



ISSN 2345 - 4997

Available online at: www.geo-dynamica.com

Vol. (1)- No. 03- Winter 2014
8th Article- P. 28 to 37**GRIB**Geodynamics Research
International Bulletin

An Investigation of Fractures' Influences on Physical Properties of Springs in Northern Limb of Eastern Alborz, Using GIS and RS

Hojjat ollah Safari¹, Zahra Abbaszadeh*², Mostafa Raghimi³¹ Department of Geology, Golestan University, Gorgan, Iran.² Department of Geology, Golestan University, Gorgan, Iran.³ Department of Geology, Golestan University, Gorgan, Iran.

*Corresponding Author (zahra.65.abbasi@gmail.com)

Article History:

Revised: Jan. 28, 2014

Received: Dec. 28, 2013

Accepted: Feb. 08, 2014

Reviewed: Jan. 08, 2014

Published: Mar. 16, 2014

ABSTRACT

The study area is located between Northern limb of Eastern Alborz ranges and Gorgan plain. Due to the high morphology (and Feature forming) and low water level of the region; the springs are very common in that area. These springs appear along the transversal valleys which were formed due to transverse faults activities. It seems that the physical properties of springs (such as PH, EH, temperature and Debi) are affected by structural faults condition. In this research, first the lithology of outcrops and main structures were extracted by Remote sensing techniques and field investigations. Then, the springs' positions were digitized and overlaid on Geological and DEM maps by GIS capabilities. Next, the Isopotential surface map of changes in physical properties were prepared and overlaid on Structural (Main and Minor faults) layer in GIS environment. Finally, these maps were prepared as separate maps and the relationship between structures and physical properties of springs were investigated. The results showed that the main faults had opposite dip with regard to topography and acted as hydraulic dams and therefore, the work style of transverse faults (with trends N140-160 and N40-50) played the main role in qualification differences of the springs' properties.

Keywords: Eastern Alborz, Gorgan, Spring, Remote Sensing, GIS.

بررسی تأثیر شکستگی‌ها بر خصوصیات فیزیکی چشمه‌های موجود در یال شمالی البرز شرقی با استفاده از قابلیت‌های RS و GIS

حجت‌اله صفری^۱، زهرا عباس‌زاده^۲، مصطفی رقیمی^۳^۱گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان.^۲گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، نگارنده رابط (zahra.65.abbasi@gmail.com)^۳گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان.

تاریخ داوری: ۱۳۹۲/۱۰/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۰۷

تاریخچه انتشار مقاله

تاریخ انتشار: ۱۳۹۲/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۱۹

تاریخ اصلاحات: ۱۳۹۲/۱۲/۰۸

چکیده

منطقه مورد بررسی در حد فاصل ارتفاعات یال شمالی رشته کوه‌های البرز شرقی و دشت گرگان قرار گرفته است. در این منطقه، به دلیل مورفولوژی مرتفع و صخره‌ساز و پایین بودن سطح اساس، ظهور آب به صورت چشمه بسیار رایج می‌باشد. این چشمه‌ها در دره‌های عرضی ظهور یافته‌اند که عمدتاً حاصل عملکرد گسل‌های عرضی هستند. به نظر می‌رسد که خصوصیات فیزیکی این چشمه‌ها متأثر از شرایط ساختاری منطقه بوده باشد. در این پژوهش، ابتدا با کمک تکنیک‌های سنجش از دور، چینه‌شناسی و ساختارهای اصلی استخراج گردید. در ادامه، موقعیت چشمه‌ها رقومی و جهت بررسی محیط ظهور چشمه‌ها بر روی لایه چینه‌شناسی و نقشه رقومی ارتفاعی منطقه قرار داده شد. سپس در محیط GIS با استفاده از اطلاعات مربوط به چشمه‌ها نظیر هدایت الکتریکی (PH, EC)، دما و میزان تخلیه، سطوح هم‌پتانسیل ترسیم گردید و در نهایت نقشه سطوح هم‌پتانسیل مربوط به تغییرات هر کدام از این لایه‌های اطلاعاتی تهیه شد. لایه‌های اطلاعاتی برداری مذکور بر روی لایه ساختاری قرار داده شد و سعی گردید تا ارتباط بین ساختارها و تغییرات خصوصیات فیزیکی مورد بررسی قرار گیرد. بررسی نتایج

نشان می‌دهد که گسل‌های اصلی با داشتن شیئی مخالف با توپوگرافی، نقش سدهای هیدرولیکی را به عهده دارند و نحوه عملکرد گسل‌های عرضی باروندهای ۱۶۰-۱۴۰ N و ۵۰-۴۰ N در زهکشی این آب‌ها به سمت دشت گرگان، تأثیر به‌سزایی بر خصوصیات فیزیکی چشمه‌ها دارد.

