



SN: 8320-92

Available online at: www.waterdevelop.com

Vol. (I)– No. 01- Fall 2013
3th Article– P. 30- 40

IBWRD

International Bulletin of
Water Resources & Development

Investigation of Relationship between Fractures and Spring Appearance location in Gorgan Region

Zahra Abbaszadeh^{1*}, Hodjatolah Safari², Abdo-Al-Reza Kaboli³

1- Department of Geology, Golestan University, Gorgan, Iran (zahra.65.abbasi@gmail.com)

2- Department of Geology, Golestan University, Gorgan, Iran (safari.ho@gmail.com)

3- Golestan Regional Water Authority, Gorgan, Golstan Province, Iran (kaboli1355@yahoo.com)

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

Received: 23 November 2013

Accepted: 05 December 2013

Abstract

Gorgan region is located on the northern limb of the eastern Alborz. This region is bounded by Alborz heights and Gorgan plain to the south and north. Most of the existing faults in the region have NE- SW (N70- 90) trend with left lateral strike slip movement and reverse component (up to thrust). Furthermore, a number of faults also have NW- SE trend with right lateral strike slip movement and reverse component. Khazar and North Alborz faults are the most important faults in the region and make the structural boundary around the region. In this study, initially, major and main faults of the region were extracted by remote sensing techniques and then, controlled by field investigations. After that, the vector data layer of the springs of the study area was provided then both layers (the extracted faults and spring location) were entered into GIS environment to compare of the springs location and faults conditions. The results indicate that, most of the springs are situated on the breakage zones of the major faults. Further investigation of these results; confirm existing relationship between different type of faults and spring distribution pattern. The major faults of the region with southward slope (such as Khazar fault and North Alborz fault) prevent groundwater transition toward the Gorgan plain and thus, cause the appearing of various springs in the surrounding area of these fractures. Second- order fractures with N40- 50 and or N140- 160 strikes, truncated the major faults in 15- 55 and caused to making the transverse current towards the Gorgan plain.

Keywords: Eastern Alborz, Remote Sensing, Gorgan, Khazar Fault, Spring

بررسی ارتباط شکستگی ها با مکان ظهور چشمه ها در ناحیه گرگان

زهرا عباسزاده^۱، حجت‌اله صفری^۲، عبدالرضا کابلی^۳

۱. کارشناس ارشد زمین‌شناسی-تکتونیک، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران، نگارنده رابط (zahra.65.abbasi@gmail.com)

۲. دکتری زمین‌شناسی-تکتونیک، استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران (safari.ho@gmail.com)

۳. کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، سازمان آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران (kaboli1355@yahoo.com)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۹/۲، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۹/۱۴

چکیده

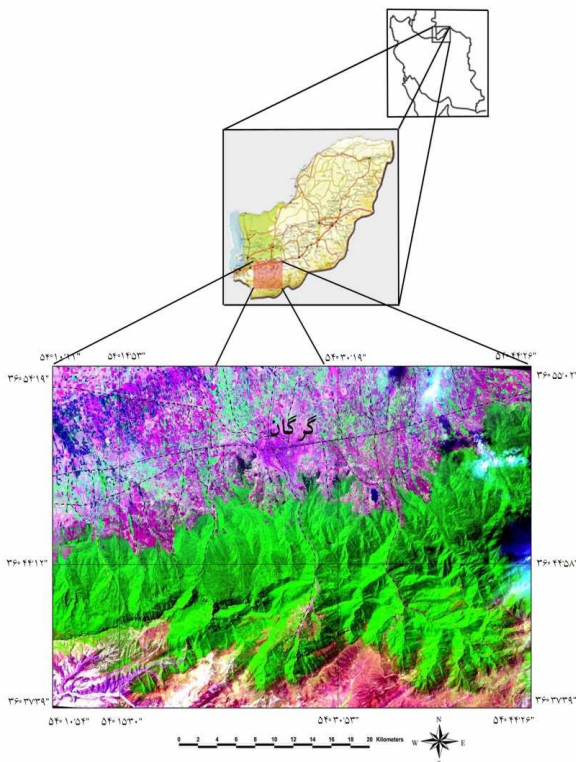
منطقه گرگان در دامنه شمالی بلندی‌های البرز شرقی قرار دارد. این منطقه از جنوب به بلندی‌های البرز و از شمال به دشت گرگان محدود شده است. اغلب گسل‌های موجود در منطقه روند شمال خاور- جنوب باختر (N۴۰-۵۰) تا خاوری- باختری (N۷۰-۹۰) با مکانیسم راستالغز چپ‌بر با مؤلفه معکوس (تا رانده) دارند. علاوه بر آن تعدادی از گسل‌ها نیز دارای روند شمال باختری- جنوب خاوری با مکانیسم راستالغز راست‌بر با مؤلفه معکوس (N۱۴۰-۱۶۰) می‌باشند. گسل‌های خزر و شمال البرز مهم‌ترین گسل‌های منطقه هستند و مرزهای ساختاری منطقه را تشکیل می‌دهند. در این پژوهش، ابتدا توسط فناوری سنجش از دور، گسل‌های عمده و اصلی منطقه استخراج و سپس توسط بازبینی تصاویر ماهواره‌ای کنترل گردیدند. در ادامه لایه اطلاعات بُرداری از چشمه‌ها تهیه گردید و به همراه گسل‌های استخراج شده وارد محیط GIS شد و با استفاده از قابلیت‌های این محیط، ارتباط بین گسل‌ها و

