بررسی هندسه آبخوان دشت صحنه- بیستون برپایه پژوهش‌های ریخت‌زمین‌ساختی و گسلش جنبا، استان کرمانشاه، ایران

شیرین چیذری[1*]، حمید نظری[2]، علیرضا کریمی باوندپور[3]، مسعود فتوت[4] و مهتاب ملک محمودی[1]

[1] کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

[2] استادیار پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

[3] کارشناسی ارشد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

[4] دانشجوی دکترا، دفتر مطالعات پایه منابع آب، شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۰۶

چکیده

دشت صحنه- بیستون با روند عمومی شمال باختری- جنوب خاوری، در شمال خاوری استان کرمانشاه جای دارد و کم‌وبیش با روند اصلی پهنه ساختاری زاگرس هم‌راستاست. همجواری این گستره با گسل اصلی جوان زاگرس (Main Recent Fault) اهمیت مطالعه آن را افزایش می‌دهد. در این پژوهش، ضمن بازخوانی و شناساندن گسل‌های تأثیرگذار در دشت صحنه-بیستون، چگونگی شکل‌گیری ساختار دشت با توجه به عملکرد گسل‌های جنبای پیرامونی بررسی شده است. نتایج کلی نشان می‌دهد که ریخت‌شناسی این دشت، بر آمده از کارکرد دو گسل نهان و جنبای بدربان (Badrban) و برناج (Barnaj) بوده است؛ بدین گونه که به سبب حرکت عادی گسل برناج در خاور کوهستان بیستون- تاق بستان و سازوکار راندگی گسل بدربان، حوضه صحنه- بیستون تشکیل شده است. الگوی ساختاری آبخوان دشت هرسین- بیستون، با توجه به آهنگ و هم‌سنجی ساختار گسل‌های جنبای پیرامونی به عنوان گسل‌های کنترل کننده حوضه کواترنری با استفاده از داده‌های کمی ژئوالکتریکی و تحلیل کیفی رفتار آبخوان تعیین شد. ستبرای آبخوان دشت، در بخش‌های گوناگون آن مشخص شد؛ به گونه‌ای که ستبرترین بخش آبرفت آبخوان در بخش مرکزی دشت قرار دارد و به سوی شمال باختری یا جنوب خاوری و با نزدیک شدن به واحدهای سنگی پیرامونی، از ستبرای آن کاسته می‌شود.

کلیدواژه‌ها: گسلش جنبا، گسل نهان، داده‌های دورسنجی، زمین‌ریخت‌ساخت، حوضه کششی، آبخوان دشت هرسین- بیستون.

***نویسنده مسئول:** شیرین چیذری

E-mail:shirin_chizari@yahoo.com

۱- پیش‌نوشتار

دشت صحنه- بیستون در استان کرمانشاه شامل دو دشت شمالی (دشت خاوری میانراهان) و جنوبی (دشت خاوری بیستون) است. واحدهای سنگی پیرامون این دشت‌ها شامل سنگ‌های آهکی، رادیولاریت‌ها، سنگ‌های آهکی دگرگون شده و افیولیت‌ها هستند (شکل ۱). این دشت‌ها در حدفاصل زیرپهنه‌های (subzone) سنگ‌های آهکی بیستون (Bisetun Limestones)، رادیولاریت‌های کرمانشاه (Kermanshah Radiolarites) و افیولیت‌های صحنه (کرمانشاه) قرار دارند. Whitechurch (2013) و Agard et al. (2005 and 2011) این ناحیه را بخشی از پهنه خردشده زاگرس (Zagros Crushed Zone) می‌دانند.

سنگ‌های آهکی ارتفاعات بیستون با پدید آوردن یک سامانه کارستی بزرگ، نقش به‌سزایی در حوزه آبخوان دشت ایفا می‌کنند. از جمله گسل‌های مهم منطقه،گسل میانراهان در کرانه شمالی بلندی قلعه هاجیر و گسل‌های صحنه و شمال صحنه هستند (شکل ۱- a). گسل میانراهان در برگه‌های زمین‌شناسی سنقر (Eshraghi and Jafarian, 1996) و میانراهان (Rafia and Shahidi, 1999) با سازوکار نامشخص رسم شده و گسل صحنه نیز از پاره‌گسل‌های گسل جوان زاگرس است که زمین‌لرزه‌های ۲۷ آوریل ۱۰۰۸ میلادی، سپتامبر ۱۱۰۷ میلادی و ژوئن ۱۸۷۲ میلادی در پی جنبش این گسل روی داده‌اند (Berberian, 1994). درون دشت‌های یاد شده، آبخوان‌های آبرفتی سبب جریان یافتن سفره‌های پرآب زیرزمینی شده است که اهمیت مطالعه دشت را از دیدگاه‌های گوناگون توجیه می‌کند.

در این پژوهش بر پایه داده‌های زیرسطحی (ژئوفیزیک و هیدروژئولوژی) در دشت‌های خاوری بیستون و خاوری میانراهان به تعیین هندسه (ریخت، ستبرا و ژرفا) نهشته‌های جوان و آمیختن این داده‌ها با داده‌های حاصل از بررسی‌های سطحی میدانی و شاخص‌های ژئومورفیک پرداخته می‌شود. سرانجام، با درک رفتار آبخوان در برهم‌کنشی با ساختارهای زمین‌ساختی منطقه مدلی از هندسه آبخوان ارائه خواهد شد.

۲- زمین‌شناسی و جایگاه زمین‌ساختی

استان کرمانشاه در باختر ایران و دشت صحنه- بیستون در خاور این استان و شهر کرمانشاه قرار دارد. این دشت، گستره‌ای از طول جغرافیایی ۴۷° تا ۵۹′ ۴۷° و عرض جغرافیایی ۱۴′ ۳۴° و تا ۴۸′ ۳۴° را شامل می‌شود (شکل ۱). این گستره مطالعاتی بخشی از برگه زمین‌شناسی کرمانشاه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و برگه‌های زمین شناسی میانراهان (Rafia and Shahidi, 1999)، سنقر (Eshraghi and Jafarian, 1996)، هرسین (Shahidi and Nazari, 1996) و کرمانشاه (Karimi Bavandpur, 1999) با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ را دربر می‌گیرد. زیر واحدهای (subzones) زمین‌ساختی در پیرامون این دشت‌ها به قرار زیر است:

- زیرپهنه «سنگ‌های آهکی بیستون» در باختر این دشت‌ها قرار دارد و همچنین به‌صورت رشته‌کوهی (قلعه هاجیر) این دو دشت را از یکدیگر جدا می‌سازد.
- زیرپهنه «رادیولاریت‌های کرمانشاه» در جنوب باختری دشت خاوری بیستون قرار دارد و در میان زیرپهنه «سنگ‌های آهکی بیستون» در شمال و زیرپهنه «زاگرس چین‌خورده» در جنوب قرار دارد. رادیولاریت‌های کرمانشاه توسط راندگی مهم تاق بستان- بیستون از زیرپهنه شمالی و راندگی کوه‌سفید از زیرپهنه جنوبی جدا شده است (Braud, 1987; Karimi Bavandpur, 1999).
- زیرپهنه افیولیت‌ها در شمال دشت خاوری میانراهان و جنوب دشت خاوری بیستون قرار دارد که در پیرامون این دشت ها، بخش‌هایی از توالی افیولیتی، بیشتر سرپانتینیت و هارزبورژیت با راندگی‌های بیشمار دیده می‌شود.

۳- داده‌های ریخت‌زمین‌ساخت

با بررسی تصاویر ماهواره‌ای از جمله Landsat و SRTM و به کمک Google Earth، گستره دشت‌های صحنه- بیستون از دیدگاه شواهد گسلش جنبا و شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی بررسی شد.

۳- ۱. دشت خاوری بیستون

داده‌های برگرفته از تصاویر ماهواره‌ای، نشان می‌دهد که لبه شمالی بلندی‌های

قلعه هاجیر با تفاوت آشکار در میزان حفر و جابه‌جایی آبراهه‌ها و نیز رودخانه دینور به‌صورت مرزی پیوسته و مستقیم وجود گسل میانراهان را آشکار می‌سازد. رودخانه دینور در محل افراز گسل میانراهان، نزدیک به ۵۰۰ متر جابه‌جایی چپ‌بر نشان می‌دهد و در محل پل میانراهان به شاخه‌ای دیگر از این رودخانه می‌پیوندد و سپس به مسیر اولیه خود باز می‌گردد که در مقایسه با جابه‌جایی راست بر شاخه جنوب خاوری رودخانه دینور و بر پایه مدل آبراهه‌های مایل (Nazari, 2006)، گسل میانراهان احتمالاً گسلی عادی با مؤلفه راستالغز راست‌بر با شیب ۷۰ درجه به سوی شمال‌خاوری است (شکل ۲).

مطالعه تصاویر ماهواره‌ای در دشت خاوری بیستون در فاصله دو کیلومتری روستای درکه، نشان از جابه‌جایی راست‌بر دو ستیغ کوه و عملکرد دو گسل با مؤلفه ظاهری راستالغز در شمال این دشت دارد. با توجه به جایگاه جغرافیایی این گسل‌ها، نام‌های بدربان و درکه برای آنها انتخاب شد (شکل ۳).

