

تحلیل ساختاری ناودیس بالاآمده سبزکوه در زاگرس مرتفع

حسین نریمانی^۱، علی یساقی^{۲*}، مهدی عباسی^۳

۱. کارشناس ارشد زمین‌شناسی تکتونیک، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، بخش سطح الارضی، تهران

۲. دانشیار گروه زمین‌شناسی دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۳. کارشناس ارشد زمین‌شناسی مهندسی، موسسه ایمن سازان، بخش زیرزمینی، تهران

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۱۳

چکیده

کمر بند زاگرس مرتفع بخش شمال خاوری کمر بند چین خورده - رانده زاگرس است و عمدتاً از گسل‌های راندگی با راستای شمال باختر - جنوب خاور تشکیل شده است. در ناحیه سبزکوه گسترش گسل‌های راندگی به صورت پیش‌راندگی‌ها و پس‌راندگی‌ها با توسعه پهنه‌های سه‌گوش منفی و مثبت همراه شده و موجب بالاآمدگی ناودیس سبزکوه در فرادیواره گسل‌های دوپلان و آوردگان - سولقان و فروافتادگی چغاخور در فرودیواره گسل‌های اصلی زاگرس و آوردگان - سولقان گردیده است. افقی بودن سازندهای ایلام - سروک در فرودیواره گسل‌های اصلی زاگرس و آوردگان - سولقان شاهدهی بر توسعه چنین ساختارهایی است. بالا آمدگی ناودیس سبزکوه با توسعه راندگی‌های همراه با چین به صورت راندگی گوه‌ای پهلویی همراه بوده است. توسعه چنین ساختارهایی مبین منشا گرفتن گسل‌های یادشده از افق‌های جدایشی پالئوزوئیک سازند هرمز است.

واژه‌های کلیدی: کمر بند زاگرس مرتفع، ناودیس سبزکوه، فروافتادگی چغاخور، گوه‌های پهلویی، افق‌های جدایشی

مقدمه

ضخامت پوشش رسوبی (Talebian and Jackson, 2002) در راستای این گسل‌های راندگی گویای فعالیت گسل‌های پی‌سنگی در توسعه ساختارهای این کمر بند است. فعالیت گسل‌های پی‌سنگی در این ناحیه با شواهد آشکار خود باعث شده تا ساختارهای گسلی راندگی نزدیک بهمی توسعه یابند. برخلاف بخش چین خورده کمر بند، چین‌های مرتبط با این گسل‌ها در پهنه زاگرس مرتفع توسعه نیافته است که می‌تواند مرتبط با اثر فرسایش به دلیل ارتفاع خیلی زیاد آن‌ها نسبت به زاگرس چین خورده باشد. عمیق بودن گسل‌های راندگی تا پی‌سنگ و همچنین فعالیت سازند هرمز به عنوان سطح جدایش موثر (O'Brien, 1950)، باعث شده تا ارتفاع ناودیس‌ها در این پهنه افزایش یافته و با توسعه ساختارهای گسلی همراه شود.

دگرریختی‌های موجود در بخش خارجی مناطق کوهزاد، به ویژه در کمر بندهای چین خورده - رانده بیشتر به صورت توسعه راندگی‌ها با جابجایی قابل ملاحظه و چین‌خوردگی‌های همراه با آن‌ها تظاهر پیدا می‌کند (Mitra, 1994). دگرریختی در کمر بند چین خورده - رانده زاگرس با طول ۱۸۰۰ کیلومتر نیز عمدتاً با انتشار راندگی‌های جدایش یافته از پی‌سنگ و چین‌خوردگی‌های همراه و هم امتداد با روند کوهزاد می‌باشد، ولی بر خلاف غالب کمر بندهای چین خورده - رانده این گسل‌های رانده تظاهرات سطحی کمتری داشته و بیشتر مدفون می‌باشند (Berberian, 1995). رخنمون واحدهای قدیمی‌تر از پالئوزوئیک از جمله واحدهای پرکامبرین سازند هرمز (احمدزاده و همکاران، ۱۳۶۹) و مکان‌یابی برخی زلزله‌های وقوعی با عمق کانونی بیشتر از