مکان ظهور چشمه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله حاکی از قرارگیری اغلب چشمه‌ها در زون‌های شکستگی عمده و اصلی منطقه است. بررسی بیشتر این نتایج، وجود رابطه بین انواع گسل‌ها و الگوی قرارگیری چشمه‌ها را تأیید می‌کند. گسل‌های اصلی منطقه با شیب رو به جنوب (مانند گسل خزر و گسل شمال البرز) به عنوان یک سد هیدرولیکی از انتقال آب زیرزمینی به سمت دشت گرگان جلوگیری می‌کنند و بنابراین سبب ظهور چشمه‌های متعدد در نواحی اطراف این شکستگی‌ها می‌شوند. شکستگی‌های دسته دوم با روند ۵۰-۱۶۰ و ۱۶۰-۱۴۰ گسل‌های عمده منطقه را با زاویه ۱۵-۵۵ درجه قطع نموده و سبب ایجاد جریانات عرضی به سمت دشت گرگان شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: البرز شرقی، سنجش از راه دور، گسل خزر، گرگان، چشمه

۱. مقدمه

شاخه‌های متعدد با سازوکار راندگی (معکوس) و کمی مؤلفه راست‌الغز چپ‌بر با شیبی رو به جنوب در گستره منطقه مورد مطالعه دیده می‌شوند (شاه‌پسندزاده، ۱۳۸۳) و مرزهای ساختاری منطقه را تشکیل می‌دهند (شکل ۲).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

مرز شمالی بلوک البرز منطبق بر گسل خزر است (دجامور^۶ و همکاران، ۲۰۱۰) که از لاهیجان تا جنوب گنبد کاووس به طول ۵۵۰ کیلومتر کشیده شده است. روند عمومی آن کم و بیش خاوری-باختری است (آقنابتی، ۱۳۸۳) و به عنوان یکی از گسل‌های مرزی اصلی حاصل بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس است و بنابراین،

بسیاری از محققین عقیده دارند که رشته کوه‌های البرز، شاخه‌ای از کمربند کوهزایی آلپ-همالیا است که در نتیجه برخورد ورق اوراسیا با خردقاره ایران در تریاس فوقانی (فاز سیمین پیشین) ایجاد شده است (سدیدخویی^۱ و همکاران، ۲۰۰۸؛ صفری و غلامی، ۲۰۱۱؛ جکسون^۲ و همکاران، ۲۰۰۲؛ آلن^۳ و همکاران، ۲۰۰۳؛ اشتوکلین، ۱۹۷۴ و ۱۹۷۴b) و با پهنای حدود ۱۰۰ کیلومتر و طول ۹۰۰ کیلومتر، از قفقاز کوچک در باختر تا کپه‌داغ در خاور گسترش دارد (گروشکف^۴ و همکاران، ۲۰۰۹؛ بربریان و یتز^۵، ۱۹۹۹). این رشته کوه‌ها بر اساس الگوی V شکل‌شان، به رشته کوه‌های البرز غربی (با روند شمال غربی- جنوب شرقی)، البرز مرکزی (با روند شرقی- غربی) و البرز شرقی (با روند شمال شرقی- جنوب غربی) تقسیم شده‌اند. در این پژوهش، بخشی از یال شمالی البرز شرقی واقع در طول جغرافیایی ۱۱° ۱۰' ۵۴" تا ۲۶' ۴۴" شرقی و عرض ۳۹' ۳۷" ۳۶° تا ۱۹' ۵۴" ۳۶° شمالی مورد بررسی قرار گرفته است که دربرگیرنده ارتفاعات جنوب گرگان می‌باشد (شکل ۱).

منطقه گرگان در دامنه شمالی بلندی‌های البرز شرقی و حاشیه جنوب شرقی حوضه خزر جنوبی قرار دارد و از جنوب به بلندی‌های البرز و در شمال به دشت گرگان محدود شده است. گسل‌های خزر و شمال البرز مهم‌ترین گسل‌های منطقه را تشکیل می‌دهند که به صورت

1. Sadidkhoy
2. Jackson
3. Allen
4. Gorshkov
5. Yeats

6. Djamour

مرز بین کپه‌داغ و البرز در منطقه گرگان محسوب می‌شود

(صفری و غلامی، ۲۰۱۱).



الف

ب

شکل ۲. نمایی از الف. گسل خزر در جنوب ناهارخوران (دید به سمت شمال غرب)، ب. گسل شمال البرز در توسکستان (دید به سمت غرب).

این گسل به عنوان یک راندگی با شیب رو به جنوب به طور محلی شیب‌های گرگان را در برابر سازندهای کواترنری قرار داده است (آلن و همکاران، ۲۰۰۳). گسل شمال البرز نیز با طولی در حدود ۴۲۷ کیلومتر از چندین پاره‌گسل تشکیل شده و از حدود ۵۳° طول شرقی از شرق - شمال شرقی به غرب - شمال غربی تغییر امتداد می‌دهد (آلن و همکاران، ۲۰۰۳). این گسل نیز به صورت گسلی معکوس - رانده با شیبی به سمت جنوب تا جنوب خاور (شاه‌پسندزاده و زارع، ۱۳۷۴) روندی به موازات گسل خزر دارد و در ۱۰-۱۲ کیلومتری غرب چالوس (۵۰° طول شرقی) به این گسل می‌پیوندد (صفری و غلامی، ۲۰۱۱؛ بربریان و همکاران، ۱۹۹۲). این بخش از البرز شامل ساختارهایی با روند شمال خاوری - جنوب باختری بوده و می‌توان گسلش و راندگی را از بارزترین اشکال تغییر ساختاری در آن دانست (شهریاری و حرمی، ۱۳۸۰). شکستگی‌ها (به خصوص درزه‌ها و پهنه‌های گسلیده) ممکن است نقش مهمی در تغذیه آب زیرزمینی و جریان آن در سنگ بستر داشته باشند که تأثیر این ساختارها در نفوذپذیری سنگ بستر به پراکندگی، جهت‌یابی و تراکم آن‌ها بستگی دارد (بایکر و