واژه‌های کلیدی: البرز شرقی، گرگان، چشمه، سنجش از دور، GIS

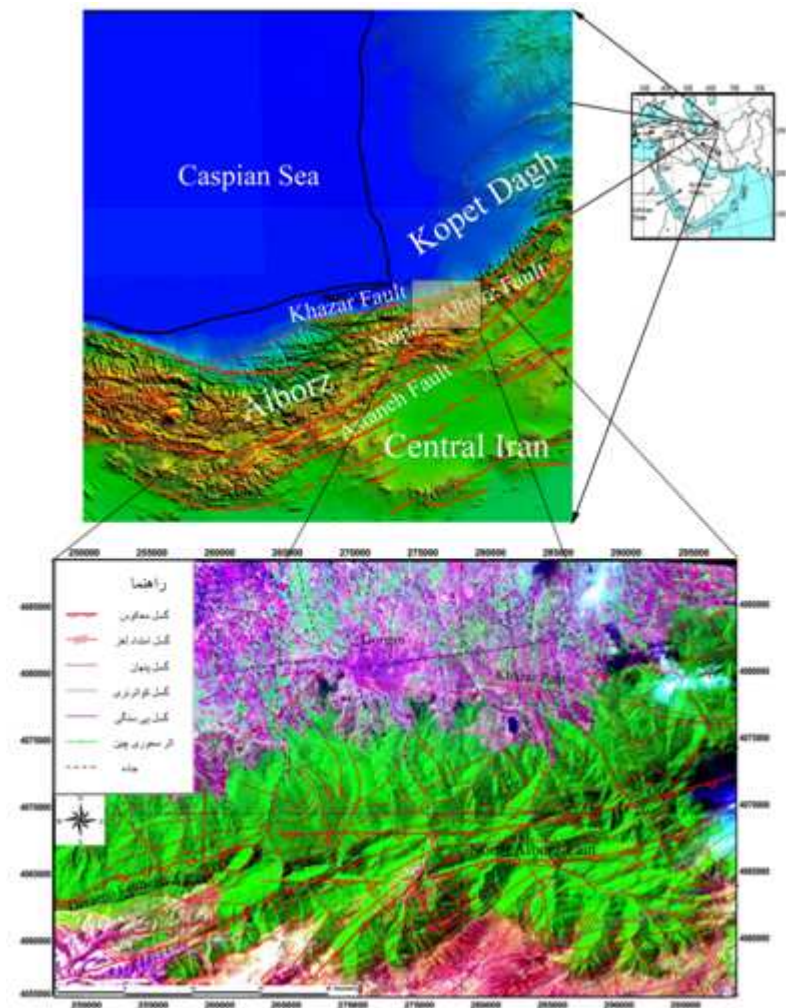
۱. مقدمه

موجود در این حوضه را مربوط به فعالیت‌های تکتونیکی حوضه دانسته‌اند (Earman and et.al 2008). در منطقه مورد نظر نیز بررسی‌های متعددی در مورد نقش عوامل مختلف زمین‌شناسی بر آبخوان‌های منطقه و نیز کیفیت منابع آب انجام شده است. رقیمی و یخکشی (۱۳۸۱) ضمن بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی چشمه آبگرم منطقه زیارت، اذعان داشتند که تغذیه این چشمه از طریق نفوذ آب‌های جوی ارتفاعات منطقه بوده و گسل زیارت را به عنوان عاملی برای تشکیل جریان کانالی و ظهور آبگرم در سطح زمین معرفی کردند. ناصری و سرور (۱۳۸۴) ضمن بررسی نقش گسل خزر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب‌های زیرزمینی در محدوده ساری- گرگان، تغییرات و آنومالی‌های موجود در مقادیر پارامترهایی همچون EC، PH، TDS و مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌ها را به وجود این گسل نسبت دادند. همچنین رقیمی و همکاران (۱۳۸۷) و قره‌محمدلو و رقیمی (۱۳۸۵) نیز به نقش گسل خزر در تغییر غلظت یون‌ها و نمایه‌های اشباع آب در آبخوان شمال شهر گرگان و نیز تأثیر لیتولوژی‌های جابه‌جا شده ارتفاعات جنوب گرگان بر سکانس تکاملی آنیون‌ها و کاتیون‌ها پرداخته‌اند. در این پژوهش سعی گردیده است تا با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تأثیر گسل‌ها بر خصوصیات فیزیکی آب‌های زیرزمینی موجود در ارتفاعات کارستی جنوب گرگان مورد بررسی قرار گیرد.

۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با داشتن مختصات جغرافیایی $11^{\circ} 10' 54''$ تا $26^{\circ} 44' 54''$ طول شرقی و $39^{\circ} 37' 36''$ تا $36^{\circ} 54' 19''$ عرض شمالی در ارتفاعات یال شمالی رشته‌کوه‌های البرز شرقی قرار گرفته است. این منطقه از جنوب به بلندی‌های البرز و گسل‌های رانده‌ای همچون گسل خزر و گسل شمال البرز (Djamour and et. al 2010) و از شمال به دشت گرگان محدود شده است (شکل ۱).

بخش شمالی البرز شرقی به لحاظ زمین‌ساختی بسیار فعال است (ناصری و سرور، ۱۳۸۴) و این فعالیت‌ها می‌تواند بر سیستم جریان آب زیرزمینی تأثیر بگذارد (Earman et al 2008). حرکت آب‌های زیرزمینی در سنگ‌های شکسته به ناپیوستگی‌هایی در مقیاس‌های متنوع از میکروسکوپی (درزه‌های ریز) تا ماکروسکوپی (گسل‌های بزرگ مقیاس) وابسته است. در تمامی انواع سنگ‌ها، شکستگی‌هایی با اندازه و طول مختلف به هم می‌پیوندند تا شبکه‌ای سه بعدی از مسیر عبور آب زیرزمینی را تشکیل دهند (Delleur 2006). در این میان، گسل‌ها با جابجایی لیتولوژی‌های مختلف و ایجاد سد هیدرولیکی تأثیرهای متفاوتی بر کیفیت شیمیایی، خواص فیزیکی و جهت حرکت آب زیرزمینی می‌گذارند (رقیمی و همکاران، ۱۳۸۷). در ارتفاعات جنوبی گرگان، به دلیل وجود ارتفاعات صخره‌ساز و مرتفع و پایین بودن سطح اساس، ظهور آب به صورت چشمه بسیار رایج می‌باشد (شرکت آب منطقه‌ای گلستان، ۱۳۸۹). با توجه به این‌که راندگی‌های بزرگ مقیاسی نظیر گسل‌های خزر و شمال البرز با روند ۷۰-۵۰ N و شیئی خلاف جهت توپوگرافی (رو به جنوب) به عنوان سد هیدرولیکی عمل نموده‌اند؛ عمده چشمه‌های این منطقه در دره‌های عرضی ظهور یافته‌اند که عمدتاً حاصل عملکرد گسل‌های عرضی باروندهای ۱۶۰-۱۴۰ N و ۵۰-۴۰ N هستند. این گسل‌ها با زاویه ۱۵-۵۵ درجه نسبت به روند گسل‌های عمده قرار گرفته و در نتیجه به عنوان زهکش آب زیرزمینی عمل می‌کنند (Safari and et. al 2011). بیابانگرد و همکاران (۱۳۸۸) ضمن بررسی سیزده چشمه موجود در اطراف کوه آتشفشانی تفتان، تغییرات کاتیونی و آنیونی را در این چشمه‌ها متأثر از ترکیب شیمیایی سنگ‌های آتشفشانی منطقه دانستند. اِرمَن و همکاران در سال ۲۰۰۸، کیفیت منابع آب زیرزمینی و چشمه‌ها را در دره سن‌برناردینوی ایالات متحده بررسی نموده و چرخه شیمیایی منابع آب زیرزمینی



شکل ۱. موقعیت زمین‌ساختی و جغرافیایی منطقه مورد بررسی.

