

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد تکتونیک

تحلیل چین خوردگی و دگرریختی های مرتبط در سازند کرج (بخش جنوبی البرز  
مرکزی-شمال تهران)

نگارنده: فرزانه آهنگری

استاد راهنما

دکتر پرویز امیدی

استاد مشاور

دکتر محسن الیاسی

بهمن ۱۳۹۵

تقدیم بابوسہ بردستان پدرم

به او که نمی دانم از بزرگی اش بگویم یا مردانگی سخاوت، سکوت، مهربانی و

پدرم راه تمام زندگیست

پدرم دهنخوشی همیشگیست

تقدیم به مادر عزیزتر از جانم

دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر

## پاسکزاری

از استاد گرامیم جناب آقای دکتر امیدی بسیار سپاسگذارم چرا که بدون راهنماییهای ایشان تاین این پایان نامه بسیار

مشکل می نمود و همچنین

از مشاور گرانقدرم جناب آقای دکتر محسن الیاسی به دلیل یاریها و راهنماییهای بی چشمداشت ایشان که بسیاری از

تحتیارات برایم آسانتر نمودند کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر اسدزاده بابت همکاری در طول پایان نامه کمال تشکر را دارم.

## تعهدنامه

اینجانب فرزانه آهنگری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته تکنونیک دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تحلیل چین خوردگی و دگرریختی های مرتبط در سازند کرج ( بخش جنوبی البرز مرکزی-شمال تهران) تحت راهنمایی جناب آقای دکتر پرویز امیدی متعهد می شوم

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج بانام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University of Technology** » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافت های آن ها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

امضای دانشجو

تاریخ

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

## چکیده

محدوده مورد مطالعه در قسمت جنوبی البرز مرکزی قرار دارد و از لحاظ جغرافیایی در قسمت شمالی استان تهران می باشد. در این تحقیق دگرریختی های واحدهای سنگی رخنمون یافته در پهنه مورد مطالعه اعم از چین ها، گسل ها و درزه ها مورد بررسی قرار گرفته است. در این منطقه سازند کرج به سن ائوسن بر اثر فرایندهای تکتونیکی مختلف، تحت تاثیر چین خوردگی و گسلش قرار گرفته اند. گسل های طولی منطقه با راستای شمال باختری- جنوب خاوری (گسل امامزاده داود،  $F_1$ ،  $F_3$  و  $F_4$  دارای سازوکار معکوس چپ بر و در برخی سطوح راست بر می باشند. گسل های عرضی موجود در منطقه با راستای شمال خاوری- جنوب باختری (گسل  $F_2$  و شیرپلا دارای ساز و کار معکوس چپ بر نیز می باشند. سطح محوری بیشتر چین های مطالعه شده در این منطقه در راستای شمال باختری- جنوب خاوری می باشند. بر اساس زاویه بین یالی در دو رده باز (Open) و بسته (Tight) و بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده های میل زیاد با پلانژ تقریبا افقی (Steeply inclined- Sub-horizontal)، ایستاده با پلانژ متوسط (Upright- Moderately plunging)، میل پرشیب با پلانژ ملایم (Steeply inclined- Gently plunging)، ایستاده با پلانژ ملایم (Upright- Gently plunging) و میل زیاد و پلانژ متوسط (Steeply plunging)، قرار دارد. سیمای زمین ریختی منطقه مورد مطالعه، تا حد زیادی تحت تاثیر عناصر ساختاری (چین ها و گسل ها) قرار دارد.

واژه های کلیدی: البرز مرکزی، درکه، گسل امامزاده داود، ناودیس توچال.