گودمانسون، ۲۰۰۴). چشمه‌های متعددی در ارتفاعات جنوبی گرگان دیده می‌شود که ظهور آن‌ها در منطقه از الگوی خاصی پیروی می‌کند؛ با عنایت به این که عمده اشکال توپوگرافی منطقه حاصل عملکرد گسل‌های موجود در منطقه است؛ به نظر می‌رسد ارتباط معنی‌داری بین ساختارهایی نظیر گسل‌ها، درزه‌ها و شکستگی‌ها با محل ظهور چشمه‌ها وجود داشته باشد. تا کنون در منطقه مورد مطالعه تحقیقی در این زمینه انجام نشده است؛ ولی احمدی‌پور و همکاران در سال ۱۳۷۷ در بررسی هیدرولوژیکی حوضه‌الشر در غرب ایران، به این امر اشاره کردند که جریان آب زیرزمینی در حوضه مورد نظر تحت تأثیر ساختارهای تکتونیکی موجود در منطقه است و مظهر تمام چشمه‌های کارستی منطقه در محل تقاطع و برخورد خطواره‌های موجود واقع شده‌اند. کاظمی و همکاران (۱۳۸۵) نیز با استفاده از سنجش از راه دور و GIS ضمن بررسی نقش عوامل ساختاری در فراوانی منابع آب در منطقه کارستی لار دریافتند که ارتباط نزدیکی بین خطواره‌ها، عناصر تکتونیکی، شبکه هیدروگرافی و شیب توپوگرافی با فراوانی منابع آب

بانک اطلاعاتی چشمه‌های حوضه آبریز قره‌سو و گرگانرود.

۲-۱. استخراج واحدهای چینه‌شناسی منطقه

جهت تهیه این لایه از تصاویر ماهواره‌ای منطقه استفاده گردید. جهت تشخیص لیتولوژی‌های مختلف، بر روی تصویر ماهواره‌ای با ترکیب باندی (۷-۴-۱) استفاده گردید. همچنین با اعمال فیلتر بالاگذر^۳ بر روی تصویر ماهواره‌ای منطقه (در محیط نرم‌افزار ENVI4.3) لایه‌های مختلف با سنگ‌شناسی متفاوت در منطقه شناسایی شده و به صورت نقشه چینه‌شناسی آماده گردید. سپس از طریق کنترل‌های میدانی (اندازه‌گیری‌های صحرایی) لایه‌های سنگی با لیتولوژی‌های متفاوت از هم تفکیک گردید و به این ترتیب لایه‌برداری واحدهای چینه‌ای ایجاد شد. در ادامه با روی هم قرار دادن لایه‌های برداری چینه‌شناسی، گسله‌های اصلی و راه‌ها اقدام به تهیه نقشه زمین‌شناسی منطقه طرح و پیرامون آن گردید (شکل ۳).

۲-۲. استخراج عناصر ساختاری

برای استخراج عوامل ساختاری نظیر: شکستگی‌ها و گسل‌ها و تعیین ارتباط آن‌ها، از تصویر ماهواره‌ای منطقه استفاده شد. جهت تشخیص گسل‌ها و شکستگی‌ها بر روی تصویر ماهواره‌ای ETM+ (مربوط به سال ۲۰۰۷) از ترکیب باند (۷-۴-۱) استفاده گردید. همچنین با اعمال فیلترهای Convolution/ Directional در جهات ۴۵، ۱۳۵، ۹۰ و ۱۸۰ درجه و فیلتر مورفولوژی Erode بر روی تصویر ماهواره‌ای منطقه (در محیط نرم‌افزار ENVI 4.3) شکستگی‌های موجود در منطقه شناسایی شدند. سپس از طریق کنترل‌های میدانی (اندازه‌گیری‌های صحرایی) گسله‌های اصلی (و مهم)، گسله‌های کوچک مقیاس‌تر و گسله‌های کواترنری (که به طور واضحی آبرفت‌های

کارستیک در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. دلی‌نوم^۱ نیز در سال ۲۰۰۹ با مطالعه گسل لامبنگ^۲ در غرب جاوه اندونزی به عنوان یک سد هیدرولوژیکی، تأثیر آن را بر جریان آب زیرزمینی مورد مطالعه قرار داده و مشاهده نمود که مقدار EC در امتداد گسل به طور قابل توجهی بالا است. سازمان فائو نیز در چهارچوب برنامه‌های بشر دوستانه سازمان ملل در کشور عراق در سال ۲۰۰۳ با بهره‌گیری از تکنیک GIS و سنجش از راه دور، اقدام به بررسی و تفسیر اشکال ساختمانی از جمله شکستگی‌ها نمود که منجر به انتخاب مکان‌های امیدبخش برای جستجوی آب زیرزمینی در سه استان شمالی عراق (اربیل، دهوک، سلیمانیه) شد.

۲. روش انجام کار

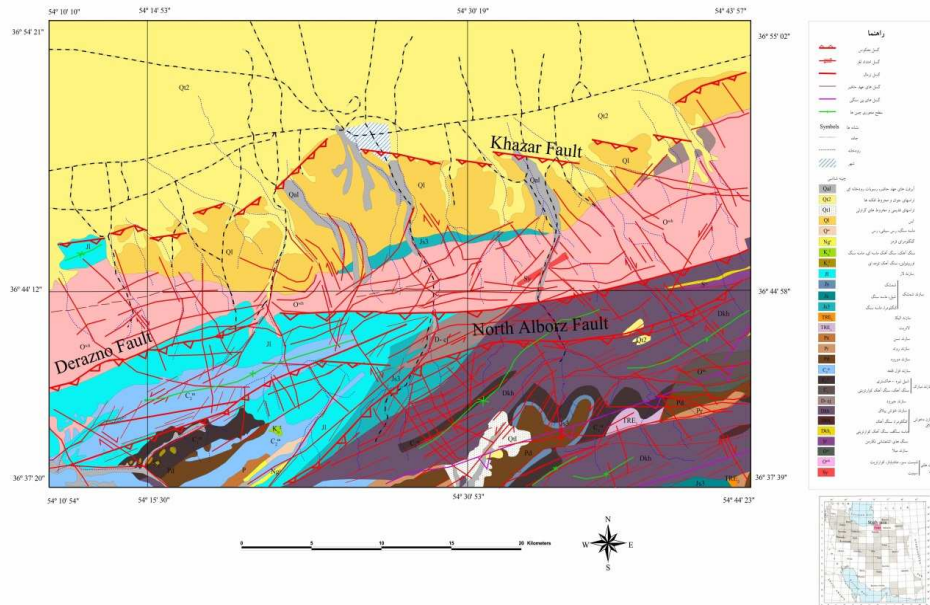
به منظور بررسی ارتباط بین عناصر ساختاری موجود در منطقه و پراکنش چشمه‌ها، اطلاعات مربوط به وضعیت شکستگی‌های منطقه، سنگ‌شناسی، محل ظهور چشمه‌ها، میزان تراکم شکستگی‌های منطقه و تراکم چشمه‌ها مهم‌ترین اطلاعات مورد نیاز است. در ابتدا کلیه اطلاعات موجود گردآوری شده و مورد بررسی قرار گرفت. عمده‌ترین اطلاعات گردآوری شده عبارتند از: الف) نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ب) داده‌های ماهواره‌ای Landsat 7 ETM+، گذر ۱۶۳/۳۴ مربوط به غرب استان گلستان و خلیج گرگان (ناسا، ۲۰۰۷)؛ ج) نقشه‌های رقوم توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ با فرمت DGN تهیه شده از سازمان نقشه‌برداری کشور، د) گزارش‌های شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان مانند: مطالعات منابع آب گرگان شماره ۱۶۰۱ (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان، ۱۳۸۹) و هـ)

