نشده‌اند. اغلب خطواره‌های پنهان توسط سازنده‌های رسوبی کواترنر پوشیده شده و در سطح زمین قابل شناسایی نیستند.

### ۵. نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش، موقعیت مکانی گسل‌های پنهان منطبق بر نواحی شرقی و شمال منطقه مورد مطالعه بوده و تحت عنوان گسل شماره ۱ و ۴ معرفی شده‌اند. همچنین مکان هندسی خطواره‌های ۳، ۶، ۷ و ۱۰ با تغییرات رخساره ثقلی در ارتباط بوده و خطوط شماره ۳ و ۷ با نقشه گسل‌های منطقه (بربریان، ۱۹۹۲) مطابقت دارند. ثبت رویدادهای لرزه‌ای اخیر (بزرگای ۲/۷ در ۳۸ کیلومتری شمال قزوین و ۲/۹ در ۲۰ کیلومتری شهر رازمیان، ۲۰۱۳ میلادی) در امتداد شاخه گسلی جدید (خطواره شماره ۴) تأییدی بر صحت نتایج این