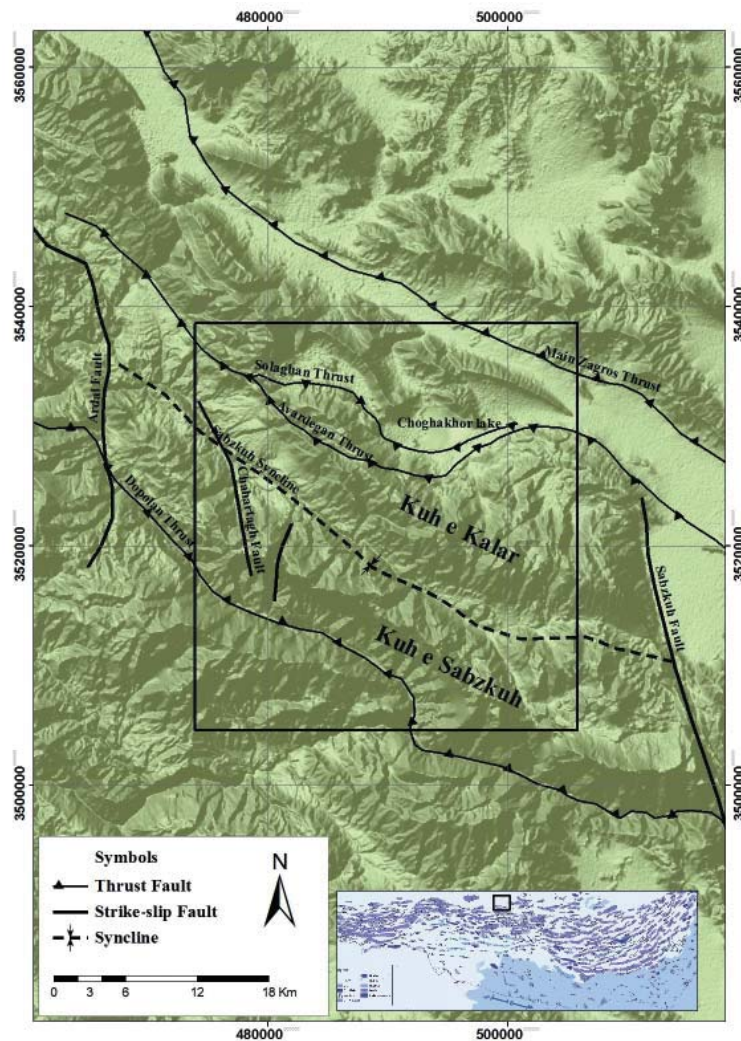
در این مقاله، با استفاده از برداشت‌های صحرائی، تصاویر ماهواره‌ای و رسم برش ساختاری عرضی، مطالعه ساختاری منطقه ناودیس سبزکوه در پهنه ساختاری زاگرس مرتفع صورت گرفته و نقش سطوح جدایشی در توسعه ساختارهایی چون ناودیس برآمده سبزکوه، پهنه‌های سه‌گوش و گوه‌های پهلویی در این ناحیه تحلیل گردیده است. با توجه به توپوگرافی بلند و سخت منطقه مورد مطالعه، پیمایش ساختاری در مسیر دره‌های قابل دسترس انجام گردیده است. در رسم برش ستبرای لایه‌ها بر پایه اطلاعات چینه‌شناسی سطحی موجود لحاظ گردیده است.

ساختارهای ناحیه مورد مطالعه

در پهنه زاگرس مرتفع یا پهنه روراندگی‌های واقع در بخش شمالی کمر بند چین خورده - رانده زاگرس گسل‌های راندگی از ساختارهای اصلی بوده و موجب راندگی واحدهای سنگی مختلف بر روی یکدیگر شده است و این عامل باعث شده تا چین‌ها مانند دیگر بخش‌های زاگرس رخنمون نداشته باشند (شکل ۱). گسل اصلی زاگرس در بخش شمالی این پهنه و گسل

زاگرس مرتفع در جنوب، از جمله گسل‌های اصلی زاگرس در این پهنه محسوب می‌شوند. با توجه به پی‌سنگی و عمیق بودن آن‌ها، در سطح با انشعابات و یا شاخه‌های متعددی از گسل‌های رانده همراه می‌باشد. از ساختارهای اصلی مورد مطالعه در این مقاله گسل اصلی زاگرس، گسل زاگرس مرتفع، گسل‌های سولقان و آوردگان و ناودیس سبزکوه می‌باشد.

