

زمین ساخت پویای باختر کوهستان شتری

نوشته: پیمان نواب پور*، دکتر عبدالله سعیدی* و دکتر محمد رضا قاسمی*

Active tectonic in west of the Shotori mountain range

By: P. Navabpour*, Dr. A. Saedi*, and Dr. M. R. Ghassemi*

چکیده

کوهستان شتری یکی از رشته کوه های خاور ایران مرکزی در خاور شهر و پهنه تیحیری طبس می باشد که در انتهای شمالی گسل پویای نایبند جای گرفته است. وجود پادگانه های آبرفتی چرخه ای کهن و افرازه های گسلی پوشیده کواترنری در بخش پیشانی باختری کوهستان و سه گونه بادزن آبرفتی کهن، سیلابی و پویا در دشت طبس شواهدی از برخاستگی نو زمین ساختی رشته کوه، مهاجرت باختری رسوبگذاری کواترنری و گسترش خاوری فرسایش پسرونده در راستای رودخانه های فصلی می باشند. غارها و قنات های معلق در دامنه های دره های آبرفتی سرعت زیاد فرسایش ژرفی را به نمایش می گذارند. رخنمون تاقدیس های توژن، پادگانه های فرسایشی، دره های رودخانه ای آبگذر پیشین و تاب برداشتی لایه های بادزن های کهن در دشت همگی بیانگر برخاستگی دوره ای و پویای زمین های دشت نسبت به پهنه تیحیری هستند. چهره ها و شاخص های زمین ریختی همچون پله ها و کوزیدگی نیمرخ طولی رودخانه ها، نسبت پهنای به بلندی دره ها و سینوسیته پیشانی کوهستان نشان می دهند که حرکات زمین ساخت پویا با گسل های کواترنری در دشت و پیشانی های شمالی و جنوبی در ارتباط می باشد، در حالی که به نظر می رسد بخش میانی پیشانی کوهستان از حرکت باز ایستاده است. در این بین رخداد زمین لرزه ۱۹۷۸ میلادی طبس (Ms=۷/۳) پس از یازده سده نبود لرزه ای گواهی است بر پویایی مهاجرت باختری جبهه دگرریختی و افزایش پهنای کوهستان. بدین ترتیب با هماهنگی های دیده شده بین ویژگی های نو زمین ساختی و لرزه زمین ساختی در این گستره با معرفی پیشانی های کوهستانی باز مانده، ناپویا، پویا و تازه شکل گرفته، بار دیگر اهمیت انجام چنین پژوهش هایی در درک هرچه بهتر تاریخچه پویایی و لرزه خیزی هر گستره خاطر نشان می گردد.

واژه های کلیدی: زمین ساخت پویا، زمین شناسی کواترنری، شاخص های زمین ریختی، طبس، کوهستان شتری.

Abstract

The Shotori mountain range at northern end of the Nayband active fault is one of the east central Iranian ranges in east of Tabas city and playa. Old alluvial cyclic stream terraces and buried Quaternary fault scarps in western mountain front area, and three kind of old, braided, and active alluvial fans in Tabas plain are witnesses to mountain neotectonic uplift, westward migration of Quaternary sedimentation, and eastward movement of retrograde erosion along seasonal rivers. Ancient perched caves and qanats in alluvial valley slopes present the speed of deep erosion.

Outcropped Neogene anticlines, old erosional terraces, meandering antecedent river gorges, and warping of the old fans in Tabas plain all point to periodic active uplift of the plain with respect to the playa. Geomorphic indices, such as knickpoints in longitudinal river profile, valley width/height ratio, and mountain front sinuosity show that the active tectonic movements are due to the Quaternary faults in the Tabas plain and along northern and southern parts of the mountain front, but the middle front seems to be inactive in the present time.

Meanwhile, the 1978 earthquake of Tabas ($M_s=7.3$) after an 11-century seismic gap is a proof to the active westward migration of the deformational front. In this way, the close relationships between the tectonic geomorphology of the area and the seismotectonics of the recent earthquake led us to introducing relic, inactive, active, and new-born mountain fronts in the area; and the role of such studies in better understanding of activity and seismicity history of regions is emphasized.

Key words: Active tectonics, Quaternary Geology, Geomorphic Indices, Tabas, Shotori Mountain Range, Iran.

دیباچه

شهر و پهنه نبخیری طبس در باختر کوهستان شتری جای گرفته اند که شاخه ای از رشته کوه های خاور ایران مرکزی در انتهای شمالی گسل پویای نایبند است. از دیدگاه زمین ساختی، این گستره بخش شمال خاوری بلوک طبس می باشد که طی زمین لرزه ۱۶ سپتامبر ۱۹۷۸ طبس با ۸۵ کیلومتر گسلش واژگون و راندگی ناپیوسته در دشت و کوهپایه (گسل طبس) همراه بوده است (شکل ۱) (Berberian 1979).

کوهستان شتری پس از کوهزایی و دگرگونی پرکامبرین طی دو مرحله اصلی کششی و فرونشست پالتوزوئیک زیرین - تریاس زیرین و تریاس میانی - ترشیری به ترتیب جایگاه رسوب گذاری حدود ۷۰۰۰ و ۵۰۰۰ متر رسوبات دریایی بوده است (Stocklin et al. 1965).

(Ruttner et al. 1968). این در حالی است که در باختر گسل طبس تنها ۹۵۰ متر رسوبات پالتوزوئیک برجای گذاشته شده است. این گستره طی مرحله فشارشی ترشیری پسین برخاسته شده و برجای گذاری لایه های سرخ آواری نتوزن به باختر کوهستان و پهنه نبخیری کنونی محدود شده است. از این رو، گسل طبس یکی از گسل های اصلی پرکامبرین پسین در سوی باختر گستره شتری است که به نظر به شکل گسل های عادی و واژگون به ترتیب طی مراحل مختلف کششی و فشارشی رفتار کرده است (Berberian 1979).

بر پایه گزارش های (Berberian 1979)، کوتاه شدگی افقی پوسته بر پایه داده های زمین شناختی سطحی از چین خوردگی ها و راندگی ها طی مرحله کوهزایی پلیوسن - پلیستوسن در حدود ۲۵ درصد برآورد شده است. طی این حرکات کوهزایی سیمای زمین ریختی کنونی شکل گرفته است و تغییر ناگهانی در بلندی بین دشت طبس (۶۵۰ متر بالای سطح دریای آزاد) و نزدیک ترین قله کوهستان (۲۹۰۰ متر بلندی) در فاصله ۲۵ کیلومتری، یک سیمای پستی و بلندی آشکار است که تا حدود زیادی پیامد حرکات عمودی در راستای گسل طبس و دیگر گسل های اصلی کناره باختری کوهستان شتری است. اندازه گیری های انجام شده پیرامون هندسه چین خوردگی ها، راندگی ها و گسل های برشی هم یوغ آلی پسین در رشته کوه راستای کوتاه شدگی محلی را در حدود N75E نشان می

دهند که مسبب دگرریختی نتوزن پسین در این گستره است.

پویایی کواترنری گستره به سوی جنوب در راستای گسل نایبند با جایجایی راست بر آبراهه ها، ایجاد افزای گسلی در نهشته های کواترنری، وجود چشمه های آب سرد و گرم و بیرون زدگی گذازه های بازالتی کواترنری آشکارا نمود یافته است.

