

فصل اول

کلیات

1-1- مقدمه

یکی از روش‌های بررسی زمین‌شناسی ساختاری و زمین‌ساخت، بررسی‌های ساختاری در پهنه‌های دگرشکلی است. در این روش با مطالعه ساختارهایی از قبیل چین‌ها، درزه‌ها، گسل‌ها و غیره، یک مدل تکامل ساختاری برای بازسازی تحولات تکتونیکی ارائه می‌شود. تحلیل عناصر ساختاری در مناطق دگرشکل شده از ابزارهای مهم برای شناخت تاریخچه تکتونیکی منطقه و بازسازی وقایع گذشته آن محسوب می‌گردد. در این پایان‌نامه سعی شده است که با تحلیل عناصر ساختاری موجود در منطقه مورد مطالعه به ویژه گسل‌های نصرت‌آباد و کهورک و ساختارهای موجود بین این دو گسل تحولات تکتونیکی منطقه، بررسی گردد.

1-2- تعریف مسئله

فرایند دگرشکلی یعنی بازتاب یک رژیم استرس بر روی یک نمونه سنگ که در یک محدوده زمانی خاص شکل گرفته است [1]. بررسی‌های ساختاری در پهنه‌های دگرشکل شده یکی از ابزارهای مناسب جهت درک بهتر مکانیزم دگرشکلی و تفکیک رخداد‌های دگرشکلی است که به وسیله آن می‌توان مدل تکامل ساختاری را برای منطقه ارائه کرد و تحولات تکتونیکی در این مناطق را بازسازی نمود [2]. رخداد‌های دگرشکلی به انطباق شدت و دوره‌های عملکرد، به تشخیص وقایع تکتونیکی بین واحدهای زمین‌ساختی مجاور در مقیاس بزرگ و بین واحدهای سنگی - ساختاری در مقیاس کوچکتر کمک می‌کند. علیرغم کارهای انجام گرفته در منطقه مذکور هنوز ابهامات زیادی در زمینه سن نسبی، تعداد رخداد‌های دگرشکلی، مکانیزم و تقدم و تأخر هر یک از آنها وجود دارد. منطقه نصرت‌آباد به دلیل تلاقی دو ساختار گسلی نصرت‌آباد و کهورک پتانسیل بالایی برای تحلیل و بررسی ساختارها در ناحیه جنوب‌شرق ایران دارد. لذا منطقه مذکور که در حاشیه شرقی بلوک لوت قرار دارد، برای انجام این تحقیق انتخاب شده است. سنگ‌های دگرشکل شده و ساختارهای دگرشکلی مربوطه این فرصت را به وجود می‌آورند که بتوان تاریخچه تکتونیکی منطقه را مورد بررسی و بازسازی قرار داد. لذا مطالعه و مقایسه رخداد‌های دگرشکلی بین واحدهای سنگی - ساختاری مجاور، به تعیین سن نسبی دگرشکلی‌های منطقه کمک می‌کند. پیچیدگی‌های بسیاری در الگوی تکتونیکی شرق ایران وجود دارد که موجب تنوع الگوهای ارائه شده در این منطقه گردیده است. لذا در این راستا بررسی

دگرشکلی‌های منطقه شواهد مناسبی را برای حل این پیچیدگی‌ها در اختیار ما قرار داده است. بنابراین ارائه الگویی نزدیک به واقعیت نیاز به شناخت بیشتر و بررسی دقیقتر منطقه مورد مطالعه دارد. برای رسیدن به این هدف مهمترین سؤالات مطرح شده عبارتند از:

- 1- مهمترین ساختارهای دگرشکلی در منطقه نصرت‌آباد کدامند؟
- 2- مهمترین مکانیزم‌های دگرشکلی این ساختارها چگونه بوده است و چه رابطه‌ای بین آنها و میداین استرس وجود داشته است؟
- 3- چه تعداد رخداد دگرشکلی در منطقه نصرت‌آباد وجود داشته و هریک مربوط به کدام واقعه تکتونیکی است؟
- 4- تقدم و تأخر فعالیت گسل‌های نصرت‌آباد و کهورک نسبت به یکدیگر چگونه است؟

1-3- فرضیات تحقیق

- جابه‌جایی میدان استرس در طی زمان (کرتاسه- پلیوکواترن) به گونه‌ای است که با توجه به آن می‌توان ساختارهای مربوط به هر مرحله از دگرشکلی را در سنگ‌ها مشاهده کرد،
- در منطقه واحدهای سنگی قدیمی‌تر رخدادهای دگرشکلی بیشتری در خود دارند که به نظر می‌رسد متأثر از رخدادهای تکتونیکی منطقه است،
- رخدادهای دگرشکلی موجود در منطقه باعث تغییر روند ساختارهای موجود می‌شوند.

1-4- روش تحقیق

برای بررسی زمین‌شناسی منطقه از نظر واحدهای سنگ‌شناسی و تعیین مسیرهای دسترسی به محدوده‌ی مورد مطالعه پیش از انجام عملیات صحرایی ابتدا باید نقشه‌ی توپوگرافی و زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه به دقت مطالعه شوند و در صورت لزوم یک نقشه‌ی مقدماتی از منطقه تهیه گردد. در مرحله بعد مطالعات میدانی و نمونه برداری‌های صحرایی صورت گرفت، انتخاب منطقه مناسب برای انجام عملیات صحرایی باید بر طبق ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه، توپوگرافی و ساختارهای زمین‌ساختی صورت گیرد. انجام عملیات صحرایی شامل کارهای ناپیوسته بیابانی در طول 15 روز و برداشت داده‌ها در ایستگاه‌های متفاوت بوده است، که در برگزیده برداشت عناصر هندسی از قبیل شیب و امتداد پدیده‌ها به

وسیله کمپاس می‌باشد. بدین ترتیب که برای یک ساختار موجود در منطقه مثل یک ساختار چین‌خورده ابتدا به وسیله کمپاس برداشت‌هایی از یال‌های چین صورت گرفته و برای هر دو یال چین تعداد حداقل 10 برداشت انجام شده است و سپس با استفاده از این برداشت‌ها در نرم‌افزار Streonet 32 سطح محوری چین محاسبه گردید. دیگر ساختارها از قبیل گسل‌ها و تورق‌های موجود در منطقه می‌باشند که شیب و امتداد این ساختارها بوسیله کمپاس برداشت شده است. پس از انجام مطالعات میدانی داده‌های جمع‌آوری شده تجزیه و تحلیل گردید و از آنها اطلاعات لازم جهت تحقیق استخراج شده است. در انتها نتایج حاصل از تحقیق بیان شده است. در اینجا خلاصه‌ای از روند کلی پایان‌نامه حاضر بیان شده و ساختار کلی این پایان‌نامه به طور خلاصه بیان می‌شود.

1-1-4- ساختار پایان نامه

تحقیق حاضر به پنج فصل مجزا، به شرح زیر، تقسیم‌بندی گردیده است:

فصل اول: کلیات

در این فصل، کلیاتی پیرامون تحقیق حاضر بیان گردیده است. بدین ترتیب که ضمن بیان مسئله، فرضیات و اهداف آن، به اختصار به ذکر پیشینه مطالعاتی منطقه مربوطه پرداخته می‌شود.