۳. مواد و روش‌ها

انجام این پژوهش نیازمند در اختیار داشتن اطلاعاتی نظیر موقعیت چشمه‌های منطقه، لیتولوژی سازنده‌های موجود، شکستگی‌ها، توپوگرافی و اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری‌های خصوصیات فیزیکی چشمه‌ها است. در این راستا عمده‌ترین اطلاعات گردآوری شده عبارتند از: الف) نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ تهیه شده به وسیله سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ب) داده‌های ماهواره‌ای Landsat 7⁺ و ETM، گذر ۱۶۳/۳۴ مربوط به غرب استان گلستان و خلیج گرگان (NASA 2007، ج) نقشه‌های رقومی توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ با فرمت DGN تهیه شده از سازمان نقشه‌برداری کشور و ه) بانک اطلاعاتی چشمه‌های حوضه

آبریز قره‌سو و گرگانرود. با بررسی اطلاعات موجود لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز تهیه شدند. این لایه‌ها عبارتند از:

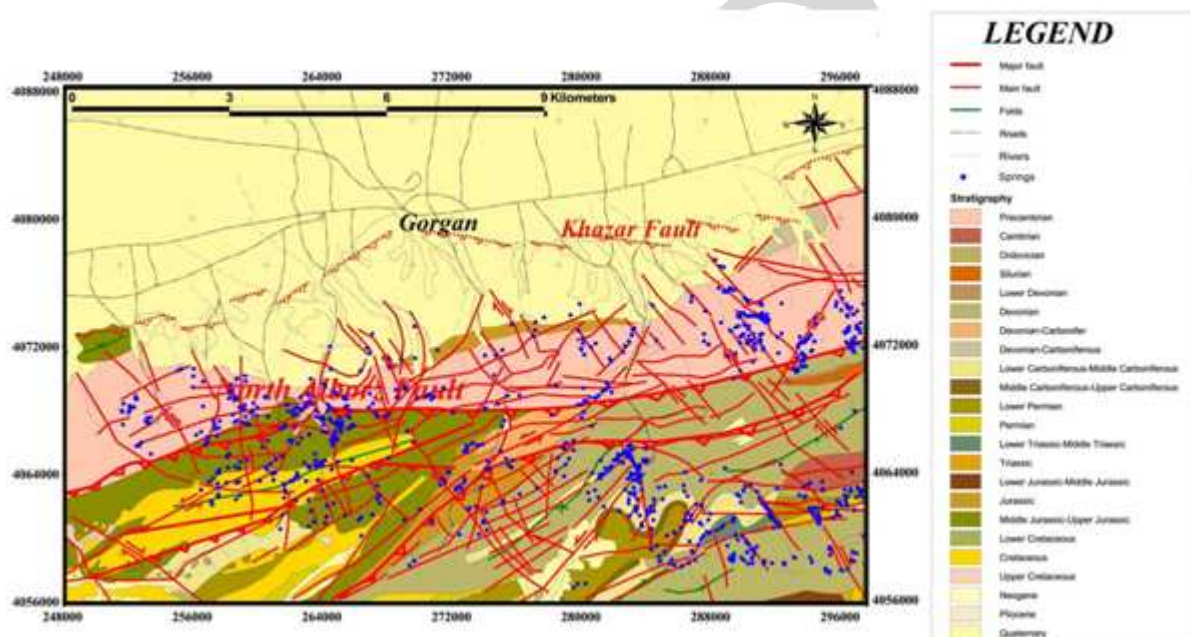
۳.۱. لایه اطلاعاتی واحدهای لیتولوژیکی منطقه

برای تشخیص لیتولوژی‌های مختلف از تکنیک‌های سن‌جش از دور استفاده گردید. در ابتدا، تصویر ماهواره‌ای ETM⁺ (مربوط به سال ۲۰۰۷) با ترکیب باندهای (۷-۴-۱) تشکیل شد و سپس با اعمال فیلتر بالاگذر (با استفاده از نرم‌افزار ENVI4.3)، لایه‌های سنگی با لیتولوژی‌های مختلف در منطقه شناسایی و سپس از طریق کنترل‌های میدانی از هم تفکیک گردیدند. در ادامه واحدهای تفکیک شده در محیط GIS (با استفاده از نرم‌افزار Arcview ۳.۲) رقومی شدند. به این ترتیب نقشه چینه‌شناسی منطقه به عنوان یک لایه اطلاعاتی ایجاد گردید (شکل ۲).

۲.۳. لایه اطلاعاتی (برداری) گسل‌های منطقه

میدانی، گسل‌های اصلی و مهم، گسل‌های کوچک و درزه‌های بزرگ مقیاس از هم تفکیک شدند، در ادامه با استفاده از محیط نرم‌افزاری GIS (با استفاده از نرم‌افزار ArcView 3.2) اقدام به رقومی نمودن شکستگی‌های استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای گردید و به این ترتیب دو لایه برداری مربوط به گسل‌های اصلی و فرعی در این محیط تهیه شد. با روی هم قرار دادن لایه‌های برداری چینه‌شناسی و گسل‌های اصلی و راه‌ها نقشه زمین‌شناسی منطقه تهیه گردید (شکل ۲).