1. Delinom
2. Lambang

3. High pass

شکستگی‌های استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای شد و به این ترتیب سه لایه بُرداری مربوط به گسله‌های اصلی، فرعی و کواترنری در این محیط تهیه گردید.

کواترنری را قطع نموده بودند) از هم تفکیک گردیدند. در ادامه با استفاده از محیط نرم‌افزار GIS (با استفاده از نرم‌افزار 3.2 ArcView) اقدام به رقومی نمودن

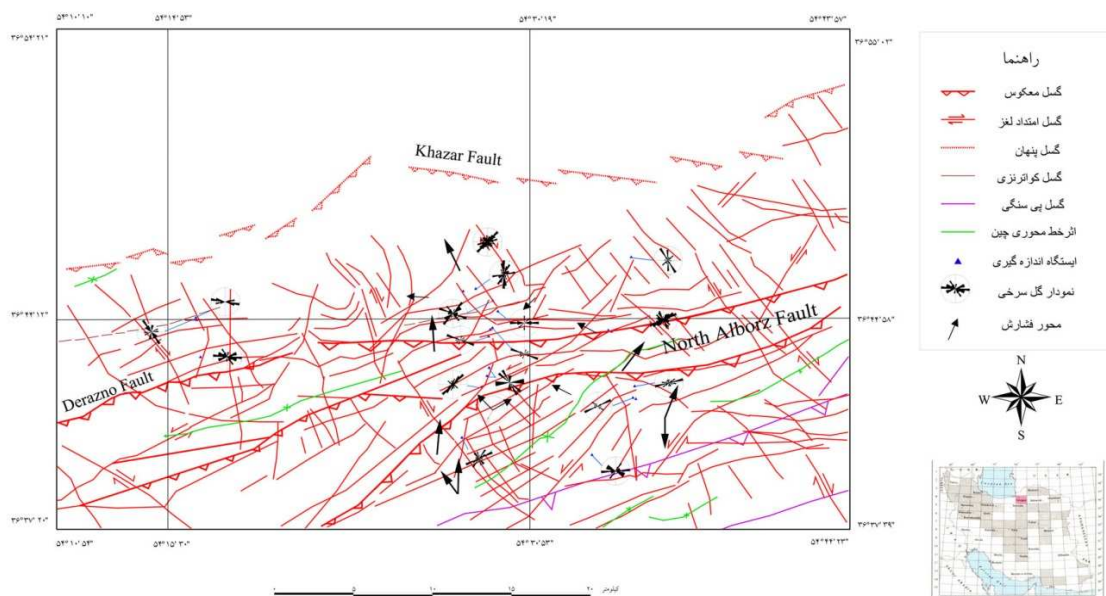


شکل ۳. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (با اقتباس از صالحی‌راد و همکاران، ۱۳۶۹ و انجام اصلاحات).

۳-۲. بررسی گسل‌های منطقه

هندسی (ترسیم نمودارهای گل‌سرخ) و تحلیل سینماتیکی (محاسبه محورهای T و P) روند گسل‌ها و سینماتیک آن‌ها بررسی شد. تمامی اطلاعات تحلیلی به عنوان یک لایه اطلاعاتی در محیط GIS به نقشه ساختاری منطقه افزوده شد (شکل ۴).

در طی بررسی‌های صحرائی مشخصات گسل‌های استخراج شده شامل امتداد، شیب، جهت شیب، خش‌لغزها و زاویه انحراف خش‌لغزها اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از روش‌های تحلیلی مختلف شامل تحلیل

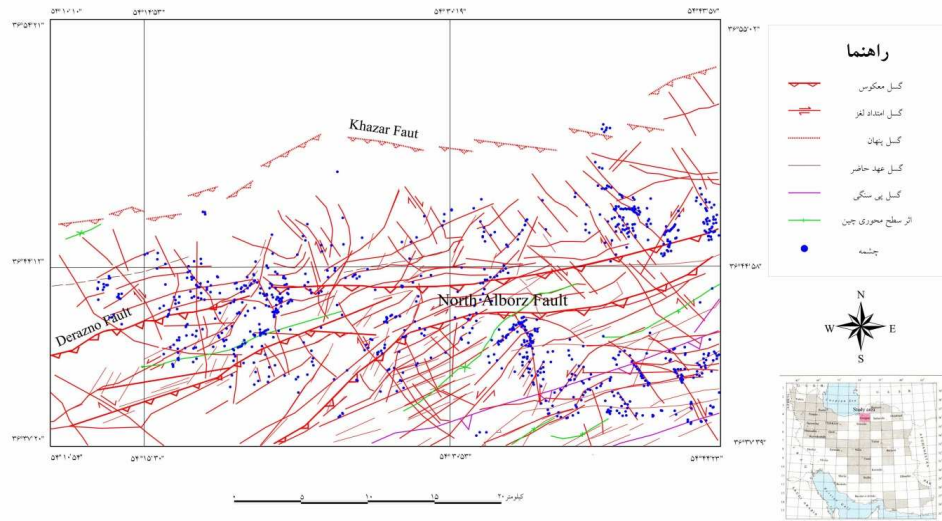


شکل ۴. نقشه ساختاری منطقه مورد مطالعه.