فصل دوم: معرفی زمین‌شناسی منطقه

در فصل مذکور به بررسی زمین‌شناسی عمومی منطقه پرداخته شده است. در این فصل ابتدا موقعیت زمین‌شناسی ایران در نوار کوهزایی آلپ- هیمالیا بررسی شده است. سپس تقسیم‌بندی‌هایی از واحدهای ایران بیان شده و در انتها منطقه مورد مطالعه از نظر واحدهای مختلف بررسی شده است.

فصل سوم: تحلیل ساختارهای منطقه

در این فصل ساختارهای موجود در منطقه، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. ساختارهای موجود در منطقه از قبیل گسل‌ها بررسی شده و سازوکار این ساختارهای گسلی از طریق شواهد صحرایی و برداشت داده‌ها بررسی گردیده است. ابتدا داده‌هایی از قبیل شیب و امتداد گسل‌ها برداشت شده و با توجه به شواهد صحرایی از قبیل جابه‌جایی لایه‌ها، جابه‌جایی آبراهه‌ها و غیره می‌توان سازوکار این ساختارها را تشخیص داد. ساختارهای دیگر موجود در منطقه از قبیل چین‌ها نیز بررسی شده است. برای این منظور ابتدا طی عملیات

صحرائی یال‌های چین‌ها برداشت شده و با استفاده از نرم‌افزار Streonet 32 این ساختارها تجزیه و تحلیل شده و نوع چین با توجه به تقسیم‌بندی‌های رمزی و فلوتی مشخص گردیده است.

فصل چهارم: تفکیک رخدادهای دگرشکلی‌های منطقه

در این فصل ساختارهای دگرشکل شده موجود در منطقه دسته‌بندی گردیده است که برای این منظور ابتدا ساختارهای موجود در این زون‌ها بررسی شده است و با توجه به این ساختارها منطقه مورد مطالعه از لحاظ سنگی- ساختاری به سه زون تقسیم گردیده است و از هر زون با توجه به نقشه 1:250000 منطقه یک نقشه ترسیم شده و واحدهای سنگی- ساختاری هر زون در محیط GIS رسم گردیده است. سپس رخدادهای دگرشکلی منطقه از کرتاسه تا پلیو- کواترنر به چهار رخداد تقسیم شده است.

فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری

این فصل که آخرین فصل پایان نامه است، به بحث در مورد یافته‌های به دست آمده طی این تحقیق پرداخته شده است و در انتها نتایج حاصل از این مطالعه عنوان شده است.

5-1- اهمیت و اهداف تحقیق

اطلاعات موجود در رابطه با تعداد رخدادهای دگرشکلی، مکانیزم تشکیل و سن نسبی آنها در منطقه نصرت‌آباد ناچیز است. از طرفی رخنمونی از سنگ‌های کرتاسه تا پلیو- کواترنر در این منطقه وجود دارد که پتانسیل قابل توجهی برای انجام تحقیق محسوب می‌گردد. از اینرو این مطالعه می‌تواند در جهت شناخت تاریخچه و سرگذشت تکتونیکی این بخش از جنوب‌شرق ایران مؤثر باشد. یافتن تاریخچه زمین‌شناسی یک منطقه در حل بسیاری از مسائل زمین‌شناسی (از قبیل کشف شواهد ریخت‌زمین‌ساختی، شکستگی‌ها، چین- خوردگی و تغییرات ساختاری، حل مسائل زمین‌شناسی اقتصادی و غیره) مفید می‌باشد.

اهداف مورد نظر در این پایان‌نامه شامل: شناسایی، توصیف و دسته‌بندی ساختارهای دگرشکلی به ویژه ساختارهای همپوشان منطقه، تحلیل ساختارهای منطقه با توجه به نتایج حاصل از مطالعه و بررسی دگرشکلی‌ها، ارائه الگویی برای تاریخ تحولات تکتونیکی و نحوه دگرشکلی منطقه، بررسی چرخش احتمالی ساختارها طی رخدادهای دگرشکلی مختلف، تفکیک دگرشکلی‌های منطقه از کرتاسه تا پلیو- کواترنر می‌باشد.

1-6- پیشینه تحقیق

فهرستی از مهمترین مطالعات صورت گرفته در بخش مرکزی رشته کوه‌های شرق ایران و غرب بلوک لوت به صورت زیر است:

➤ در فاصله سال‌های 1341 تا 1352 در منطقه سیستان و بلوچستان، مطالعات چشمگیری صورت نگرفته است. به استثناء یکسری مطالعات که توسط شرکت ملی نفت و با همکاری شرکت فرانسوی ارب (Arb) و فقط به منظور مطالعات نفتی در منطقه انجام شد و همچنین مطالعه فروند در ارتباط با چرخش گسل‌های امتدادلغز سیستان [8]. در سال 1352 به منظور تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه بزمان و کوه‌های بشاگرد یکسری مطالعات سیستماتیک توسط اشتوکلین و همکاران صورت گرفت [3].

➤ چهارگوش نقشه زمین‌شناسی نقشه زمین‌شناسی الله‌آباد که توسط شرکت اینترکال تهیه و در سال 1352 توسط منوچهری به صورت نهایی تنظیم گردید [35].

➤ شرکت مهندسی مشاور پاراگون یکسری مطالعات به منظور انجام کارهای اکتشافی در بخش جنوبی بلوچستان و بخشی از مکران به جز بخش ساحلی انجام داد که این مطالعات بیشتر مورد توجه شرکت نفت بود. همچنین در سال 1354 پاره‌ای مطالعات زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی در شرق ایران توسط شرکت مهندسی مشاور ایرانی زیر نظر سازمان زمین‌شناسی صورت گرفت [4].

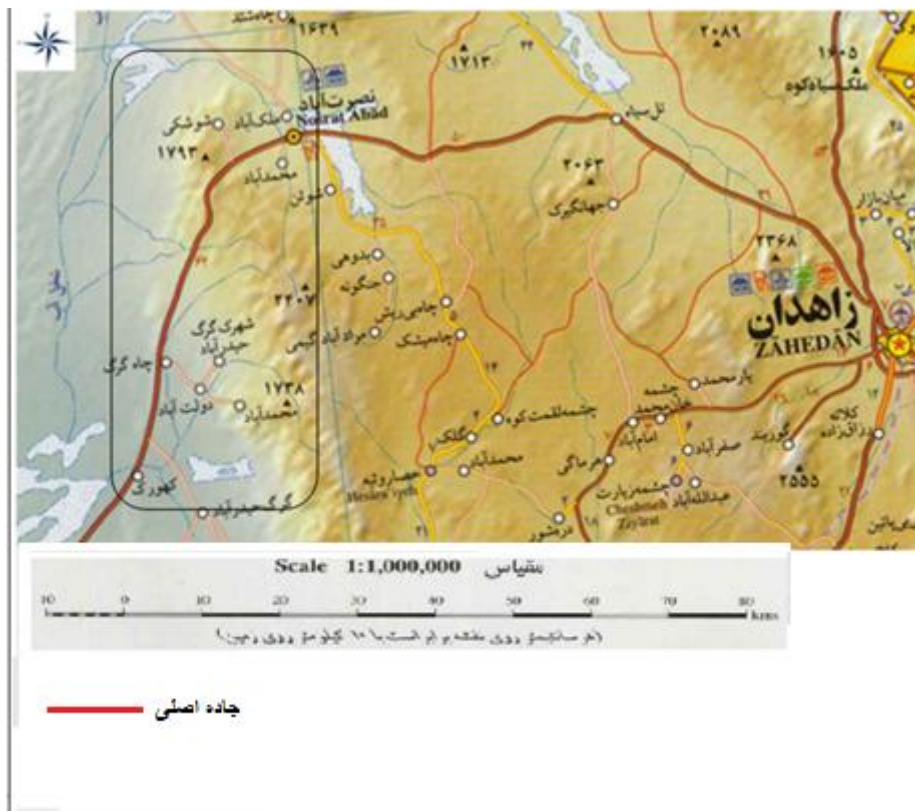
➤ در گزارش شماره 22 سازمان زمین‌شناسی در سال 1352، که توسط اشتوکلین، افتخارنژاد و هوشمندزاده تهیه گردید بررسی مقدماتی زمین‌شناسی در لوت مرکزی و شرق ایران و همچنین برخی از کوه‌های حاشیه شمال شرقی صورت گرفت [3].