در ابتدای تنگه میانراهان در روستای کمیچه، بلندای زمین‌های پیرامون نسبت به دیگر نقاط دشت افزایش یافته است. بررسی مدل ارتفاعی SRTM نشان داد که همزمان با فعالیت گسل بدربان، توپوگرافی جابه‌جا شده و بندپشته (Shutter ridge) ایجاد شده است. بررسی‌های میدانی نشان داد که با توجه به جریان و سوی شیب هیدرولیکی رودخانه دینور از شمال خاوری به سوی جنوب باختری، بندپشته ایجاد شده در اثر فعالیت گسل بدربان، مسیر رودخانه را به‌طور موقت مسدود کرده و با ایجاد سدی طبیعی سبب شکل‌گیری دریاچه‌ای زمین‌ساختی درون تنگه میانراهان شده که شاهد امروزی وجود آن، ترانشه‌ای از رسوبات دریاچه‌ای در نزدیکی روستای حسین‌آباد است. در صورتی که کهن‌ترین رسوبات دریاچه سن‌سنجی شوند، سن پس از فعالیت گسل بدربان (Post event) به دست می‌آید. بر پایه خطوط تراز نقشه توپوگرافی منطقه، شیب گسل بدربان ۶۵ درجه به سوی شمال خاوری است (شکل ۴).

۳- ۲. دشت خاوری میانراهان

دشت خاوری میانراهان در شمال ارتفاعات قلعه‌هاجیر توسط گسل‌های میانراهان در مرز جنوبی و گسل‌های صحنه و شمال صحنه در مرز شمالی کنترل می‌شود. گسل صحنه از جمله قطعات گسلی از پهنه گسل اصلی عهد حاضر زاگرس است که با آرایش نردبانی (en-echelon) در یک پهنه برشی راست‌گرد قرار دارد (Berberian, 1995). بررسی میدانی گسل‌های صحنه و شمال صحنه نشان از وجود آبراهه‌های جابه‌جا شده و بندپشته‌های پرشمار در مسیر این گسل‌ها دارد که همگی شواهدی ریخت‌زمین‌ساختی از جابه‌جایی راست‌بر و پویایی این گسل‌ها به شمار می‌روند.

۴- داده‌های زیرسطحی

بررسی نیمرخ‌های ژئوفیزیکی بر پایه روش مقاومت‌سنجی الکتریکی (IP) از دشت خاوری بیستون (اداره آب منطقه‌ای کرمانشاه، ۱۳۹۰) شواهدی از گسلش عادی را نشان داد که شوربختانه در پویش میدانی به علت گسترش فراوان زمین‌های کشاورزی در سراسر دشت، نشانی از آن یافت نشد. اگر چه جهت‌یافتگی و ساختار رودخانه دینور به دست آمده از پردازش داده‌های رقومی SRTM نشان از وجود ساختار خطی (گسل؟) دارد؛ ولی متأسفانه به سبب دست‌خوردگی فراوان، وجود گسل فرضی برناج از روش مشاهدات مشکل می‌نماید ولی به هر روی هندسه آبخوان و نبود تقارن دو سوی شمالی و جنوبی آن را می‌توان به کنترل کننده‌های ساختاری همچون گسل منسوب دانست.

اما در بررسی شکل‌های ماهواره‌ای SRTM با توان جدایش ۹۰ متر، خط اثر این گسل به دست آمد؛ به گونه‌ای که در مرز باختری دشت (کرانه خاوری ارتفاعات بیستون)، بخش بزرگی از رودخانه دینور روی آن کانالیزه شده است. به سبب جایگاه جغرافیایی این گسل و نزدیکی آن با روستا و سراب برناج، نام برناج برای آن انتخاب شد.

از هندسه گسل برناج این گونه برداشت می‌شود که در درازنای آن، دگرگونگی سازوکار عادی به راستالغز و بر عکس وجود دارد؛ از سوی دیگر راندگی بیستون- تاق‌بستان در لبه جنوبی ارتفاعات بیستون در باختر دشت مورد پژوهش، مرز میان کوه و دشت را تشکیل می‌دهد. برپایه پژوهش بساوند (۱۳۹۱)، این راندگی مؤلفه راستالغز راست‌بر نیز دارد که ادامه آن به سوی خاور به گسل برناج می‌رسد و این دو گسل در سوی جنوب خاوری به یکدیگر نزدیک (convergent) می‌شوند. برهم‌کنش این گسل-ها با توجه به سازوکار آنها و بیضوی تنشی که در فضای میان آنها شکل می‌گیرد، سبب فرازش ارتفاعات بیستون در این ناحیه می‌شود. فرسایش پیشرونده این ارتفاعات، شاهدی بر این ادعاست که ارتفاعات بیستون- تاق‌بستان در اثر عملکرد همزمان دو گسل برناج و بیستون- تاق‌بستان در حال رشد است (شکل ۵).

۵- داده‌های آب‌زمین‌شناسی

از دیگر پژوهش‌های انجام شده، بررسی الگوی آب زیرزمینی دشت خاوری بیستون بود. بدین منظور، با استفاده از داده‌های چاه‌های پیزومتریک موجود در گستره دشت، به درون‌یابی سطح ایستابی آب زیرزمینی دشت پرداخته شد. نقشه‌های سطح آب زیرزمینی، جایگاه گسل‌های دشت و نقش آنها را در الگوی حرکتی آب درون زمین به خوبی مشخص می‌کند. با تفسیر الگوهای حرکت آب زیرزمینی در گستره دشت، مشخص شد که هندسه آبخوان در دشت خاوری بیستون توسط دو گسل بدربان و برناج کنترل می‌شود. به سوی پیرامون دشت در بخش‌های شمال خاوری و جنوب خاوری، شیب هیدرولیکی افزایش یافته است که شاهدی بر زیرفشار قرار گرفتن حوضه آبخوان به سبب پویایی گسل های بدربان و صحنه است (شکل ۶).

۶- برآورد ستبرای آبرفت

با شناخت دینامیک گسلش‌های منطقه، مدل کیفی هندسه آبخوان دشت ارائه شد. بدین منظور، ۹ برش موازی در راستای شمال خاوری- جنوب باختری رسم و به کمک آنها، وضعیت هندسه آبخوان نشان داده شد (شکل ۷). برای رسم این برش‌ها، افزون بر ارائه یک مدل کیفی برای ساختار آبخوان منطقه، از داده‌های زیرسطحی ژئوالکتریک موجود (شرکت آب منطقه‌ای استان کرمانشاه) نیز استفاده شده است.

یکی از اهداف مهم این پژوهش بررسی هندسه آبخوان است. حرکت گسل‌ها و بازشدگی دشت با توجه به تفاوت سرعت حرکت میان دو گسل سبب به وجود آمدن اختلاف سطح در بخش‌های مختلف بستر حوضه آبرفتی شده است؛ به گونه‌ای که حرکت راندگی گسل بدربان سبب بالا آمدن فرادیواره در مرز خاوری- شمال خاوری دشت می‌شود. همین امر سبب کاهش ستبرای آبرفت در کنار دشت می‌شود. از سوی دیگر سازوکار عادی گسل برناج در بخش مرکزی دشت، سبب افزایش ستبرای رسوبات آبرفتی و در پی آن افزایش سطح ایستابی در این بخش شده است. در کل با توجه به ساختاری که از آبخوان در دشت خاوری بیستون دیده می‌شود، انتظار این است که حوضه به شکل مخروطی نامتقارن در آید و بهترین مکان برای بهره‌برداری از آب، بخش مرکزی دشت باشد. این ناحیه افزون بر توان ذخیره‌سازی بیشتر آب به دلیل ستبرتر بودن آبخوان، از این جنبه نیز اهمیت دارد که در زمان خشکسالی، حوضه‌های ژرف‌تر دچار آسیب به مراتب کمتری از اثرات آن خشکسالی می‌شوند. برپایه مدل به دست آمده از هندسه آبخوان و نیمرخ‌های ژئوفیزیکی موجود از دشت، بر پایه روش بساوند (۱۳۹۱) در دشت روانسر- سنجابی در باختر- شمال باختری کرمانشاه شیب دو سوی حوضه به دست آمد. همان‌گونه که انتظار می‌رفت، هندسه آبخوان در بخش مرکزی دشت دارای بیشترین شیب و در پی آن ژرف‌ترین آبرفت است. در کل بیشترین شیب حوضه در همان بخش مرکزی و برابر با ۶۵ درجه و کمترین شیب آن در کرانه دشت و در نزدیکی برونزدهای سنگی برابر با ۲۷ درجه است (شکل ۸).