۲-۴. تهیه لایه نقطه‌ای مکان چشمه‌ها

شامل موقعیت چشمه‌ها (با مختصات UTM) در محیط Excel با فرمت DBF4 ذخیره گردید و سپس به کمک نرم‌افزار ArcView 3.2، جدول اطلاعاتی فراخوانی و لایه اطلاعاتی داده‌های برداری از چشمه‌ها تهیه شد (شکل ۵).

ابتدا بانک اطلاعاتی مربوط به چشمه‌ها (تهیه شده توسط شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان - ۱۳۸۸) مورد بررسی و بازبینی قرار گرفت. موقعیت مکانی برخی از چشمه‌ها نیز توسط GPS جمع‌آوری شد. جدول اطلاعاتی

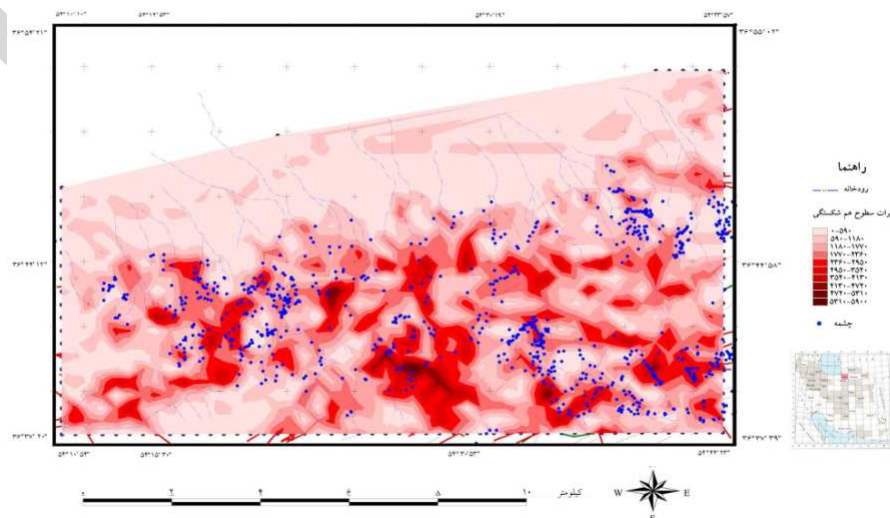


شکل ۵. نقشه وضعیت پراکنش چشمه‌ها در منطقه مورد مطالعه.

۲-۵. تهیه نقشه هم‌شکستگی‌ها

گسل‌ها در هر سلول اندازه‌گیری شده و در جدول اطلاعات برداری ثبت شد. در نهایت بر اساس طول گسل‌ها در هر سلول، سطوح هم‌پتانسیل شکستگی‌ها به عنوان نقشه هم‌شکستگی منطقه ترسیم شد (شکل ۶).

برای تهیه نقشه هم‌شکستگی، ابتدا شبکه‌ای با سلول‌های 1000×1000 متر (با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰) تهیه شد. سپس نقطه مرکزی هر سلول در مرکز آن ترسیم شد. در ادامه مختصات هر نقطه مرکزی محاسبه گردیده است. طول

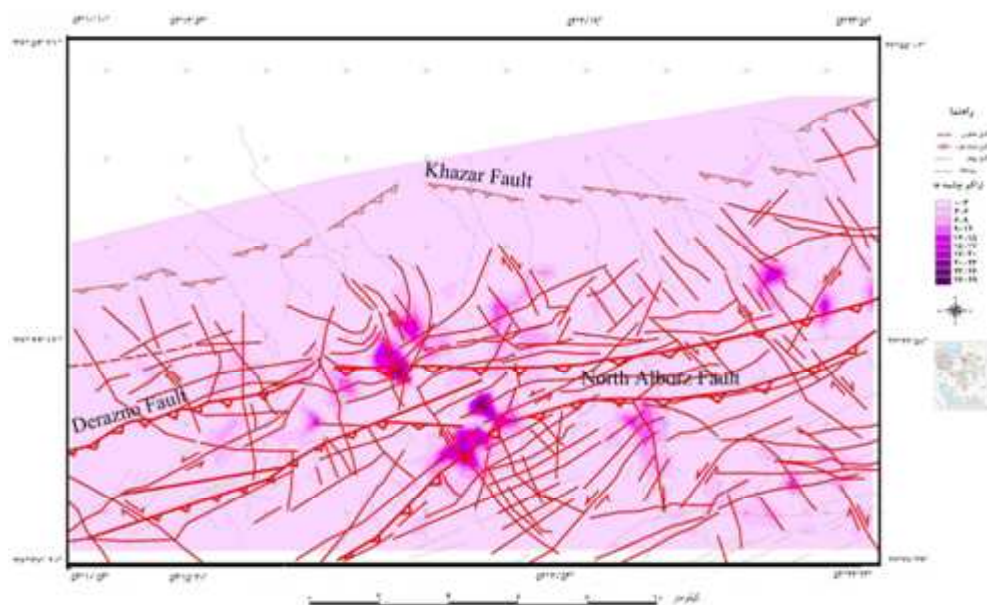


شکل ۶. نقشه سطوح هم‌پتانسیل تراکم شکستگی‌های منطقه (نقشه هم‌شکستگی).

۲-۶. تهیه نقشه تراکم چشمه‌ها

در شبکه تهیه شده با سلول‌های 1000×1000 متر، تعداد چشمه‌های موجود در هر واحد هر سلول محاسبه شده و

به جدول اطلاعات لایه برداری مورد نظر افزوده شد. سپس نقشه تراکم چشمه‌ها نیز به صورت سطوح هم‌پتانسیل ترسیم گردید (شکل ۷).

