

گسلش و مورفوتکتونیک در زون بخاردن-قوچان

جواد بیگلری

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، شاهرود

عباس کنگی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، شاهرود

عبدالرضا جعفریان

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، شاهرود

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۹

tectogeology@gmail.com

چکیده

زون گسل بخاردن-قوچان در فاصله ۱۵۰ کیلومتری شمال شرق مشهد از برجسته ترین چهره های توپوگرافی- ساختمانی مرکز کپه داغ در بین شهرهای قوچان، شیروان و بجنورد است. مجموع گسل های امتداد لغز- راستگرد قوچان، باغان- گرماب، شیروان و غلامان- سومبار با روند شمال غرب-جنوب شرقی از مهم ترین گسل های این زون بوده که فعالیت نوزمین ساختی آنها در نهشته های کواترنری قابل ردیابی است. انتهای این گسل ها به صورت رورانده است. طبق شواهد دورسنجی و میدانی این جنبش ها می توان در ایجاد پدیده های مورفوتکتونیکي مانند برخاستگی و برش پادگان های رودخانه ای، جابجایی آبراهه ها و تقطیع، برش و جابجایی رسوبات کواترنری مخروط افکنه ای مشاهده نمود. تراکم بالای پراکنده ای زمین لرزه ها در پایانه گسل های قوچان و باغان و گرماب می باشد.

کلمات کلیدی: زون تکتونیکي بخاردن، قوچان، تکتونیک فعال، گسلش، مورفوتکتونیک، ژئومورفولوژی

مقدمه

زیادی برای نیش مجدد گسل های قدیمی غیرجنبا نیز وجود دارد لذا احداث هرگونه سازه ای بر روی آنها ایجاد برش (Shear) خواهد داشت (Tchalenko, 1975; Vernant, Nilforoushan, Masson and Tavaloli, 2004). زون بخاردن-قوچان در قسمت مرکزی کپه داغ در محدوده عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی قرار دارد. مرز جنوبی آن رشته کوه بینالود و زون تراستی- انتقالی مشکان (MTZ)، مرز شرقی آن گسل حریررود در افغانستان و دره کشف رود و مرز غربی آن فرورفتگی دریای خزر می باشد (درویش زاده، ۱۳۸۰؛ آقابیاتی، ۱۳۸۳ و Shabaniyan, Benedetti and Abbassi, 2009) (شکل ۱).

زمین شناسی

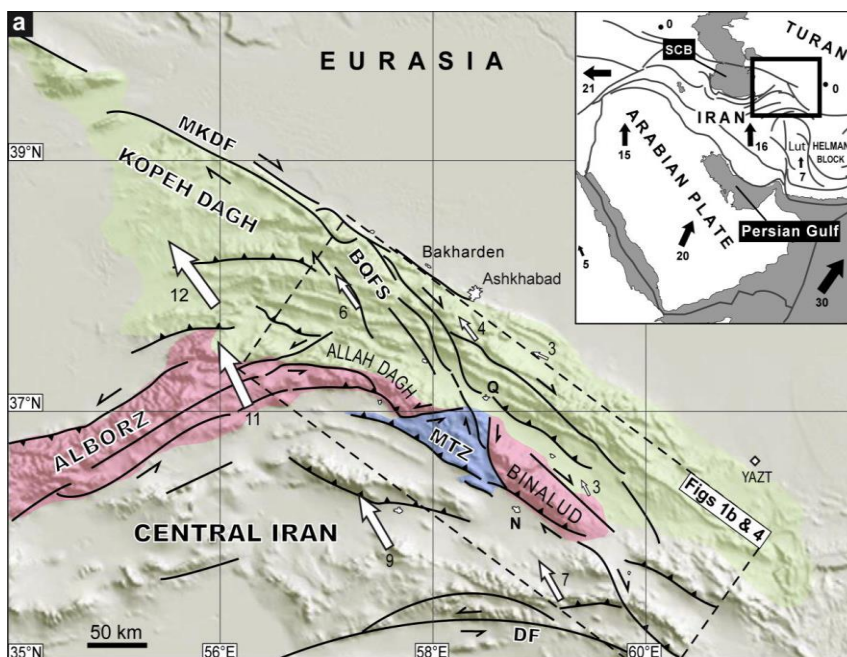
زمین شناسی زون بخاردن-قوچان

زون بخاردن-قوچان در قسمت مرکزی حوضه رسوبی کپه داغ همراه با حوضه آمودریا به صورت یک حوضه بین قاره ای بزرگ در جنوب ترکمنستان حاشیه جنوب غربی پوسته قاره ای توران شکل گرفته و دارای پی سنگ دگرگونی هرستین است و از توالی رسوبات دریایی همشیب و کامل سنگ های رسوبی مزوزوئیک-ترشیری تشکیل شده است که شامل سنگ های آهک، ماسه سنگ، شیل و مارن بوده که بعد از تریاس تا الیگوسن و اواخر نئوزن در یک محیط دریایی کم عمق انباشته شده اند و یکی از پیامدهای سیمیرین پیشین دوران مزوزوئیک است ولی فاقد پوسته اقیانوسی می باشد و ضخامت زیاد رسوبات مزوزوئیک نشان می دهد به طور پیوسته در حال فرو نشست و و ریفت شدگی بوده است (Stocklin, 1968; Falcon, 1974; Alavi, 1992). همگرایی صفحات عربی-اوراسیا و آغاز همگرایی بلوک های ایران-توران در پالئوسن آخرین فاز کوهزایی آلپی رسوبات چین خورده و برخاستگی این زون را در مرکز حوضه کپه داغ به همراه داشته است. سطوح جدایشی محلی (Detachment)