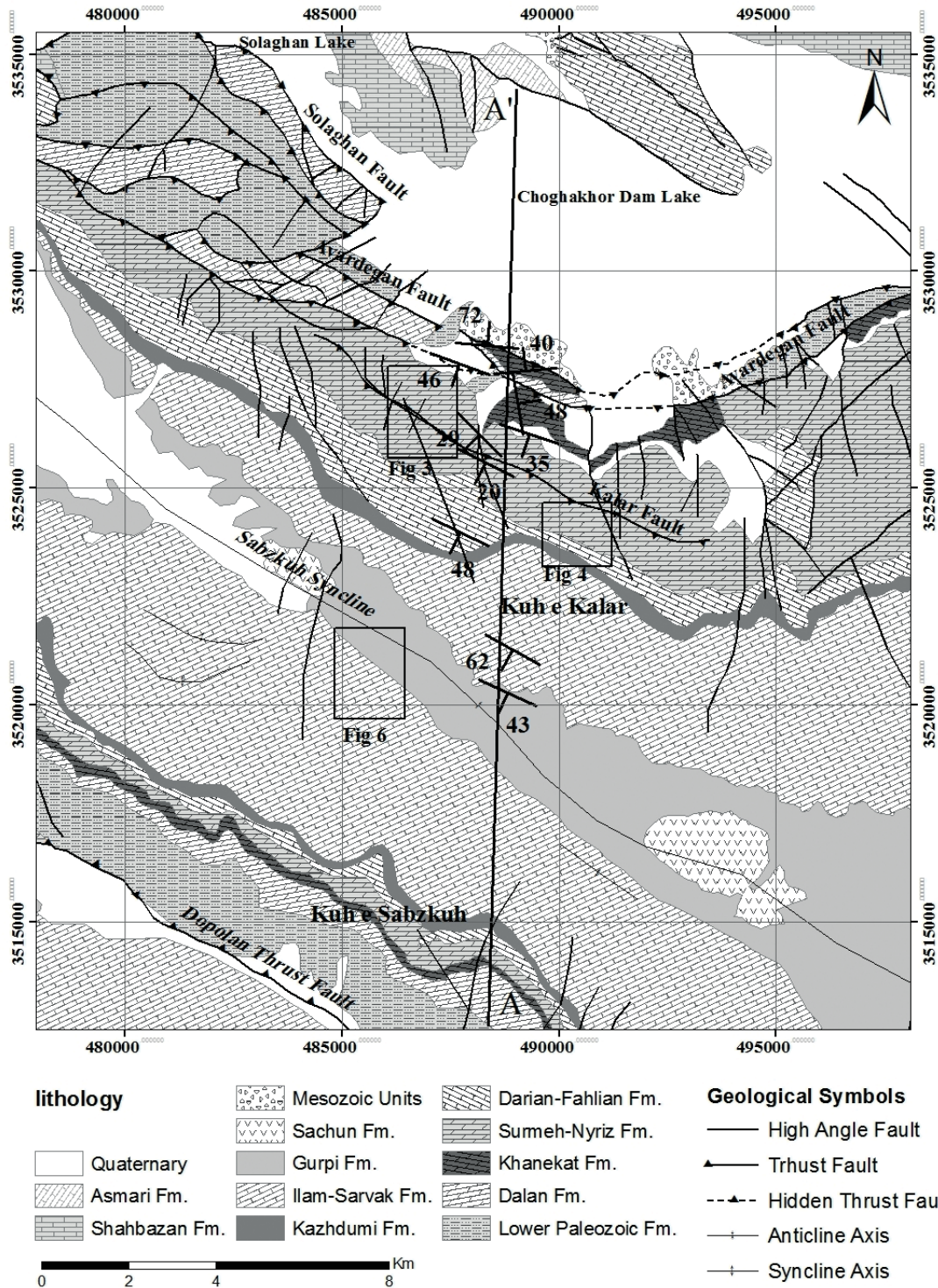
- گسل اصلی زاگرس با شیب به سمت شمال خاور در شمال ناحیه مورد مطالعه بخشی از پهنه گسل‌های راندگی مرز زاگرس و ایران مرکزی می‌باشد (Berberian, 1995) و دارای میزان جابجایی زیادی است به گونه‌ای که در بخش پیشانی با ساختارهای فروافتاده و رسوبات عهد حاضر قابل مشاهده است که در جنوب ناحیه مورد مطالعه گسل زاگرس مرتفع قرار دارد (شکل ۱). جابجایی زیاد این گسل باعث شده تا سازند هرمز و رسوبات پالئوزوئیک در سطح در راستای گسل رخنمون یابند. در این ناحیه گسل زاگرس مرتفع با انشعابات متعدد، باعث شده تا ساختارهای مختلفی شکل بگیرند.



شکل ۱. نقشه ناحیه‌ای از منطقه مورد مطالعه به همراه ساختارهای اصلی.

- گسل آوردگان با راستای 130N و شیب حدود ۵۰ تا ۷۰ درجه به سمت جنوب باختر در شمال خاوری ناودیس سبزکوه قرار دارد (شکل ۲). ضخامت پهنه گسلی آوردگان حدود ۲ کیلومتر است و در راستای آن واحدهای سنگی پالئوزوئیک زیرین بر روی واحدهای مزوزوئیک و یا نهشته‌های آبرفتی رانده شده

- گسل دوپلان از دیگر گسل های بنیادین زاگرس مرتفع است و در جنوب ناودیس سبزکوه قرار دارد (شکل های ۱ و ۲). جابجایی زیاد در این گسل با ریشه داشتن در واحد پالئوزوئیک تحتانی و سازند هرمز هم‌خوانی داشته و باعث شده تا ارتفاع ناودیس سبزکوه نسبت به ساختارهای مجاور خود بیشتر باشد.



شکل ۲. نقشه زمین‌ساختاری منطقه مورد مطالعه، برای مشاهده محل نقشه به شکل ۱ مراجعه شود. برش ساختاری AA' که ساختارهای ناحیه را در بر می‌گیرد در شکل ۸ ارائه گردیده است.