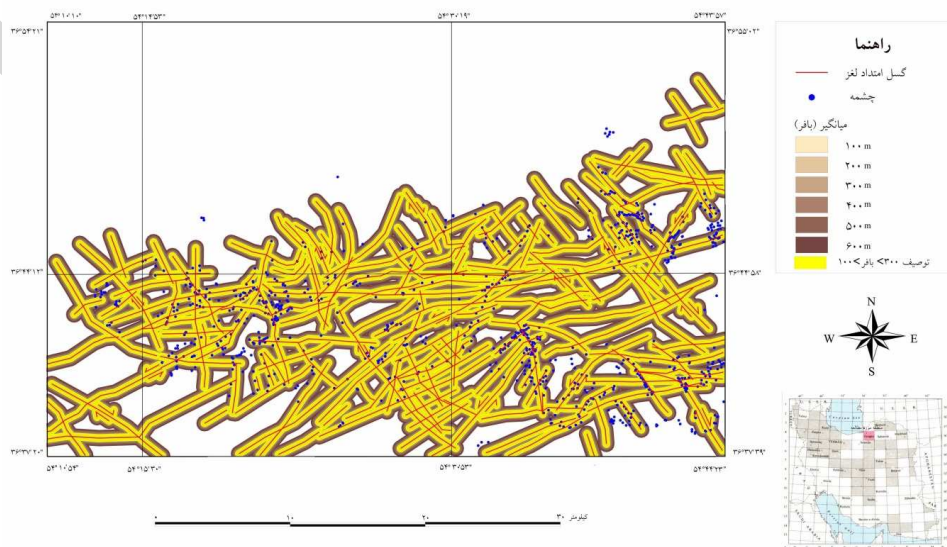


شکل ۷. سطوح هم‌پتانسیل تراکم چشمه‌ها در منطقه مورد مطالعه.

۲-۷. تهیه مناطق میانگیر (بافر) در اطراف گسل‌ها

در اطراف گسل‌ها ترسیم شد. سپس با قرار دادن لایه اطلاعات مکانی چشمه‌ها، روی نواحی بافر و گرفتن گزارش در محیط نرم‌افزار Arc View 3.2، رابطه بین چشمه‌ها و گسل‌ها بررسی شد (شکل ۸).

پس از رقومی کردن گسل‌های موجود در منطقه و تهیه لایه اطلاعاتی از آن‌ها، در محیط GIS چهار سطح میانگیر (۰-۱۰۰، ۱۰۰-۲۰۰، ۲۰۰-۳۰۰، ۳۰۰-۴۰۰ متر)

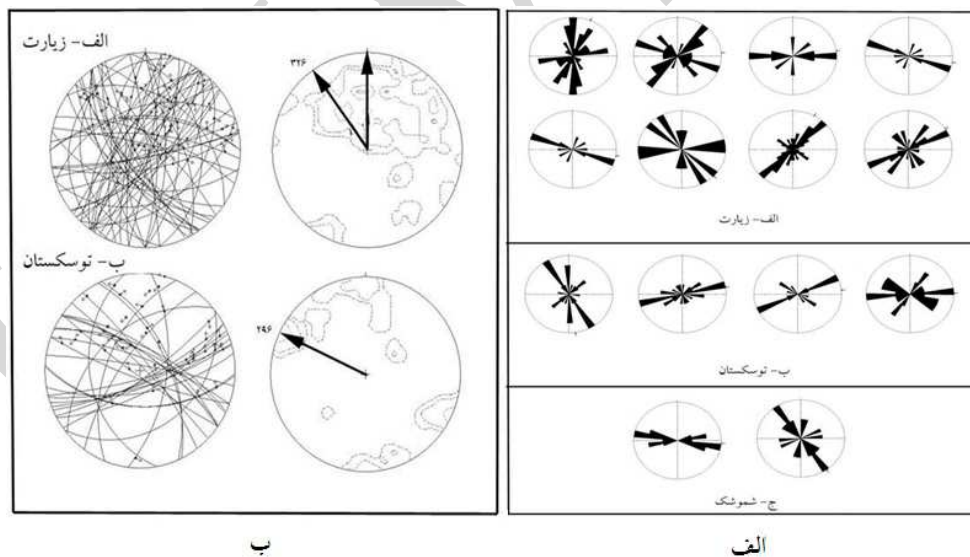


شکل ۸. قرارگیری لایه اطلاعاتی چشمه‌ها در روی نواحی میانگیر در محیط GIS.

۲-۸. بحث و بررسی نتایج

نشان می‌دهند. محور فشارش محاسبه شده (که بر روی نقشه ساختاری منطقه آورده شده است) نشان‌گر وجود دو دسته حرکت (شمالی - جنوبی و ۲۹۶-۳۲۶ N) در امتداد گسل‌های منطقه است که روند شمالی - جنوبی آن مربوط به رژیم فشارشی حاکم در منطقه (جمع شدگی البرز) و دسته دوم محورهای فشارش با راستای ۳۲۶ N است که به طور عمده به حرکت رو به غرب صفحه خزر نسبت به البرز (قاسمی و مصوری، ۱۳۷۹) و سیستم برش چپ‌بر حاکم بر منطقه نسبت داده می‌شود. بررسی محورهای فشارش محاسبه شده در منطقه توسکستان (شرق منطقه مورد مطالعه) نشان می‌دهد که محور فشارش با امتداد ۲۹۶ N به دلیل چرخش بلوک‌ها در منطقه است و با محورهای محاسبه شده در منطقه زیارت اندکی اختلاف دارد (شکل ۹-ب).