➤ مک‌کال (McCall)، افتخارنژاد و صمیمی با همکاری وزارت معادن و فلزات و سازمان زمین‌شناسی کشور، در گزارشی، با عنوان "گزارش زمین‌شناسی، پروژه شرق ایران" مطالعاتی را در منطقه انجام دادند. در این گزارش کلی، تعریف تمامی واحدهای چینه‌نگاری و آذرین آمده است، واحدهای ساختاری که شامل آمیزه افیولیتی و آمیزه رسوبی است تا حدودی شرح و بحث شده است. این تحقیق با توجه به نتایج مطالعات فسیل-شناسی به منظور ارائه نتایج بیواستراتوگرافی این منطقه ارائه شده است [5].

- از گزارش حاشیه نقشه کهورک و نصرت‌آباد کتابی با نام شرح نقشه زمین‌شناسی چهارگوش نقشه زمین‌شناسی الله‌آباد با مقیاس 1:250000 منتشر شده است [6].
- بهرام سامانی و شادی اشتری، کتابی با عنوان "تکوین زمین‌شناسی ناحیه سیستان و بلوچستان، شرق ایران" ارائه کرده‌اند [7].
- یکی از مهمترین کارها و گردآوری‌های انجام شده در این منطقه، توسط فروند (1970) انجام شد که نتیجه کار در مقاله‌ای تحت عنوان "چرخش گسل‌های امتدادلغز در سیستان، جنوب شرق ایران" ارائه گردیده است [8].
- کومینگ در سال 1976 در مقاله‌ای با عنوان "الگوی دگرشکلی پلاستیک شبیه سلول پراندل" گسل‌های پهنه لوت و شرق ایران را مورد مطالعه قرار داد [25].
- کمپ و گریفیس (1982) کار خود را تحت عنوان "خصوصیت، ژنز و جایگیری تکتونیکی سنگ‌های آذرین در زمین‌درز سیستان، جنوب شرق ایران" منتشر کردند [9].
- مقاله‌ای تحت عنوان "زون جوش‌خورده سیستان، شرق ایران" توسط تیروول و همکاران در سال 1983 به چاپ رسید که در این مقاله اطلاعاتی در مورد تقسیم‌بندی زون‌های ساختاری-رسوبی و همچنین تفکیک وقایع دگرشکلی ارائه شده است [10].
- نگهبان در سال 1385 در پایان‌نامه‌ای با عنوان تحلیل مورفوتکتونیک و نئوتکتونیک گسل نصرت‌آباد (جنوب شرق ایران)، در این منطقه مطالعاتی را انجام داد [4].
- نصیری در سال 1385 در پایان‌نامه‌ای با عنوان مورفوتکتونیک و نئوتکتونیک گسل کهورک در این منطقه مطالعاتی را انجام داد [11].
- شوقی در سال 1386 پایان‌نامه‌ای تحت عنوان تحلیل هندسی و جنبشی ساختارهای منطقه نصرت-آباد- کهورک جهت تعیین زون برشی ارائه کرد [12].

7-1- طول و عرض جغرافیایی و راه‌های ارتباطی

پهنه مورد مطالعه در شرق ایران و در کناره جنوب‌شرقی کویر لوت قرار دارد و مختصات جغرافیایی آن عبارت است از طول $58^{\circ}55'$ - $58^{\circ}50'$ شرقی و عرض $30^{\circ}55'$ - $30^{\circ}40'$ شمالی. بخش نصرت‌آباد به عنوان بزرگترین ناحیه مسکونی در این پهنه، در 95 کیلومتری غرب شهر زاهدان قرار دارد. به علت شرایط ویژه اقلیمی و شرایط زیستی دشوار، شمار روستاهای موجود در این ناحیه بسیار کم (5 روستای دومک، محمدآباد، شورو، قلعه بید و زیروکی) و راه‌های دسترسی به آنها نیز بسیار محدود است. تنها راه ارتباطی اصلی موجود در این پهنه، جاده آسفالت زاهدان-بم است (شکل 1-1). روستاهای ذکر شده به همراه بخش نصرت‌آباد مجموعه نقاط قابل زیست این منطقه را تشکیل می‌دهند.



شکل 1-1. راه‌های دسترسی به منطقه [13]