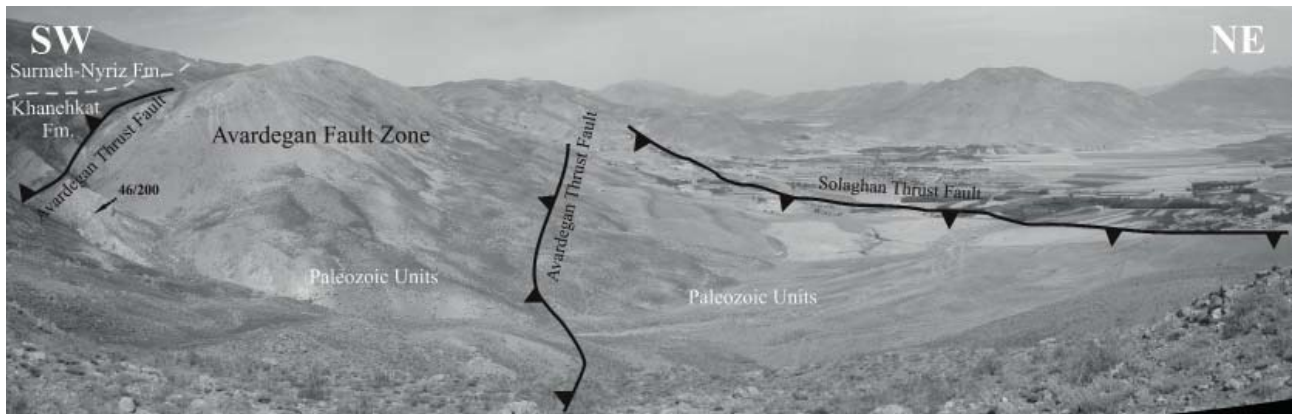
همچنین لغزش به سمت بالا یا پایین شیب گسل تغییر می‌کند، در نتیجه این گسل‌ها بدون اتصال به افق جدایش مشخص، درون خود ساختار خاتمه می‌یابد (شکل ۵). دلیل توسعه چنین گوه‌ای پهلویی، توسعه متفاوت استرین موازی لایه بندی در بین واحدهای مختلف است، که عموماً در واحدهای خیلی مقاوم توسعه بیشتری می‌یابند. لغزش‌های صورت گرفته در خلال توسعه این راندگی‌ها در پهلوی چین می‌تواند با توسعه سیستم‌های ثانویه دوپلکسی در چین همراه شود. در تشابه با ناودیس سبزکوه، شاید بهترین مثال از راندگی‌های گوه‌ای پهلویی بزرگ مقیاس در ارتباط با گسل کوهستان بوفالو بر روی پهلوی شمالی ناودیس Buffalo-Berry در دره پنسیلوانیا باشد. این ساختار گسل راندگی را نشان می‌دهد که از راندگی سطح لایه‌بندی منشا می‌گیرد و به سمت بالا حرکت کرده و واحد مقاوم را قطع می‌کند (شکل ۹).

علاوه بر گسل‌های راندگی، گسل‌های امتدادلغز نیز در منطقه مطالعه برداشت گردیده‌اند که مهمترین آن‌ها گسل اردل در بخش باختری و گسل سبزکوه در بخش خاوری ناودیس سبزکوه و همچنین گسل چهارطاق با راستای شمال باختر - جنوب خاور در مرکز ناودیس می‌باشد (شکل ۱). این گسل‌ها موجب توسعه

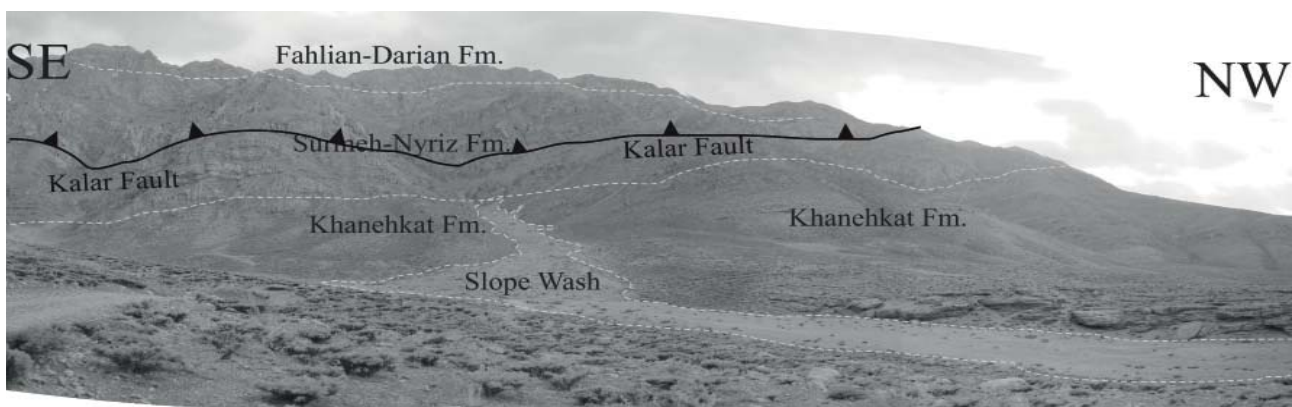
است و لذا این گسل واجد جابجایی قابل ملاحظه‌ای می‌باشد (شکل ۳).

- گسل سولقان در پهلوی شمال خاوری ناودیس سبزکوه با راستای N130 و شیب ۴۰ تا ۶۵ درجه به سمت جنوب باختر قرار دارد (شکل ۲). در راستای این گسل واحدهای پالئوزوئیک بر روی رسوبات عهد حاضر رانده شده‌اند (شکل‌های ۲ و ۳).