برای استخراج عوامل ساختاری نظیر گسل‌ها و درزه‌های بزرگ مقیاس نیز از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای (با کمک تکنیک‌های سنجش از دور) استفاده شد. در این روش‌ها، با اعمال فیلترهای جهت‌دار در جهات ۴۵، ۱۳۵، ۹۰ و ۱۸۰ درجه و همچنین فیلتری نظیر مورفولوژی Erode بر روی تصویر ماهواره‌ای منطقه با ترکیب باند (۷-۴-۱) (در محیط نرم‌افزار ENVI 4.3) شکستگی‌های موجود در منطقه، به عنوان خطواره، شناسایی گردیدند. سپس از طریق کنترل‌های



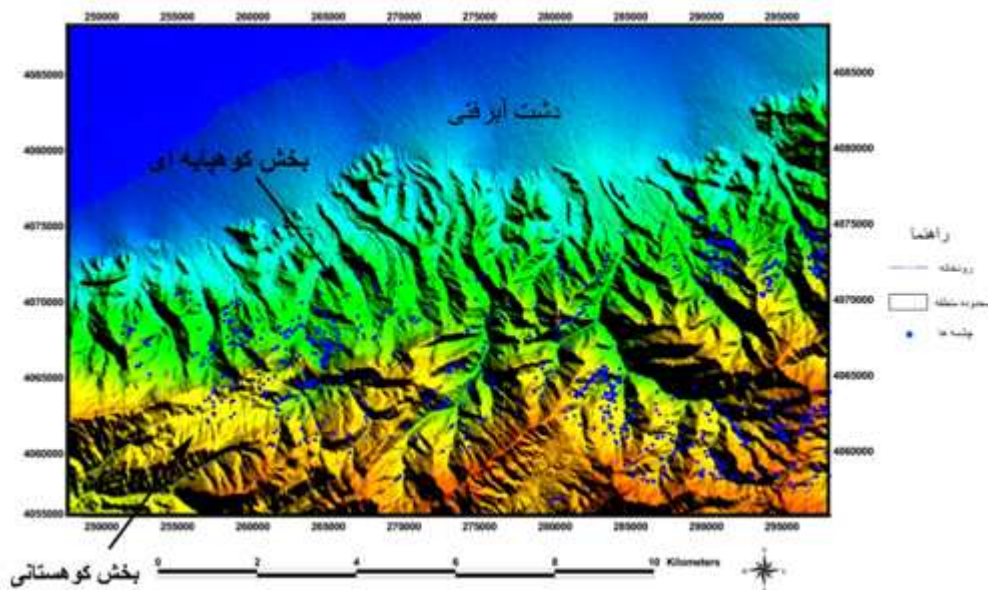
شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی و چینه‌شناسی منطقه به همراه گسل‌های اصلی و فرعی، راه‌ها و پراکنش چشمه‌ها در سازندهای مختلف.

- لایه اطلاعات مکانی چشمه‌ها

ابتدا بانک اطلاعاتی مربوط به چشمه‌ها (تهیه شده توسط شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان) مورد بازبینی قرار گرفت. موقعیت مکانی برخی از چشمه‌ها نیز توسط GPS جمع‌آوری شد. سپس جدول اطلاعات چشمه‌ها شامل موقعیت مکانی آن‌ها (با مختصات UTM) ذخیره گردید. جدول مورد نظر در محیط GIS (به کمک نرم‌افزار ArcView3.2) فراخوانی و لایه نقطه‌ای از چشمه‌ها در محیط GIS تهیه شد. سپس لایه برداری چشمه‌ها جهت بررسی محیط ظهور چشمه‌ها بر روی لایه چینه‌شناسی و نقشه رقومی ارتفاعی منطقه قرار داده شد (شکل‌های ۲ و ۳).

- نقشه رقومی ارتفاعی منطقه

با استفاده از نقشه‌های رقومی توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از منطقه مورد مطالعه، نقشه رقومی ارتفاعی منطقه (DEM) تهیه شد. عمده‌ترین روش تهیه DEM به کارگیری توابع درون‌یابی موجود در محیط GIS بر روی نقشه‌های هم‌بردار می‌باشد. پس از وارد کردن داده‌های ارتفاعی در محیط GIS (نرم‌افزار ArcView3.2) از روش میانگین مقادیر همسایه یا میانگین‌های وزن‌دار که در آن وزن، نسبت معکوس با فاصله دارد (IDW)، استفاده و نقشه رقومی ارتفاعی تهیه شد (شکل ۳).

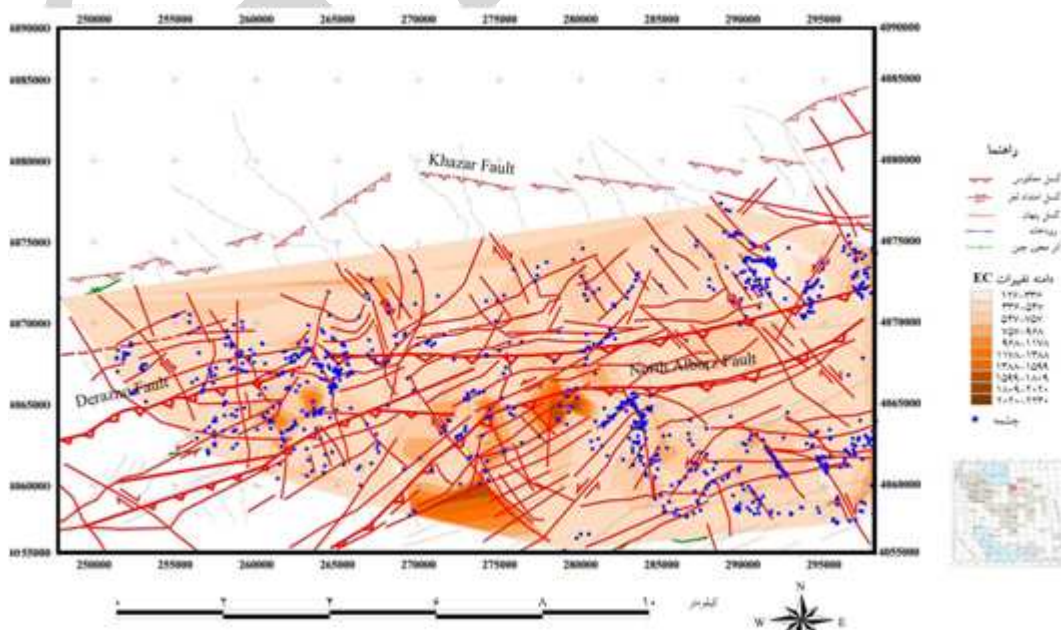


شکل ۳. پراکنش ارتفاعی چشمه‌ها در منطقه.