زمین شناسی نتوزن و کواترنری

در محدوده دشت طبس سنگ های رسوبی نتوزن به صورت ناقصی های رخمون یافته اند. این سنگ های رسوبی شامل حدود ۵۰۰ متر لایه های رسی - سیلنی در بخش زیرین خود هستند که به سمت بالا و کوهپایه به تدریج با تناوب لایه های ماسه سنگی به لایه های کنگلومرایی با سبیری مشابه تبدیل می گردند و به نظر ناپیوستگی نه چندان آشکاری بین دو بخش ذکر شده به چشم می خورد (Stocklin et al. 1965). ویژگی های نهشته های کواترنری که در دره های پیشانی کوهستان بر روی رخمون سنگ های پالتوزوئیک و مزوزوئیک و در دشت بر روی رسوبات نتوزن بر جای گذاشته شده اند به شرح زیر می باشد.

پادگانه های آبرفتی کهن درون کوهستان. درون دره های باختر کوهستان نهشته های گراولی به شکل پادگانه های آبرفتی بازمانده بر دامنه ها دیده می شوند. این پادگانه ها در برخی موارد به شکل پادگانه های رودخانه ای چرخه ای از گونه فرسایشی و بریده در سنگ بستر و پلکانی هستند به طوری که پادگانه های بلندتر کهن تر هستند (کال خورو، شکل های ۲ و ۳-الف) و در پاره ای موارد به نظر بازمانده های حوضه های بسته رسوبی درون کوهستان می باشند که بعدها به دلیل برخاستگی و فرسایش رودخانه ای دره های ژرفی در آن ها حفر گردیده است به طوری که نوالی رسوبی آن ها از پایین به بالا یک نوالی زمانی عادی است (خاور تنگ عباسی، شکل ۲). برای اطلاع بیشتر از رابطه پادگانه های رودخانه ای و زمین ساخت می توان به

Keller and Pinter (1996) و Burbank and Anderson (2001)

مراجعه نمود.

در امتداد کال خورو چهار پادگانه آبرفتی در ترازهای بلندی بالاتر از سطح نهشته های آبرفتی دشت شناسایی شده اند که از قدیم به جدید به ترتیب از بالا به پایین با علامت های T1 تا T4 در شکل ۲ مشخص شده اند. این پادگانه ها هر یک دارای ستبرای حدود ۱۰ متر هستند و پادگانه پنجم نیز در پایین دست پادگانه چهارم در حال شکل گیری است. درون پادگانه T2 در بلندی حدود ۲۰ متری از بستر رودخانه غارهای کهنی وجود دارند که بدون هرگونه راه دسترسی می باشند.

بادزن های آبرفتی، با توجه به وضعیت زمین ریخت شناسی، فرسایش و رسوبگذاری در دشت سه گونه بادزن آبرفتی کهن، سیلابی و پویا شناسایی شده اند که ویژگی های آن ها در ادامه آورده شده است. برای اطلاع پیشتر از رابطه بادزن های آبرفتی و زمین ساخت نیز می توان به

Keller and Pinter (1996) و Burband and Anderson (2001) مراجعه نمود.

بادزن های کهن. این بادزن ها در کنار پیشانی باختر کوهستان قرار دارند و حاصل رسوبگذاری قدیمی جریان های برون شستی رودخانه ها از داخل کوهستان هستند (رودخانه های ازمیقان، دره بید، سردر و کریت). لایه های زیرین این آبرفت ها سیمانی و سخت است، در بخش کوهپایه با شیب نهشت ۴ درجه به سوی باختر بیشینه ستبرای ۵۰ متری دارند، نوک آن ها اندکی به داخل کوهستان نفوذ کرده است و به صورت جانبی به واریزه ها و آبرفت های ناشی از فرسایش پیشانی کوهستان تغییر رخساره می دهند. پدیده حفر کانال در طول رودخانه های تغذیه کننده آن ها پدایش دره های ژرفی را در پی داشته است (شکل ۳-ب) به طوری که افزای گسلی پوشیده (شکل ۳-ت) در منطقه پیشانی کوهستان در برخی نقاط قابل مشاهده هستند.

در دیواره های دره حفر شده در بادزن کهن رودخانه سردر در منطقه پیشانی کوهستان یک قنات معلق در بلندی حدود ۲۵ متری از بستر کنونی رودخانه وجود دارد (شکل ۳-ب) و به گفته روستا نشین ها به زمان گبرها (زرتشتیان؟) مربوط می شود. برداشت های ساختاری به سمت پایین دست رودخانه سردر تاب برداشتی لایه های این بادزن را نشان می دهند به طوری که لایه ها در نزدیک پهلوی شمال خاوری تاقدیس نشوزن سردر حدود ۸ تا ۱۰ درجه به سوی کوهستان شیب دارند و ناودیس گون بسیار

ملایمی را بین پیشانی کوهستان و تاقدیس سردر تشکیل داده اند (شکل ۲ را ببینید).

بادزن های سیلابی (braided). بادزن های سیلابی شامل نهشته های گراولی منفصلی هستند که در بستر پهن شده رودخانه ها در جایی که دره های رودخانه ای به سطح دشت راه می یابند بر جای گذاشته شده اند. این بادزن ها در آغوش بادزن های کهن و اندکی پست تر از زمین های پیرامون قرار گرفته اند به گونه ای که در بخش شمالی دشت نزدیک به پیشانی کوهستان و در بخش میانی دشت دور از آن قرار دارند. تمامی پهنه بادزن های سیلابی تنها مدت کوتاهی در زمان اوج بارندگی های فصلی در حالت سیلابی پوشیده از آب می شود و در دیگر زمان ها آب های جاری فصلی از میان پله های کوتاه فرسایشی به شکل شاخه شاخه جریان می یابند.

بادزن های پویا. در دشت طبس بادزن های گراولی جوان تری در پای بلندی های اصفهک (پیشانی جنوبی کوهستان) و باختر تاقدیس نشوزن کریت (بخش جنوبی دشت) دیده می شوند. رودخانه های تغذیه کننده این بادزن ها بار رسوبی خود را به شکل شبکه زهکش پنجه ای بر روی آن ها تخلیه می کنند. برخلاف بادزن های پیشین، سطح بادزن های پویا نسبت به زمین های پیرامون بلندتر است و نوک آن ها به سوی کوه بلندی می گیرد (شکل ۳-ت) به طوری که برای نمونه بیشینه اختلاف بلندی سطح بادزن اصفهک با زمین های پیرامون آن در دشت فراتر از ۲۰۰ متر است. شیب نهشت لایه های این بادزن ها با شیب سطح آن ها یکسان است و به سوی نوک بادزن تا ۵ درجه افزایش می یابد.

پهنه تبخیری طبس. پهنه تبخیری طبس موازی با رشته کوه شتری و در باختر دشت طبس با بیشینه پهنای ۱۵ کیلومتر و درازای یک صد کیلومتر قرار دارد و شامل نهشته های رسی و نمکی آماس کرده است. در تصویر ماهواره ای، این پهنه به وسیله خطواره آشکاری از نهشته های آبرفتی دشت جدا می گردد (شکل ۲، از Berberian (1979)) و در گزارش Berberian (1979) به صورت یک فرونشست فشاری معرفی شده است.

ریخت زمین ساخت

با توجه به ویژگی های نهشته های کواترنری کوهپایه و دشت، رخنمون چند تاقدیس نشوزن از میان دشت، تاب برداشتی لایه های برخی از بادزن های کهن و ایجاد گسلس راندگی طی زمین لرزه ۱۹۷۸ طبس کوشش شده



ها در میان بادزن سیلابی خود به سطح دشت راه می یابند. رودخانه کریت پس از پخش شدن در بادزن سیلابی خود شاخه شاخه می شود و از میان دره هایی چند از میان ناقدیس کریت گذر می کند.