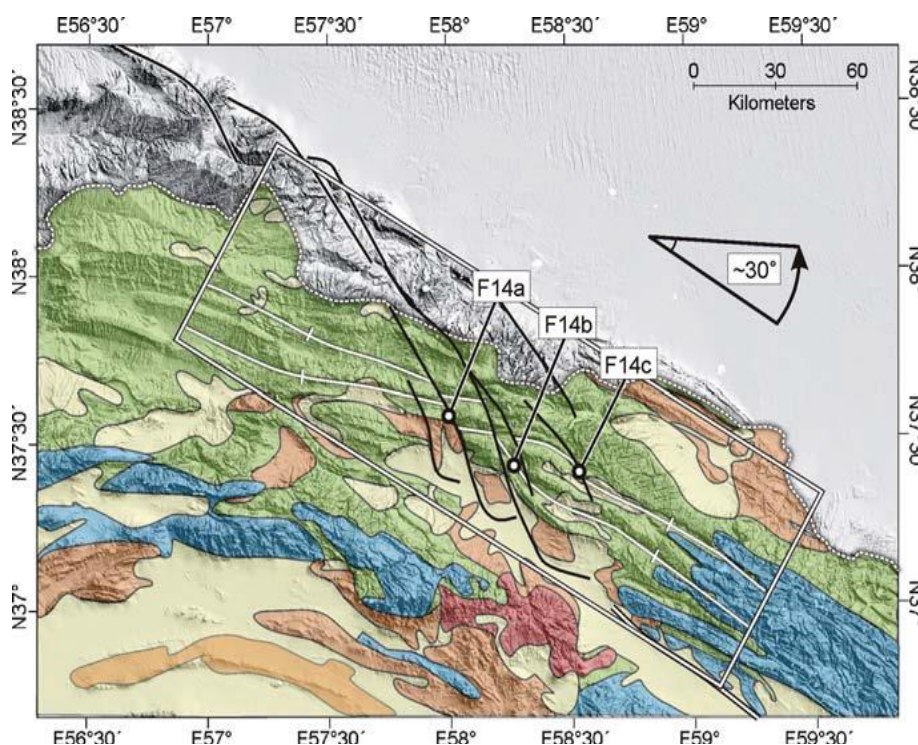
ژئودینامیک ایران بوسیله همگرایی صفحات عربستان- اوراسیا از زمان بسته شدن حوضه های پالئوتیتیس شروع و تا حال کنترل می شود (Stocklin, 1968). این پهنه دگربرختی فعال به طول ۶۰۰ کیلومتر در مرز شرقی پهنه برخوردی عربی- اوراسیا گسترش دارد و پلتفرم توران را از فلات ایران مرکزی جدا می کند. زون بخاردن-قوچان در مرکز کمربند کوهزایی کپه داغ به طول ۳۵۰ کیلومتر گستره تکتونیکي چین-رانده فعالی را در شمال شرق ایران تشکیل می دهد. فلات ایران بواسطه گسلش فعال در میان کمربند کوهزایی آلپ- هیمالیا بیانگر تراکم بسیار زیاد گسل های جوان است (Berberian, 1976; Afshar harb, 1979). بواسطه گیر افتادن فلات ایران حرکت در بخش شرقی زون برخوردی عربی ابتدا در امتداد چندین گسل معکوس با مولفه های بزرگ راستالغز- مایل در نزدیکی زون برخوردی و سپس به صورت گسلش تراستی به سمت ایران مرکزی خود را نشان می دهد. گسل های زون بخاردن-قوچان شامل گسل های پی سنگی با روند شرقی- غربی که در زمان رسوب گذاری فعال بوده اند و گسل های امتداد لغز- راستگرد با روند شمال شمال غرب- جنوب جنوب شرقی که در طی فاز کوهزایی فعال شده اند (Jackson and Mckenzie, 1984; Lybris and Manby, 1999; Berberian and Yeats, 2001). تعیین میزان کوتاه شدگی شمال شرق ایران را براساس اطلاعات GPS. ۷ میلی متر در سال ارزیابی نموده اند (Vernant, Nilforoushan, Masson and Tavakoli, 2004). در حالی که با بازسازی کراس سکشن ها این میزان را ۱۶ میلی متر در سال محاسبه نموده اند (Lybris and Manby, 1999). سازوکار و فعالیت گسل های کواترنری در زون بخاردن-قوچان با تغییر شکل ها و فرآیندهای مختلف مورفوتکتونیکي و مخاطرات ژئومورفولوژیکي ایجاد شده در منطقه مورد مطالعه ارتباط مستقیم داشته و حاکی از جنبه بودن این گسل ها می باشد و احتمال

سرچشمه، سنگانه، اتامیر، آبدراز، پستلیق، چهل کمان، خانگیران، نهشته های
 نئوژن و رسوبات کواترنری می باشد (Berberian, 1976; Lybris and Manby, 1999) (شکل ۲).

درون تبخیری های ژوراسیک وجود دارد ولی فاقد سطوح جدایشی اصلی ناحیه
 ای بزرگ مقیاس (Decollement) می باشد و اکثر چین های فعال
 سنوزوئیک بر روی فرادیواره گسل های پی سنگی توسعه یافته اند. مهم ترین
 سازندهای این زون عبارتند از کشف رود، چمن بید، مزدوران، شوربچه، تیرگان،



شکل ۱- نمایش نقشه ساده شده گسل های شمال شرق ایران. (BQFS) سامانه زون گسل بخاردن-قوچان، (MTZ) زون تراستی انتقالی مشکان (Shabaniyan, 2009).



شکل ۲- نقشه توپوگرافیک زون بخاردن-قوچان که بوسیله نقشه زمین شناسی رویهم قرار گرفته اند.