## فهرست مطالب

### فصل اول: کلیات

- ۱-۱- مقدمه..... ۲
- ۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی..... ۲
- ۳-۱- آب و هوای منطقه مورد مطالعه..... ۵
- ۴-۱- هدف تحقیق..... ۵
- ۵-۱- روش های مطالعه..... ۵
- ۶-۱- تاریخچه مطالعاتی..... ۷

### فصل دوم: زمین شناسی عمومی

- ۱-۲- مقدمه..... ۱۰
- ۲-۲- زمین ساخت و زمین شناسی ساختمانی البرز..... ۱۱
- ۳-۲- چینه شناسی البرز..... ۱۳
- ۴-۲- چینه شناسی منطقه مورد مطالعه..... ۱۵
- ۵-۲- سازند کرج..... ۱۷
- ۶-۲- زمین ریخت شناسی منطقه مورد مطالعه..... ۱۹

### فصل سوم زمین شناسی ساختمانی

- ۱-۳- عناصر ساختاری..... ۲۴
- ۲-۳- چین ها..... ۲۴
- ۱-۲-۳- تاقدیس درکه..... ۲۶

- ۲۸..... $F_{O1}$  تاقدیس ۲-۲-۳
- ۲۹..... ناودیس در که ۳-۲-۳
- ۳۱..... ناودیس امامزاده داود ۴-۲-۳
- ۳۲..... ناودیس توچال ۵-۲-۳
- ۳۳..... $AA'$  در پیمایش ۱-۵-۲-۳
- ۳۴..... $BB'$  در پیمایش ۲-۵-۲-۳
- ۳۷..... شکستگی ها ۳-۳
- ۳۸..... گسل ها ۱-۳-۳
- ۳۸..... گسل امامزاده داود ۱-۱-۳-۳
- ۴۱.....  $F_1$  گسل ۲-۱-۳-۳
- ۴۴.....  $F_2$  گسل ۳-۱-۳-۳
- ۴۶.....  $F_3$  گسل ۴-۱-۳-۳
- ۴۷.....  $F_4$  گسل ۵-۱-۳-۳
- ۴۹..... درزه ها ۴-۳
- ۵۱..... درزه ها در پیمایش A ۱-۴-۳
- ۵۵..... درزه ها در پیمایش B ۲-۴-۳
- ۵۷..... درزه ها در پیمایش C ۳-۴-۳
- ۶۱..... شکستگی های مرتبط با چین خوردگی ۵-۳
- ۶۲..... بررسی شکستگی ها در ناودیس توچال ۱-۵-۳
- ۶۳..... بررسی شکستگی ها در تاقدیس در که ۲-۵-۳
- ۶۴..... بررسی شکستگی ها در ناودیس امامزاده داود ۳-۵-۳