۷- مدل ساختاری سه بعدی

در شکل ۹ نیمرخ عرضی روی مدل ارتفاعی SRTM رسم شده و جایگاه گسل‌های اصلی و کنترل کننده حوضه دشت‌های خاوری میانراهان و بیستون روی آن مشخص شده است. این نیمرخ به منظور درک بهتر مدل ساختاری سه‌بعدی شکل ۱۰ ارائه

شده است. مدل ساختاری سه‌بعدی، دشت‌های بیستون و میانراهان را نشان می‌دهد؛ بدین گونه که در اثر عملکرد همزمان گسل راندگی شمال صحنه در مرز شمالی و گسل عادی میانراهان در مرز جنوبی، دشت میانراهان در شمال ارتفاعات قلعه‌هاجیر شکل می‌گیرد و از سوی دیگر در جنوب کوهستان یاد شده، به سبب حرکت عادی گسل برناج در خاور کوهستان بیستون- تاق‌بستان و سازوکار راندگی گسل بدربان، حوضه هرسین- بیستون تشکیل می‌شود (شکل ۱۰).

با توجه به داده‌های ایستگاه‌های GPS در نزدیکی منطقه و بهره‌گیری از بردارهای سرعت برآمده از آن، اینگونه دریافت می‌شود که محور بیشینه تنش ناشی از فشار صفحه عربی بر صفحه ایران به گونه مایل بر منطقه وارد می‌شود و نتیجه چنین اعمال نیرویی، تجزیه این محور به دو مؤلفه افقی و قائم (partitioning) است که سبب برش راست‌بر در منطقه شده و در نتیجه بیضوی تنش، سبب ایجاد چنین گسل‌هایی در حوضه بیستون-صحنه شده است.

۸- برآورد جابه‌جایی‌های افقی و قائم

به‌طور معمول مقادیر جابه‌جایی اندازه‌گیری شده روی سطح زمین با مقادیر واقعی آن روی صفحه گسل متفاوت است و باید تصحیحات لازم اعمال شود. بر پایه مدل ارتفاعی رقومی و نقشه توپوگرافی رقومی از گستره مورد بررسی می‌توان مقادیر دقیق جابه‌جایی را محاسبه کرد.

در همین راستا پس از اعمال مراحل نرم‌افزاری روی مدل ارتفاعی رقومی در نرم‌افزار surfer، نیمرخ‌های مورد نظر عمود بر راستای گسل و در سوی عوارض ریخت-زمین‌ساختی جابه‌جا شده رسم شد و با انجام مراحل نرمافزاری مربوط، از این نیمرخ‌ها به همراه نقاط بر خورد آن با گسل، خروجی dat. گرفته شد. سپس این فایل‌ها وارد نرم‌افزار Grapher و نیمرخ‌های مربوط تهیه و تجزیه و تحلیل شد. در این رابطه، محل گسل از روی تأثیرات بر جای گذاشته روی نیمرخ شناسایی و با توجه به شیب (که یا در بررسی‌های میدانی و یا با استفاده از خطوط کنتور نقشه توپوگرافی به دست آمده است)، گسل مورد نظر روی نیمرخ رسم شد و مقدار جابه‌جایی‌های افقی و قائم به دست آمد. به این ترتیب، مقدار جابه‌جایی افقی (H)و قائم (V) برای گسل‌های میانراهان (H=704 m, V=3 m)، درکه (H=293 m, V=36 m) و بدربان (H=696 m, V=25 m) محاسبه شد (شکل ۱۱).

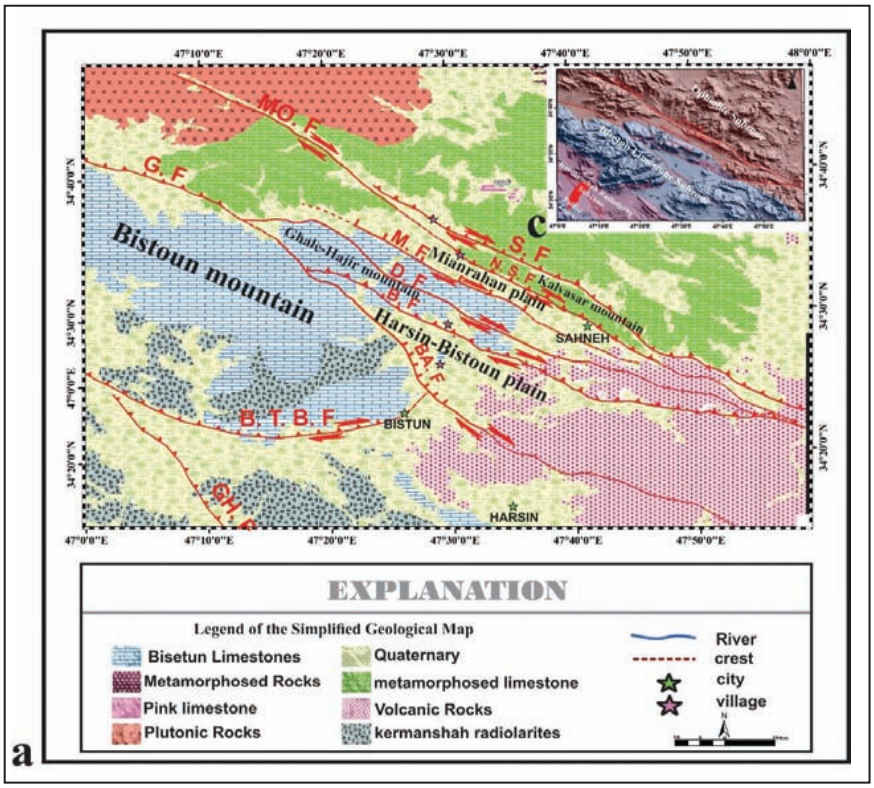
۹- نتیجه‌گیری

از جمله دستاوردهای این پژوهش، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

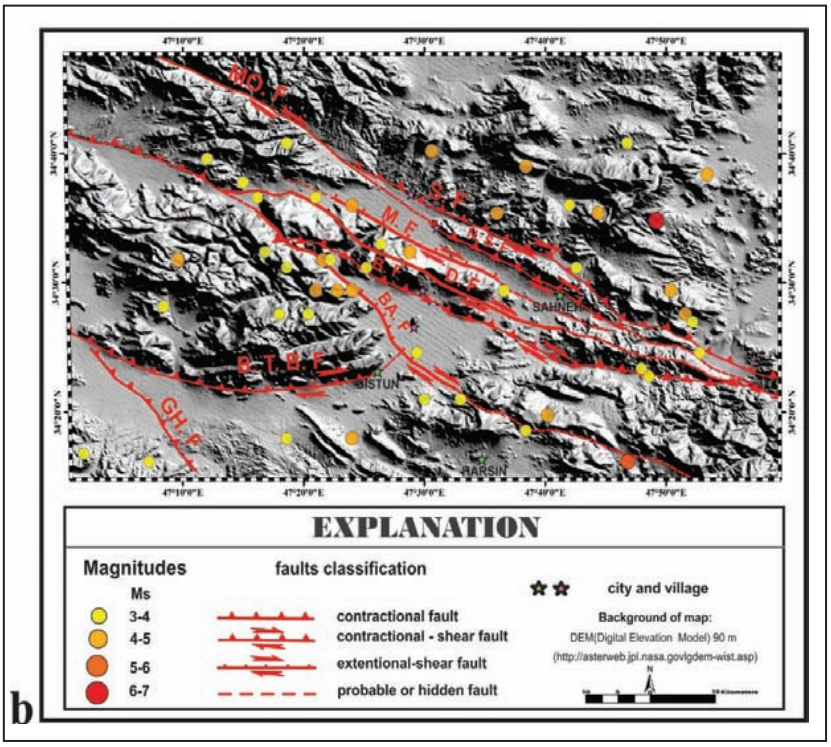
- بازخوانی و شناساندن گسل‌های شمال خاوری کرمانشاه در دشت صحنه- بیستون است. گسل میانراهان، یک گسل عادی با مؤلفه راستالغز راست‌بر در لبه شمالی بلندی‌های قلعه‌هاجیر است که با توجه به نشانه‌های ریخت‌زمین‌ساختی به عنوان گسلی جنبا شناسایی شده است.

- گسل بدربان در لبه جنوبی کوهستان قلعه‌هاجیر و گسل برناج در کرانه خاوری ارتفاعات بیستون برای نخستین بار به عنوان گسل‌های جنبا معرفی می‌شوند. این گسل‌ها پیش از این روی هیچ نقشه‌ای رسم نشده‌اند. بدربان، گسلی وارون با مؤلفه راستالغز راست‌بر و با شیب به سوی شمال خاوری است و مرز شمالی دشت خاوری بیستون را تشکیل می‌دهد. برناج نیز یک گسل عادی است و مرز جنوب باختری این دشت را می‌سازد. آمیختن شکل‌های ماهواره‌ای و مدل رقومی زمین و نیز داده‌های کمی ژئوالکتریک، نشانگر تغییر در سازوکار عادی به راستالغزی در راستای این گسل است.