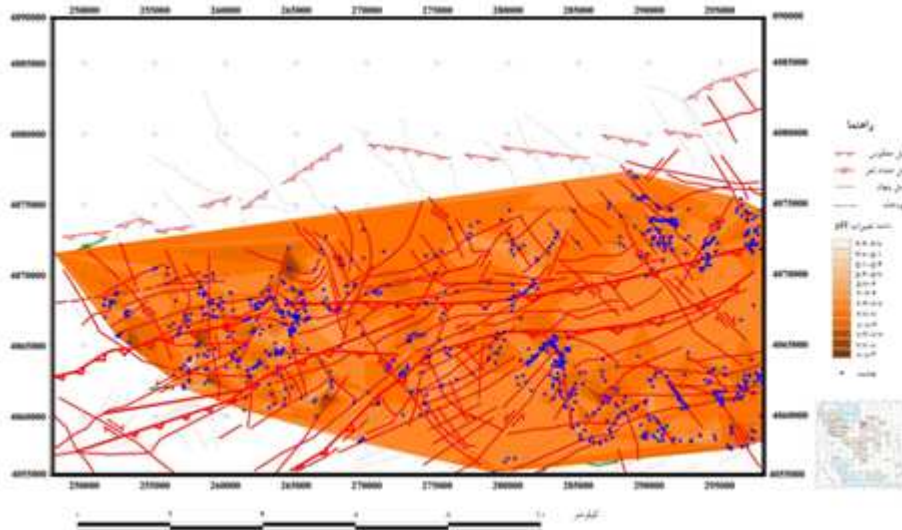
هدایت الکتریکی (EC، PH، دما و میزان تخلیه مورد بازمینی قرار گرفت و سپس به صورت فایل با پسوند DBF ذخیره شد. در محیط GIS (به کمک نرم‌افزار ArcView 3.2) جدول مورد نظر فراخوانی و سطوح هم‌پتانسیل برای هر کدام از این پارامترها تهیه گردید و در نهایت نقشه سطوح هم‌پتانسیل مربوط به تغییرات هر لایه اطلاعاتی به طور مجزا تهیه شد. لایه برداری خطی مربوط به گسل‌ها نیز بر روی این نقشه‌ها انداخته شد و خروجی‌های مجزا تهیه گردید (شکل‌های ۴، ۵، ۶ و ۷).

۳.۳. تهیه لایه‌های اطلاعاتی خصوصیات فیزیکی چشمه‌ها

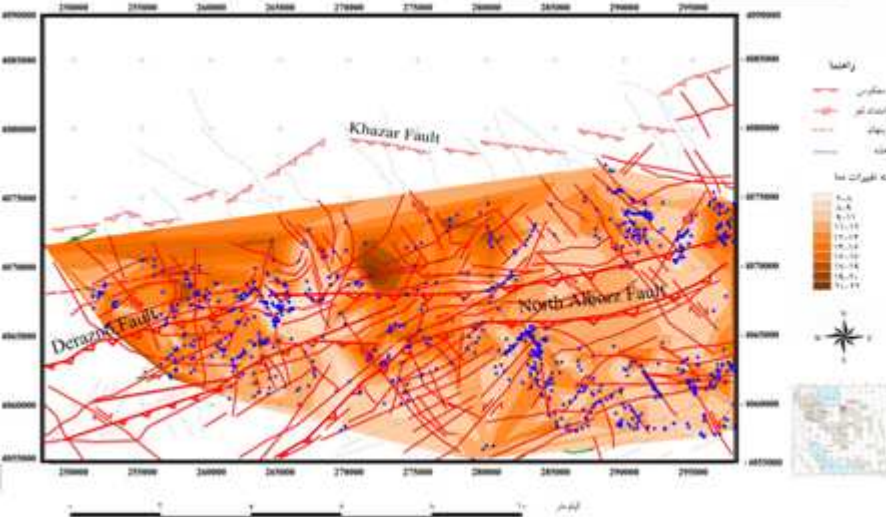
هدایت الکتریکی (EC، PH، دما و میزان تخلیه از جمله خواص و ویژگی‌هایی هستند که در طی بررسی‌های صحرایی در محل چشمه‌ها مورد سنجش قرار می‌گیرند و ثبت می‌شوند. جهت بررسی ارتباط شکستگی‌ها و خصوصیات فیزیکی چشمه‌ها، می‌بایست لایه‌های اطلاعاتی از این پارامترها تهیه و با لایه برداری شکستگی‌ها انطباق داده می‌شد. برای این کار، ابتدا جدول اطلاعات خصوصیات فیزیکی چشمه‌ها شامل:



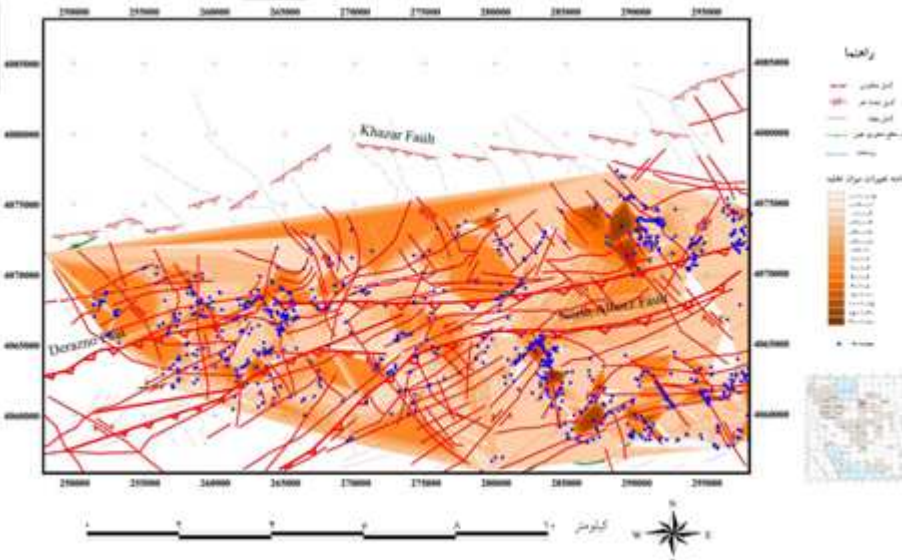
شکل ۴. نقشه سطوح هم‌پتانسیل تغییرات میزان EC چشمه‌ها در منطقه.