فصل دوم

زمین‌شناسی عمومی منطقه

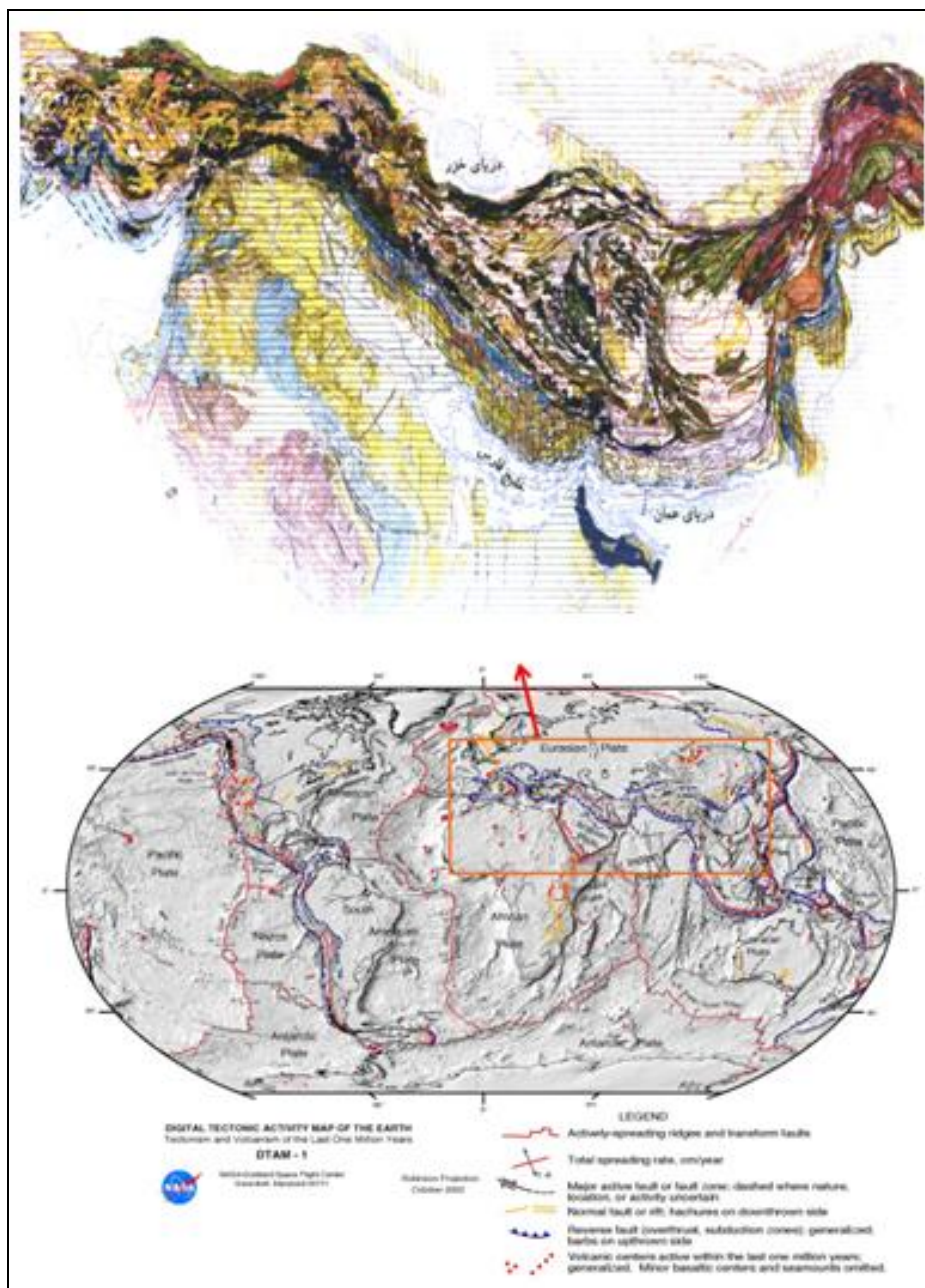
2-1- مقدمه

برای پی بردن به مکانیسم تشکیل ساختارهای یک منطقه، داشتن آگاهی‌های زمین‌شناسی آن منطقه ضروری است. در این فصل نخست موقعیت زمین‌شناسی ایران در کمربند آلپی مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس ایالت ساختاری سیستان و در پایان واحدهای سنگی - چینه‌ای منطقه بررسی می‌گردد.

2-2- جایگاه زمین‌شناسی ایران در نوار کوهزایی آلپ- هیمالیا

سرزمین ایران در بخش میانی کوهزاد آلپ- هیمالیا قرار گرفته است، که از غرب اروپا آغاز و پس از ترکیه، ایران، افغانستان تا تبت و شاید تا نزدیکی‌های برمه و اندونزی ادامه دارد (شکل 2-1). این کمربند گسل چین‌خورده نتیجه رخدادهای کوهزایی آلپی است، که از انتهای پالئوزوئیک آغاز و تا عهد حاضر ادامه یافته است. کمربند مذکور با روند تقریبی شمال‌غربی- جنوب‌شرقی ایران را در بر گرفته و آن را تحت تأثیر قرار داده است. این کمربند خود حاصل برخورد دو قاره گندوانا در جنوب و اورازیا در شمال است که طی مراحل مختلف کوهزایی آلپی ایجاد شده و در محل برخورد، باعث ایجاد چین‌خوردگی‌ها، گسل‌ها و روراندهای عظیم گردیده است. بدین ترتیب پوسته فلات ایران در مسیر گذر آن از غرب به شرق قرار گرفته و شدیداً متأثر شده است [16].

در سمت غرب و جنوب‌غربی ایران، صفحه عربی- آفریقایی قرار گرفته که زون جوش‌خورده زاگرس، محل برخورد این صفحه به فلات ایران زمین است، جهت حرکت این صفحه به سمت شمال‌شرق بوده و هنوز هم ادامه دارد. از طرف شمال به صفحه اورازیا در محل خط درز پالئوتتیس محدود گشته و در شرق با صفحه هندوستان که به سمت شمال- شمال‌غرب در حرکت است از طریق خط درز سند- ایندوس در ارتباط است. همچنین فرورانش زون مکران به سمت شمال نیز باعث اعمال تنش‌های شمالی- جنوبی در این پهنه می‌گردد. ناهمگنی و دگرریختی‌های متفاوت بخش‌های فلات ایران را با اختلاف تکوین تکتونیکی قسمت‌های مختلف تشکیل دهنده این پوسته مرتبط می‌دانند [3]. شکل 2-1 جایگاه زمین‌شناسی ایران در نوار چین‌خورده آلپ- هیمالیا را نشان می‌دهد.



شکل 2-1. جایگاه ایران در نوار چین خورده آلپ- هیمالیا [16]

3-2- پهنه‌های رسوبی - ساختاری ایران

داده‌های زمین‌شناختی ایران نشانگر آن است که فرآیندهای درونی و بیرونی زمین، در زمان و مکان، پیامدهای متفاوت داشته‌اند و به همین دلیل، الگوی ساختاری، تحولات زمین‌شناختی، شرایط رسوبی و زیستی

ایران در دوره‌های گوناگون زمین‌شناختی، پیچیدگی‌های خاصی دارند. ناهمسانی رسوبی و زمین‌ساختی آن به گونه‌ای است که بیان ویژگی‌های یکسان را برای بسیاری از مناطق ایران ناممکن می‌سازد و به همین دلیل، از گذشته‌های دور، تقسیم ایران به پهنه‌های ساختاری گوناگون مورد توجه بوده است. با توجه به پیچیدگی‌های ساختاری و شرایط متفاوت رسوبی، ایران را به چند حوضه رسوبی-ساختاری جداگانه تقسیم کرده‌اند [16]. این حوضه‌ها شامل کپه‌داغ، ایران مرکزی، البرز، زاگرس، سنندج-سیرجان، شرق ایران، مکران، بلوک لوت هستند.

4-2- مقایسه سرگذشت زمین‌شناسی بلوک لوت و زون جوش خورده سیستان

منطقه مورد مطالعه در حاشیه شرقی بلوک لوت و در مرز این بلوک با زون جوش خورده سیستان قرار گرفته است. از این رو ابتدا به اختصار ویژگی‌های زمین‌شناسی این دو زون بیان گردیده و سپس مقایسه‌ای بین این دو زون صورت گرفته است. در ادامه ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه بررسی شده است. مهمترین پهنه‌های ساختاری-رسوبی شرق ایران و جنوب شرق ایران عبارتند از:

1- زون جوش خورده سیستان (زون فیلیش) [17] یا زون نهبندان-خاش [18]،

2- بلوک لوت،

3- زون مکران،

4- بلوک سیستان.

5-2- بلوک لوت

بلوک لوت، حدود 900 کیلومتر طول دارد و شرقی‌ترین بخش خرده قاره ایران مرکزی است. مرز شرقی آن با گسل نهبندان و حوضه فیلیشی شرق ایران و مرز غربی آن با گسل نایبند و بلوک طبس مشخص می‌شود. بر روی نقشه زمین ساخت ایران، مرز شمالی این بلوک به گسل درونه و فرونشست جنوب کاشمر می‌باشد و مرز جنوبی آن با فرونشست جازموریان بسته می‌شود [19].