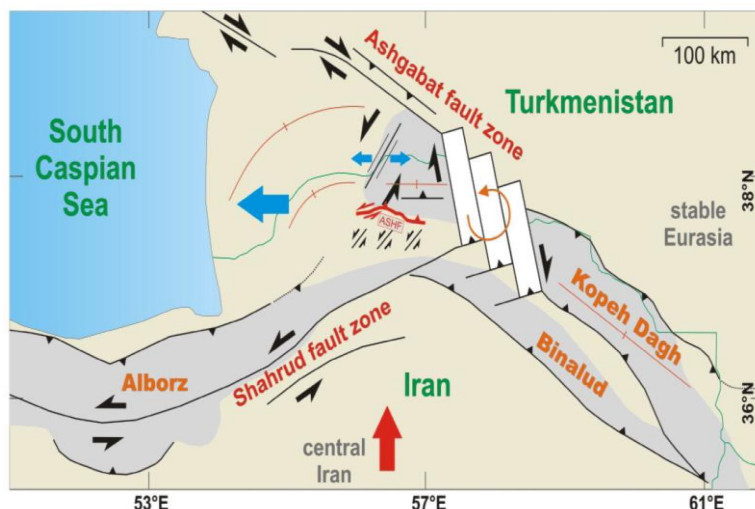
دولومیت ها، سنگ های آهک ژوراسیک. مارل ها، سنگ های آهک کرتاسه. ماسه سنگ ها، گل و لای و گنگلومراهای تریسیری. پوشش رسوبی- آبرفتی کواترنر. مستطیل سفید
 رنگ نمایش دهنده محدوده تقریبی ناحیه گسل بخاردن- قوچان و گسل های امتدادلغز-راستگرد با بزرگترین جایجای های داخل آن. زمین شناسی امتداد لایه های کبه داغ موازی رشته کوه ها
 می باشد که بعنوان مجموعه ای از تاقدیس ها توضیح داده شده است. خطوط سفید رنگ نشان دهنده تاقدیس های کرتاسه (سنگ های آهک تیرگان) که امتداد آن از سرتاسر کل لایه می گذرد.
 این جا بجایی بین گسل های امتدادلغز- راستگرد اصلی و چرخش های ۲۰ - ۳۰ درجه خلاف عقربه های ساعت است (سازمان زمین شناسی مشهد، ۱۳۹۵).

روش مطالعه

در این تحقیق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، شواهد سنجش از دور GIS، اندازه گیری‌های انجام شده به کمک ایستگاه‌های GPS، اطلاعات نقشه-های توپوگرافی (SRTM) و ترکیب آنها با عکس‌های هوایی و مشاهدات مستقیم میدانی به شناسایی گسل‌ها، قطع و جابجایی ناگهانی واحدهای سنگی، تغییر مسیر آبراهه‌ها و وجود پرتگاه‌ها و یا وجود پوشش‌های گیاهی در مسیر خاص اقدام شده است که ما را قادر به شناسایی الگوها و زمان‌های تغییر شکل و جابجایی رسوبات آبرفتی مخروط افکنه‌ها بر روی گسل‌های این زون کرده است. با هم‌ترازی و در یک خط قرار دادن اثر محور تغییر شکل یافته مخروط‌ها در هر دو طرف گسل‌ها محور اولیه مخروط‌ها بازسازی شده است که در نواحی فعال تکتونیکی به واسطه جابجایی‌های افقی و عمودی دچار کجی و تغییر شکل شده‌اند.

گسلش در زون بخاردن-قوچان

در زون بخاردن-قوچان سامانه گسل‌های امتداد لغز-راستگرد با روند غرب شمال‌غرب-شرق جنوب‌شرق وجود دارد که تحت آرایش ریدل (Riedel) شکل گرفته‌اند و الگوی تغییر شکل‌ها را کنترل می‌کنند که پس از چین‌خوردگی فعال شده‌اند (Lybris and Manby, 1999). چین‌ها توسط گسل‌های امتداد لغز مایل-راستگرد (Post Alpine) بریده و جابه‌جا شده‌اند (Tchalenko, 1975). در این زون کوتاه شدگی شمالی-جنوبی همراه با راندگی و چرخش خلاف عقربه‌های ساعت برخی بلوک‌ها سبب کشش شرقی-غربی شده و حرکت گسل عشق آباد به سمت غرب در شمال‌شرق و حرکت گسل چپرگرد شاهرود در جنوب شرق نقش مهمی داشته‌اند (Bretis and Conradi, 2012). مهم‌ترین گسل‌های این زون تکتونیکی عبارتند از گسل اصلی عشق آباد، گسل قوچان، گسل باغان-گرماب، گسل شیروان و گسل غلامان-سومبار می‌باشند (شکل ۳).



شکل ۳- مدل تکتونیکی رشته کوه‌های کپه داغ، بینالود، زون گسلی شاهرود و جنوب‌شرق دریای خزر (Bretis and Conradi, 2012).

گسل اصلی عشق آباد

این گسل با طول ۳۵۰ کیلومتر بین کپه داغ و سکوی توران نزدیک عشق آباد و شهر بجنورد قرار دارد. گسلی امتداد لغز-راستگرد با بردارهای لغزشی شمال-شمال‌شرق به صورت مورب نسبت به روند اصلی کپه داغ می‌باشد و از سه قطعه همپوشان تشکیل شده که نسبت به یکدیگر مقداری جابجایی دارد و طول آنها از شمال‌غرب-جنوب‌شرق کوتاه می‌شود که در شمال‌غرب به گسل کور تبدیل می‌شود. این گسل مسئول لرزه مخرب ۱۹۴۸ عشق آباد با بزرگی $M_s = 7/2$ می‌باشد (Lyberis and Manby, 1999) (شکل ۴).

سامانه گسل قوچان

این گسل به طول ۱۳۴ کیلومتر با سازوکار امتداد لغز-راستگرد بوده که انتهای خمش راندگی آن در دره اترک نزدیک شهر قوچان می‌باشد. این گسل چین‌های اولیگو-میوسن را جابجایی راستگرد ۱۵ کیلومتر به طور مایل در سنگ بستر چین خورده کپه داغ بریده است و مسئول زلزله‌های مخرب سال-های ۱۸۹۳ و ۱۸۹۴ با بزرگی $M_s = 7/2$ می‌باشد (Shabanian, 2009) (شکل ۴).

سامانه گسل باغان-گرماب

این گسل با راستای شمال، شمال‌غرب-جنوب، جنوب‌شرق در شمال‌شرق شهرستان شیروان تا غرب شهرستان فاروج به طول بیش از ۱۰۰ کیلومتر

موازی با گسل قوچان قرار دارد. گسل امتداد لغز-راستگرد بوده که جابجایی ۸/۵ کیلومتر را در سنگ بستر و چین‌ها باعث شده و مسئول زمین‌لرزه مخرب سال ۱۹۳۱ باغان-گرماب با بزرگی $M_s = 7/1$ می‌باشد (Hollingsworth, 2006, Shabanian, 2009) (شکل ۴).