شاخص های زمین ریختی دره های رودخانه ای. به منظور شناسایی حرکات نسی بسیار جوان در بخش های گوناگون کوهپایه و دشت و ارتباط آن با موقعیت ساختارها و نهشته های کواترنری، وضعیت هندسی دره های رودخانه ای در نیمرخ های قائم عرضی و طولی مورد بررسی قرار می گیرد. در این بررسی ها از شاخص زمین ریختی نسبت پهنای کف دره به بلندی آن (شاخص Vf)،

(Bull and McFaden 1977 و Bull 1978) استفاده شده است و حاصل آن با رسم نیمرخ طولی برای سه رودخانه از میقان، سردر و کریت در شکل ۴ آورده شده است. همچنین در این نمودارها موقعیت پیشانی کوهستان، ساختارها و شکل تقریبی نیمرخ عرضی دره ها مشخص گردیده اند. شکل پله ای و کوزیدگی موجود در نیمرخ طولی رودخانه ها می تواند نشان دهنده برخاستگی پویای زمین های بالادست و یا فرونشست پویای سطح اساس باشد (Sheperd 1979، Wells et al. 1988 و Burband and Anderson 2001) مقدار شاخص Vf در گذر از محورهای برخاستگی پویا بسیار زیاد کاهش می یابد و نیمرخ عرضی دره به شکل V و دره های تنگ تغییر می کند (Mayer 1986).

شاخص های زمین ریختی پیشانی کوهستان. شاخص های زمین ریختی به کار گرفته شده برای پیشانی کوهستان عبارتند از: سینوسه (شاخص Smf، Bull and McFaden 1977 و Bull 1978) و تراشیدگی پیشانی کوهستان (شاخص %Facet، Wells et al. 1988).

درجه پویایی زمین ساختی پیشانی های کوهستانی با خطی بودن شاخص Smf و تراشیدگی های بزرگ و برجسته بازتاب می گردد. با توجه به نتایج به دست آمده از بخش های پیشین، پیشانی باختر کوهستان شتری به سه قسمت پیشانی کوهستانی شمالی (بلندی های از میقان)، میانی (پیشانی خاور طبس) و جنوبی (بلندی های اصفهک) تقسیم شده است (شکل ۲ را ببینید) و مقدار شاخص های بالا برای هر قسمت جداگانه اندازه گیری و به همراه مقدار شاخص Vf در جدول ۱ گردآوری شده اند. هماهنگی بسیار خوبی بین تغییرات مقدار این شاخص ها با قسمت های سه گانه پیشانی کوهستان در جدول دیده می شود.

است تا برای شناخت هر چه بهتر ویژگی های زمین ساخت پویا در این گستره، چهره های ریخت زمین ساختی وابسته به آن مورد مطالعه قرار گیرند. این چهره ها عبارتند از:

پادگانه های فرسایشی کهن. پادگانه های فرسایشی کهن در این گستره بیشتر در نهشته های سخت شده بادزن های کهن و لایه های رخنمون یافته نئوزن در دامنه های دره های رودخانه ای به شکل پله های موازی با راستای آبگذر دیده می شوند. اختلاف بلندی آن ها در هر محل تا حدودی یکسان می باشد و بیشترین مقدار آن حدود ده متر برآورد شده است.

در بخش کوهپایه ای رودخانه سردر در دیواره های دره حفر شده در بادزن کهن آن شش پله فرسایشی اصلی وجود دارد به گونه ای که از نظر بلندی، دو پله در زیر فئات معلق، یک پله هم تراز با آن و سه پله دیگر در بالای آن جای گرفته اند. در تصویر دورنمای ناقدیس سردر (شکل ۳-ج) نیز چهار پله فرسایشی کهن آشکار در رخنمون کنگلومراهای نئوزن دیده می شود که بر فراز سطح بادزن کهن بلندی گرفته اند و بدین ترتیب ده پله فرسایشی را می توان از بلندترین بخش ناقدیس تا بستر کنونی رودخانه سردر شمارش نمود. همچنین در بخش مرکزی ناقدیس کریت پنج پله فرسایشی در بلندترین دامنه های دره های رودخانه ای به چشم می خورد.

ویژگی های دره های رودخانه ای در نقشه. مطالعه بر روی تصویر ماهواره ای گستره نکته های در خور توجهی را در مورد دره های رودخانه ای نشان می دهد. این دره ها که از عرض ساختارها گذر می کنند با انجام پیمایش های صحرائی همگی به عنوان دره های آبگذر پیشین (antecedent) شناسایی شده اند و به طور خلاصه دارای ویژگی های زیر هستند (شکل ۲ را ببینید):

دره های رودخانه ای ژرف که از بلندی های از میقان گذر می کنند، در بخش پیشانی کوهستان دارای بستر سنگی هستند (شکل ۳-ج) و در فاصله ای نه چندان زیاد از پیشانی کوهستان (حدود ۲/۵ کیلومتر) به سطح دشت (بادزن سیلابی) وارد می شوند.

دره های ژرف رودخانه های سردر و کریت در محدوده بین پیشانی کوهستان تا رخنمون ناقدیس های نئوزن سردر و شکسته هزارقاج از پیچ و خم (sinuosity) زیادی برخوردارند و حالت پیچان رود (meander) به خود گرفته اند (به Ouchi 1985، Sehun and Kan 1972 و Gomez and Maron 1991 مراجعه نمایید). این دره ها در فاصله ای در حدود ۱۰ کیلومتر از پیشانی کوهستان پس از گذر از عرض ناقدیس

حرکات زمین ساختی نمی باشد. طبق نظر (Berberian 1979) نیز گسل طبس یکی از ساختارهای اصلی پویای کنونی است که سبب برخاستگی رشته کوه شتری بر فراز پهنه تبخیری طبس شده اند. به خاطر چین خوردگی لایه های نئوزن و وجود شواهدی همچون پادگانه های آبرفتی چرخه ای کهن درون کوهستان، افزای گسلی پوشیده و بادزن های آبرفتی گسترده کهن در پیشانی و کوهپایه های باختری کوهستان، برخاستگی رشته کوه شتری طی زمان پلیوسن-پلیستوسن در راستای گسل واژگون کنار کوهستان (MBF) به شکل دوره ای صورت گرفته است.

ادامه پیشرفت روند دگرشکلی پویای زمین ساختی و چین خوردگی لایه های نئوزن در سمت باختر کوهستان یا تاب برداشتی لایه های بادزن کهن سردر و همچنین پیچان رود شدگی رودخانه های سردر و کریت بین پیشانی کوهستان و تاقدیس های نئوزن مشخص گردیده است. بدین ترتیب، با برخاستگی دشت نسبت به پهنه تبخیری و مهاجرت رسوبگذاری کواترنری به سوی باختر تاقدیس ها، بادزن های جوان تر (بادزن های سیلابی) در پایین دست رودخانه ها تشکیل شده اند و فرسایش پسرورنده آغاز به کندوکاو بستر و ایجاد دره به سوی بالا دست نموده است. افزون بر این، وجود بادزن های سیلابی خود می تواند نشانگر فروافتادگی بسیار جوان پهنه تبخیری نسبت به زمین های دشت باشد. به گونه ای مشابه، رشد تاقدیس کریت در برابر رودخانه کریت با تشکیل بادزن های پویا در باختر این تاقدیس و هجوم به حریم پهنه تبخیری، تشکیل دره در عرض تاقدیس و شاخه شدن بادزن سیلابی کریت همراه بوده است. در این بین وجود پادگانه های فرسایشی منظم و پله ای شکل درون این دره ها نشانگر گسترش روند برخاستگی دوره ای و پویای کوهستان به دشت هستند.