اشتوکلین این بلوک را به دو بخش غربی و شرقی تقسیم کرد که با رشته کوه‌های شتری از یکدیگر جدا می‌شوند [20]. یافته‌های بعدی نشان داد که ویژگی‌های زمین‌شناسی این دو بلوک قابل قیاس نیستند. برای نمونه، روانه‌های آذرین بسیار ستبر (2000 تا 3000 متر) سنوزوئیک که در بلوک لوت دیده می‌شود در

بلوک طبس وجود ندارد و یا حرکت‌های زمین‌ساختی سیم‌رین پیشین، به ویژه سیم‌رین میانی که با دگرشکلی و پایداری نسبی بلوک لوت همراه است، در بلوک طبس، نشانه‌های زمین‌زایی ملایم دارند. به همین دلیل، به ویژه به دلیل یافته‌های نوین، در گستره بلوک لوت بازنگری شد و در نتیجه بلوک طبس، فرونشست جازموریان و کوه‌های بزمان، به عنوان کمان ماگمایی، از این بلوک حذف گردید [21].

در اینجا چگونگی تکامل ایالت ساختاری با توجه به دیدگاه‌های مختلف و همچنین الگوهای دگرشکلی که در رابطه با منطقه شرق ایران عنوان شده است، مورد بررسی قرار گرفته است: اشتوکلین معتقد است که این حوضه در امتداد بالا آمدگی عمان از زاگرس جدا می‌شود و در واقع دنباله بلوچستان و هند می‌باشد. تکامل این کمپلکس ساختمانی از اواخر کرتاسه شروع شده و در طول سنوزوئیک با برجای‌گذاری حجم عظیم رسوبات فیلیشی و سنگ‌های آتشفشانی همراه بوده است. فعالیت‌های آتشفشانی در کواترن نیز از ویژگی‌های این واحد ساختمانی است [21].

تکین برای اولین بار پیچیدگی‌های زمین‌شناسی و زمین‌ساختی ایران را با تئوری تکتونیک صفحه‌ای به صورت خیلی ساده توجیه کرد، وی مرکز و شرق ایران را به عنوان یک واحد در نظر گرفته و برجای‌گذاری فیلیش‌های شرق و جنوب‌شرق ایران و کمربندهای آمیزه افیولیتی در ایران را نتیجه بسته شدن حوضه‌های کوچک اقیانوسی می‌داند که بقایای اقیانوس تتیس قدیمی موجود بین بخش عربی - آفریقایی گندوانا، اورازیا و هندوستان بوده‌اند. او معتقد است که این اقیانوس در اواخر پالئوزوئیک و اوایل مزوزوئیک خرده قاره ایران مرکزی را احاطه کرده است. حوضه‌های اقیانوسی کوچک فوق‌الذکر در اثر باز شدن دریای سرخ و خلیج عدن، شروع به بسته شدن کرده و در اوایل ترشیری در اثر حرکت هندوستان به طرف غرب بسته شده‌اند [19].

نبوی بر اساس نوع رسوبات و محیط تشکیل آنها، فعالیت‌های آذرین و دگرگونی، توالی رسوبی بین دو رویداد، ناپیوستگی زاویه‌دار ناحیه‌ای، وضعیت زمین‌ساختی، چگونگی دگرشکلی و روندهای ساختاری، شانزده واحد زمین‌ساختی در ایران معرفی می‌کند. در این تقسیم‌بندی، پهنه نه‌بندان - خاش، در شرق ایران و در شرق بلوک لوت معرفی شده است، که این پهنه از بلوک لوت، توسط گسل نه‌بندان جدا شده است. در بخش شمالی این واحد ساختاری به سمت غرب تمایل پیدا کرده است [18].

افتخارنژاد بر اساس وضعیت ساختمانی، تاریخ و تحولات کوهزایی و همچنین نوع پوسته قاره‌ای و یا اقیانوسی، پوسته ایران را به بخش‌های مختلفی تقسیم کرده است. وی در تقسیم‌بندی خود، شرق ایران را به صورت "زون فیلیش" در نظر می‌گیرد و معتقد است که در اواخر ژوراسیک و اوایل کرتاسه تمام ایران تحت

تأثیر کشش بوده و این کشش سبب ایجاد گودال‌هایی شده که رسوبگذاری در آنها صورت گرفته است. در اثر ادامه کشش، این گودال‌ها به شکاف‌های عمیق تبدیل شده و نهایتاً مواد آذرین در آنها فوران کرده‌اند. به همین دلیل است که سنگ‌های آتشفشانی بازیک همراه با رسوبات فیلیشی یافت می‌شوند. پس از تبدیل تنش کششی به فشارشی (اواخر کرتاسه و اوایل سنوزوئیک)، واحد فیلیشی - آتشفشانی بر سطح زمین قرار گرفته و حوضه‌های رسوبی بسته شده‌اند. اما وی معتقد است که رسوبگذاری در حوضه رسوبی فیلیش شرق ایران، تا ائوسن یا نئوژن نیز ادامه داشته است [17].

بربریان و کینگ [26]، بر اساس تئوری تکتونیک صفحه‌ای، واحدهای اساسی زمین‌ساختی - رسوبی را در ایران معرفی کرده و تکامل آنها را در طی رخدادهای مهم کوهزایی مورد بحث قرار داده‌اند. در این تقسیم‌بندی پهله زابل - بلوچ و مکران یک واحد زمین‌ساختی - رسوبی انگاشته شده که قدیمی‌ترین واحدهای سنگی آن مربوط به کرتاسه پسین است. بنا بر این نظر، پیدایش رژیم زمین‌ساختی کششی در محدوده زمانی ژوراسیک، موجب به وجود آمدن شاخه‌هایی از اقیانوس تتیس در بخش‌های مختلف ایران از جمله شرق و جنوب شرق ایران شده است. گسترش این حوضه‌های اقیانوسی تا کرتاسه پسین (ماستریشتین) ادامه داشته است. در کرتاسه پسین، آمیزه‌های افیولیتی زابل - بلوچ در طول حاشیه شرقی امروزی لوت، در شرق ایران مرکزی جایگزین شده‌اند. سری ضخیمی از رسوبات فیلیشی کرتاسه فوقانی - پالئوسن همراه با ولکانیسم زیر دریایی در حوضه‌های شرقی ایران گسترش می‌یابند، به طوری که فیلیش ائوسن در طول کمربندهای زابل - بلوچ و مکران به طور دگرشیب، ترادف‌های آمیزه افیولیتی را می‌پوشانند. توده‌هایی از نفوذی‌های گرانودیوریتی ائوسن فوقانی، در این پهله یافت شده است و همچنین قطعاتی از مواد مشابه در قطعات کنگلومرای جوان‌تر، در حوضه فیلیشی زابل - بلوچ دیده شده است، که این شواهد نشان دهنده بسته شدن حوضه اقیانوسی و فرورانش این پوسته به زیر پوسته قاره‌ای می‌باشد. همزمان با حرکات آلپ پسین در بخش‌های جنوبی کمربند زابل - بلوچ و مکران (ائوسن - الیگوسن) رسوبگذاری رخساره مولاس، همراه با چین‌خوردگی، برخاستگی و رورانگی، نشانه‌هایی از حرکات کوهزایی در این ناحیه می‌باشد. این محققان، دلایل فوق و وجود نفوذی‌های گرانودیوریتی ائوسن فوقانی و وجود گرانیته شاه کوه در شمال دهسلم، همراه با سنگ‌های دگرگونی دهسلم و حضور مواد قدیمی در قله‌های متشکله کنگلومراهای جوان را شاهی بر بسته شدن حوضه اقیانوسی و فرورانش پوسته اقیانوسی نه‌بندان با شیب غربی، به زیر پوسته قاره‌ای می‌دانند. گسترش سنگ‌های آتشفشانی و توده‌های نفوذی پالئوژن در پهله لوت را نشانه ادامه فعالیت فرورانش معرفی می‌کنند. همچنین به نظر ایشان برخورد