سامانه گسل شیروان

این گسل به طول ۳۵ کیلومتر با سازوکار امتداد لغز-راستگرد با راستای شمال-غرب-جنوب‌شرق در شمال شهرستان شیروان قرار دارد و موازی با گسل‌های قوچان و باغان می‌باشد که کوه‌ها را به سمت دره اترک بریده و به رودخانه اترک می‌ریزد. عامل اصلی زمین‌لرزه‌های شهر شیروان می‌باشد (Hollingsworth, 2006) (شکل ۴).

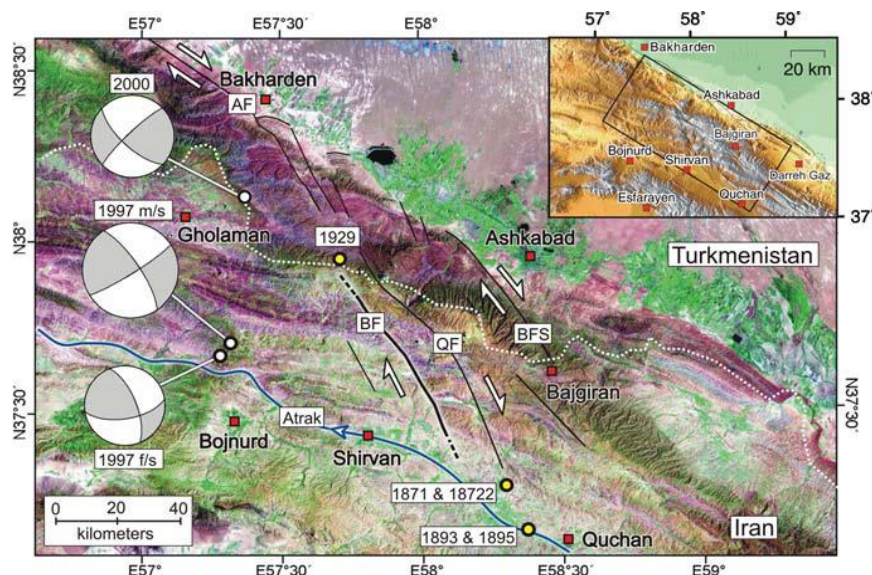
سامانه گسل غلامان-سومبار

این گسل به طول ۸۵ کیلومتر با سازوکار امتداد لغز-راستگرد و با راستای شمال‌غرب-جنوب‌شرق در سرتاسر شهر غلامان نزدیک مرز ایران-ترکمنستان قرار دارد. باعث جابجایی‌های راستگرد و تخریب شهر غلامان توسط زمین‌لرزه مخرب سال‌های ۸۱۰ میلادی با بزرگی $M_s = 6/5$ و سال ۲۰۰۰ با بزرگی $M_w = 5/4$ می‌باشد (Hollingsworth, 2006) (شکل ۴).

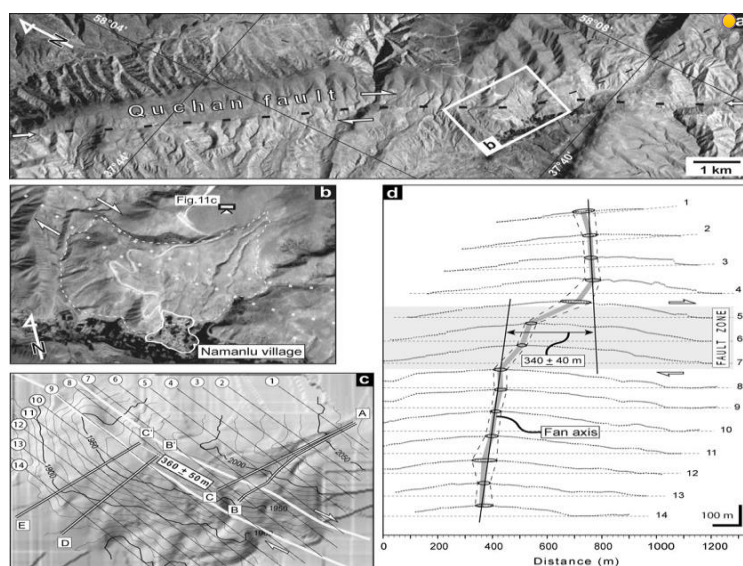
مورفوتکتونیک در زون بخاردن - قوچان

متأسفانه در ایران چینه‌شناسی کواترنری و روش‌های مورفوتکتونیک-ژئومورفولوژیکی در مطالعه گسل‌های فعال چندان به کار گرفته نشده و مراحل اولیه خود را طی ند. شناخت گسل‌های فعال کواترنری در این زون ضروری می‌باشد زیرا این گسل‌های فعال به دو دسته گسل‌های توانمند و گسل‌های خزشی تقسیم می‌شوند که گسل‌های توانمند دارای توان ایجاد زمین‌لرزه‌های محسوس هستند ولی گسل‌های خزشی بدون ایجاد زمین‌لرزه‌های محسوس می‌باشند. بنابراین انتظار م‌رود چنین گسل‌های توانمند در آینده دچار جنبش دوباره شده و در سازه‌هایی که بر روی آنها قرار می‌گیرند ایجاد برش نمایند. انتهای تمامی گسل‌های زون بخاردن- قوچان به صورت روزانه بوده که توسط برخاستگی و برش پادگانه‌های رودخانه‌ای کواترنری، تقطیع و جابه‌جایی پنجه‌های آبرفتی مخروط افکنه‌ها مانند مخروط افکنه نمانلو و مخروط افکنه زاکرانلو، جابه‌جایی و انحراف رودخانه‌ها توسط پشته‌های مسدودکننده