آنچنان که از ویژگی های زمین ریختی دره های رودخانه ای و پیشانی کوهستان (شکل های ۲ و ۴ و جدول ۱) نمایان است، به نظر می رسد قسمت میانی پیشانی کوهستان که در گذشته دارای برخاستگی تند نو زمین ساختی بوده است (ناظمی، ۱۳۷۷) در حال حاضر با کاهش یا ایست برخاستگی نسبت به دشت همراه است ولی زمین های دشت دارای برخاستگی پویایی نسبت به پهنه تبخیری هستند. این در حالی است که پیشانی شمالی کوهستان به همراه کوهپایه، و پیشانی جنوبی با دارا بودن بادزن پویای اصفهک همچنان دارای برخاستگی پویا نسبت به دشت می باشند.

رخداد زمین لرزه ۱۶ سپتامبر ۱۹۷۸ طبس گلشن (MS=۷/۳) که با گسلش راندگی و گسیختگی سطحی زمین در دشت و پهنه تبخیری همراه بود نقطه عطفی بر تایید این برخاستگی پویای زمین ساختی و مهاجرت باختری

شاخص های زمین ریختی	Smf	Facet%	Vf
پیشانی کوهستان			
قسمت شمالی	۱/۰۷	۹۲	۰/۰۸
قسمت میانی	۱/۸۰	۵۳	۰/۴۰
قسمت جنوبی	۱/۳۰	۷۸	۰/۰۹

جدول ۱. شاخص های زمین ریختی اندازه گیری شده برای سه قسمت شمالی، میانی و جنوبی پیشانی کوهستان. برای توضیح علامت های اختصاری به متن مراجعه کنید

لرزه زمین ساخت (خلاصه ای از بررسی های Berberian (1979, 1982)

زمین لرزه ۱۶ سپتامبر ۱۹۷۸ طبس گلشن (MS=۷/۳) در حالی در این گستره از خاور ایران مرکزی رخ داد که برای دشت کم یازده سده فاقد پیشینه لرزه خیزی بود. زمین لرزه با گسلش راندگی سطحی ناپیوسته به درازای ۸۵ کیلومتر در راستای یک گسل موجود ولی ناشناخته کواترنری پسین (گسل طبس) همراه بود و تمامی این گسیختگی ها کم و بیش با افزای آشکاری همراه بودند. کمینه جابجایی قائم و لغزش خلاف شیب گسل طبس به ترتیب حدود ۱۵۰ و ۳۰۰ سانتیمتر اندازه گیری شده اند. ساز و کار کانون ژرفی زمین لرزه اصلی که به خوبی با گسیختگی های سطحی هماهنگی دارد، نشانگر وجود گسلش راندگی در راستای شمال-شمال باختر با شیب به سوی خاور-شمال خاور است. همگی پسرلزه ها کم و بیش به طور دقیقی الگوی گسل های زمین لرزه ای سطحی و ساز و کار زمین لرزه اصلی را دنبال می کنند و در کمربالای گسل پویا قرار می گیرند. پسرلزه ها که کانون ژرفی آن ها بیشتر در ژرفای کمتر از ۲۳ کیلومتر با تمرکز پویایی لرزه ای در ژرفای ۸ تا ۱۴ کیلومتر قرار می گیرد آشکارا شبکه ای از راندگی های فاشقی فلسی پویا در پوشش رسوبی و پویایی دوباره گسل های واژگون گوناگونی از پی سنگ را نشان می دهند (شکل ۵). بدین ترتیب دگرریختی ایجاد شده به وسیله این زمین لرزه نشانگر کوناه شدگی و ستر شدگی پوسته در این گستره و یا به سخن دیگر برخاستگی در راستای گسل زمین لرزه ای است.

زمین ساخت پویا

از دیدگاه (Stocklin et al. (1965) چهره کنونی کوهستان شتری بیشتر حاصل عملکرد آخرین مرحله کوهزایی آلبی است و این به مفهوم پایان



این که مهاجرت باختری زمین ساخت پویا و افزایش پهنای کوهستان را نشان می دهد، بیانگر این حقیقت است که انجام این چنین پژوهش ها می تواند در نبود داده های مناسب لرزه ای از نظر کیفی در شناسایی تکاپوی زمین ساخت جوان هر گستره سودمند باشد. از دیدگاه کمی نیز وجود پادگانه های آبرفتی و فرسایشی هماهنگ یا یکدیگر که نشانگر پویایی دوره ای زمین ساختی با افت و خیزهای پی در پی هستند در صورت سن یابی و مطالعات باستان شناختی می توانند به عنوان لرزه نگاشت های دیرینه در تاریخچه لرزه خیزی گستره وارد شوند. یک ارزیابی ساده در این زمینه به این صورت خواهد بود که اگر با پذیرش خطا، زمان ساخت قنات معلق را مربوط به دوره پیدایش زرتشتیان بدانیم و میانگین قدمت آن را در حدود سه هزار سال فرض نماییم (با توجه به این که قنات در دشت های مرکزی ایران در شش تا پنج هزار سال پیش به کار گرفته شده است، سجادی، ۱۳۶۱)، آن گاه با در نظر داشتن این که بستر رودخانه سردر در آن زمان بالاتر از قنات قرار داشته و بنابراین دست کم ۳۰ متر بلندتر از بستر کنونی بوده است، حفر بستر رودخانه در حدود یک متر در هر صد سال به دست می آید. در این حال به دلیل این که از بلندی ۳۰ متری دره تا بستر کنونی سه پادگانه فرسایشی وجود دارد، بنابراین می توان حضور سه دوره تکاپوی زمین ساختی را در بازه زمانی بالا فرض نمود. این خود بیان می دارد که دوره بازگشت پویایی زمین ساختی در این گستره می تواند چیزی در حدود یک هزاره باشد که به خوبی با یازده سده نبود لرزه ای آن همخوانی دارد.

سپاسگزاری

این کار پژوهشی در چارچوب طرح زمین ساخت و لرزه زمین ساخت بلوک طبرستان از طریق طرح ملی تحقیقات، شماره ۳۱۳۰۳۲۵۷ و با پشتیبانی شورای پژوهش های علمی کشور به انجام رسیده است. در اینجا جای دارد تا از تمامی مسئولین سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور که در انجام این طرح نقشی داشته اند سپاسگذاری گردد. دیدگاه های آقایان محمد فریدی و فتح الله مصوری و خانم مهناز رضائیان در پیمایش های صحرائی مفید بوده است که بدین وسیله از زحمات ایشان قدردانی می شود.