خرده قاره لوت با افغان در ائوسن میانی سبب جایگزینی آمیزه‌های افیولیتی شرق ایران در راستای زمین‌درز سیستان با شیب فرورانش به سمت شرق شده است [26].

داوودزاده و همکاران در مدل پیشنهادی خود چنین عنوان کرده‌اند که ایران مرکزی و البرز در طول پالئوزوئیک، در بخش شمالی خشکی گندوانا قرار داشته و در اوایل تریاس، همزمان با رخداد کوهزایی سیمیرین آغازی و یا هرسینین پایانی در نتیجه بسته شدن پالئوتتیس به اوراسیا ملحق شده است. در اوایل مزوزوئیک در اثر پدیده کافتی بخشی از ایران مرکزی چسبیده به باریکه‌ای از حاشیه جنوبی اوراسیا، به صورت یک میکروپلیت در درون اقیانوس تتیس رها شده است. با بهره‌گیری از اندازه‌گیری‌های دیرینه مغناطیس، بر روی رسوبات پالئوزوئیک، چنین به نظر می‌رسد که خرده قاره ایران مرکزی- شرقی از زمان تریاس فوقانی تاکنون نسبت به حلقه اورازیا در حدود 135 درجه چرخیده است [27].

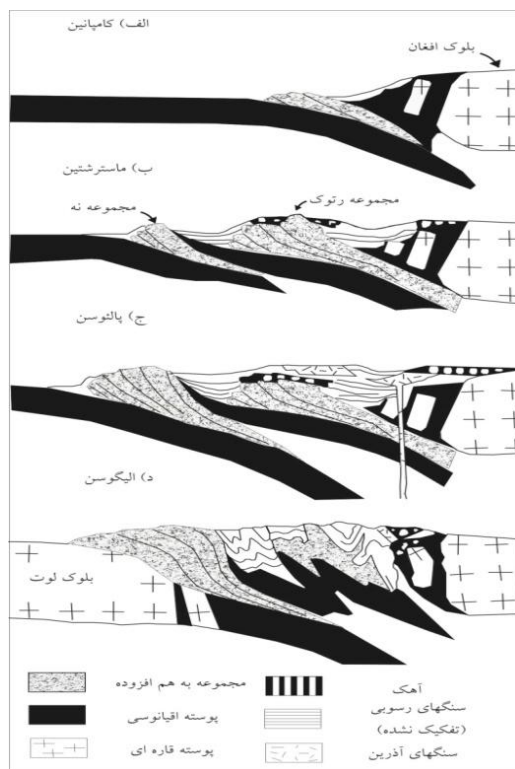
همچنین کنراد و همکاران به استناد داده‌های پالئو مغناطیس جنوب لوت نشان دادند که این سرزمین از پالئوسن تا میوسن دچار یک چرخش 90 درجه خلاف جهت عقربه‌های ساعت شده است. به استناد این داده‌ها بنابراین بلوک لوت در گذشته وضعیتی متفاوت از حال حاضر خود داشته و در حاشیه شمالی منطقه فرورانش اقیانوس تتیس جوان اصلی بوده است [28].

کمپ و همکاران معتقدند با زایش کافت سنومانین پهنه لوت و بلوک افغان از هم جدا شده‌اند. از اوایل کامپانین تحت تأثیر تنش فشاری پوسته اقیانوسی به زیر بلوک افغان فرورانش کرده است. وی وجود گوه‌های به هم افزوده، جهت رانش ساخت‌ها، وجود رخساره فیلیش در شرق، وجود دگرگونی‌های فشار بالا، وجود افیولیت ملانژ غرب و کمان کالک‌آلکالن افغان را مؤید این نظر دانسته است. در اثر برخورد پوسته اقیانوسی و بخش پیش کمان دگرگونی‌های فشار بالا (گلوکوفان شیست) ایجاد شده است. این فرورانش از کرتاسه فوقانی تا پالئوسن ادامه داشته و در الیگوسن برخورد پهنه لوت و افغان کامل شده است [9].

تیروول و همکاران، به استناد یافته‌های جدید در مقاله‌ای تحت عنوان "زون جوش خورده سیستان در شرق ایران" جدایش بلوک لوت از افغان را به کرتاسه بالا (سنومانین) نسبت می‌دهند و این سن را با تعیین سن مطلق ولکانیک‌های ریفتی و همچنین مطالعات فسیل‌شناسی و رسوبات همراه ثابت می‌نمایند. در این مدل ژئودینامیکی و با توجه به شکل 2-2 حوضه ریفتی شرق ایران، پیش از کامپانین به گسترده‌ترین شکل تکاملی خود می‌رسد. سرآغاز عمل فرورانش و بسته شدن آن را در غرب بلوک افغان به کامپانین نسبت می‌دهند. اگرچه حجم زیاد سنگ‌های کالک‌آلکالن پالئوزن در شمال لوت باعث این تصور شده است که فرورانش به

سمت غرب (بلوک لوت) صورت گرفته، اما رانش ساخت‌ها همه نمایانگر شیب فرورانش به سمت شمال شرق (بلوک افغان) می‌باشد. آثار این فرورانش به صورت مخلوط درهم افیولیتی، مجموعه رتوک را معرفی می‌نمایند. چنین تصور شده است که دگرگونی رخساره گلوکوفان شیبست، ناشی از فرورانش پوسته اقیانوسی حوضه به زیر پوسته قاره‌ای بلوک افغان بوده و در اثر فشار زیاد و درجه حرارت پایین چنین رخساره دگرگونی ایجاد شده است [10].