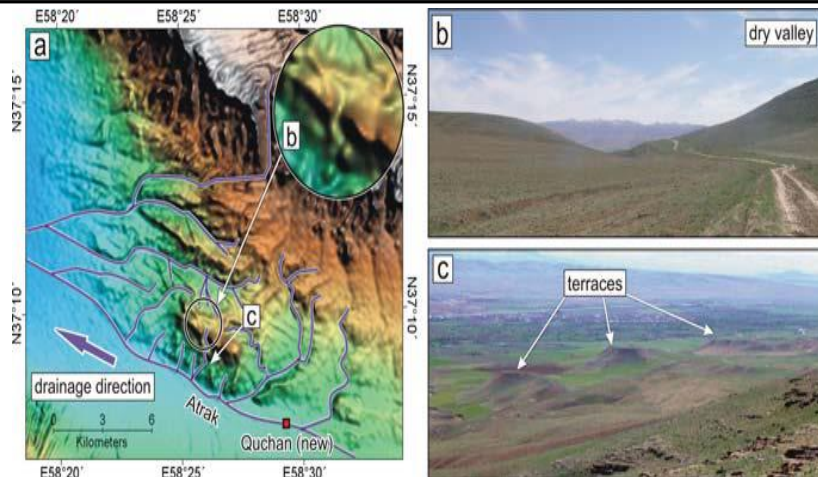
(Shutter ridge)، جا به جایی تونل قنات‌ها و بهم ریختگی سازندها مشخص می‌شوند (شهیدی و نظری، ۱۳۹۲؛ Shabanian, 2009; Benedetti and Abbassi, 2009; Bretis and Conradi, 2012). با بازگرداندن مخروط افکنه‌های نمانلو و زاکرانلو به حالت اولیه با استفاده از همترازی و در یک خط قرار دادن اثر محور تغییر شکل یافته مخروط‌ها در هر دو طرف گسل محور اولیه آنها را بازسازی کرده و همچنین می‌توان با استفاده از خطوط همتراز منحنی‌های میزان توپوگرافی که کمان‌های هم مرکزی هستند و مراکز انحنای خودشان را در راس مخروط دارند، نقطه راس اولیه مخروط را مکان‌یابی نموده و با جورشدگی خطوط تراز مخروط‌ها با کمان‌ها می‌توان شعاع آنها را بازسازی کرده و مکانی رأس مخروط را در زمان نهشته شدن تعیین کرده و می‌توانیم میزان جابجایی‌های صورت گرفته در امتداد محور اولیه مخروط‌ها را تخمین بزنیم (شکل‌های ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱).



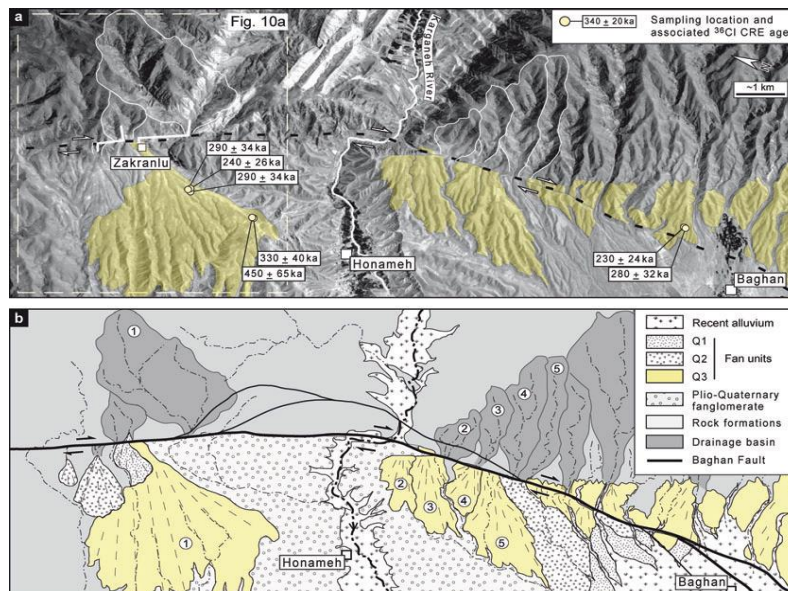
شکل ۴- تصویر زون بخاردن-قوچان در مرکز کپه داغ: (AF) سامانه گسل اصلی عشق آباد-کپه داغ، (BF) سامانه گسلی باغان، (QF) سامانه گسلی قوچان، (BFS) سامانه گسلی باجگیران. رو مرکز زلزله‌های ۱۵۰ سال گذشته. (f/s) پیش‌لرزه‌ها، (m/s) زلزله‌های اصلی. (Hollingsworth, 2006).



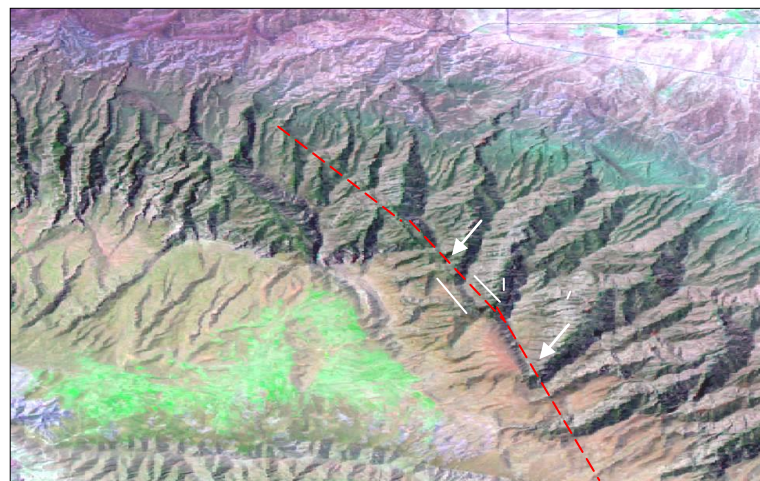
شکل ۵- (a, b) مخروط افکنه نمانلو در طول گسل قوچان تغییر شکل یافته است. (c) نقاط GPS حول محورهای X, Y, Z خطوط شماره‌دار نشان‌دهنده نیم‌رخ‌های عرضی توپوگرافی مورد استفاده در بازسازی شکل اولیه مخروط، خطوط دوتایی محل نیم‌رخ‌های طولی و مقدار جابجایی بازیافت شده 360 ± 50 متر. (d) محل دقیق محور بازسازی شده مخروط نمانلو براساس نیم‌رخ‌های توپوگرافی سرتاسر مخروط با جابجایی راستگرد 340 ± 40 متر در طول گسل قوچان. (Shabanian, 2009).