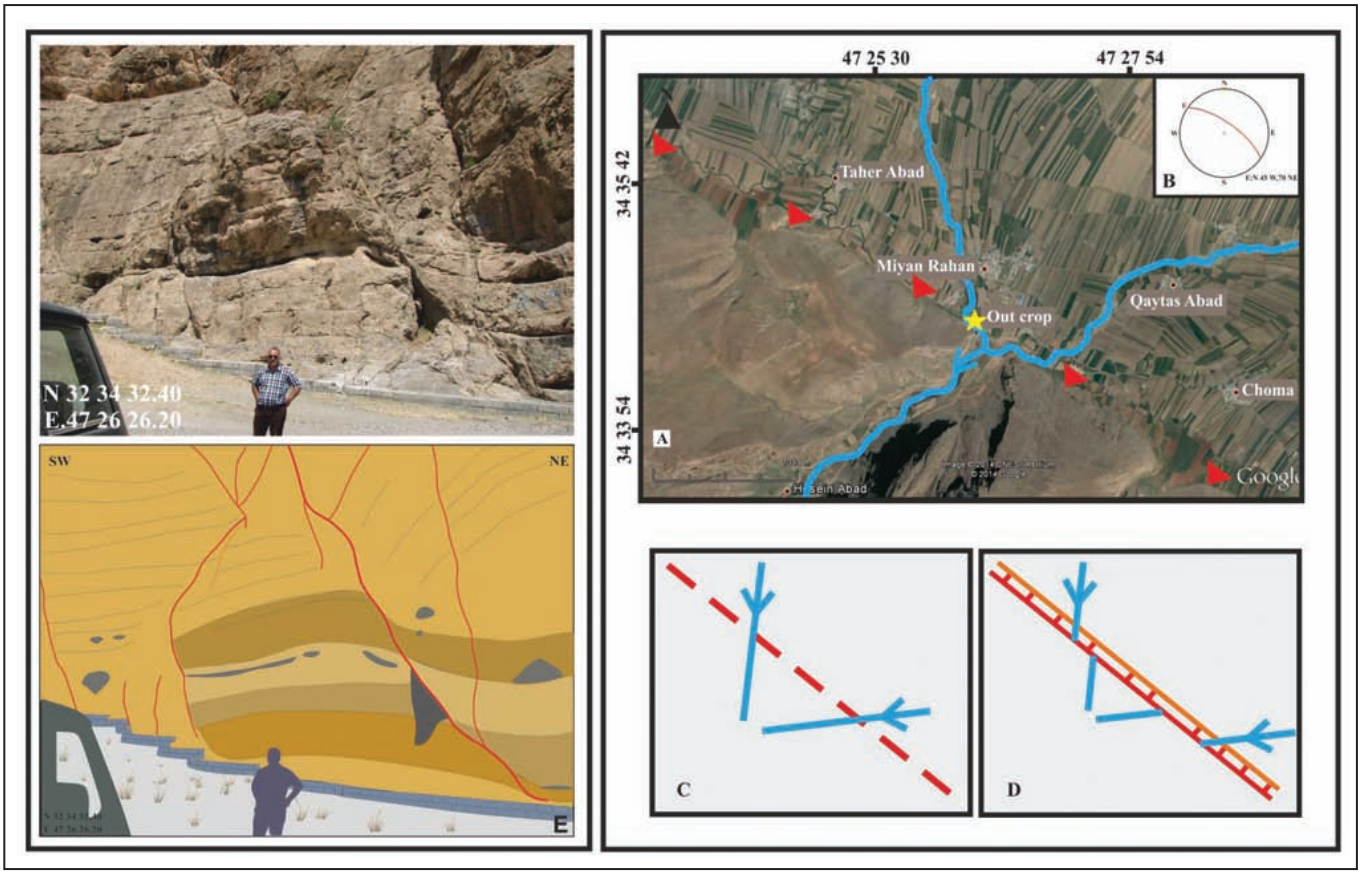
- الگوی ساختاری آبخوان با توجه به آهنگ و هم‌سنجی ساختار گسل‌های جنبای منطقه به عنوان گسل‌های کنترل‌کننده حوضه کواترنری با بهره‌گیری از داده‌های کمی ژئوالکتریکی و تحلیل کیفی رفتار آبخوان شناسایی شد. به این صورت که با توجه به هندسه نامتقارن آبخوان می‌توان اظهار داشت که مرز جنوب باختری آبخوان با گسل برناج و حد شمال خاوری آن با گسل بدربان کنترل می‌شود. ستبرای آبخوان دشت، در بخش‌های گوناگون آن مشخص شد؛ به گونه‌ای که ستبرترین بخش آبرفت آبخوان در بخش مرکزی دشت جای دارد و به سوی شمال باختری یا جنوب خاوری و با نزدیک شدن به واحدهای سنگی از ستبرای آن کاسته می‌شود.



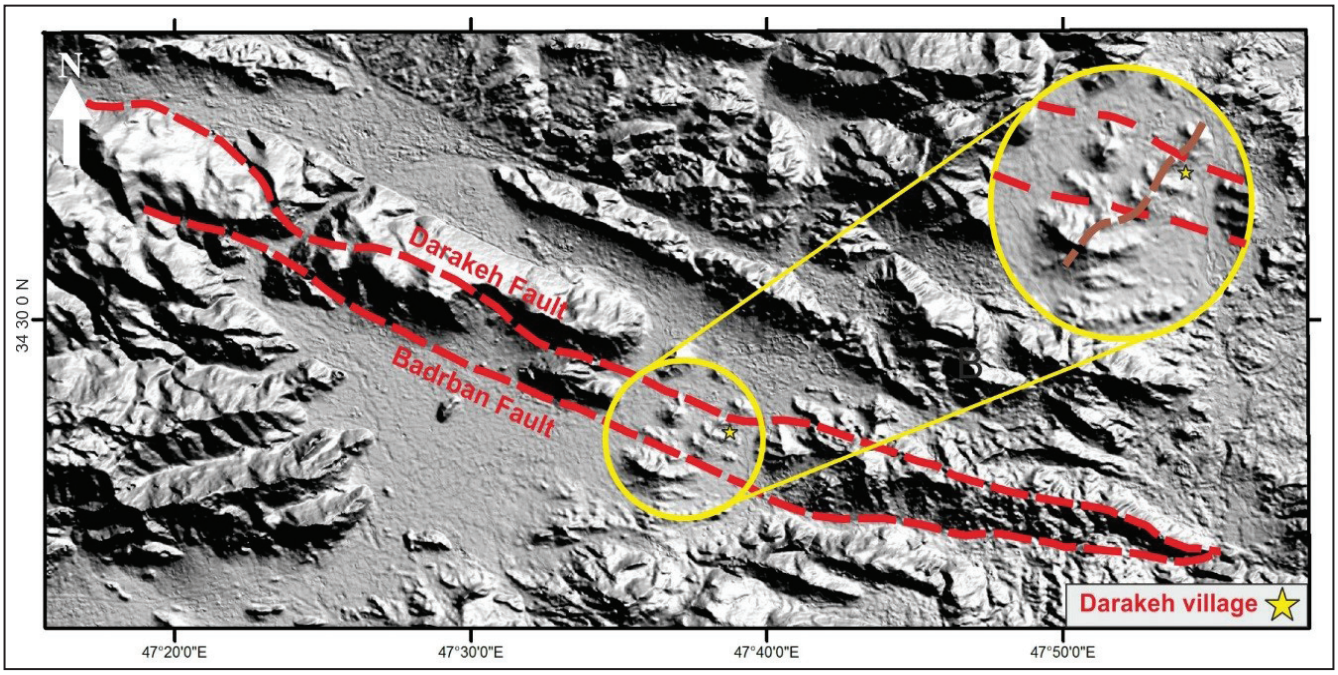
شکل ۱- a) نقشه زمین‌شناسی ساده شده گستره پژوهشی؛ C) نقشه زمین‌ساخت ساده شده از منطقه مورد مطالعه.