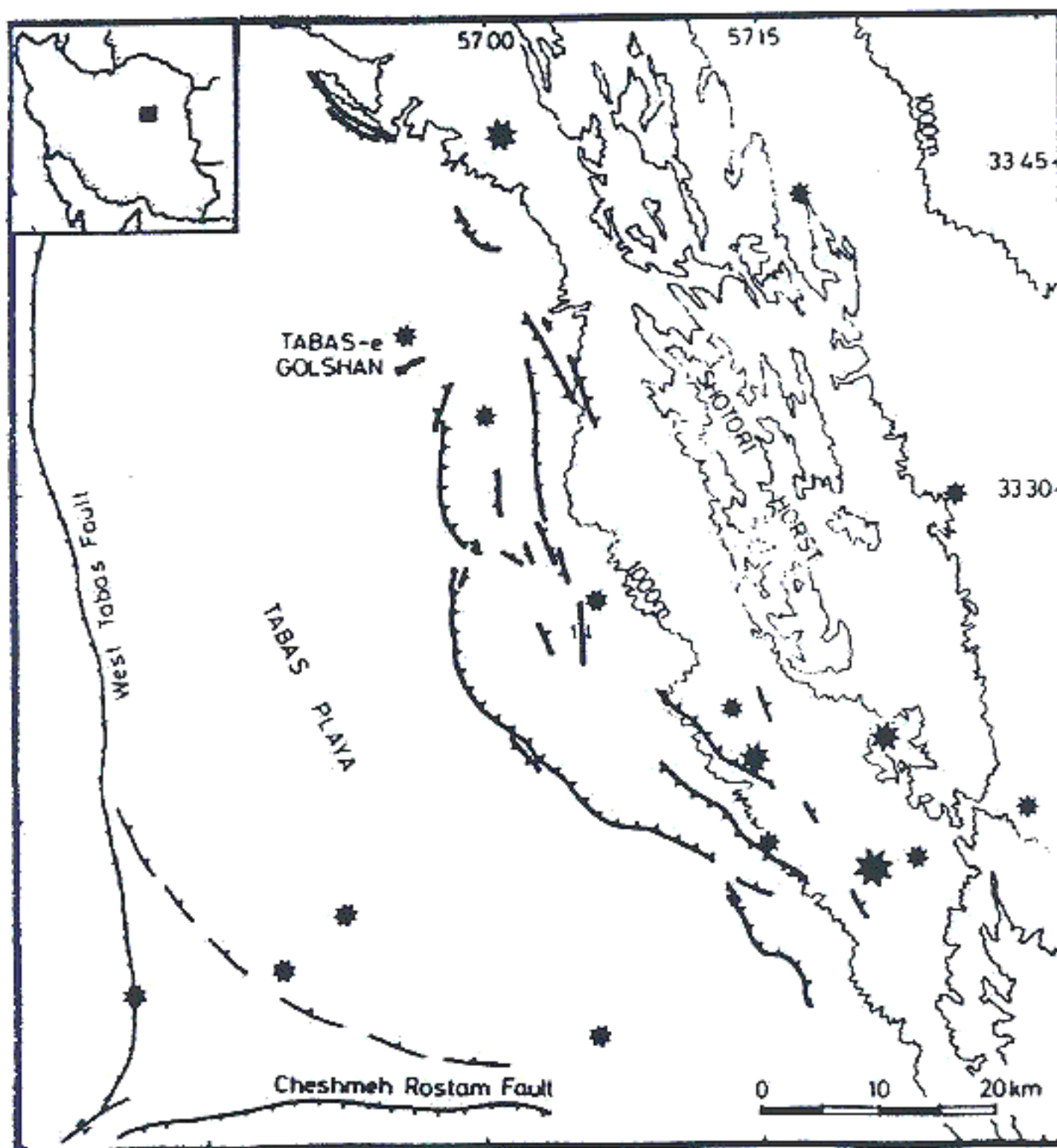
پیشانی دگرریختی است. بدین سان، وضعیت زمین ساخت پویای گستره با معرفی موقعیت پیشانی های کوهستانی پس مانده، ناپویا، پویا و تازه شکل گرفته در شکل ۶ به نمایش گذاشته شده است (شکل ۳-ح را ببینید).

نتیجه گیری

پژوهشهای به انجام رسیده پیرامون وضعیت زمین ساخت جوان باختر کوهستان شتری نشانگر این مطلب هستند که متأسفانه به دلیل نبود پیشینه لرزه خیزی روشن و رخنمون آشکار گسل های کواترنری و عدم مطالعه دیگر شواهد زمین ساخت پویا، گستره طبرستان تا پیش از رخداد زمین لرزه ۱۹۷۸ در زمره گستره های آرام لرزه ای ایران به شمار می آمد و از این رو هیچ ارزیابی شایسته ای از لرزه خیزی و خطر زمین لرزه برای آن در دست نبوده است (Berberian 1982).

با نگاهی گذرا به نقش ریخت زمین ساخت باختر کوهستان شتری (شکل ۲) در می یابیم که موقعیت مکانی بادزن های آبرفتی افزون بر آن که مهاجرت باختری رسوبگذاری کواترنری را نشان می دهد به خوبی با مرزهای ساختاری پویا در کوهپایه و دشت همخوانی دارد. افزایش سینوسیته و سپس خطی شدن راستای رودخانه های سردر و کریت به ترتیب در ورود به محدوده رخنمون ناقدیس های نئوژن و خروج از آن ها، برخاستگی پویای این ناقدیس ها را نشان می دهد. نیمرخ طولی رسم شده برای سه رودخانه از میقان، سردر و کریت (شکل ۴) نشان می دهد که برخاستگی پویا در راستای این سه رودخانه با مرزهای گسلی واژگون و رانندگی در عرض ناقدیس های نئوژن و در برخی از قسمت های پیشانی کوهستان همراه است. افزایش شاخص Smf و کاهش شاخص Facet% پیشانی کوهستان از دو قسمت شمالی و جنوبی به سوی قسمت میانی به خوبی با تغییرات شاخص Vf هماهنگ است (جدول ۱) به گونه ای که تغییر شکل نیمرخ عرضی دره های رودخانه ای از دره های باز به دره های تنگ و باریک با گذر رودخانه از میقان از پیشانی شمالی کوهستان، گذر رودخانه سردر از میان ناقدیس سردر و گذر رودخانه کریت از پیشانی جنوبی و ناقدیس کریت همراه می باشد (شکل های ۲ و ۴).

همخوانی کم و بیش چشمگیری که میان چهره های ریخت زمین ساختی با یکدیگر و با لرزه زمین ساخت زمین لرزه ۱۹۷۸ طبرستان وجود دارد افزون بر



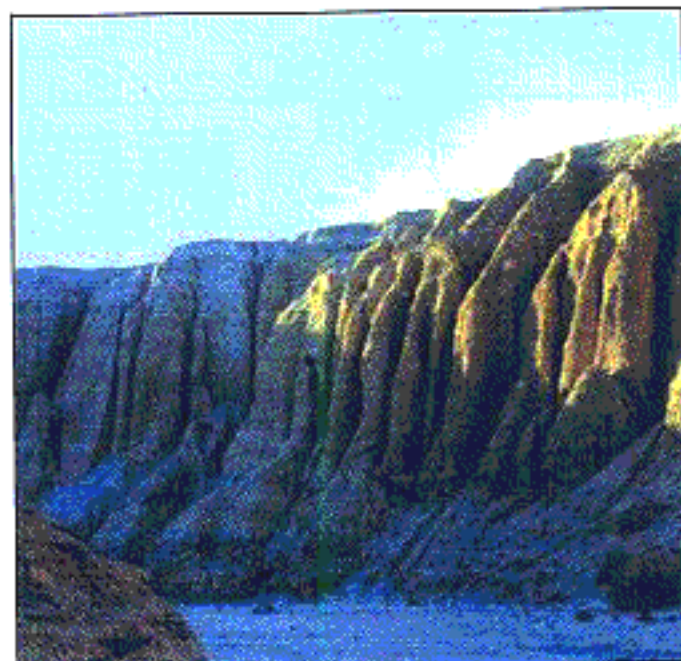
شکل ۱. نقشه رو کانون لرزه اصلی زمین لرزه ۱۹۷۸ میلادی طبس گلشن ($M_s=7/3$) و پس لرزه های آن. گسلش سطحی همراه با زمین لرزه با خط های ضخیم نشان داده شده اند. گسل های واژگون کواترنری باختر طبس و چشمه رستم با خط های نازک مشخص شده اند. بزرگترین ستاره کانون لرزه اصلی است و بقیه ستاره ها پس لرزه های دور لرزه ای گزارش شده به وسیله NEIS هستند (ستاره های متوسط و کوچک به ترتیب بزرگی موج های تهنه ای بین ۵/۰ تا ۵/۵ و ۴/۳ تا ۴/۹ را نشان می دهند). فاصله خط های تراز بلندی ۵۰۰ متر میباشد (Berberian 1979).