شکل ۶- (a) تاقدیس قوچان با زهکشی رودخان‌ها به سمت جنوب درون دره اترک و زهکشی جریان به سمت غرب درون دریای خزر. (b) دره خشک متروک روی ستیغ تاقدیس قوچان بواسطه بالآمدگی تاقدیس. (c) نمای جنوب غرب بالای تاقدیس قوچان جایی که برخاستگی برش‌های سنگ آهک پادگان‌های آبرفتی در طول جنوبی جلوی تاقدیس قوچان حاکی از جنب بودن گسل قوچان است. (Hollingsworth, 2006).



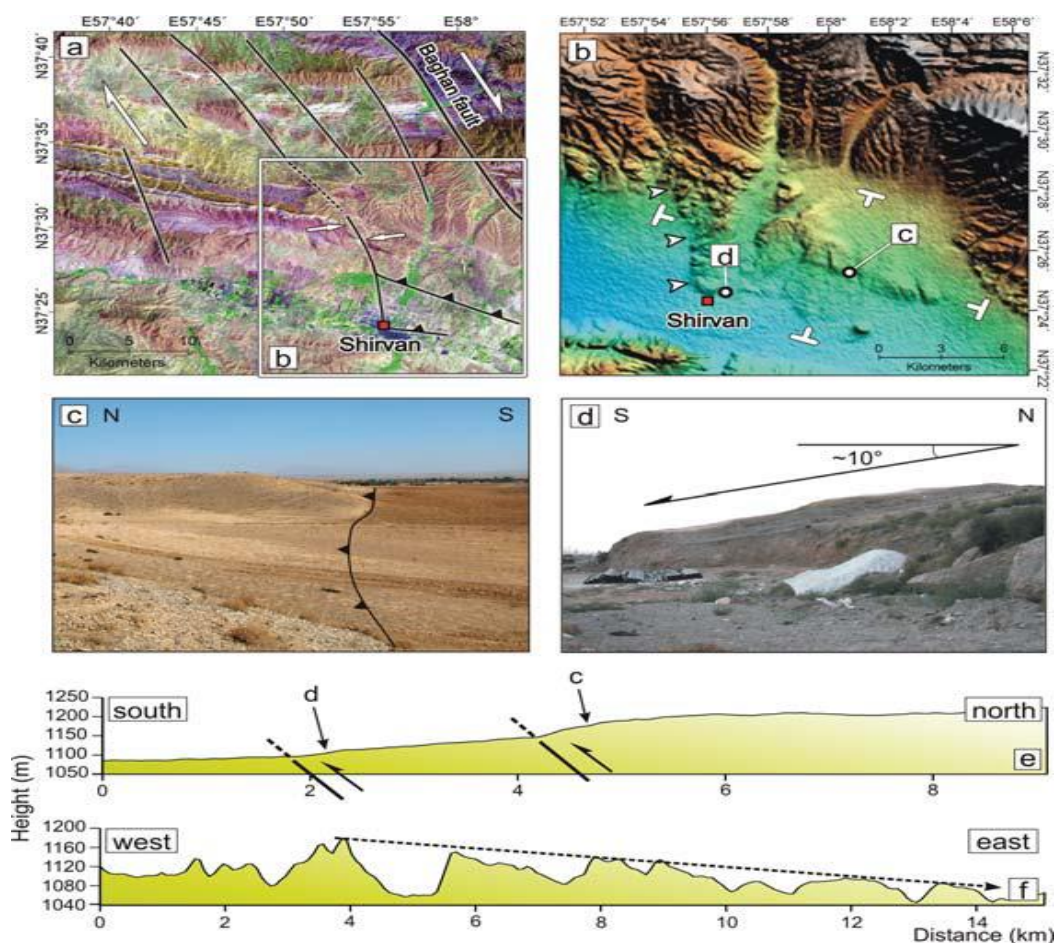
شکل ۷- (a) داخل کادر مربع خطوط منقطع منطقه هونامه و مخروط افکنه زاگرانلو، رودخانه کارگانه و چهره‌های ژئومورفولوژی جایجا شده در طول گسل باغان همراه با جبهه کوهستان با شیب تند بواسطه مجموع جایجایی‌های راستگرد گسل باغان. (b) نقشه مورفوتکتونیک منطقه هونامه با جایجایی سطوح سه واحد مخروط افکنه متروک در طول گسل و پنج مخروط شماره-دار متعلق به واحد Q₃ می‌باشند با حوضه آبریز تغذیه‌کننده اصلی خود در حال حاضر ارتباطی ندارند. (Shabanian, 2009).



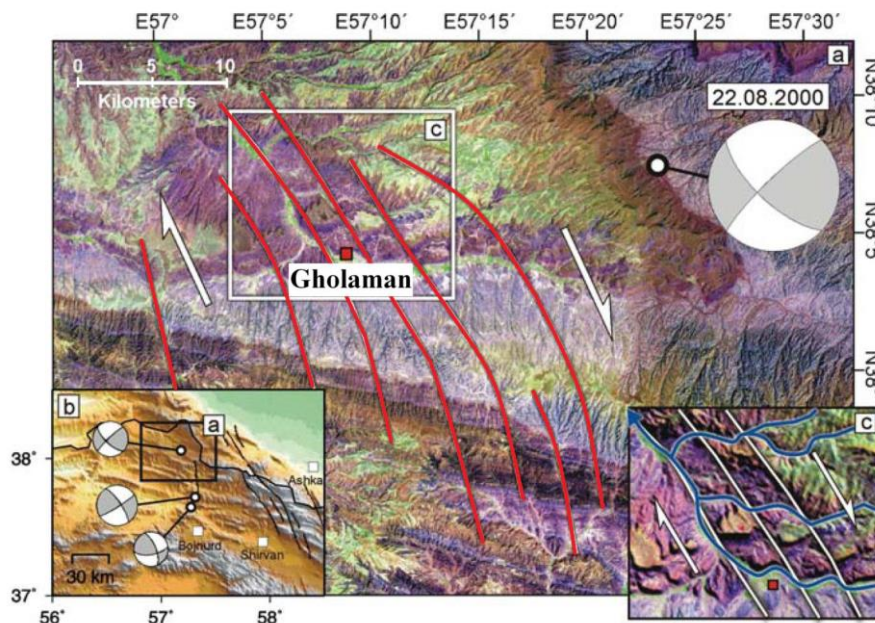
شکل ۸- ایجاد پشته‌های مسدود کننده در مسیر آبراه‌ها در داخل زون گسلی قوچان - بخاردن. (شهیدی و نظری، ۱۳۹۲).