شکل ۵. نقشه سطوح هم‌پتانسیل تغییرات میزان PH چشمه‌ها در منطقه.



شکل ۶. نقشه سطوح هم‌پتانسیل تغییرات دمایی چشمه‌ها در منطقه.



شکل ۷. نقشه سطوح هم‌پتانسیل تغییرات مقدار تخلیه چشمه‌ها در منطقه.

۴. بحث و نتایج

۴.۱. بررسی‌های ساختاری

اغلب گسل‌های موجود در منطقه روندهای ۹۰-۱۷۰ NV (با مکانیسم راندگی با کمی مؤلفه امتداد لغز چپ‌بر) و ۱۶۰-۱۴۰ N (با مکانیسم امتداد لغز راست‌بر با کمی مؤلفه معکوس) دارند (عباس‌زاده، ۱۳۹۰). قدیمی‌ترین راندگی‌های منطقه نیز در مجموعه دگرگونی گرگان دیده می‌شوند که زون‌های برشی شکل‌پذیر را به نمایش می‌گذارند و از آن‌جایی که این راندگی‌ها به همراه سنگ‌های موجود در مجموعه گرگان به صورت دگرشیب توسط طبقات گنگلومرایی قاعده شمشک پوشیده شده‌اند می‌توان آن‌ها را حاصل کوهزایی سیمیرین دانست. در منطقه مورد بررسی دو گسل عمده خزر و شمال البرز تشخیص داده شدند که وضعیت ساختاری این گسل‌ها به شرح ذیل می‌باشد:

الف - گسل خزر: مرز شمالی بلوک البرز منطبق بر گسل خزر است (جامور و همکاران، ۲۰۱۰). این گسل مرز بین کپه‌داغ و البرز در منطقه گرگان محسوب می‌شود. گسل خزر به عنوان یک راندگی با شیب رو به جنوب، سطح را قطع کرده است و به طور محلی شیب‌های گرگان را در مقابل نهشته‌های کواترنری قرار می‌دهد (Allen and et. al 2003). گسل مزبور همانند بسیاری از گسل‌های دیگر مرز پیشانی کوهستان، به صورت پیوسته ادامه ندارد (شکل ۲)؛ بلکه می‌توان آن را به قطعات متعددی تقسیم کرد که هر یک ویژگی‌های زمین‌ساختی و زمین‌ریخت‌شناسی معینی دارند.

ب - گسل شمال البرز: گسلی رانده است که مرز جنوبی رخنمون‌های نئوژن دریای خزر را تشکیل می‌دهد. گسل شمال البرز با طولی در حدود ۴۲۷ کیلومتر یک ساختار عمده در منطقه می‌باشد و از چندین پاره گسل تشکیل شده است (شکل ۲) و از حدود ۵۳ درجه طول شرقی از شرق - شمال شرق به غرب - شمال غرب تغییر امتداد می‌دهد (Allen and et.al 2003). این گسل با شیبی رو به جنوب (تا جنوب شرق (از علی‌آباد کتول تا نزدیکی تنکابن گسترش دارد (شاه‌پسندزاده و زارع، ۱۳۷۴). روند کلی این گسل به

موازات گسل خزر است و در ۱۰-۱۲ کیلومتری غرب چالوس (۵۰ درجه طول شرقی) به این گسل می‌پیوندد.

علاوه بر گسل‌های اصلی، دو دسته گسل فرعی نیز در منطقه مشاهده می‌شوند که به طور عرضی گسل‌های اصلی را قطع نموده‌اند. دسته اول گسل‌هایی با امتداد ۱۶۰-۱۴۰ N می‌باشند که دارای مکانیسم راست‌لغز راست‌بر با مقداری مؤلفه نرمال می‌باشند و بیش‌تر در بخش شرقی منطقه مورد بررسی قابل مشاهده هستند. دسته دوم گسل‌هایی با روند ۵۰-۴۰ N می‌باشند که دارای مکانیسم امتداد لغز چپ‌بر می‌باشند.

شایان توجه است که به واسطه این که گسل‌های اصلی دارای شیب رو به جنوب هستند و این شیب خلاف جهت شیب توپوگرافی (رو به شمال) می‌باشد؛ این گسل‌ها به عنوان سدهای هیدرولیکی محسوب و مانع از جریان آب به سمت دشت گرگان می‌شوند و سبب می‌گردند که عمده چشمه‌ها در حد فاصل گسل‌های خزر و شمال البرز تظاهر یابند (شکل ۲). به این ترتیب، گسل‌های عرضی با روند ۱۶۰-۱۴۰ N و ۵۰-۴۰ N نقش اصلی زهکشی چشمه‌ها به سمت دشت را ایفا می‌نمایند. عملکرد این گسل‌های عرضی در زهکشی آب می‌تواند تأثیرات به نسبت واضحی بر روی خصوصیات فیزیکی چشمه‌ها داشته باشد.

۴.۲. بررسی وضعیت پراکنش چشمه‌ها

حدود ۲۵۰۰ چشمه در ارتفاعات جنوبی گرگان تظاهر یافته‌اند (شرکت آب منطقه‌ای گلستان، ۱۳۷۹) که میزان تخلیه روزانه آن‌ها از حدود ۰/۱ تا ۸۰ لیتر در ثانیه متغیر است (شکل ۲). نقشه تهیه شده از پراکنش چشمه‌ها نشان می‌دهد که اکثر چشمه‌ها در رخنمون‌های سنگی بخش‌های کوهستانی (سازندهای پالئوزوئیک و مزوزوئیک) و کوهپایه‌ای قرار دارند (شکل‌های ۲ و ۳). همچنین، بالاترین میزان تراکم چشمه‌ها در پهنه‌های گسلش، مربوط به جایی است که گسل‌های اصلی منطقه توسط گسل‌های عرضی قطع شده‌اند. علاوه بر آن، محل ظهور اغلب چشمه‌ها تقریباً بر نواحی پرتراکم شکستگی‌ها منطبق است. بیش‌ترین تراکم چشمه‌ها در مناطقی که پهنه خردشده گسل شمال البرز توسط

گسل‌هایی با امتداد ۱۶۰-۱۴۰ N و ۵۰-۴۰ N قطع شده است،

دیده می‌شود (شکل ۸).