شکل ۲. نقشه ریخت زمین ساخت باختر کوهستان شتری. ۱- سنگ آهک های چین خورده و رورانده پالئوزوئیک و مزوزوئیک، ۲- لایه های آواری سرخ رنگ توژن، ۳- تهپشته های آبرفتی، کواترنری، ۴- پهنه بخیری طیس، ۵- بادزن کهن، ۶- بادزن سیلابی، ۷- بادزن پویا، ۸- گسل های کوهستان (به ترتیب از چپ به راست): گسل پر شیب با نشان جابجایی راستار، گسل واژگون بزرگ زاویه و گسل راندگی، ۹- گسل های پویای طیس (از Berberian 1979). برای توضیح حرف های لاتین MBF، HARP، PL و FBF شکل ۱۰ را ببینید، ۱۰- محورهای تاقدیس و ناودیس، ۱۱- شیب اندازه گیری شده لایه های کواترنری، ۱۲- پله فرسایشی، ۱۳- زمکشی، ۱۴- دره رودخانه ای. نقطه ها نشان دهنده تگه ها هستند، ۱۵- منطقه مسکونی، ۱۶- محل عکسبرداری و سوی نگاه (شکل ۳ را ببینید).



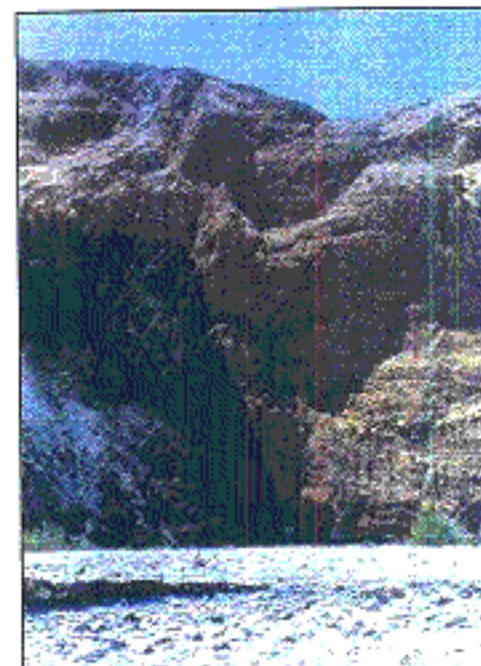
پ



ب



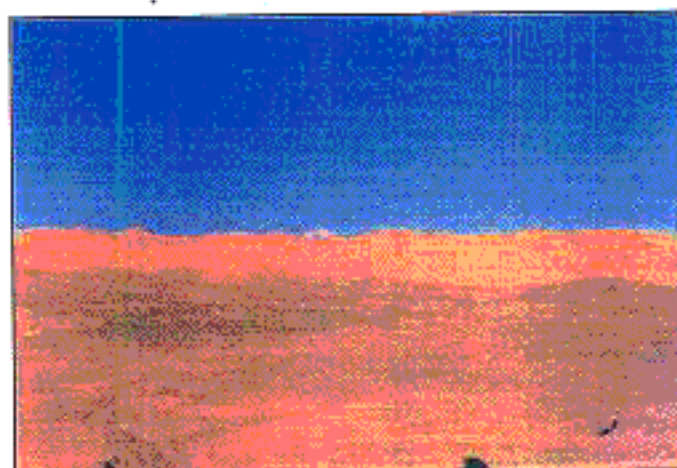
الف



ت



ج



ث

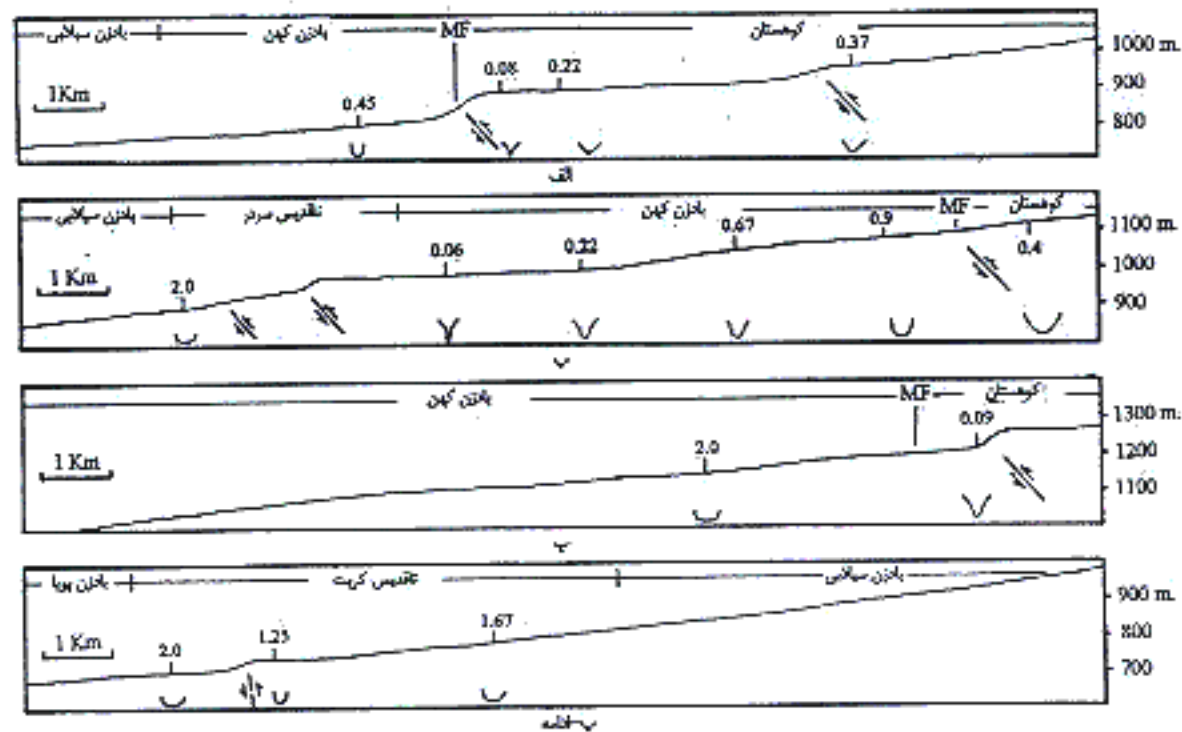


ح