۶-۳- تحلیل هندسه درزه ها..... ۶۵

۷-۳- ساخت های غیر زمین ساختی..... ۶۸

### فصل چهارم بحث و نتیجه گیری

۱-۴- الگوی گسلش..... ۷۲

۲-۴- الگوی چین خوردگی..... ۷۲

۳-۴- ارتباط درزه ها با چین خوردگی..... ۷۳

پیوست ها..... ۷۵

منابع..... ۸۶

## فهرست اشکال

شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه..... ۳

شکل ۲-۱- نقشه راه های دسترسی محدوده مورد مطالعه و راه های ارتباطی اصلی..... ۴

شکل ۱-۲- تصویر ماهواره ای محدوده مورد مطالعه..... ۱۰

شکل ۲-۲- نمایش ساختمانی البرز مرکزی..... ۱۳

شکل ۳-۲- جدول چینه-زمین ساختی البرز..... ۱۵

شکل ۴-۲- ستون چینه شناسی سازند کرج..... ۱۶

شکل ۵-۲- نمایی از لایه بندی در سازند کرج..... ۱۷

شکل ۶-۲- نقشه زمین شناسی تهیه شده از شمال تهران..... ۱۸

شکل ۷-۲- نمودار سه بعدی شماتیک زمین ریخت محدوده شمال تهران..... ۲۱

شکل ۸-۲- تصویر SRTM سه بعدی..... ۲۲

- شکل ۳-۱- طبقه بندی چین ها..... ۲۵
- شکل ۳-۲- نقشه جغرافیایی چین ها و گسل ها..... ۲۶
- شکل ۳-۳- تاقدیس در که در تصویر ماهواره ای..... ۲۷
- شکل ۳-۴- استریوگرام تاقدیس در که..... ۲۷
- شکل ۳-۵- لایه بندی تاقدیس  $F_{O1}$ ..... ۲۸
- شکل ۳-۶- استریوگرام تاقدیس  $F_{O1}$ ..... ۲۹
- شکل ۳-۷- ناودیس در که در تصویر ماهواره ای..... ۳۰
- شکل ۳-۸- استریوگرام ناودیس در که..... ۳۰
- شکل ۳-۹- ناودیس امامزاده داود در تصویر ماهواره ای..... ۳۱
- شکل ۳-۱۰- استریوگرام ناودیس امامزاده داود..... ۳۲
- شکل ۳-۱۱- نقشه جغرافیایی اثر سح محوری ناودیس توچال..... ۳۳
- شکل ۳-۱۲- تصویر صحرایی و استریوگرام ناودیس توچال در پیمایش  $AA'$ ..... ۳۴
- شکل ۳-۱۳- تصویر صحرایی و استریوگرام ناودیس توچال در پیمایش  $BB'$ ..... ۳۵
- شکل ۳-۱۴- رده بندی چین ها..... ۳۷
- شکل ۳-۱۵- نقشه زمین شناسی و تصویر ماهواره ای گسل امامزاده داود..... ۳۹
- شکل ۳-۱۶- نمای صحرایی گسل امامزاده داود..... ۴۰
- شکل ۳-۱۷- استریوگرام گسل امامزاده داود..... ۴۰
- شکل ۳-۱۸- گسل متقاطع  $F_1$ ..... ۴۱
- شکل ۳-۱۹- گسل انحنادار نرمال..... ۴۲
- شکل ۳-۲۰- تصویر شماتیک گسل نرمال..... ۴۳
- شکل ۳-۲۱- گسل  $F_2$  در نقشه زمین شناسی..... ۴۵

- شکل ۳-۲۲- تصویر از محل برداشت گسل  $F_2$ ..... ۴۵
- شکل ۳-۲۳- گسل  $F_3$  در نقشه جغرافیایی..... ۴۶
- شکل ۳-۲۴- تصویر از محل برداشت  $F_3$ ..... ۴۷
- شکل ۳-۲۵- گسل  $F_4$  در نقشه زمین شناسی..... ۴۸
- شکل ۳-۲۶- تصویر از محل برداشت  $F_4$ ..... ۴۸
- شکل ۳-۲۷- تصویر ماهواره ای لندست پیمایش درزه ها..... ۵۰
- شکل ۳-۲۸- نمای صحرایی درزه ها در پیمایش A، ایستگاه ۱..... ۵۱
- شکل ۳-۲۹- نمودار گل سرخی درزه ها در پیمایش A، ایستگاه ۱..... ۵۲
- شکل ۳-۳۰- نمای صحرایی درزه ها در پیمایش A، ایستگاه ۲..... ۵۳
- شکل ۳-۳۱- نمودار گل سرخی درزه ها در پیمایش A، ایستگاه ۲..... ۵۳
- شکل ۳-۳۲- نمای صحرایی درزه ها در پیمایش A، ایستگاه ۳..... ۵۴
- شکل ۳-۳۳- نمودار گل سرخی درزه ها در پیمایش A، ایستگاه ۳..... ۵۴
- شکل ۳-۳۴- نمای صحرایی درزه ها در پیمایش A، ایستگاه ۴..... ۵۵
- شکل ۳-۳۵- نمودار گل سرخی درزه ها در پیمایش A، ایستگاه ۴..... ۵۵
- شکل ۳-۳۶- نمای صحرایی درزه ها در پیمایش B، ایستگاه ۱..... ۵۶
- شکل ۳-۳۷- نمودار گل سرخی درزه ها در پیمایش B، ایستگاه ۱..... ۵۶
- شکل ۳-۳۸- نمای صحرایی درزه ها در پیمایش B، ایستگاه ۲..... ۵۷
- شکل ۳-۳۹- نمودار گل سرخی درزه ها در پیمایش B، ایستگاه ۲..... ۵۷
- شکل ۳-۴۰- درزه های مزدوج در پیمایش C ایستگاه ۱..... ۵۸
- شکل ۳-۴۱- نمودار گل سرخی درزه ها در پیمایش C، ایستگاه ۱..... ۵۸
- شکل ۳-۴۲- درزه های برداشت شده در پیمایش C ایستگاه ۲..... ۵۹