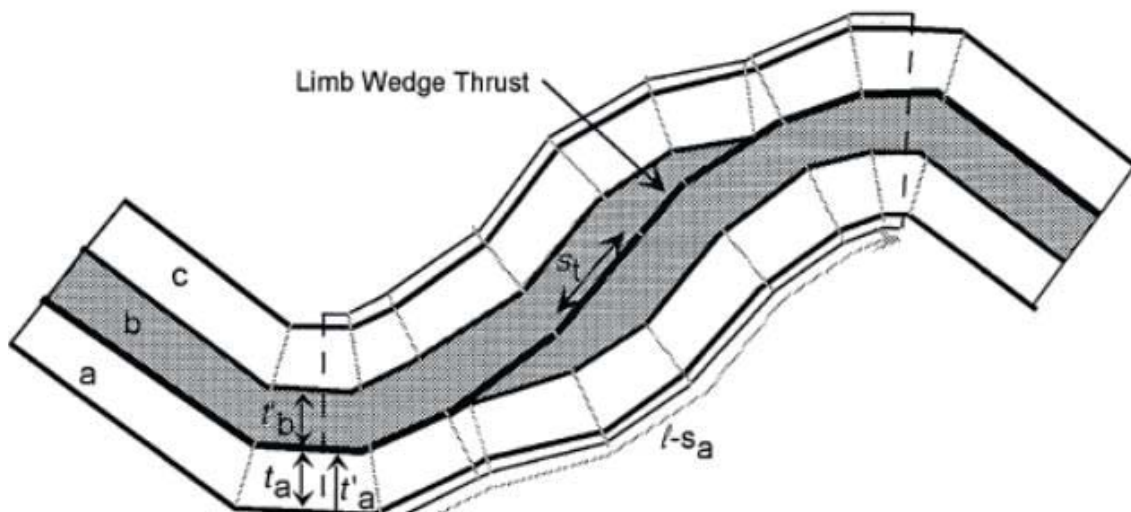
پهنه‌های راندگی آوردگان و سولقان منجر به توسعه ساختارهای فلسی شکل و تکرار شدگی واحدهای سنگی در بخش شمالی ناودیس سبزکوه شده‌اند. نمونه‌ای از این تکرار شدگی افزایش ضخامت سازند سورمه - نیریز به حدود ۷۰۰ متر در راستای راندگی کلار می‌باشد (شکل ۴). چنین ضخامتی تقریباً دو برابر ضخامت این سازند در بخش جنوبی است. چنین هندسه‌ای از گسل کلار مشابه هندسه راندگی گوه‌ای پهلویی^۱ (Mitra, 2002) حاصل توسعه گسل‌های همراه چین به عنوان گسل‌های ثانویه‌ای هستند که عمدتاً به دلیل تغییرات استرین مربوط به موقعیت چینه‌شناسی و ساختاری در طی تکامل چین توسعه می‌یابند (شکل ۵). از خصوصیات کلیدی این گسل‌ها این است که لغزش در آن‌ها کمتر از لغزش در گسل اصلی ایجاد کننده چین است و



شکل ۳. پهنه‌های گسلی آوردگان و سولقان در بخش شمالی ناودیس سبزکوه. برای مشاهده موقعیت این پهنه‌ها به شکل ۲ مراجعه گردد.



شکل ۴. بخش شمالی ناودیس سبزکوه، توسعه راندگی کلار باعث تکرار شدگی و ایجاد ساختار فلسی در سازند سورمه - نیریز شده است. برای مشاهده موقعیت این پهنه‌ها به شکل ۲ مراجعه گردد.



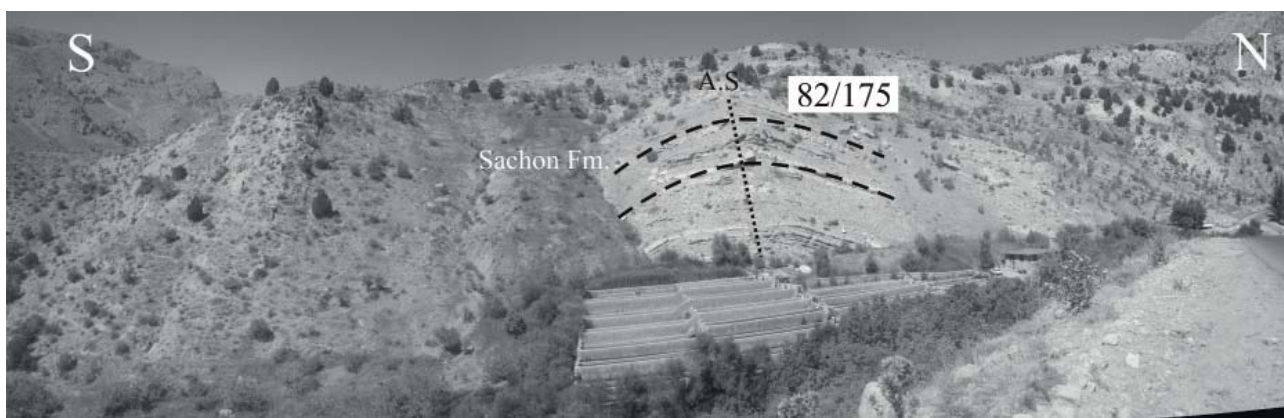
شکل ۵. توسعه گوه پهلوئی در پهلوئی یک چین (برگرفته از Mitra, 2002).