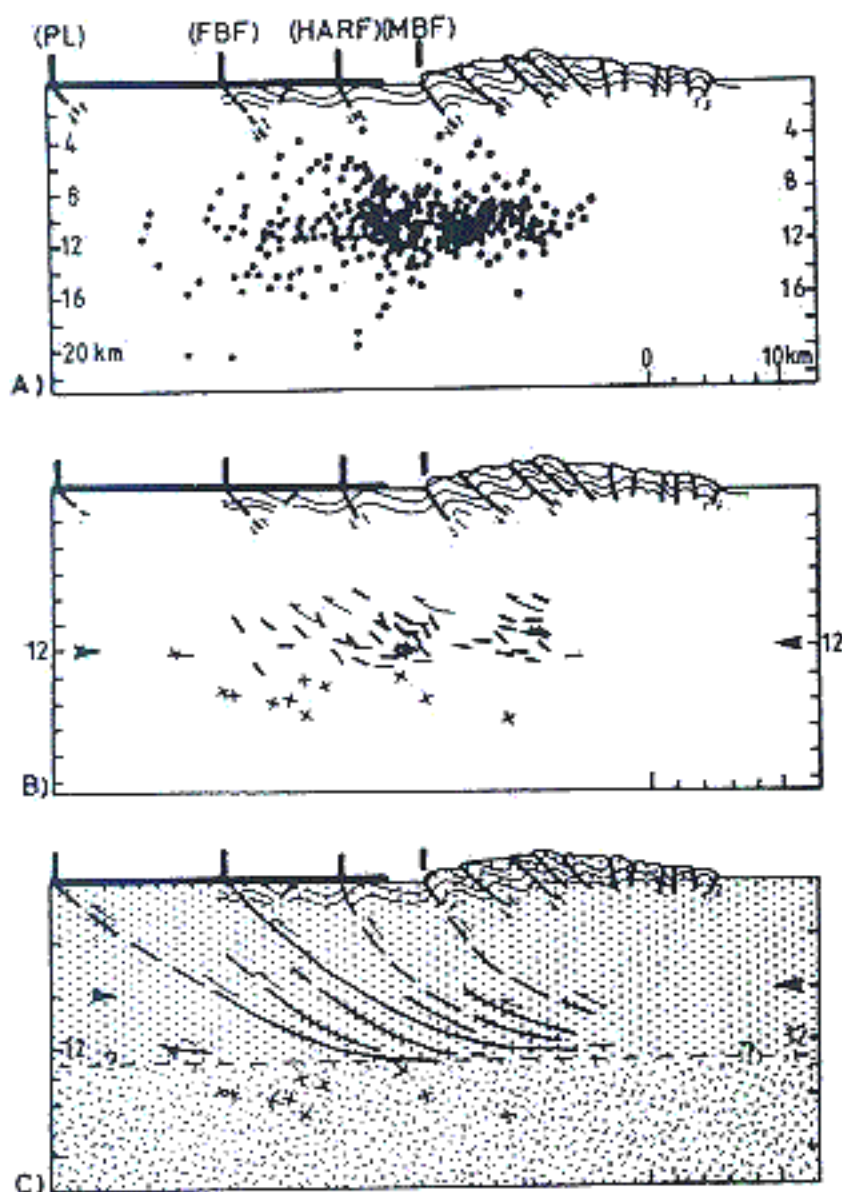


چ

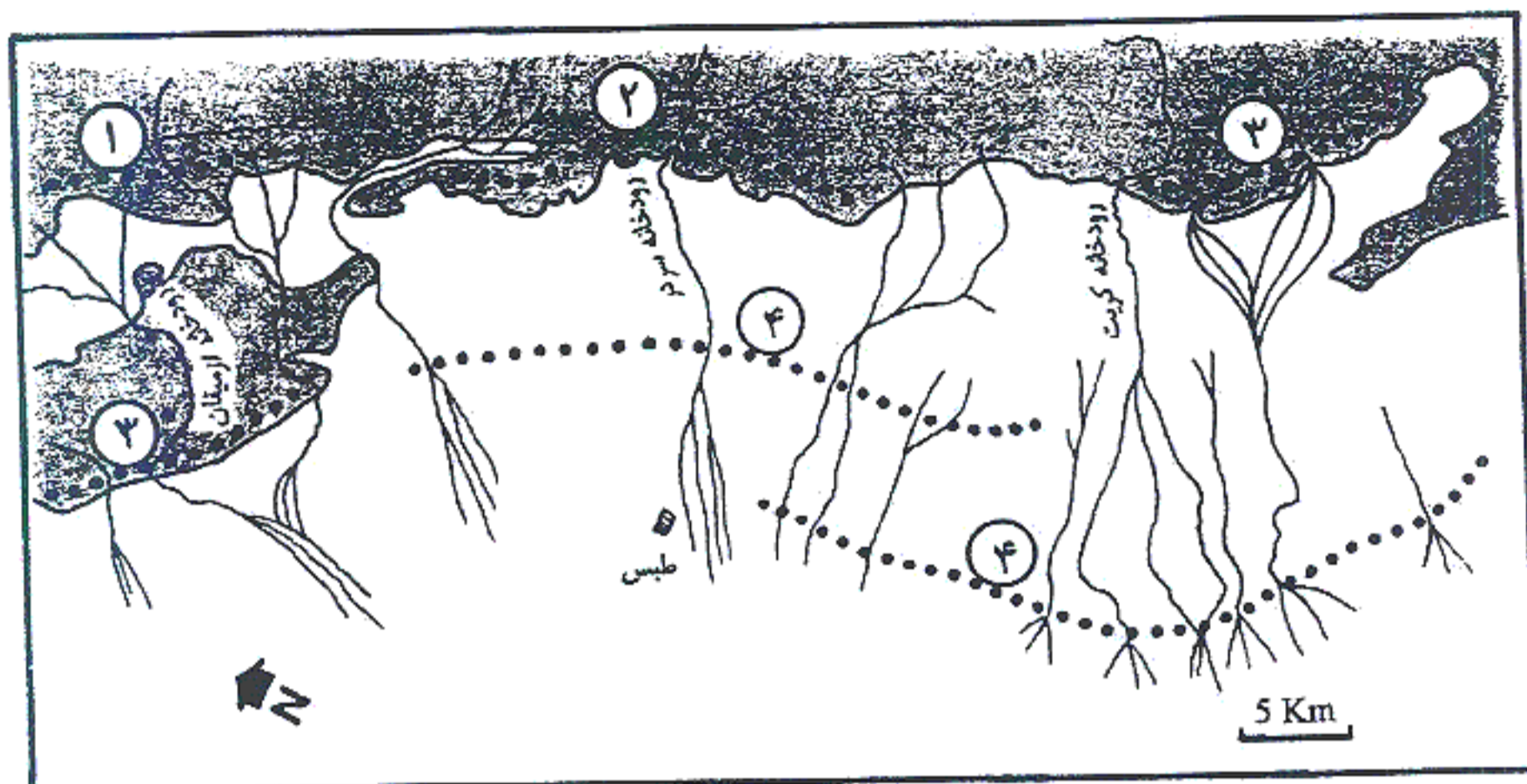
شکل ۳- الف- پادگانه‌های آبرفتی، چرخه‌ای درون کوهستان در کال خورو. پادگانه کهن‌تر در بالا و پادگانه جوان‌تر در پایین عکس دیده می‌شوند. ب- قنات باستانی معلق رخنمون یافته در بلندی ۲۵ متری از بستر رودخانه سردر، پ- دره تنگ آبگذر پیشین در آبرفت‌های یادزن کهن سردر با ژرفای ۵۰ متر، ت- اقراز گسلی پوشیده پیشانی کوهستان (از ناظمی، ۱۳۷۷)، ث- بادزن‌های پویا در باختر تاقدیس کریت. نگاه به سوی خاور است. ج- دورنمایی از پادگانه‌های فرسایشی در تاقدیس نوژن سردر. اختلاف بلندی این پادگانه‌ها آشکارا به سوی مرکز تاقدیس (سمت چپ عکس) زیاد می‌گردد. نگاه به سوی شمال باختر است. چ- بستر سنگی رودخانه از میقان در پیشانی باختر بلندی‌های از میقان، ح- دورنمایی از کوه شکسته هزار قاج (جلوی عکس) در برابر کوهستان شتری (عقب عکس) همانند شتری کوهی تازه به دنیا آمده در آغوش مادر. نگاه به سوی خاور است.