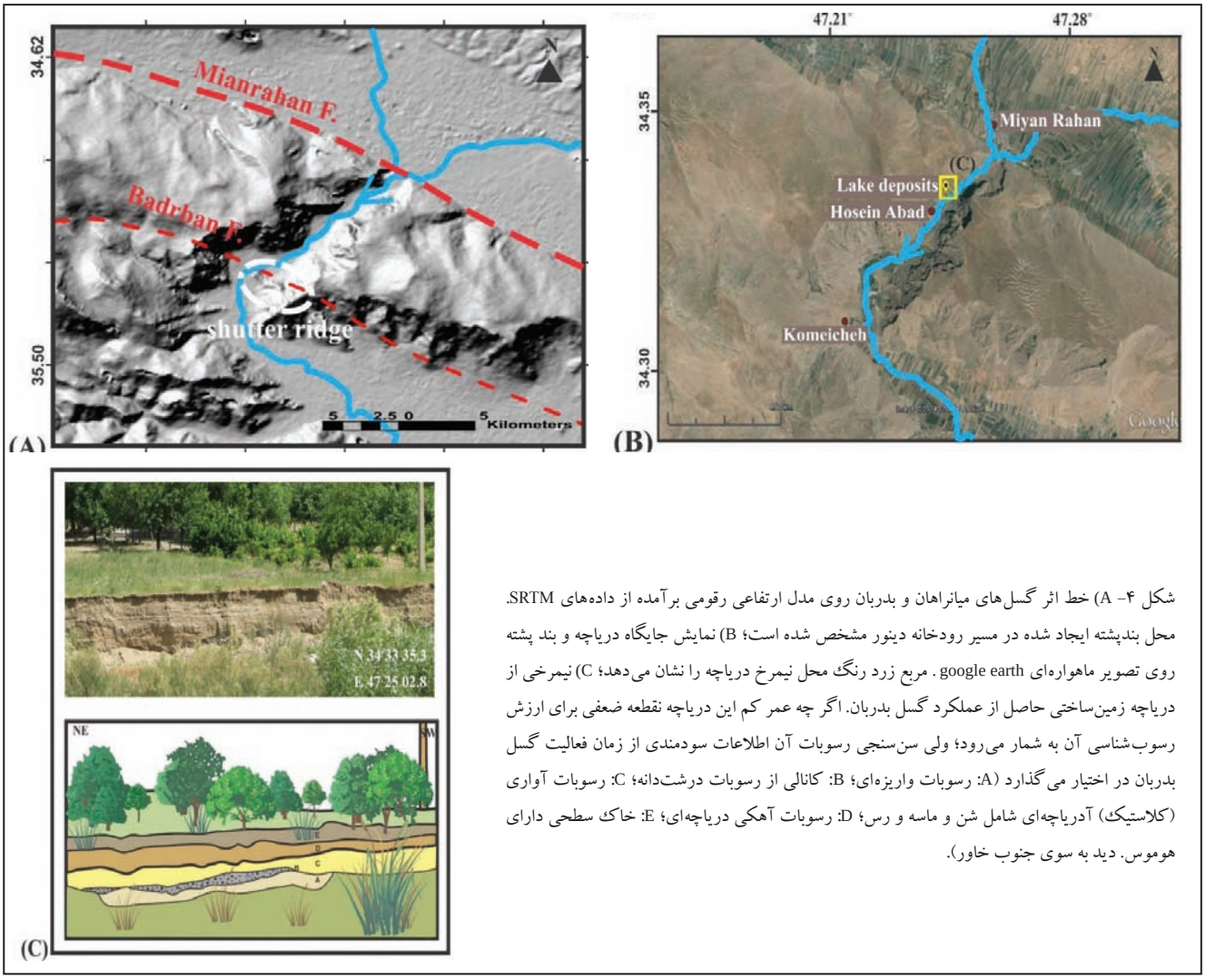
شکل ۱- b) نقشه لرزه‌زمین‌ساخت گستره مورد مطالعه.



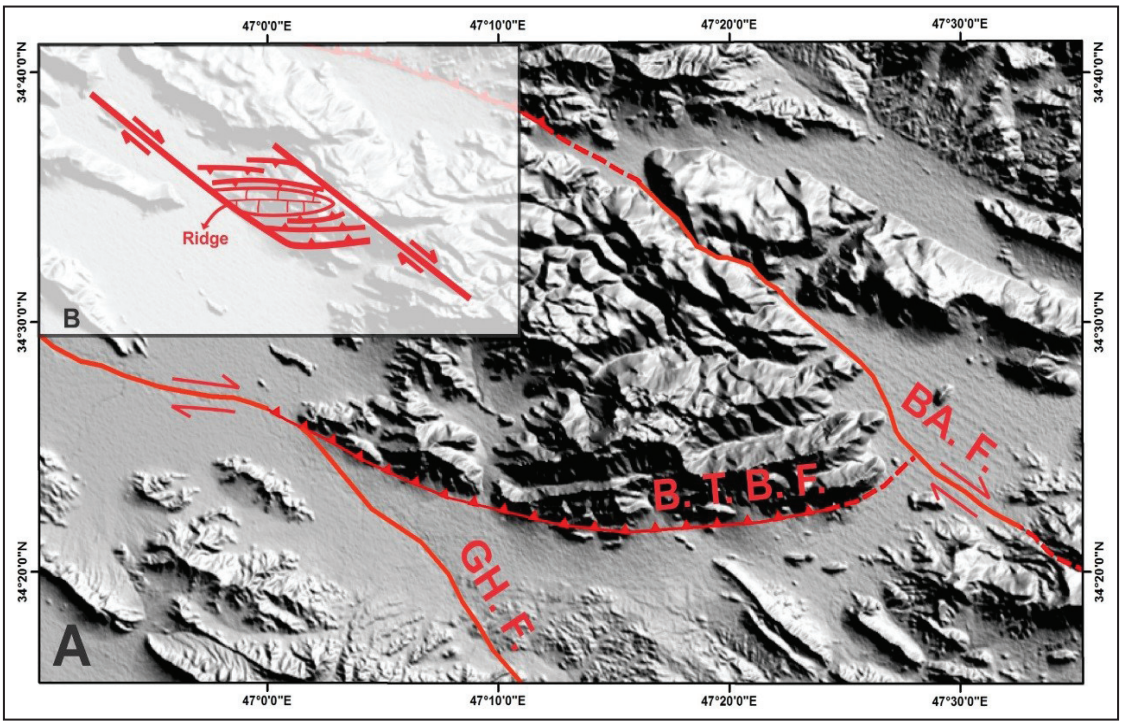
شکل ۲- A) خط اثر گسل میانراهان در تصویر ماهواره‌ای google earth، نشانه (placemark)؛ محل برداشت صفحه گسل؛ B) صفحه استریونت. C و D) شکلی نمادین از مدل رودخانه‌های مایل که در آن دو شاخه از یک رودخانه در سوی شیب هیدرولیکی از محل یک گسل عادی با مؤلفه راستالغز راست‌بر عبور می کنند و در اثر جنبش گسل، رودخانه در فضای ایجاد شده برآمده از پایین افتادن لایه‌ها جریان می‌یابد و سپس به مسیر آغازین خود باز می گردد. این گسل دارای مؤلفه راستا لغز راست‌بر بوده و منطقی است که جابه‌جایی راست‌بر آن بیشتر نمایان و دارای جابه‌جایی چپ‌بر ظاهری باشد؛ E) رخنمون گسل میانراهان که واحدهای سنگ آهکی کرتاسه را بریده است. هندسه چین‌های آویخته تشکیل شده بر اثر حرکت گسل، نمایانگر سازوکار عادی گسل است. دید به سوی شمال باختری (مختصات روی تصویر محل عکس‌برداری است).



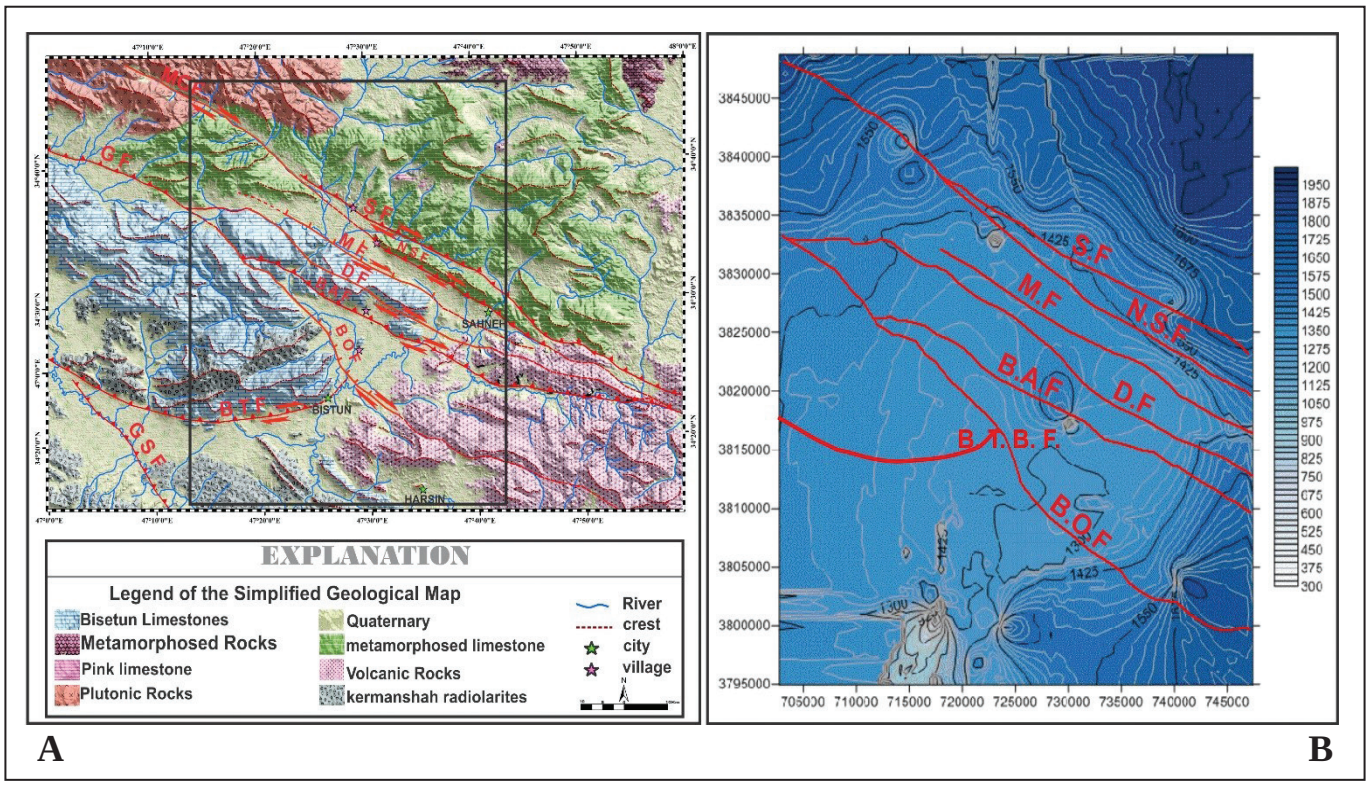
شکل ۳- خط اثر گسل‌های درکه و بدربان روی مدل ارتفاعی رقومی SRTM قدرت تفکیک ۹۰ متر. روی این تصویر بر پایه بی‌هنجاری ایجاد شده و داده‌های ژئوالکتریک موجود در منطقه محل دو گسل پنهان (hidden fault) در دشت خاوری بیستون مشخص شده است. دایره زرد دو ستیغ جابه‌جا شده در اثر جنبش این گسل‌ها را نشان می‌دهد.