اخیراً فتوحی‌راد و همکاران سنگ‌های فشار بالای منطقه جنوب بیرجند را تعیین سن نموده‌اند و یک محدوده ژوراسیک فوقانی- کرتاسه زیرین را برای فرورانش ذکر کرده‌اند چنین داده‌هایی با مدل تیرول و همکاران همخوانی نشان نمی‌دهد [29]، بر اساس نظریه کمپ و گریفیس، گدازه با ترکیب کالک‌آلکان در این مرحله محصول عمل فرورانش بوده است، که در جزایر قوسی به وجود آمده است. در ماستریشتین منطقه فرورانش به سوی غرب حوضه تغییر مکان داده و بعد از بسته شدن، بقایای آن را تحت عنوان مجموعه درهم "نه" معرفی نموده‌اند. در پالئوسن و ائوسن زیرین در اثر ذوب بخشی پوسته اقیانوسی، ماگمای کالک‌آلکان تشکیل گردیده و پلوتون‌هایی را نیز به آن ارتباط می‌دهند. بعد از برخورد نه با بلوک لوت، عمل فرورانش در پالئوژن خاتمه می‌یابد و در اثر فشار وارده از دو بلوک پایدار لوت و افغان ماگمای حاصل از فرایند آناتکسی از ذوب رسوبات زیرین دریایی حاصل می‌شود. در مرحله بعدی علاوه بر ماگمای کالک‌آلکان، فعالیت ماگمایی آلکان نیز مشاهده می‌شود که منشأ آن را به جبهه بالایی و یا به پوسته اقیانوسی زیرین ارتباط می‌دهند. همچنین در طول نئوژن، علاوه بر چین خوردگی شدید در حوضه فیلیشی، تشکیل گسل‌های راست‌گرد عمیق، رخداد عمده‌ای به شمار می‌آید و محل خروج گدازه‌های آلکان را در مراحل بعد فراهم می‌سازند، که مقداری گدازه و توده‌های نفوذی کالک‌آلکان نیز مشاهده می‌گردد. به طور کلی حوضه فیلیشی شرق ایران و مجموعه افیولیتی در هم آن، بخش شرقی و شمال‌شرقی از حلقه ملانژ را تشکیل می‌دهند و مکانیزم تشکیل آن به نظر جدا از قسمت‌های دیگر نبوده و کلیه پدیده‌ها در سراسر گستره آن مشابه می‌باشد. به عبارتی متعاقب رخداد سیمین آغازین یک آرامش نسبی از نظر تکتونیکی در سرتاسر این بخش برقرار می‌شود. در اواسط ژوراسیک، این بخش تحت تأثیر حرکات کوهزایی قرار گرفته که شدت آن در تمامی مناطق یکسان نمی‌باشد، اثرات شدید این کوهزایی و توده‌های نفوذی وابسته را می‌توان در باریکه‌ای حلقه‌وار مشاهده نمود، قسمت‌هایی از آن که در شرق ایران مرکزی رخنمون دارد را حلقه دگرشکلی سیمیری نامیده‌اند [9].

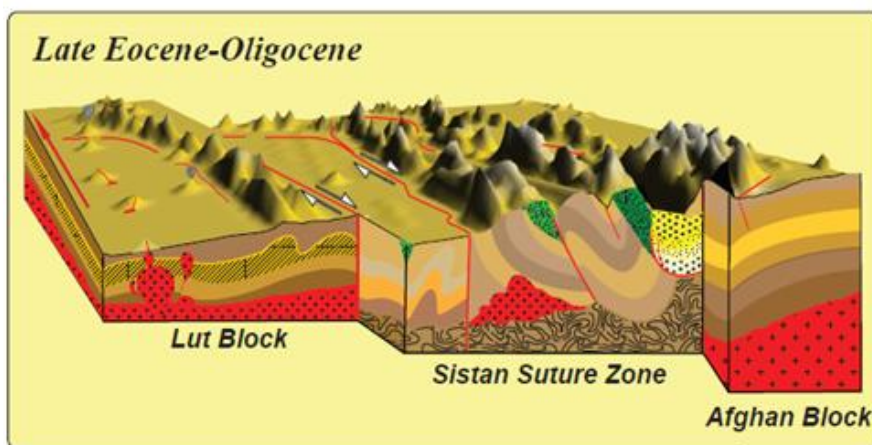


شکل 2-2. تکامل تکتونیکی زون جوش خورده سیستان [10].

مک کال همانند بسیاری از پژوهشگران یاد شده اعتقاد دارد که تا اواخر میوسن باریکه‌ای از تتیس هنوز بین صفحه عربی و صفحه ایران وجود داشته، و با باز شدن دریای سرخ، دو لبه صفحه مذکور در پلیوسن به هم برخورد نموده و موجب چین خوردگی زاگرس در حاشیه قاره‌ای سپر عربی گردیده است، و رورانندی بعدی در بخش زاگرس آثار پوسته و رسوبات اقیانوسی ترشیر را کاملاً مستور نموده و یا از بین برده است [30].

بررسی و مطالعات جدیدی که توسط باقری و همکاران بر روی تکتونیک شرق لوت در منطقه نهبندان صورت گرفته چندین واحد تکتونو-رسوبی را مشخص کرده است که کمپلکس دگرگونی ده سلم به عنوان یک گوه افزایشده با سن تریاس فوقانی-ژوراسیک و یا قدیمی‌تر در نظر گرفته شده که چندین واحد ساختاری-سنگی متنوع را در بر گرفته است. این گوه افزایشده نتیجه حضور یک زون فرورانش قدیمی مربوط به حاشیه شمالی اقیانوس تتیس جوان بوده است که به حاشیه جنوبی بلوک لوت (حاشیه شرقی امروزی این بلوک) افزوده گشته است. در طی تکوین تکتونیک حاشیه بلوک لوت از ائوسن به بعد گوه افزایشده جوان‌تری نیز به نام

کمپلکس نه به واحدهای پیش افزوده گشته است. این تحولات ماحصل همزمان با چرخش 90 درجه خلاف جهت عقربه‌های ساعت بلوک لوت از پالتوسن تا ائوسن فوقانی بوده است (شکل 2-4) [66].



شکل 2-3. مدل تکتونیکی باقری و همکاران [66].

6-2- پهنه مکران

مکران رشته کوهی با تمایل شرقی- غربی در جنوب ایران و پاکستان است. مرز جنوبی آن دریای عمان و مرز شمالی آن در ایران، بلوک لوت در غرب و پهنه فیلیش شرق ایران در شرق است. از سمت غرب پهنه مکران به وسیله‌ی گسل شمالی- جنوبی میناب از چین زاگرس و کمر بند تراسی آن جدا شده است. از سمت شرق، رشته کوه مکران به سمت مرزهای سیاسی ایران ادامه می‌یابد و تا خطواره‌ی لاس‌بلا در پاکستان کشیده می‌شود. در این ناحیه دو گسل چپ‌گرد، گسل چمن و گسل اورناچ، پهنه مکران را از پهنه برخوردی هند- اوراسیا جدا می‌نماید. مکران در ناحیه‌ای با حدود 160000 کیلومتر مربع گسترش دارد. که چیزی در حدود 70000 کیلومتر مربع آن در ایران و مابقی آن در پاکستان قرار دارد. مکران نوعی منشور برافزاینده است که در فرادیواره‌ی یک زون فرورانش کم‌ژرفای جای دارد. در این ناحیه اگر چه عمل فرورانش از کرتاسه‌ی پسین آغاز شده، ولی هنوز برخورد نهایی صفحه‌ها صورت نگرفته است [68]. از اینرو در مکران فرورانش هنوز هم در حال فعالیت است. علاوه بر ویژگی‌های زمین‌شناسی پهنه‌های فرورانش و منشورهای برافزایشی، فرورانش فعال در مکران به وسیله‌ی تراس‌های دریایی، ملانژهای تکتونیکی، سواحل بالا آمده، جریان‌های گلی و خلیج‌های U شکل، که همگی حاصل فعالیت‌های تکتونیکی اخیر در این سرزمین است، مشخص می‌شود [68]. علاوه بر

این، شیب قاره‌ای در مکران تند و در فاصله‌ی 25 کیلومتری از ساحل می‌باشد، و عمق آب در آن حدود 200 متر است [68].