شکل ۴. نیمرخ طولی سه رودخانه از میقان (الف)، سردر (ب) و کریت (پ)، MF، موقعیت پیشانی کوهستان است. عددهای روی نیمرخ ها نشانگر مقدار شاخص V_f هستند. شکل تقریبی نیمرخ عرضی دره ها در زیر هر نمودار نشان داده شده است و موقعیت واحدهای زمین شناختی و ساختاری در روی نیمرخ های طولی مشخص گردیده است. مقیاس عمودی با گرافه نمایی پنج برابر نسبت به مقیاس افقی رسم شده است. افزایش کوژیدگی نیمرخ طولی و حالت پلکانی آن و همچنین کاهش زیاد شاخص V_f در گذر رودخانه ها از ساختارهای پویا به خوبی نمایان است.



شکل ۵. الگوی دگرشکلی توالی زمین لرزه طبرس گلشن در باختر کوهستان شتری. A-برش مرکب از پس لرزه ها، B-برش عمودی از سطح های گسلی به دست آمده از ساز و کار کانونی پس لرزه های بزرگ (پاره خط ها) و سطح های نودال رخدادهای لرزه ای پی سنگ (ضربدرها)، C-رابطه بین دگرشکلی لرزه ای ژرفی و زمین شناسی سطحی. گستره گسیختگی های سطحی همراه با زمین لرزه ۱۹۷۸ به وسیله خط های ضخیم افقی در بالای سمت چپ برش ها نشان داده شده است. موقعیت گسل های پویا شده در سطح نیز با خط های ضخیم عمودی مشخص شده اند. PL-خطواره پلایا، FBF-گسل واژگون کناره تپه ماهورهای دشت، HARF-گسل واژگون بزرگ زاویه و MBF-گسل واژگون کناره کوهستان (خلاصه شده از Berberian 1982).



شکل ۶. نقشه موقعیت پیشانی های کوهستانی در باختر کوهستان شتری. پیشانی های کوهستانی با نقطه چین مشخص شده اند. ۱-پیشانی کوهستانی پس مانده، ۲-پیشانی کوهستانی ناپویا، ۳-پیشانی کوهستانی پویا و ۴-پیشانی کوهستانی در حال شکل گیری. رنگ تیره نشان دهنده کوهستان و رنگ روشن نشان دهنده دشت است.

کتاب نگاری

- سجادی، م.ع.، ۱۳۶۱. قنات (کاریز): تاریخچه، ساختمان و چگونگی گسترش آن در جهان. دفترهای بخش باستان شناسی انجمن فرهنگی ایتالیا، تهران.
- ناظمی، م.، ۱۳۷۷. ریخت زمین ساخت مخروط افکنه طبس (شاهدی بر زمین ساخت پویا). خلاصه مقالات هفدهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی، تهران.
- ناظمی، م.، ۱۳۷۷. نو زمین ساخت بلوک طبس با نگرشی بر زمین شناسی ساختمانی ناحیه قوری چای (ناحیه ذغال دار پروده-جنوب طبس). پایان نامه کارشناسی ارشد، پژوهشکده سازمان زمین شناسی، تهران.

References

- Berberian, M., 1979- Earthquake faulting and bedding thrust associated with the Tabas-e-Golshan (Iran) earthquake of September 16, 1978. Bulletin of the Seismological Society of America, v. 69, no. 6, p. 1861-1887.
- Berberian, M., 1982. Aftershock tectonics of the 1978 Tabas-e-Golshan (Iran) earthquake sequence: a documented active thin- and thick-skinned tectonic case. Geophys. J. R. astr. Soc. 68, p. 499-530.
- Berberian, M., 1982- Discussion on the paper A. Mohajer-Ashjai and A.A. Nowroozi: The Tabas earthquake of September 16, 1978 in East-Central Iran, G.R.L. no. 9L0391. In: Geophysical Res. Lett. 9 (3), p.193-194.
- Bull, W.B., and McFadden, L.D., 1977- Tectonic geomorphology north and south of the Garlock Fault, California. In:



- Doehring, D.O., ed., *Geomorphology in arid regions*, Binghamton, N.Y., state university of New York at Binghamton, p. 115-138.
- Bull, W.B., 1978- *Geomorphic tectonic classes of the south front of the San Gabriel Mountains, California*. U.S. Geological Survey Contract Report 14-80-001-G-394. Office of earthquakes, volcanoes, and engineering, Menlo Park, CA.
- Burbank, D.W., and Anderson, R.S., 2001. *Tectonic geomorphology*. Blackwell science, Massachusetts, USA.
- Geological Survey of Iran, 1965- *Geological map of the Shotori Range (1:100 000)*. Geol. Surv. Iran 3.
- Gomez, B., and Marron, D.C., 1991- *Neotectonic effects on sinuosity and channel migration, Belle Fourche river, western*
- Keller, E.A., and Pinter, N., 1996- *Active tectonics, earthquakes, uplift, and landscape*. Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Mayer, L., 1986- *Tectonic geomorphology of escarpments and mountain fronts*. In: *Active tectonics* (compiled by Wallace, R.E.). National Academic Press, Washington, p. 125-135.
- Ouchi, S., 1985- *Response of alluvial rivers to slow active tectonic movement*. Geological Society of America Bulletin, v. 96, p. 504-515.
- Ruttner, A., Nabavi, M.H., and Hajian, J., 1968- *Geology of the Shirgesht area (Tabas area, East Iran)*. Geol. Surv. Iran 4.
- Satellite image of the Shotori Range (Tabas area, East Iran)*, 1:100 000.
- Schum, S.A., and Khan, H.R., 1972- *Experimental study of channel patterns*. Nature, v.233, p. 407-409.
- Sheperd, R.G., 1979- *River channel and sediment responses to bedrock lithology and stream capture, Sandy creek drainage, central Texas*. In: *Adjustments to the Fluvial System* (ed. By Rhodes, D.D. and Williams, G.P.). Proc. 10th Ann. Geomorph. Symp. State university of New York, Binghamton, p. 255-276.
- Stocklin, J., Eftekhari-nezhad, J., and Hushmand-zadeh, A., 1965- *Geology of the Shotori Range (Tabas area, East Iran)*. Geol. Surv. Iran 3.
- Wells, S.G., Bullard, T.F., Menges, C.M., Drake, P.G., Karas, P.A., Nelson, K.L., Ritter, J.B., and Wesling, J.R., 1988- *Regional variations in tectonic geomorphology along a segmented convergent plate boundary, Pacific coast of Costa Rica*. *Geomorphology*, 1, p. 239-265.

* گروه زمین ساخت سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی

* Tectonic Group of Geological Survey of Iran