شکل ۹- عملکرد زون گسل باغان-گرما در شرق روستای کدوگانلو سازندهای آبدراز (لایه‌های آهکی سمت راست) و سنگانه (شیل‌های سبز تیره سمت چپ) در یک افق زمانی بطور همبر با یکدیگر قرار داده است. (سازمان آب منطقه‌ای خراسان شمالی، ۱۳۹۵).



شکل ۱۰- (a) مجموع گسل‌های شیروان در غرب گسل باغان و جای‌جای‌های راستگرد پلکانی در سنگ آهک‌ها و مارل‌های سازند آبدراز-کرتاسه. (b) توپوگرافی اطراف شیروان، پیکان‌های سفید نشان‌دهنده لبه بریدگی‌ها و حفر عمقی رودخانه‌ها توسط حرکات امتدادلغز شمالی-جنوبی گسل شیروان ایجاد شده‌اند و تا جنوب شیروان ادامه دارند جایی که به درون گسل راندگی کور با راستای شرقی-غربی و راندگی ۳ (Km) در توپوگرافی شمال شیروان. (c) نمای شرقی پرتگاه بزرگتر بخش شمالی گسل و ناحیه مسطح سمت چپ برخاستگی پادگانه آبرفتی. (d) نمای غربی شیب جنوبی پادگانه آبرفتی روی پهلوی جنوبی راندگی جنوب شیروان. (e) نیمرخ شمالی-جنوبی توپوگرافی چین‌های تشکیل شده توسط راندگی‌های کور شرقی-غربی گسل شیروان. (f) نیمرخ شرقی-غربی نشان‌دهنده کاهش ارتفاع توپوگرافی به ست شرق جایی که راندگی از بین می‌رود. (Hollingsworth, 2006).

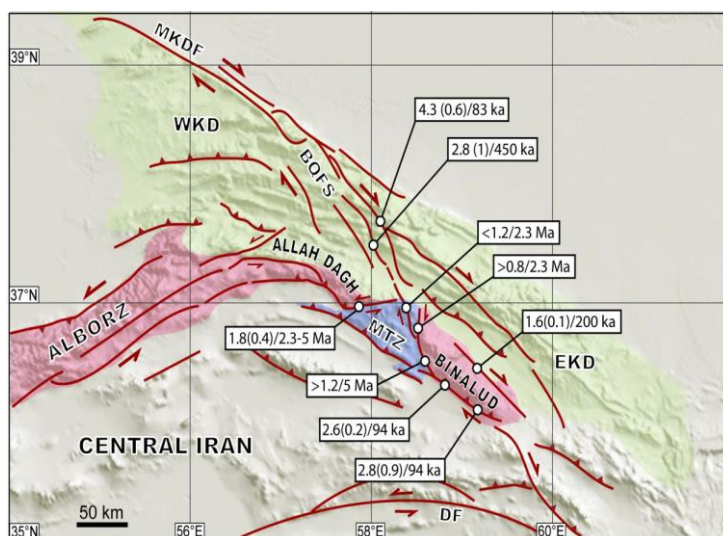


شکل ۱۱- (a) آرایش سامانه گسل غلامان و موقعیت رومرکز زمین لرزه سال ۲۰۰۰ نسبت به آن. (b) نقشه توپوگرافی زون بخاردن-قوچان در بخش مرکزی کپه داغ و ناحیه غلامان. (c) نمای نزدیک ناحیه غلامان جایی که رودخانه‌ها از روی سامانه گسل غلامان عبور می‌کنند و شبکه زهکشی آنها جابجایی راستگرد پیدا کرده‌اند. (سازمان زمین‌شناسی مشهد، ۱۳۹۵).

بحث و نتیجه‌گیری

مقدار جابه‌جایی‌های راستگرد محور چین‌ها و دشت‌های آبرفتی پلیو-کواترنری را در طول گسل‌های قوچان و باغان-گرماب یکسان نشان می‌دهند (Masson, Anvari and Tavakoli, 2007). در زون بخاردن قوچان فعالیت‌های تکتونیکی، شکل‌گیری گسل‌ها، ساختمان‌های اصلی مورفوتکتونیکی و پدیده‌های ژئومورفولوژیکی متأثر از راستای فشارشی همراه با کوتاه‌شدگی ناشی از همگرایی خرد صفحه ایران و اوراسیا (توران) می‌باشند. برآیند تنش نیروهای فشارشی همگرایی صفحات عربستان-ایران و حرکت به سمت شمال‌غرب مرکز ایران نسبت به توران کوتاه‌شدگی شمالی-جنوبی ۷ میلیمتر در سال و ارتباط گسلش امتداد لغز-راستگرد زون بخاردن-قوچان از طریق زون تراستی-انتقالی مشکان (MTZ) کوتاه‌شدگی ۲ میلیمتر در سال را در این منطقه بوجود آورده است (شکل ۱۲).