تحلیل ساختاری منطقه

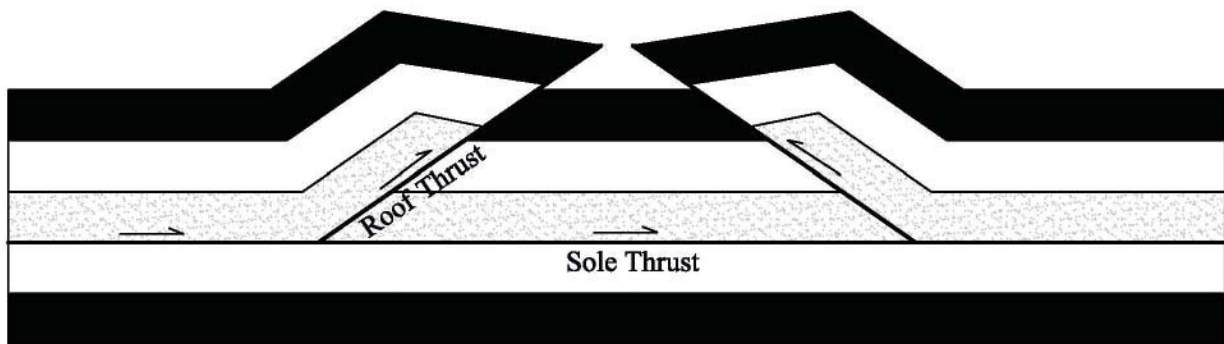
به طور ویژه در ناحیه مورد مطالعه، گسل‌های راندگی اصلی زاگرس و زاگرس مرتفع از جمله گسل‌های پی‌سنگی مهم محسوب می‌شوند که گسل زاگرس مرتفع دارای اهمیت بیشتری در منطقه است. این گسل با انشعابات خود بیشترین تاثیر را در ناحیه مورد مطالعه باعث شده است. مهمترین شاخه این گسل در پیشانی ناودیس سبزکوه، گسل دوپلان است. گسل دوپلان با سوی جابجایی به سمت جنوب باختر به عنوان یکی از گسل‌های رانده پهنه زاگرس مرتفع از راندگی‌های عمیق نوع پیش راندگی است که حداقل از مرز پی‌سنگ با سازند هرمز شروع شده و به سطح رسیده است. اما در مقابل، گسل‌های آوردگان و سولقان با سوی جابجایی به سمت شمال خاور از گسل‌های نوع پس راندگی پهنه زاگرس مرتفع می‌باشند. جهت شیب و سوی راندگی متفاوت این گسل‌ها، بالا آمدگی ناحیه‌ای را موجب می‌شوند که در آن ناودیس سبزکوه نیز قرار دارد. در مقابل چنین بالا آمدگی‌هایی،

چین‌هایی با روند و اندازه متفاوت نسبت به چین‌های اصلی زاگرس شده‌اند (شکل ۶).

- ناودیس سبزکوه با راستای اثر سطح محوری 135N در بخش شمالی پهنه زاگرس مرتفع کمر بند چین خورده - رانده زاگرس و در فرادواره گسل‌های دوپلان و آوردگان، در جنوب تالاب چغاخور جای دارد (شکل ۱). پهنای این ناودیس از جنوب خاور به سمت شمال باختر کاهش می‌یابد (شکل ۱). رخنمون سنگی در این ناودیس شامل واحدهای قدیمی‌تر سازندهای پالئوزوئیک و گروه‌های دهرم و کازرون در پهلوها و واحدهای جوان‌تر سازندهای پابده - گورپی و ساچون در بخش میانی است. رخنمون واحدهای سازند هرمز در بخش جنوبی این ناودیس در مجاورت گسل دوپلان نشان از جابجایی زیاد در این گسل و ناودیس دارد (شکل ۲). از مهمترین خصوصیات این ناودیس ارتفاع زیاد آن است که می‌تواند مرتبط با سازند هرمز به عنوان سطح جدایشی در بخش پیشانی آن باشد (شکل ۲).



شکل ۶. پهلوئی پیشانی ناودیس سبزکوه، چین ایجاد شده در سازند ساچون در محل عبور گسل امتداد لغز چهارطاق. برای مشاهده موقعیت این پهنه‌ها به شکل ۲ مراجعه گردد.



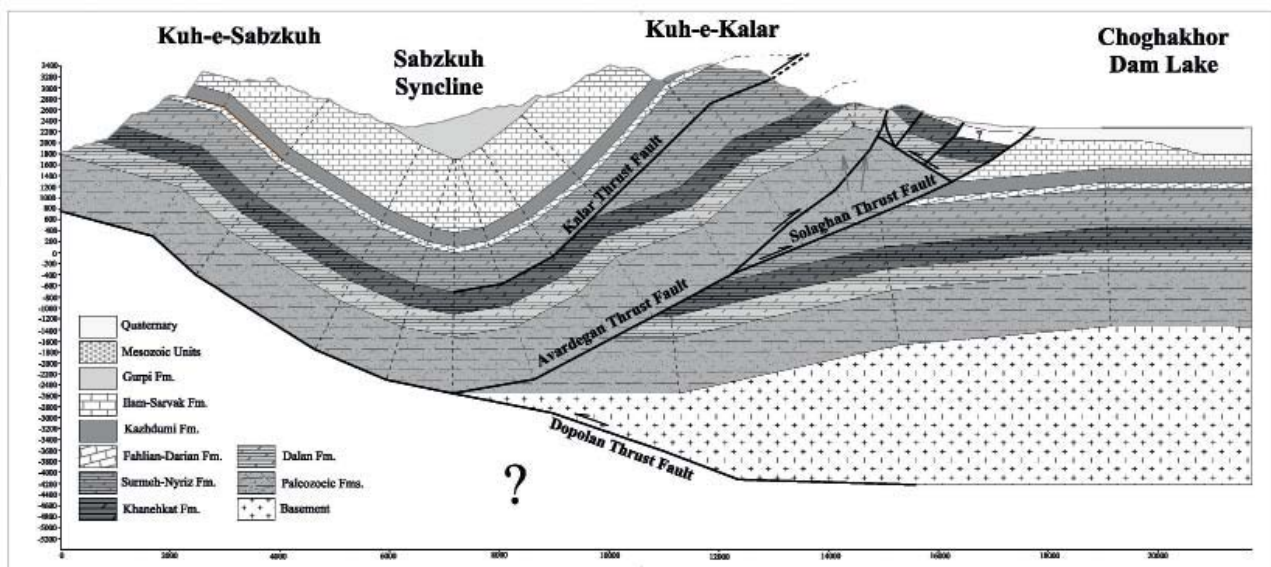
شکل ۷. ساختار پهنه سه گوش، (بر گرفته از McClay, 2003)