- شکل ۳-۴۳- نمودار گل سرخی درزه ها در پیمایش C، ایستگاه ۲..... ۵۹
- شکل ۳-۴۴- درزه های برداشت شده در پیمایش C ایستگاه ۳..... ۶۰
- شکل ۳-۴۵- نمودار گل سرخی درزه ها در پیمایش C، ایستگاه ۳..... ۶۰
- شکل ۳-۴۶- ارتباط بین درزه ها و هندسه چین..... ۶۲
- شکل ۳-۴۷- استریوگرام مربوط به ارتباط بین درزه و چین در ناودیس توچال..... ۶۳
- شکل ۳-۴۸- استریوگرام مربوط به ارتباط بین درزه و چین در تاقدیس درکه..... ۶۴
- شکل ۳-۴۹- استریوگرام رسم شده از سطح محوری و خط لولای ناودیس امامزاده داود..... ۶۵
- شکل ۳-۵۰- تصاویر مقایسه فاصله درزه ها نسبت به ضخامت لایه..... ۶۶
- شکل ۳-۵۱- چین های هم زمان با رسوبگذاری..... ۶۹
- شکل ۳-۵۲- ساخت های وزنی..... ۶۹
- شکل ۳-۵۳- گسل هم زمان با رسوبگذاری..... ۷۰

### فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

- شکل ۴-۱- رزدیگرام امتدادی سطوح محوری چین های منطقه..... ۷۲
- شکل ۴-۲- رده بندی چین های منطقه بر حسب رده بندی فلوتی..... ۷۳

## فهرست جداول

- جدول ۳-۱- چین های منطقه مورد مطالعه..... ۳۶
- جدول ۳-۲- داده های مربوط به ضخامت لایه ها بر حسب فاصله درزه ها..... ۶۷

## فهرست نمودارها

نمودار ۱-۳- نمودار تغییرات افت- خیز در گسل صاف..... ۴۳

نمودار ۲-۳- نمودار تغییرات افت- خیز در گسل انحنادار..... ۴۴

نمودار ۳-۳- نمودار مقایسه فاصله درزه ها نسبت به ضخامت..... ۶۷



## فصل اول

### کلیات

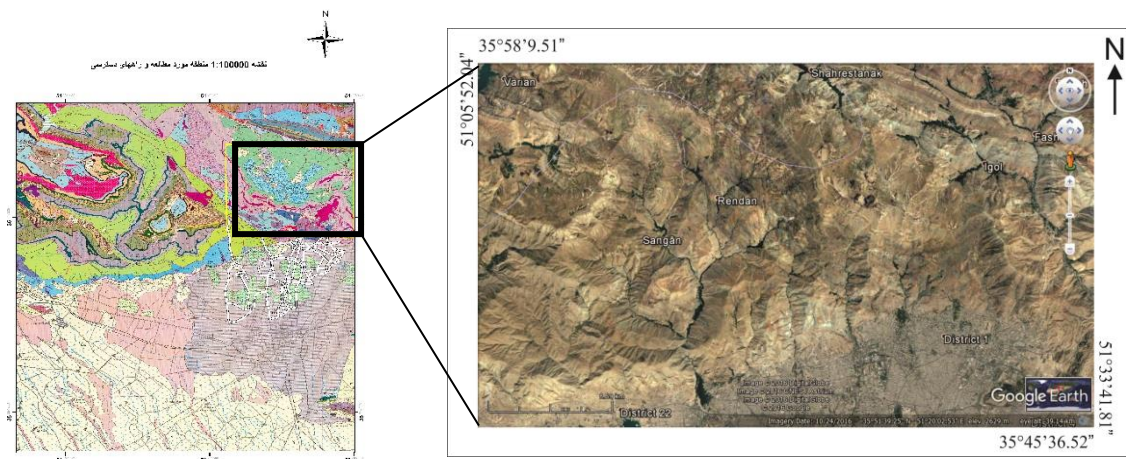
## ۱-۱- مقدمه

پهنه چین خورده- رانده البرز شامل بلندی های صفحه ایران است که به شکل خمیده از آذربایجان تا خراسان امتداد دارد. در بخش باختری دارای روند شمال باختری- جنوب خاوری، در بخش میانی دارای روند خاوری- باختری و در بخش خاوری دارای روند شمال خاوری- جنوب باختری می باشد. از نگاه زمین ریخت شناسی، مرز شمالی البرز منطبق بر تپه ماهورهای متشکل از نهشته های ترشیری و دشت ساحلی خزر است. مرز بین دشت ساحلی و کوهستان البرز، گسل خزر- مازندران است. این مرز در البرز باختری گسل تالش می باشد. مرز جنوبی آن گسل های عطاری، سمنان، تبریز، آنتی البرز و گرمسار است.

## ۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی

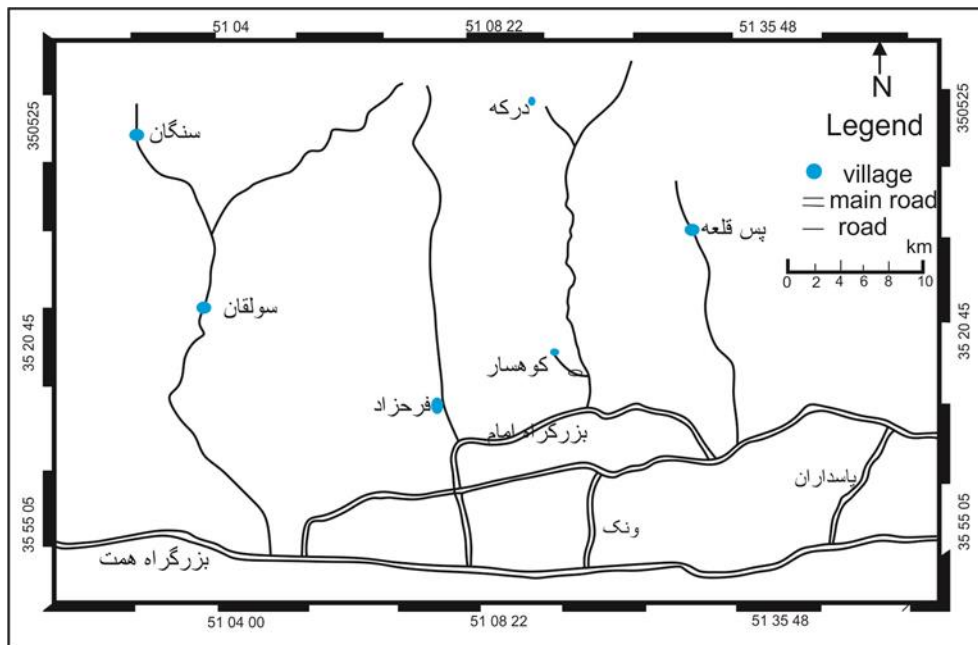
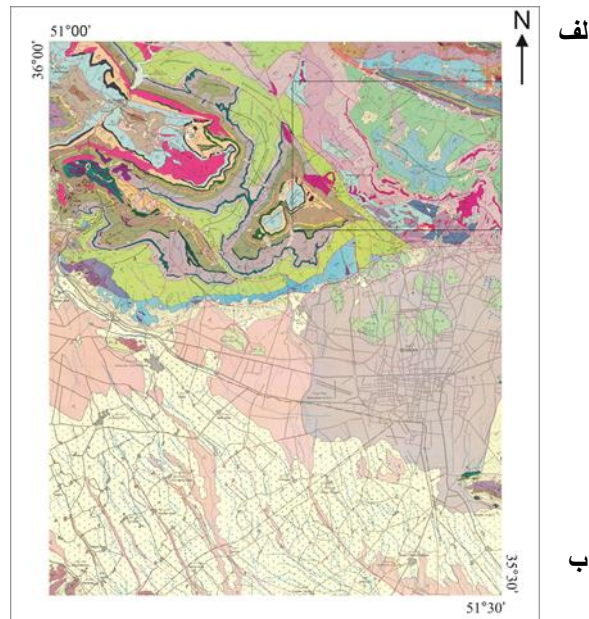
از دیدگاه زمین شناسی، منطقه مورد مطالعه در بخش جنوبی البرز مرکزی و در شمال تهران قرار گرفته است. این منطقه شامل بخشی از جنوب البرز مرکزی است که به دلیل اختلاف ارتفاع زیاد در بخش های گوناگون آن آب و هوای متفاوتی دیده می شود. به طور کلی به سوی شمال و باختر که ارتفاع میانگین منطقه افزایش می یابد، میانگین دمای سالانه کاهش یافته و میانگین بارش افزایش می یابد (شکل ۱-۱).





شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

از مهمترین راه های ارتباطی برای دسترسی به منطقه مورد مطالعه می توان به راه هایی اشاره نمود که بخش های شمالی تهران را به روستاهایی مانند پس قلعه، درکه، سولقان و سنگان وصل می نماید. این راه ها در نقشه شکل ۱-۲ نشان داده شده است.



شکل ۱-۲-الف- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تهران؛ ب-نقشه راه های دسترسی محدوده مورد مطالعه و راه های ارتباطی اصلی و فرعی مناطق مورد مطالعه (با اقتباس از اطلس راه های ایران، ۱۳۸۶).

### ۱-۳- آب و هوای منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در بخش شمالی تهران قرار دارد و به علت وجود ارتفاعات دارای آب و هوای کوهستانی است

### ۱-۴- هدف تحقیق

رشته کوه البرز در شمال ایران، مجموعه ارتفاعاتی را به شکل خمیده با طول تقریبی 2000 کیلومتر شامل می‌شود که از باختر به قفقاز کوچک و از خاور به کوه های پارامیسوس در شمال افغانستان متصل است. (Alavi, 1966).

با توجه به ساخت و فرگشت زمین ساختی پیچیده ی البرز و از آنجایی که این نوار کوهزایی بخشی از نوار شمالی کوهزاد آلپ- هیمالیا می باشد، مطالعه ی ساختمان و چگونگی تکامل زمین ساختی آن به درک بهتر فرگشت زمین ساختی آلپ- هیمالیا کمک خواهد نمود .

هدف از انجام این پژوهش، مطالعه چین خوردگی ها و دگرریختی های مرتبط در سازند کرج می باشد. بررسی منشا چین خوردگی ها و ارتباط احتمالی آن ها با گسل های منطقه از اهداف این تحقیق است. و در نهایت از دستاوردهای این تحقیق می توان به پاسخ دهی به سوالات زیر اشاره کرد:

۱- الگوی چین خوردگی منطقه چگونه است؟

۲- الگوی شکستگی ها چه ارتباطی با چین خوردگی و گسل های موجود در منطقه دارد؟

### ۱-۵- روش های مطالعه

روش کار در این تحقیق، به ترتیب شامل موارد زیر می‌باشد:

- ۱- مطالعات کتابخانه‌ای؛ اعم از مقالات، کتاب‌ها، پایان نامه‌ها و کلیه منابع مرتبط
- ۲- بررسی داده‌های دورسنجی منطقه؛ شامل تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی
- ۳- انجام مطالعات صحرایی با هدف اندازه‌گیری‌های ساختاری و بررسی واحدهای چین خورده و رخنمون گسل‌ها
- ۴- اضافه نمودن داده‌های به دست آمده در این پژوهش، بر روی نقشه‌های موجود و تهیه یک نقشه کامل از منطقه مورد مطالعه.

شایان ذکر است که مطالعات میدانی جهت برداشت‌های صحرایی زیر صورت گرفته است:

- برداشت ویژگی‌های لایه بندی در پیمایش‌های ساختاری عمود بر روند ساختارهای اصلی
  - شناسایی آثارگسلش سطحی و ساختارهای مرتبط با آن
- لازم به ذکر است که نحوه بیان موقعیت عناصر ساختاری صفحه‌ای به صورت شیب و جهت شیب (Dip و Dip Direction) و عناصر خطی به صورت میل و روند (Plunge, Trend) می‌باشد .
- ۵- تحلیل داده‌های ساختاری

تحلیل داده‌های ساختاری که برگرفته از مطالعات قبلی، داده‌ها و اطلاعات به دست آمده از برداشت‌های صحرایی می‌باشد، با روش‌های مرسوم زمین‌شناسی ساختمانی مانند تحلیل‌های هندسی و جنبشی صورت گرفته است و به این منظور از نرم افزارهای موجود، به خصوص نرم افزارهای استریوگرافیک مانند Georient, Dips, Stereo Net, TectonicsFp و Daisy استفاده شده است .