شکل ۸. چشمه‌های مرتبط با فعالیت‌های گسلی در منطقه مورد بررسی. الف) چشمه در زون گسله خزر، ب) چشمه در زون گسله شمال البرز.

۳.۴. بررسی خصوصیات فیزیکی چشمه‌ها

الف - تغییرات EC:

دامنه تغییرات میزان هدایت الکتریکی چشمه‌ها محدوده وسیعی از ۱۲۰ تا ۱۰۰۰ میکروزیمنس / سانتی‌متر را در بر می‌گیرد. عمده چشمه‌های موجود در منطقه $750 < EC < 1200$ دارند. بالاترین میزان EC در بخش جنوبی منطقه مرکزی (ارتفاعات زیارت) دیده می‌شود که دلیل افزایش مقدار EC چشمه‌های موجود در این منطقه، رخنمون سنگ‌های تبخیری در این منطقه است (شکل ۴). همچنین توقف و یا کند شدن جریان آب به واسطه عملکرد گسل‌های اصلی (نظیر گسل خزر و شمال البرز) به عنوان سدهای هیدرولیکی نیز می‌تواند از دلایل بالا رفتن محلی EC باشد (Delinom 2009).

ب - تغییرات PH:

دامنه تغییرات PH چشمه‌ها در منطقه مورد بررسی، در محدوده $4/4 < PH < 8/3$ قرار دارد؛ ولی PH اغلب چشمه‌ها در حدود $7/3 < PH < 7/6$ است. برخی از چشمه‌های موجود در بخش غربی منطقه مورد مطالعه، PH بالایی در حدود $3/8 < PH < 7/3$ دارند (شکل ۵). چشمه‌های یاد شده عمدتاً در زون گسل شمال البرز (حد واسطه گسل اصلی و گسل درازنو) محدود شده‌اند و منطبق بر گسلی با امتداد N۴۰ می‌باشند که به طور عرضی این دو گسل اصلی را بریده است. به نظر می‌رسد که لیتولوژی غالب در این بخش مربوط به سازند شمشک می‌باشد و وجود سازندهای ذغال‌دار عامل بالا رفتن PH در این منطقه است (شکل ۲).

ج - تغییرات دمایی چشمه‌ها:

محدوده تغییرات میزان دما در چشمه‌ها در محدوده ۶-۲۴ درجه سانتی‌گراد است و در مجموع چشمه‌ها از نظر تغییرات میزان دما به دو دسته کلی قابل تقسیم هستند که عبارتند از:

۱۴۰ و ۵۰-۱۴۵ می‌باشد. این گسل‌ها با زاویه حاده تا تقریباً قائم نسبت به روند گسل‌های عمده قرار دارند و در نتیجه به عنوان زهکش آب زیرزمینی عمل می‌کنند. این امر سبب شده تا آب زیرزمینی بلوک شده توسط گسل‌های شمال البرز و خزر به صورت چشمه‌هایی در امتداد دره‌های عرضی ظهور یابد.

بررسی مشخصات فیزیکی چشمه‌های تظاهر یافته در این مناطق نشان می‌دهد که اغلب این چشمه‌ها آبدهی بالایی دارند که این مسأله در بخش شرقی نمایان تر می‌باشد. میزان بالای تخلیه در این بخش مربوط به نواحی است که گسل‌ها همدیگر را قطع کرده‌اند. علت بالا بودن آبدهی چشمه‌ها در این بخش نیز می‌تواند به خاطر عملکرد به نسبت مناسب گسل‌های عرضی (در غلبه بر سد هیدرولیکی ایجاد شده توسط گسل‌های اصلی) در مقایسه با عملکرد این گسل در بخش غربی باشد.

مقادیر $PH < 7/3$ و $EC < 750$ (میکروزیمنس/تانه) بیان‌گر کیفیت خوب منابع آبی موجود در سازند سخت می‌باشد. بعضاً نحوه عملکرد گسل‌های عرضی در زهکشی آب‌های به دام افتاده در پشت سدهای هیدرولیکی (ایجاد شده توسط گسل‌های خزر و شمال البرز) می‌تواند تغییرات عمده‌ای را در این کیفیت ایجاد نماید؛ به گونه‌ای که میزان PH چشمه‌های منطقه غربی به همین علت افزایش یافته است (صرف‌نظر از وجود رخنمون‌های سازند شمشک). اثر عملکرد گسل شمال البرز بر روی افزایش EC آب در بخش‌های جنوبی نیز به همین دلیل است. از طرفی دمای حدود ۶-۲۲ درجه و امکان تقسیم‌بندی چشمه‌ها از لحاظ دمایی به دو دسته چشمه‌های مرتفع (با دمای ۶-۱۱ درجه) و کم‌ارتفاع کوهپایه‌ای (با دمای ۱۴-۱۹ درجه) حاکی از تشکیل این چشمه‌ها در سیستم‌های کارستی می‌باشد.

همچنین به نظر می‌رسد که توقف و یا کند شدن جریان آب به واسطه عملکرد گسل‌های اصلی (نظیر گسل خزر و شمال البرز) به عنوان سدهای هیدرولیکی، می‌تواند از دلایل بالا رفتن محلی EC چشمه‌ها در قسمت‌های مرکزی و غربی بخش جنوبی باشد.

چشمه‌هایی با دمای حدود ۶-۱۱ درجه که عمدتاً در ارتفاعات برف‌گیر جنوبی گرگان مشاهده می‌شوند و چشمه‌هایی با دامنه تغییرات دمایی در حدود ۱۴-۱۹ درجه که در نواحی کم‌ارتفاع تر کوهپایه‌ای تظاهر یافته‌اند (شکل ۶). بیش‌ترین میزان دما مربوط به قسمت‌های مرکزی و غربی بخش جنوبی (جنوب گرگان به سمت شمشک) است. به نظر می‌رسد که توقف و یا کند شدن جریان آب به واسطه عملکرد گسل‌های اصلی (نظیر گسل خزر و شمال البرز) به عنوان سدهای هیدرولیکی، می‌تواند از دلایل بالا رفتن محلی دمای چشمه‌ها در این بخش باشد.