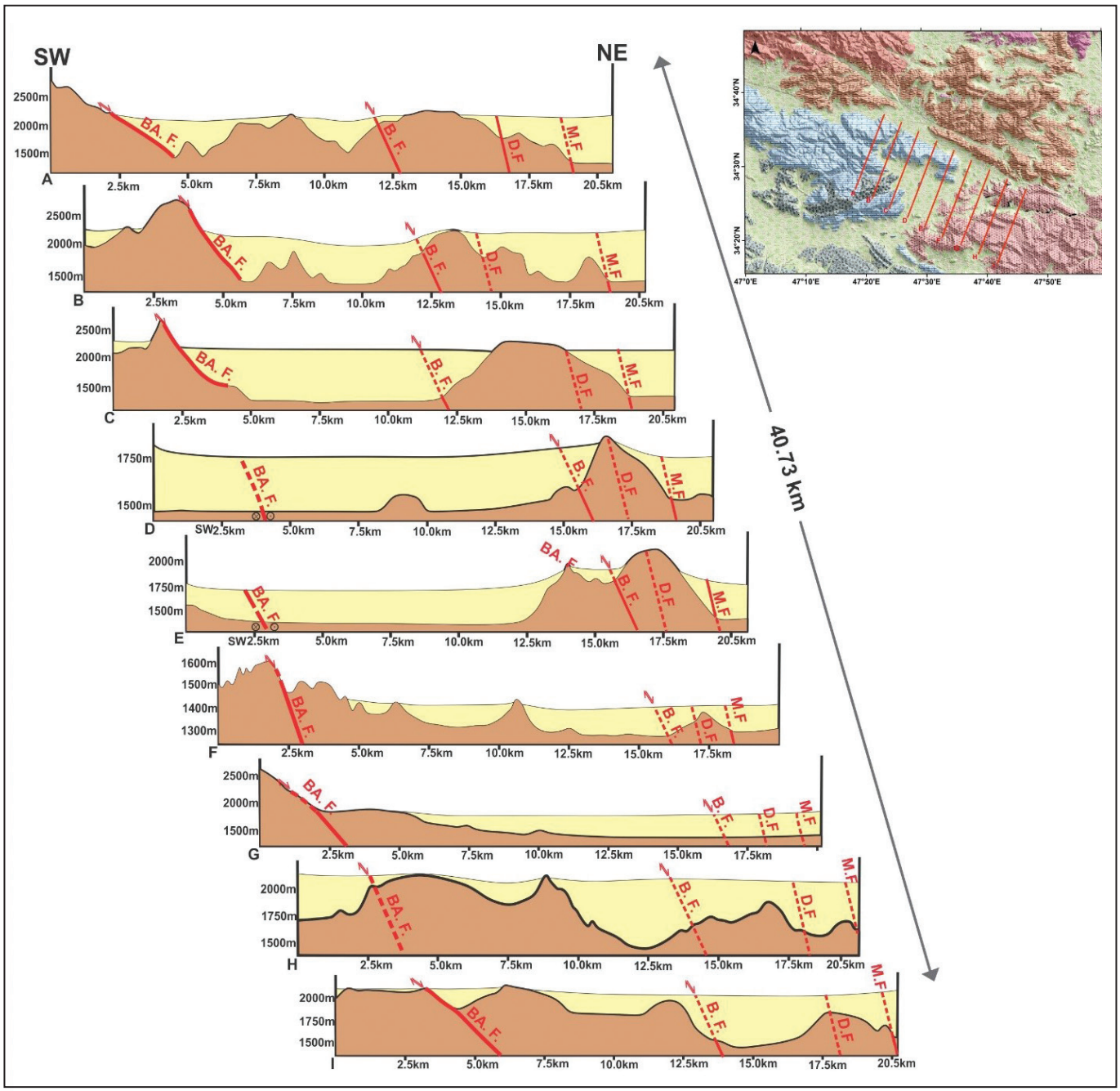
شکل ۴- A) خط اثر گسل‌های میانراهان و بدربان روی مدل ارتفاعی رقومی برآمده از داده‌های SRTM. محل بندپشته ایجاد شده در مسیر رودخانه دینور مشخص شده است؛ B) نمایش جایگاه دریاچه و بند پشته روی تصویر ماهواره‌ای google earth . مربع زرد رنگ محل نیمرخ دریاچه را نشان می‌دهد؛ C) نیمرخی از دریاچه زمین‌ساختی حاصل از عملکرد گسل بدربان. اگر چه عمر کم این دریاچه نقطعه ضعفی برای ارزش رسوب‌شناسی آن به شمار می‌رود؛ ولی سن‌سنجی رسوبات آن اطلاعات سودمندی از زمان فعالیت گسل بدربان در اختیار می‌گذارد (A: رسوبات واریزه‌ای؛ B: کانالی از رسوبات درشت‌دانه؛ C: رسوبات آواری (کلاستیک) آدریاچه‌ای شامل شن و ماسه و رس؛ D: رسوبات آهکی دریاچه‌ای؛ E: خاک سطحی دارای هوموس. دید به سوی جنوب خاور).



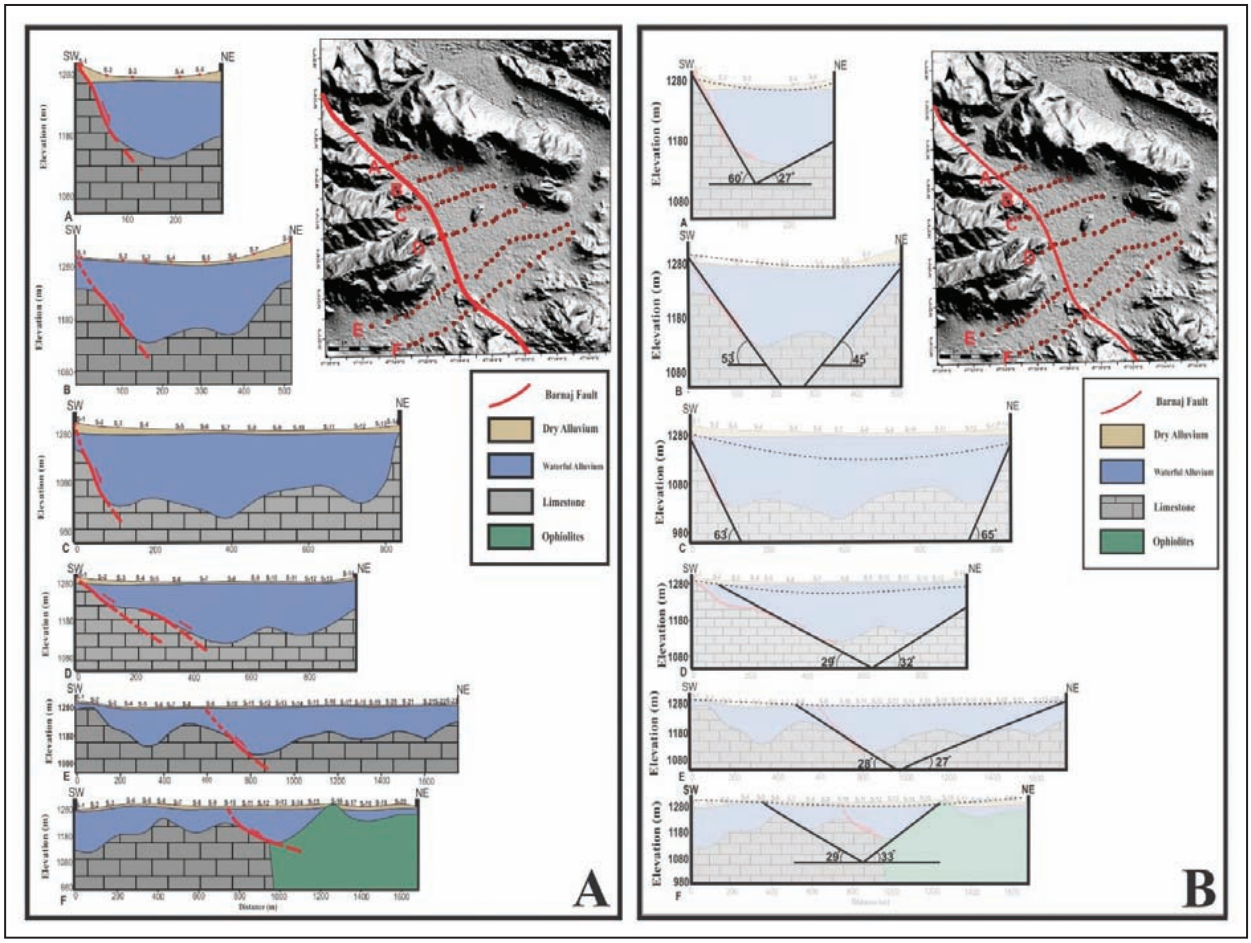
شکل ۵-A) جایگاه گسل های برناج (BA. F)، بیستون- تاق بستان (B.T. F) و قره‌سو (GH. F) روی مدل ارتفاعی منطقه؛ B) مدل هندسی ساده شده‌ای از برهم کنش گسل های گستره پژوهشی.