با توجه به نمودارهای گل سرخی تهیه شده بر اساس روش فرکانس - امتداد، می‌توان اظهار نمود که عمده شکستگی‌های موجود در منطقه دارای سه روند شرقی - غربی، شمال شرقی - جنوب غربی (۶۰-۵۰ N) و شمال غرب - جنوب شرق (۱۶۰-۱۴۵ N) است (شکل ۹-الف). همچنین تحلیل سینماتیکی گسل‌ها با استفاده از محورهای فشارش (P) محاسبه شده و بررسی مشخصات و ویژگی‌های گسل‌های منطقه نشان می‌دهد که راندگی همراه با مقداری مؤلفه امتداد لغز چپ‌بر، سینماتیک گسلی غالب در گسل‌های عمده‌ای همچون گسل خزر و گسل شمال البرز است که روند شرقی - غربی با امتداد (۶۰-۵۰ N) دارند. گسل‌هایی با امتداد ۶۰-۵۰ N، جابجایی راست‌الغز چپ‌بر و گسل‌هایی با امتداد ۱۶۰-۱۴۵ N، جابجایی راست‌الغز راست‌بر با مؤلفه معکوس را



شکل ۹. الف. نمودار گل سرخی شکستگی‌ها در سه مقطع زیارت، توسکستان، شمشک. ب. محاسبه محورهای فشارشی در منطقه مورد مطالعه.

چشمه‌های موجود در منطقه (شکل ۷) نیز بیانگر آن است که محل ظهور اغلب چشمه‌ها تقریباً بر نواحی پرتراکم شکستگی‌ها منطبق است و بیش‌ترین تراکم چشمه‌ها در مناطقی که پهنه خردشده گسل شمال البرز توسط گسل‌هایی با امتداد ۱۶۰-۱۴۰ N و ۵۰-۴۰ N قطع شده

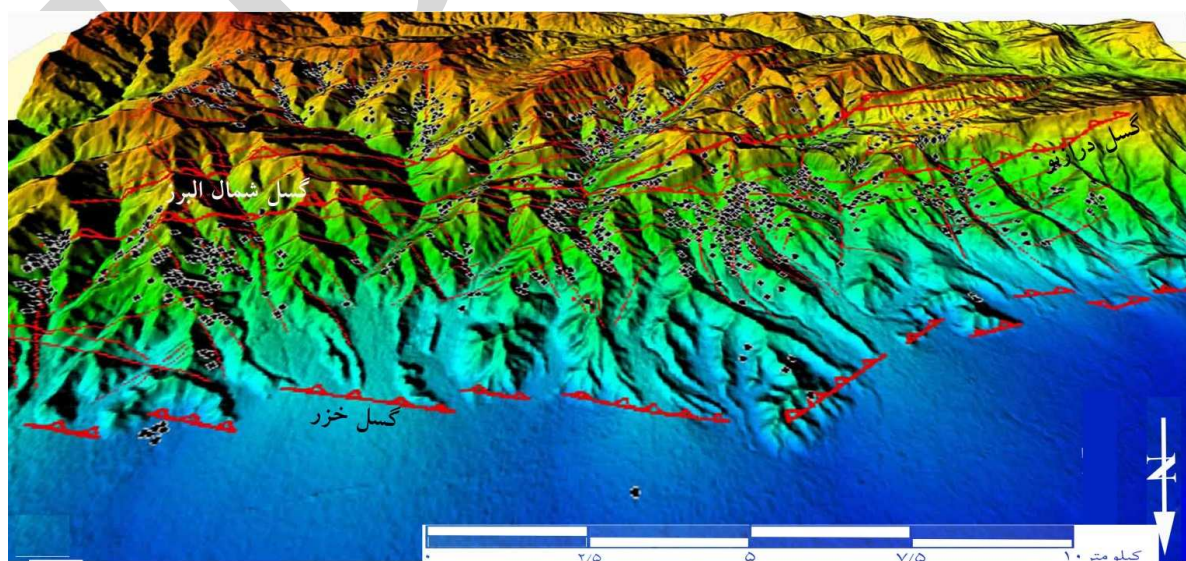
نقشه تهیه شده از پراکنش چشمه‌ها (شکل ۵)، نشان می‌دهد که بالاترین میزان تراکم چشمه‌ها در پهنه گسلش مربوط به جایی است که گسل‌های اصلی منطقه، توسط گسل‌های عرضی قطع شده است. علاوه بر آن، بررسی نقشه تهیه شده از تراکم شکستگی‌ها (شکل ۶) و تراکم

(مخصوصاً در منطقه گرگان) در زون شکستگی‌های مربوط به گسل‌های منطقه قرار دارند که این امر بیانگر وجود ارتباط بین گسل‌های موجود در منطقه و الگوی پراکنش چشمه‌ها می‌باشد. همچنین وجود سازندهایی همچون سازند خوش‌یلاق و لار و مهم‌تر از همه شیست‌های گرگان که شامل سنگ‌های آذرین و دگرگون شده است، باعث می‌شود که سطح گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه به صورت سطحی نفوذناپذیر عمل کرده و در نتیجه گسل‌های خزر و شمال البرز با شیبی رو به جنوب، یک سد هیدرولیکی را در مقابل جریان رو به شمال آب زیرزمینی ایجاد کنند. در نتیجه شاهد وجود تعداد اندکی از چشمه‌ها در امتداد این دو گسل عمده در منطقه هستیم؛ اما اغلب چشمه‌های منطقه در دره‌های عرضی ظهور یافته‌اند که عمدتاً حاصل عملکرد گسل‌های عرضی با روند $N140-160$ و $N40-50$ هستند که با زاویه $55-15$ درجه نسبت به روند گسل‌های عمده قرار دارند و در نتیجه به عنوان زهکش آب زیرزمینی عمل می‌کنند و آب زیرزمینی ایزوله شده توسط گسل‌های شمال البرز و خزر، به صورت چشمه‌هایی متعدد در امتداد دره‌های عرضی ظهور می‌یابند (شکل ۱۰).