گلنی و دیگران بر این عقیده‌اند که در ژوراسیک پسین - کرتاسه‌ی پیشین، مکران در ناحیه شمالی به دلیل ریفت‌زایی در بخش‌های شمالی از صفحه‌ی اورازیا جدا شده است. این جدایش سبب ایجاد یک پوسته‌ی اقیانوسی به ضخامت 7 کیلومتر شده که به عنوان قاعده‌ی مکران معرفی شده است. این پوسته‌ی اقیانوسی به وسیله‌ی سنگ‌های فیلیشی جوان با 10 کیلومتر ضخامت پوشیده شده است. از سمت جنوب به شمال این پوشش رسوبی قدیمی‌تر می‌شود. از آنجایی که زمین‌شناسی مکران با فرورانش گره خورده است، هیچ‌گونه سری چینه‌شناسی مورد انتظار نیست. بر اثر چین‌خوردگی و خردشدگی، واحدهای رسوبی در هم آمیخته شده‌اند و ملائزهای رسوبی را ایجاد نموده‌اند. علاوه بر این اولیستولیت‌های حاصل از سنگ‌های قاعده در رسوبات توریدایت پالئوژن فراوان هستند [67].

2-7- ایالت زمین‌ساختی سیستان

در پایانه شرقی ایران مرکزی، در حد فاصل دو گسل نهبندان (در غرب) و هریرود (در شرق)، در گستره‌ای با طول 800 کیلومتر و عرض 200 کیلومتر انباشته‌هایی ضخیم از نوع نهشته‌های فیلیشی وجود دارد، که پی‌سنگ افیولیتی وابسته به پوسته‌های اقیانوسی را دارند [20]. فروند در رابطه با پهنای زون برشی این گونه عنوان می‌کند که پهنای این زون خرد شده در طول گسل‌های امتدادلغز خاص فقط چند سانتیمتر است، اما گسل‌های بزرگتر که شامل چندین صفحه گسله در یک زون هستند، چندین متر عرض دارند [8]. پهنه مورد نظر که مراحل تکوین از پوسته اقیانوسی تا قاره‌ای را پذیرا شده، یکی از اشتقاق‌های نوع تتیس جوان است. ایران از دیدگاه‌های گوناگون سنگ‌شناسی، چینه‌شناسی، زمین‌ساختی و لرزه زمین‌ساختی دارای تفاوت‌هایی است، همین عامل سبب شده تا در تقسیم‌بندی‌های گوناگون، ایران را به قلمروهای گوناگونی تقسیم کنند که در همه‌ی این تقسیم‌بندی‌ها، نام‌های گوناگونی به ایالت ساختاری سیستان داده شده است [20].

اشتوکلین (Stocklin) [21] از آن به عنوان "جبال مکران و شرق ایران" یاد کرده است. تکین (Tackin) [19] مرکز و شرق ایران را یک واحد در نظر گرفته است. نبوی [18] از آن به عنوان "زون نهبندان- خاش"، افتخارنژاد "زون فیلیش" و "زون زابل- بلوچ"، تیروول و همکاران [10] "زون زمین‌درز

سیستان"، نوگل سادات [22] "لوت- سیستان"، علوی [23] به عنوان "کوه‌های شرق ایران" یاد کرده‌اند، که این تقسیم‌بندی‌ها نشأت گرفته از دیدگاه‌های زمین‌شناختی و زمین‌ساختی، در رابطه با الگوهای بزرگ - ناودیس، زمین‌ساخت ورقه‌ای و مناطق برشی می‌باشند.

2-7-1- زمین‌ساخت ایالت زمین‌شناختی سیستان

این پهنه در شرق بلوک لوت واقع گردیده و از سوی جنوب به رشته کوه‌های مکران می‌پیوندد. این پهنه در برگرنده ردیف‌های ضخیمی از نهشته‌های سیلیسی کلاستیکی موسوم به فیلیش و آمیزه‌های افیولیتی است که بین پهنه‌های لوت و افغان واقع شده است. گسترش برآمدگی‌های گوشته و گنبدی شدن در اواخر ژوراسیک به گسترش ساختارهای کششی در پهنه شرقی ایران مرکزی منجر شده است، به گونه‌ای که گودال-های عمیق اقیانوسی در شاخه‌های متعددی در پهنه لوت شکل گرفته است. سنگ‌های ولکانیکی کالک‌آلکالن ائوسن که اکثر نواحی لوت شمالی را پوشانده‌اند، احتمالاً بر فرورانش به زیر لوت دلالت دارند [20]. اما با توجه به گسترش این ولکانیک‌ها که در خارج از ایران دیده می‌شود، همچنین این ولکانیک‌ها با مناطق دیگر به جز کمر بند بلافاصل شمال شرقی زاگرس پیوندی ندارند، به همین علت برای برقراری ارتباط بین ماگماتیسم قاره‌ای کالک‌آلکالن با هندسه زون‌های فرورانش و موقعیت منشور برافزایشی مرتبط با حوضه جلوکمانی سفیدابه و سنگ‌های دگرگونی فشار بالا در شرق منشور از ساختارهای مرتبط با فرورانش استفاده می‌شود، این ساختارها فرورانش با شیب به سمت شمال شرقی و راندگی کمپلکس فرورانش به سمت جنوب غربی نشان می‌دهند، که رخنمون افیولیت‌ها و برگوارگی برشی و دگرگونی و چین‌های نامتقارن شواهدی بر این مدعا می‌باشند [10].

تفسیر زمین‌ساختی زمین‌درز سیستان به دلیل واقع بودن میان دو بلوک لوت و افغان و به ویژه چیرگی زمین-ساخت برخوردی پیچیده نشانگر یک کوهزاد درون قاره‌ای است. این زمین‌درز شامل کمر بند داخلی است [24]، که پی‌سنگ ایران مرکزی را قطع می‌کنند، یکی از این کمر بندها، کمر بند افیولیتی انشعابی از ناحیه اسفندقه است که به نائین کشیده شده و سپس از طریق گسل درونه به افیولیت‌های ناحیه سبزوار پیوسته است. دیگر کمر بند اصلی به نام زمین‌درز سیستان از نواحی شمالی مکران آغاز شده، به سمت شمال ادامه یافته و به منطقه بیرجند می‌رسد اما به افیولیت‌های سبزوار نمی‌پیوندد. اشتوکلین این کمر بندها را بقایای درزه‌های تتیس می‌پندارد [24]. بر اساس آثار فسیلی سن آنها بین سنومانین تا ائوسن پنداشته می‌شود. بر اساس نظریه مک‌کال برای حوضه نئوتتیس دو بخش فرورانش در نظر گرفته شده است، که در ابتدا حوضه نئوتتیس جنوبی در کرتاسه میانی- فوقانی فرورانش کرده است که جایگیری افیولیت‌ها در شرق ایران با همین