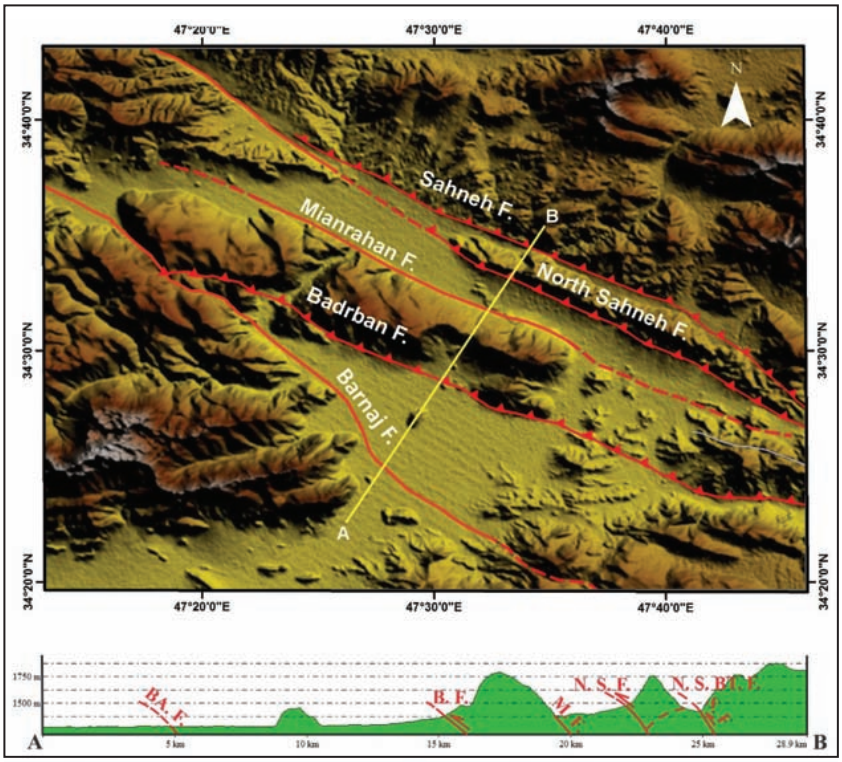
شکل ۶- A) آمیختن نقشه‌های زمین شناسی ساده شده و مدل رقومی زمین برآمده از داده‌های SRTM. مستطیل سیاه نشان‌دهنده جایگاه درون‌یابی سطح ایستابی است؛ B) درون‌یابی سطح ایستابی دشت صحنه- بیستون (نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی) بر پایه داده‌های ۷۰۰ چاه پیزومتریک. S. F: گسل صحنه؛ N.S. F: گسل شمال صحنه؛ M. F: گسل میانراهان؛ D. F: گسل درکه؛ B.F: گسل بدربان؛ BA. F: گسل برناج؛ B. T. B. F:. گسل بیستون- تاق بستان.



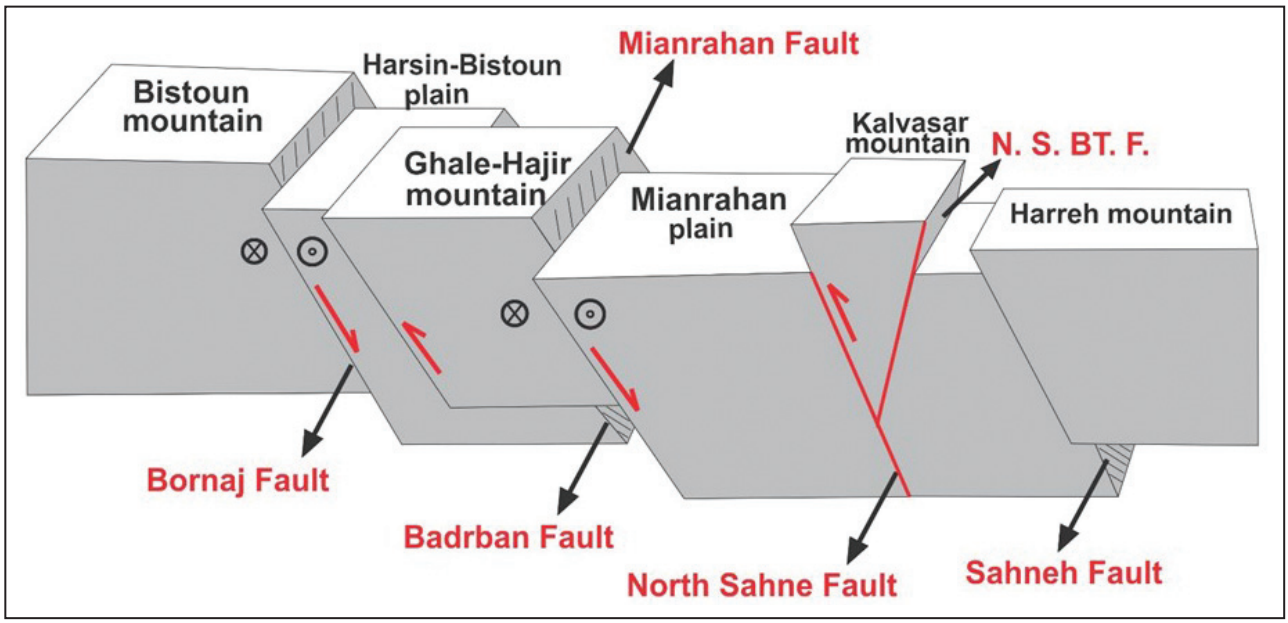
شکل ۷- نیمرخ‌های توپوگرافی از دشت خاوری بیستون درمسافت حدود ۴۰ کیلومترکه ستبرای نهشته‌های کواترنری را در بخش‌های گوناگون نشان می‌دهد. نهشته‌های کواترنری با رنگ زرد و واحدهای سنگی با رنگ قهوه‌ای مشخص شده‌اند. همان‌گونه که در شکل پیداست، در بخش مرکزی دشت، ستبرای نهشته‌های کواترنری بیشتر است.



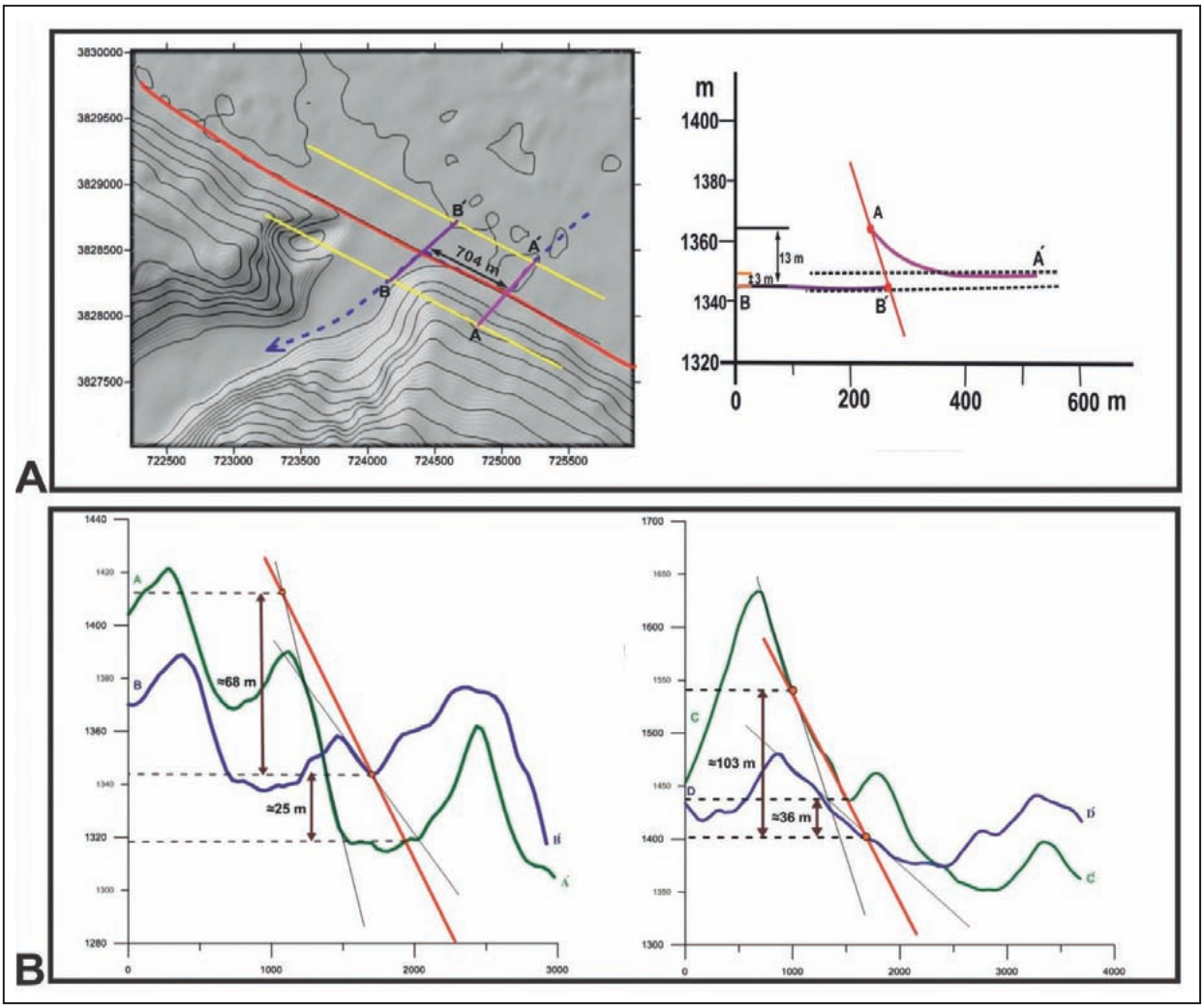
شکل ۸- A) مدل استنباطی بر پایه داده‌های ژئوالکتریکی از دشت هرسین- بیستون؛ B) شیب برآورد شده برای حوضه خاوری بیستون با بهره‌گیری از نیمرخ‌های ژئوفیزیکی. نیمرخ‌های ژئوفیزیکی دشت خاوری بیستون (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کرمانشاه، ۱۳۹۰). گسل برناج برپایه این مطالعات و با تأثیری که بر سنگ کف داشته، شناسایی شده است و نمایش جایگاه نیمرخ‌ها روی تصویر DEM. شیب حوضه به‌طور عمومی از شمال باختر به سوی جنوب خاور روند کاهشی نشان می‌دهد. نبود تقارن در شیب حوضه، برامده از تفاوت در سرعت لغزش گسل‌های جنبا بوده و سبب پیدایش آبخوان سهمی‌شکل شده‌است.