د- تغییرات تخلیه روزانه:

میزان تخلیه روزانه چشمه‌ها مقادیر مختلفی از حدود ۸۰-۰/۱ لیتر در ثانیه را در بر می‌گیرد و بیش‌ترین میزان تخلیه مربوط به چشمه‌های موجود در بخش شرقی منطقه (۸۰ لیتر در ثانیه) است (شکل ۷). میزان بالای تخلیه در این بخش مربوط به مناطقی می‌باشد که گسل‌ها یکدیگر را قطع کرده‌اند. علت بالا بودن آبدهی چشمه‌ها در این بخش نیز می‌تواند به خاطر عملکرد به نسبت مناسب گسل‌های عرضی (در غلبه بر سد هیدرولیکی ایجاد شده توسط گسل‌های اصلی) در مقایسه با عملکرد این گسل‌ها در بخش غربی باشد.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که اغلب چشمه‌ها در یال شمالی رشته‌کوه‌های البرز (مخصوصاً در منطقه گرگان) در زون شکستگی‌های مربوط به گسل‌های عمده و اصلی منطقه قرار دارند و این امر بیان‌گر وجود ارتباط بین گسل‌های موجود در منطقه و الگوی پراکنش چشمه‌ها می‌باشد. از طرفی بررسی انجام شده بر روی گسل‌های عمده خزر و شمال البرز نشان می‌دهد که این دو گسل با شیبی رو به جنوب، یک سد هیدرولیکی در مقابل جریان رو به شمال آب زیرزمینی ایجاد کرده‌اند. این امر سبب تظاهر تعداد زیادی چشمه بر روی این گسل‌ها شده است. علاوه بر آن، تعداد زیادی چشمه نیز در امتداد دره‌های عرضی منطقه دیده می‌شود که حاصل عملکرد گسل‌های عرضی منطقه با روند ۱۶۰-

منابع

- Allen, M.B., Ghassemi, M.R., Shahrabi, M. and Qurashi, M. (2003) Accommodation of Late Cenozoic Oblique Shortening in the Alborz Range, Northern Iran. *Journal of Structural Geology*, 25, pp. 659- 672.
- Delinon, M.R. (2009) Structural Geology Control on Groundwater Flow: Lembang Fault Case Study, West Java, Indonesia. *Hydrology Journal*, 17(4), 1011-1023.
- Delleur, J. (2006) *The Handbook of Groundwater Engineering*. CRC Press, Taylor and Francis Group, 1342 p.
- Djamour, Y., Vernant, P., Bayer, R., Nankali, H.R., Ritz, J.F., Hinderer, J., Hatam, Y., Luck, B., Le Moigne, N., Sedighi, M. and Khorrami, F. (2010) GPS and Gravity Constraints on Continental Deformation in the Alborz Mountain Range, Iran. *Geophysical Journal International*, No.183, pp. 1287- 1301.
- Earman, S., McPherson, B., Philips, F., Ralser, S., Herrin, J. and Broska, J. (2008) Tectonic Influences on Groundwater Quality: Insight from Complementary Methods, *Groundwater Journal*, 46 (3), 354- 371.
- NASA, (2007) *ETM⁺ Satellite Image Scenes*: path/row 163/34.
- Safari, H.O., Abbaszadeh, Z., Mollaei, S. and Raghimi, M. (2011) Structural Controls on Distribution Patterns of Springs In Alborz- Kope Dagh Boundary, Gorgan, Iran. *International Geoinformatics Research and Development Journal*, 2 (3), 11- 21.
- بیابانگرد، ح.، مرادیان، ع. و بوالی، ی. (۱۳۸۸) بررسی هیدروژئوشیمی چشمه‌های معدنی آتشفشان تفتان و ارتباط آن‌ها با توده‌های سنگی سخت منطقه، *نشریه علوم زمین*، ۳۳، صص. ۹۹-۱۰۸.
- رقیمی، م.، رحیمی‌چاکدل، ع.، قره‌محمملو، م.، شاه‌پسندزاده، م. و سیدخادمی، س.م. (۱۳۸۷) تأثیر عوامل زمین‌شناسی در کیفیت شیمیایی منابع تأمین آب آشامیدنی گرگان، *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱ (۱۵).
- رقیمی، م. و یخکشی، م.ا. (۱۳۸۱) بررسی منشأ چشمه آبگرم زیارت از طریق مطالعات هیدروشیمی و ایزوتروپی، *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۹ (۳).
- پدرام، م. و حسینی، ح. (۱۳۶۹) نقشه زمین‌شناسی گرگان، ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- شاه‌پسندزاده، م. و زارع، م.، ۱۳۷۴، بررسی مقدماتی لرزه‌خیزی، لرزه زمین‌ساخت و خطر زمین‌لرزه گسلش در پهنه استان مازندران، انتشارات مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- شرکت آب منطقه‌ای گلستان (۱۳۸۹) *مطالعات شناسایی سازندهای سخت (کارست) حوضه قره‌سو، جلد پنجم: مطالعات هیدروژئولوژی*، ۹۸ صفحه.
- شرکت آب منطقه‌ای گلستان (۱۳۷۹) *بانک اطلاعات آماری چشمه‌های منطقه گرگان*.
- صالحی‌راد، ر.، علوی، م.، ژنی، ژ.، استامپلی، ژ. و شهرابی، م. (۱۳۶۹) نقشه زمین‌شناسی گرگان، ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- عباس‌زاده، ز. (۱۳۹۰) بررسی ارتباط ساختارها با مکان ظهور چشمه‌ها در ناحیه گرگان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی - گرایش تکتونیک، دانشگاه گلستان، ۹۵ صفحه.
- قره‌محمملو، م. و رقیمی، م. (۱۳۸۵) نقش گسل خزر در تغییر سکناس تکاملی آنیونی و کاتیونی در آبخوان شهر گرگان، مجموعه مقالات دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس تهران، صص. ۱۱۶-۱۲۶.
- ناصری، ح. ر. و سرور، ع. (۱۳۸۴) نقش گسل خزر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: محدوده ساری- گرگان)، *مجله مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران*، دانشگاه تربیت مدرس تهران، صص. ۹۲-۱۰۱.