زون بخاردن-قوچان در بخش مرکزی کپه داغ آرایشی از گسل‌های امتداد لغز-راستگرد با راستای شمال‌غرب-جنوب‌شرق می‌باشد. انتخاب این گسل‌های به سمت جنوب دره اترک امتداد یافته و از طریق زون تراستی-انتقالی مشکان (MTZ) به گسل‌های بینالود مرتبط می‌شوند. تجمع جابه‌جایی‌های زمین-شناسی بعد از چین‌خوردگی حدود ۱۰۰ متر تا ۱۸ کیلومتر می‌باشد و حدود ۲ کیلومتر از مجموع دگرشکلی ۳۵-۴۰ کیلومتر در این زون متمرکز شده است. سامانه گسل‌های قوچان و باغان-گرماب مهم‌ترین گسل‌ها با حداکثر جابه‌جایی‌ها به ترتیب 15 ± 0.5 کیلومتر و 9.8 ± 0.2 کیلومتر هستند و باقیمانده دگرشکلی‌ها توسط گسل‌های شیروان و غلامان-سومبار و گسل عشق آباد انجام شده است (Tchalenko, 1975; Shabanian, Benedetti and Abbassi, 2009). شواهد مورفوتکتونیکی و ژئومورفولوژیکی محلی



شکل ۱۲- آرایش گسل‌های جنبای زون بخاردن قوچان (BQFS) در شمالشرق ایران و ارتباط آنها با زون تراستی-انتقالی مشکان (MTZ) در بینالود و ارتباط سازوکار گسل اصلی عشق آباد (MKDF) و گسل‌های قسمت غربی کپه داغ (WKD) با سامانه گسلی شاهرود. مستطیل‌های سفیدرنگ مقادیر حداقل و حداکثر لغزش و سن آنها می. (Shabaniyan, 2009). تشکر و قدردانی

با تشکر از همکاری‌های گروه زمین‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی شاهرود و کلیه کسانی که اینجانبان را در انجام این تحقیق یاری نموده‌اند.

منابع

- آقانیاتی، ع.، (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران. تهران: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص ۵۸۶.
- درویش زاده، ع.، (۱۳۸۰). زمین‌شناسی ایران. تهران: موسسه انتشارات امیرکبیر.
- سازمان آب منطقه‌ای خراسان شمالی، مطالعات مرحله دوم تشریحی لرزه زمین ساخت و برآورد خطر زمین لرزه سدهای تبارک، بارزو، درونگر و غلامان، جلد دوم، اردیبهشت ۱۳۹۵.
- سازمان زمین‌شناسی مشهد، نقشه شماره ۲ زمین‌شناسی قوچان، مقیاس ۱:۶۰۰۰۰، ۱۳۹۵.
- شهیدی، ع.، نظری، ح. و قائمی، ف. (۱۳۹۲). زمین ساخت ایران کپه داغ. تهران: انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ص ۱۹۷.
- Afshar Harb, A. (1979). The stratigraphy, tectonics and petroleum geology of the Kopet Dag region, Northern Iran.
- Alavi, M. (1992). Thrust tectonics of the Binalood region, NE Iran. *Tectonics*, Vol: 11, No: 2, pp: 360-370.
- Berberian, M. (1976). Pre-quaternary faults in Iran. *Geological Survey of Iran*, Vol: 39, pp: 259-269.
- Berberian, M., & Yeats, R. S. (2001). Contribution of archaeological data to studies of earthquake history in the Iranian Plateau. *Journal of Structural Geology*, Vol: 23, No: 2-3, pp: 563-584.
- Bretis, B., Grasemann, B., & Conradi, F. (2012). AN ACTIVE FAULT ZONE IN THE WESTERN KOPEH DAGH (IRAN). *Austrian Journal of Earth Sciences*, Vol: 105, No: 3.
- Falcon, N. L. (1974). Southern Iran: Zagros Mountains. *Geological Society, London, Special Publications*, Vol: 4, No: 1, pp: 199-211.
- Hollingsworth, J., Jackson, J., Walker, R., & Nazari, H. (2008). Extrusion tectonics and subduction in the eastern South Caspian region since 10 Ma. *Geology*, Vol: 36, No: 10, pp: 763-766.
- Hollingsworth, J., Jackson, J., Walker, R., Reza Gheitanchi, M., & Javad Bolourchi, M. (2006). Strike-slip faulting, rotation, and along-strike elongation in the Kopeh Dag mountains, NE Iran. *Geophysical Journal International*, Vol: 166, No:3, pp:1161-1177.
- Lyberis, N., & Manby, G. (1999). Oblique to orthogonal convergence across the Turan block in the post-Miocene. *AAPG bulletin*, 83(7), 1135-1160.
- Masson, F., Anvari, M., Djamour, Y., Walpersdorf, A., Tavakoli, F., Daignières, M., ... & Van Gorp, S. (2007). Large-scale velocity field and strain tensor in Iran inferred from GPS measurements: new insight for the present-day deformation pattern within NE Iran. *Geophysical Journal International*, Vol: 170, No: 1, pp: 436-440.
- Shabaniyan, E., Siame, L., Bellier, O., Benedetti, L., & Abbassi, M. R. (2009). Quaternary slip rates along the northeastern boundary of the Arabia-Eurasia collision zone (Kopeh Dag Mountains, Northeast Iran). *Geophysical Journal International*, Vol: 178, No: 2, pp: 1055-1077.
- Stocklin, J. (1968). Structural history and tectonics of Iran: a review. *AAPG Bulletin*, Vol: 52, No: 7, pp: 1229-1258.
- Tchalenko, J. S. (1975). Seismicity and structure of the Kopet Dag (Iran, USSR). *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, Vol: 278, No: 1275, pp: 1-28.
- Trifonov, V. G. (1978). Late Quaternary tectonic movements of western and central Asia. *Geological society of America bulletin*, Vol: 89, No: 7, pp: 1059-1072.
- Vernant, P., Nilforoushan, F., Chery, J., Bayer, R., Djamour, Y., Masson, F., ... & Tavakoli, F. (2004). Deciphering oblique shortening of central Alborz in Iran using geodetic data. *Earth and Planetary Science Letters*, Vol: 223, 1-2, pp: 177-185.