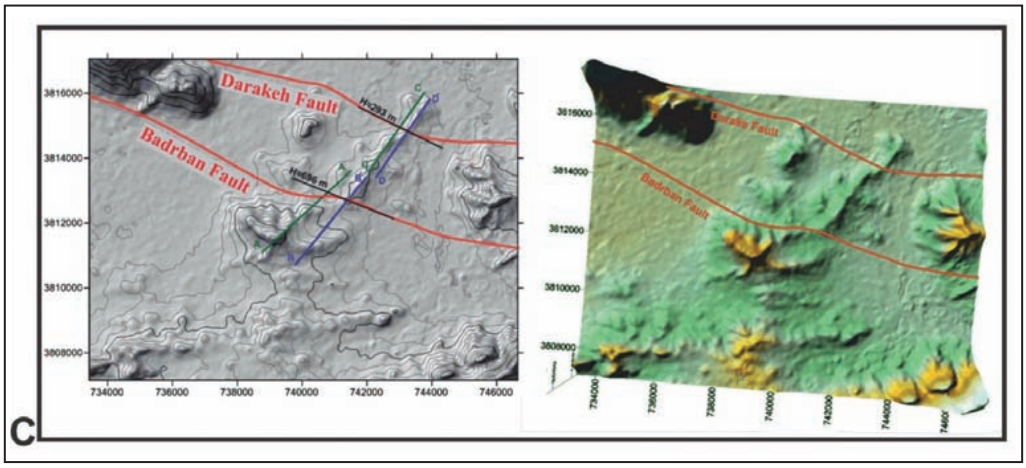
شکل ۹- جایگاه گسل‌های اصلی و کنترل کننده دشت روی مدل ارتفاعی رقومی با توان جدایش ۹۰ متر. محل نیمرخ توپوگرافی AB مشخص شده است.



شکل ۱۰- نمایش سه‌بعدی از چگونگی پیدایش دشت صحنه- بیستون. در این مدل، شیب گسل‌ها و مقدار جابه‌جایی آنها بر پایه مقادیر واقعی رسم نشده‌اند. همه گسل‌ها دارای سازوکار شیب‌لغز و راستالغز هستند. حرکت مورب گسل‌ها، فروافتادگی دشت‌های خاوری بیستون و خاوری میانراهان را پدیدار ساخته است. N.S.F: گسل شمال صحنه؛ N.S. BT. F: پس راندگی گسل شمال صحنه.



شکل ۱۱- برآورد مقدار جابه‌جایی قائم و افقی برآمده از جنبش گسل‌های میانراهان (A)؛ درکه (B)



ادامه شکل ۱۱- برآورد مقدار جابه‌جایی قائم و افقی برآمده از جنبش گسل بدربان (C).

کتابنگاری

بساوند، م.، ۱۳۹۱- گسلش جنبا و نقش آن در شکل‌گیری و هندسه دشت‌ها: پاره‌گسله‌های میاندربند و سنجابی (شمال باختری کرمانشاه) و دشت‌های میاندربند و روانسر- سنجابی، پایان نامه کارشناسی ارشد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۶۰ ص.

شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کرمانشاه، ۱۳۹۰- مطالعات ژئوفیزیک دشت هرسین- بیستون، ۱۹ ص.

References

Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L. and Mouthereau, F., 2005- Convergence history across Zagros (Iran): constraints from collisional and earlier de- formation, Int. J. Earth Sci., 94, 401–419.

Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., Whitechurch, H., Vrielynck, B., Spakman, W., Monie, P., Meyer, B. and Wortel, R., 2011- Zagros orogeny: a subduction-dominated process. Geological Magazine 148, 692–725.

Berberian, M., 1994- Natural Hazards and the First Earthquake Catalogue of Iran: Vol. I. Historical Hazards in Iran Prior to 1900. IIEES, Tehran. 604 pp.

Berberian, M., 1995- Master “blind” thrust faults hidden under the Zagros folds:active basement tectonics and surface morphotectonics. Tectonophysics 241, 193–195.

Braud, J., 1987- Paleogeographique, magmatique et structural de la region Kermanshah. Iran these the etate, universite de Paris farance, 489p.

Eshraghi, A. and Jafarian, M., 1996- Geological Map of Songhor, 1:100000, Tehran, GSI..

Karimi Bavandpur, A., 1999- Geological Map of Kermanshah, 1:100000, Tehran, GSI..

Nazari, H. 2006- Analyse de la tectonique récente et active dans l’Alborz Central et la région de Téhéran: Approche morphotectonique et paléoseismologique. Ph.D. thesis, Univ. of Montpellier II, France.

Shahidi, A. and Nazari, H., 1996- Geological Map of Harsin, 1:100000, Tehran, GSI.

Rafia, R. and Shahidi, A., 1999- Geological Map of Mianrahan, 1:100000, Tehran, GSI.

Whitechurch, H., 2013- Evidence for Paleocene–Eocene evolution of the foot of the Eurasian margin (Kermanshah ophiolite, SWIran) from back-arc to arc:Implications for regional geodynamics and obduction.Lithos 182–183,11–32.

Aquifer geometry of Sahneh-Bisetun plain based on morphotectonic and active faulting, Kermanshah province, Iran

Sh. Chizari[1*], H. Nazari[2], A. R. Karimi Bavandpur[3], M. Fotovat[4] and M. Malek Mahmudi[1]

[1]M.Sc., Research Institute for Earth Science, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

[2]Assistant Professor, Research Institute for Earth Science, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

[3]M.Sc., Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

[4]Ph.D. Student, Department of Basic Studies of Water Resources, Kermanshah Regional Water Authority, Kermanshah, Iran

Received: 2015 September 05 Accepted: 2016 April 25

Abstract

The NW-SE trendingSahneh-Bisetun Plain is located in the northeast of the Kermanshah province, and is extendedmore or less sub-parallel with the Zagros structural zone. The proximity of this plain with the Main Recent Fault (MRF) makes its study more important. In this study, in addition to the identification of the faults affecting the Sahneh-Bisetun Plain, formation of the plain and how it evolved in association with the active surrounding faults have been investigated. The general results of this study show that the geometry and morphology of this plain is affected by the Badrban and Barnaj active and hidden faults. The Sahneh-Bistun basin has been formed as the result of normal movement of the Barnaj fault in east of the Bistun-Tagh Bostan Mountain and thrust mechanism of the Badrban fault. The structural pattern of the aquifer was determined by the study of the interaction of active surrounding faults controlling the Quaternary basin and by using geo-electric data and qualitative analysis. Thickness ofaquifer in different parts of the plain was also measured. It indicates that the thickest part of the alluvium is located at the center of the plain and thins towards the surrounding rock units in the northwest or southeast.

Keywords: Active Faulting, Hidden Fault, Remote Sensing data, Geomorphotectonics, Extensional Basin, Aquifer, Harsin-Bisetun Plain.

For Persian Version see pages 197 to 206

*Corresponding author: Sh. Chizari; E-mail:shirin_chizari@yahoo.com