توسعه چنین پهنه سه گوش در ناحیه مورد مطالعه، مابین گسل اصلی زاگرس در شمال و سولقان در جنوب توسعه یافته‌اند که تالاب چغاخور یکی از آن‌ها است (شکل ۱). ایجاد این فروافتادگی‌ها با توسعه ساختارهای عمیق مرتبط است.

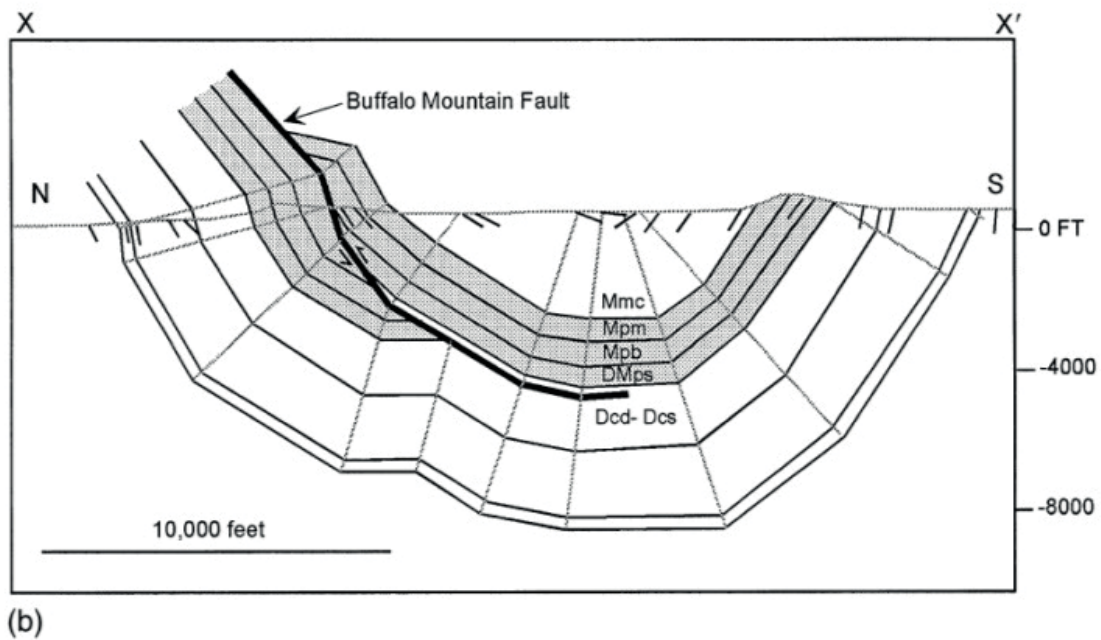
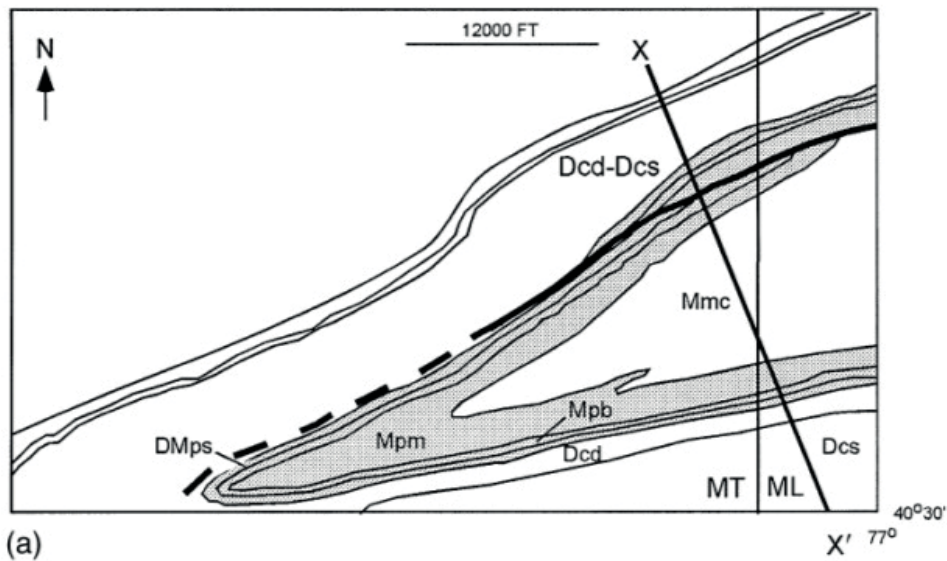
گسترش واحدهای تبخیری سازند هرمز در قاعده پوشش رسوبی زاگرس، به عنوان واحد نامقاوم جدایشی محلی مناسب برای شروع راندگی‌های اصلی ناحیه محسوب می‌شود. این حضور و فعالیت جدایشی می‌تواند با توسعه ساختاری تحت نام پهنه سه گوش همراه گردد (شکل ۷). پهنه‌های سه گوش، پهنه‌هایی متشکل از راندگی‌های با شیب مخالف در کمربندهای چین خورده - رانده هستند که به صورت یک گوه محدود شده با راندگی مشاهده می‌شوند و به وسیله یک راندگی Sole یا Floor در قاعده و یک Passive Roof Thrust در بالا محدود شده است (McClay, 2003) (شکل ۷).