است، دیده می‌شود. از طرفی معمولاً گسل‌ها در روی زمین به صورت یک خط نیستند؛ بلکه بیشتر به صورت پهنه‌ای از شکستگی‌ها در نظر گرفته می‌شوند. عرض این پهنه گسلی می‌تواند چند صد متر تا چند کیلومتر باشد. نواحی میانگیر رسم شده در اطراف گسل‌های عمده و اصلی موجود در منطقه نشان می‌دهد که زون شکستگی مربوط به این گسل‌ها در حدود $200-300$ متر هستند و لذا بررسی فاصله قرارگیری چشمه‌ها نسبت به مناطق گسلی (توسط ترسیم مناطق میانگیر در اطراف گسل‌ها) حاکی از آن است که اغلب چشمه‌ها در روی بافر $100-200$ متر قرار دارند که بر پهنه شکستگی‌های گسل‌های منطقه منطبق می‌شوند (شکل ۸).

۳. نتیجه‌گیری

در این پژوهش منطقه گرگان واقع در دامنه‌های شمالی بلندی‌های البرز شرقی و حاشیه جنوب شرقی حوضه خزر جنوبی مورد بررسی قرار گرفت. در این منطقه چشمه‌های متعددی در ارتفاعات جنوبی تظاهر یافته‌اند. این چشمه‌ها با مقادیر مختلف تخلیه، دارای الگوی پراکنش خطی هستند. خروجی‌های حاصل همگی بر این امر دلالت دارند که اغلب چشمه‌ها در یال شمالی رشته‌کوه‌های البرز



شکل ۱۰. ظهور چشمه‌ها در امتداد دره‌های عرضی منطقه.

منابع

- Allen, M. B., Ghassemi, M. R., Shahrabi, M., Qurashi, M. (2003), Accommodation of Late Cenozoic Oblique Shortening in the Alborz range, Northern Iran, *Journal of Structural Geology*, No: 25, pp. 659- 672.
- Babiker, M., Gudmundsson, A. (2004), The Effects of Dykes and Faults on Groundwater Flow in an Arid Land: The Red Sea Hills, Sudan, *Journal of Hydrology*, No. 297, pp. 265-273.
- Berberian, M., Qorashi, M., Jackson, A., Priestly, K., Wallace, T. (1992), The Rudbar-Tarom Earthquake of 20 June in NW Persia: Preliminary Field & Seismology Observation and its Tectonics Significance, *Bulletion of the Seismological Society of America*, Vol. 82, No. 4, pp. 1726- 1755
- Berberian, M., Yeats, R. S. (1999), Patterns of Historical Earthquake Rupture in Iranian Plateau, *Bulletion of the Seismological Society of America*, Vol. 89, pp. 120- 139.
- Delinom, M. R. (2009), *Structural Geology Control on Groundwater Flow: Lembang Fault Case Study, West Java, Indonesia*, *Hydrology Journal*.
- 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.
- F. A. O. (2003), *Environmental and Natural Resources: Working Paper No: 1*, 58p.
- Gorshkov, A. L., Mokhtari, M., Piotrovskaya, E. P. (2009), The Alborz Region: Identification of Seismogenic Nodes with Morphostructural Zoning and Pattern Recognition, *Springs Journal*, No. 1, Vol. 1.
- Jackson, J., Priestly, K., Allen, M., Berberian, M. (2002), Active Tectonics of the South Caspian Basin, *Geophysics Journal International*, No. 148, pp. 214- 245.
- NASA (2007), ETM+ Satellite Image Scenes: path/row 163/34.
- احمدی پور، م. ر. (۱۳۷۷)، بررسی هیدرولوژیکی حوضه الشتر غرب ایران، مجموعه مقالات دومین همایش جهانی آب در سازندهای کارستی، تهران- کرمانشاه.
- آقائباتی، س. ع. (۱۳۸۳)، زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه.
- دفتر مطالعات پایه منابع آب، گروه مطالعات آب زیرزمینی (۱۳۸۹)، گزارش ادامه مطالعات محدوده مطالعاتی گرگان (۱۶۰۱)، ۵۸ صفحه.
- زمانی- پدرام، م و حسینی، ح. (۱۳۶۹)، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ گرگان، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- شاه‌پسندزاده، م. (۱۳۸۳)، زلزله‌خیزی و لرزه‌زمین‌ساخت گستره استان گلستان، شمال خاوری ایران، مقالات کنفرانس بین‌المللی زلزله (یادواره فاجعه بم)، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- شاه‌پسندزاده، م.، 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 (۱۳۸۸)، گزارش تلفیق مطالعات منابع آب حوضه آبریز قره‌سو- گرگانرود، جلد سوم: تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات و بیلان آب، بخش اول: هواشناسی، ۲۹۳ صفحه.
- شهریاری، س. و موسوی حرمی، س. ر. و رحیمی، ب. (۱۳۸۰)، تکوین و تکامل ساختاری البرز و تحولات رسوبگذاری مرتبط با آن، نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم، جلد اول، شماره سوم و چهارم.
- صالحی‌راد، ر، علوی، م، ژنی، ژ، استامپلی، ژ، شهرابی، م. (۱۳۶۹)، نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- کاظمی، ر. و غیومیان، ج. و جلالی، ن. (۱۳۸۵)، بررسی نقش عوامل ساختاری در فراوانی منابع آب در منطقه کارستی لار با استفاده از سنجش از راه دور و GIS، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۳.

Sadidkhouy, A., Javan- Doloei, G., Siahkoohi, H. R. (2008), Seismic Anisotropy in the Crust and upper Mantel of the Central Alborz Region, Iran, Tectonophysics Journal. No. 456, pp. 194-205.

Safari, H. O., Gholami, M. (2011), Tectonic Evolution of Southern Limb of Eastern Alborz, Iran, International Geoinformatics Research Development Journal., Vol. 2, Issue. 1, pp. 1-13.

Stocklin, J. (1974), North Iran: Alborz Mountains, Geological Society, London, Special Publications, Vol. 4, pp. 213- 2334.

Stocklin, J. (1974b), Northern Iran: Alborz Mountain Mesozoic- Cenozoic Orogenic Belt, Data for Orogenic Studies, Geological Society, London, Special Publications, No. 4, pp. 213-234.