از طرف دیگر گسل آوردگان خود به عنوان یکی از انشعابات گسل زاگرس مرتفع تحلیل گردیده که به صورت پس - راندگی از گسل دویلان توسعه یافته است (شکل ۸).

محدوده مابین گسل‌ها همانطور که در شکل ۷ مشخص است، کمتر تحت تاثیر گسل‌های راندگی پهنه سه گوش قرار گرفته است. در منطقه مورد مطالعه، شواهدی از واحدهای افقی سازند ایلام - سروک را می‌توان در جزیره‌های تالاب چغاخور مشاهده کرد که متاثر از دگرریختی گسل‌های اصلی زاگرس، آوردگان و سولقان قرار نگرفته‌اند.



شکل ۸. مدل ساختاری ناحیه سبزکوه، مسیر برش در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۹. راندگی‌های گوه‌ای پهلوئی در ارتباط با گسل کوهستان بوفالو بر روی پهلوئی شمالی ناودیس Buffalo-Berry در دره پنسیلوانیا، (بر گرفته از Mitra, 2002).

مستهلک می‌گردند. در آن گسل‌های اصلی کمربند زاگرس و دوپلان به عنوان پیش‌راندگی و گسل‌های آوردگان و سولقان به عنوان پس‌راندگی عمل می‌کنند و باعث شده‌اند تا ناودیس سبزکوه نسبت به مناطق مجاور خود مرتفع‌تر باشد، همچنین ساختارهای گسلی همراه چین که غالباً در مراحل تکاملی چین توسعه می‌یابند در این ناودیس دیده می‌شوند. به علاوه توسعه ساختار تاق فرم ایجاد شده در فرادیواره گسل آوردگان با تمایل به سمت شمال خاور در داخل واحدهای پالئوزوئیک و تریاس و فروافتادن ناحیه چغاخور با واحدهای افقی در مقابل گسل‌های آوردگان- سولقان و اصلی زاگرس دلیل بر توسعه پهنه‌های

نتیجه گیری

تحلیل ساختاری منطقه ناودیس سبزکوه در زاگرس مرتفع نشان از توسعه گسل‌های پس‌راندگی چون آوردگان و سولقان، مابین گسل‌های اصلی پیش‌راندگی چون اصلی زاگرس، زاگرس مرتفع و دوپلان دارد. در منطقه مابین این گسل‌ها متاثر از هندسه و سازوکار این گسل‌ها، پهنه‌های سه‌گوش منفی و مثبتی ایجاد شده که به ترتیب موجب توسعه تالاب چغاخور به عنوان فروافتادگی و ناودیس بالا آمده سبزکوه به عنوان برآمدگی شده است. توسعه چنین ساختاری نشان می‌دهد که این گسل‌ها بر روی واحدهای پالئوزوئیک زیرین و یا سازند هرمز به عنوان سطوح جدایش

- Mitra, G. 1994. Strain variation in thrust sheets across the Sevier fold-and-thrust belt (Idaho-Utah-Wyoming): implications for section restoration and wedge taper evolution. *Journal of Structural Geology*, 16(4), 585-602.

- Mitra, S., 2002. Fold-Accommodation Faults. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 86(4), 671-693.

- O'Brien, C.A.E., 1950. Tectonic Problems of the Oil field Belt of Southwest Iran. 18th International Geological Congress, Proceedings, Great Britain. Proceeding, London, 6, 45-58.

- Talebian, M. and Jackson, J., 2002. Offset on the main recent fault of NW Iran and implications for the Late Cenozoic tectonics of the Arabia-Eurasia collision zone. *Geophysical Journal International*, 150, 422-439.

سه گوش در ناحیه سبزکوه است. توسعه چنین ساختارهای پیچیده ای به منشاء گرفتن آن ها از افق های جدایشی قاعده پوشش رسوبی زاگرس اشارت دارند.

منابع

- احمدزاده هروی، م، هوشمندزاده، ع، و نبوی، م، ۱۳۶۹. مفاهیم جدیدی از چینه شناسی سازند هرمز. مجموعه مقالات سمپوزیوم دیاپیریزم با نگرشی ویژه به مساله دیاپیریزم در گنبد های نمکی جنوب ایران. سازمان زمین شناسی کشور، ایران.

- Berberian, M., 1995. Master-Blind-Thrust Faults Hidden under the Zagros Folds: Active Basement Tectonics and Surface Morphotectonics. *Tectonophysics*, 241, 193-224.

- McClay, K.R., 2003. *Structural Geology for Petroleum Exploration, Lecture Notes*, 503.