- ۶- تدوین پایان نامه و تهیه نقشه ساختاری از منطقه مورد مطالعه که از طریق تلفیق اطلاعات به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی، برداشت‌های صحرایی و نقشه‌های

توپوگرافی با استفاده از نرم افزارهای مرتبط مانند Arc GIS و Global Mapper به انجام رسیده است.

## ۱-۶- تاریخچه ی مطالعاتی

زمین شناسی رشته کوه البرز توسط محققان زیادی و از دیدگاه های مختلفی از قبیل زمین ساخت، چینه شناسی و سنگ شناسی مورد بررسی قرار گرفته است. اکثر این مطالعات کلی بوده و کمتر به جزئیات ساختاری منطقه پرداخته شده است.

یکی از کهن ترین پژوهش های انجام شده در این منطقه، بررسی ساختاری، چینه شناسی و سنگ شناسی منطقه البرز مرکزی و جنوبی به وسیله Assereto(1966) است که نتیجه این مطالعه، تهیه نقشه زمین شناسی جامعی از البرز مرکزی بوده است .

در بیشتر پژوهش ها مانند (Alavi( 1996)، Saidi et al.( 1997)، Allen et al.( 2003)، Kangi (2003)، Zanchi et al( 2006)، Nazari( 2006) و Shahidi(2008) به تحلیل ساختاری و ارائه مدل برای دگرریختی یا ژئودینامیک بخشی از البرز مرکزی پرداخته شده است. برخی از این پژوهش ها مانند، Ehteshami Moinabadi and Yassaghi (2006) و Ritz et al. (2006)، به بررسی هندسه و کینماتیک گسل های مشا و شمال تهران پرداخته اند .

Rieben(1953- 66)، به مطالعه چینه شناسی آبرفت های تهران که متاثر از عوامل تکتونیکی هستند پرداخت. او به وجود گسل اصلی و مهم در مرز میان کوهپایه و سنگ های سبز کوه های البرز اشاره دارد. Stocklin (1960)، رورانگی هایی را گزارش داد که به باور او دارای شیبی به سمت جنوب هستند و واحدهای چینه شناسی مختلفی را در البرز مرکزی از سمت جنوب به شمال جا به جا کرده اند.

Dellenbach (1964)، به مطالعاتی در زمینه پتروگرافی و پترولوژی توف های سازند کرج پرداخت.

عزتی اصل (۱۳۶۲)، به تحلیل ساختاری از طریق توصیف هندسی با استفاده از روش های پایه ای در شمال گرمسار پرداخته است و سعی در استنباط نحوه ی دگرریختی و تشکیل ساختارها کرده است. وی به این نتیجه رسید که سازندهای سنوزوئیک منطقه مشابه سازندهای موجود در کمربند البرز و ایران مرکزی است که تحت تاثیر تحولات تکتونیکی کمربند البرز قرار گرفته اند.

بربریان (۱۳۷۱)، با بررسی ساختاری (با دیدگاه لرزه ای)، منطقه تهران و پیرامون آن را با نام چین های کناری البرز معرفی می کند.

الیاسی و همکاران (۱۳۸۰)، به منظور تعیین تیپ دگر ریختی در بخش جنوبی البرز مرکزی با اتکاء به برداشت های صحرائی روی سطح برش دارای خش لغز با رسم دو وجهی عمود بر هم در 28 محدوده وضعیت محورهای اصلی تنش دیرین پس از ائوسن را تعیین کردند و نتیجه حاصل را با بردارهای ویژه داده ها مقایسه نمودند. با در اختیار داشتن موقعیت محورهای اصلی تنش دیرین و تحلیل استریوگراف آن با مدل های ایده ال، تیپ دگرریختی را از نوع تراکمی شعاعی شناسایی کردند.

آقاحسینی (۱۳۸۸)، با تهیه برش ساختاری تاقدیس جابان به تحلیل هندسی و کینماتیک این ساختار پرداخته است که مربوط به پهنه البرز مرکزی- جنوبی است و نرخ کوتاه شدگی برای این ساختار را حدود 6/8 میلیمتر بر سال برآورد کرد.

قرشی و همکاران (۱۳۸۸)، در مقاله خود به ارزیابی تکتونیک فعال منطقه جنوبی البرز مرکزی بر اساس شاخص های ژئومورفیک و توپوگرافی منطقه پرداخته اند.

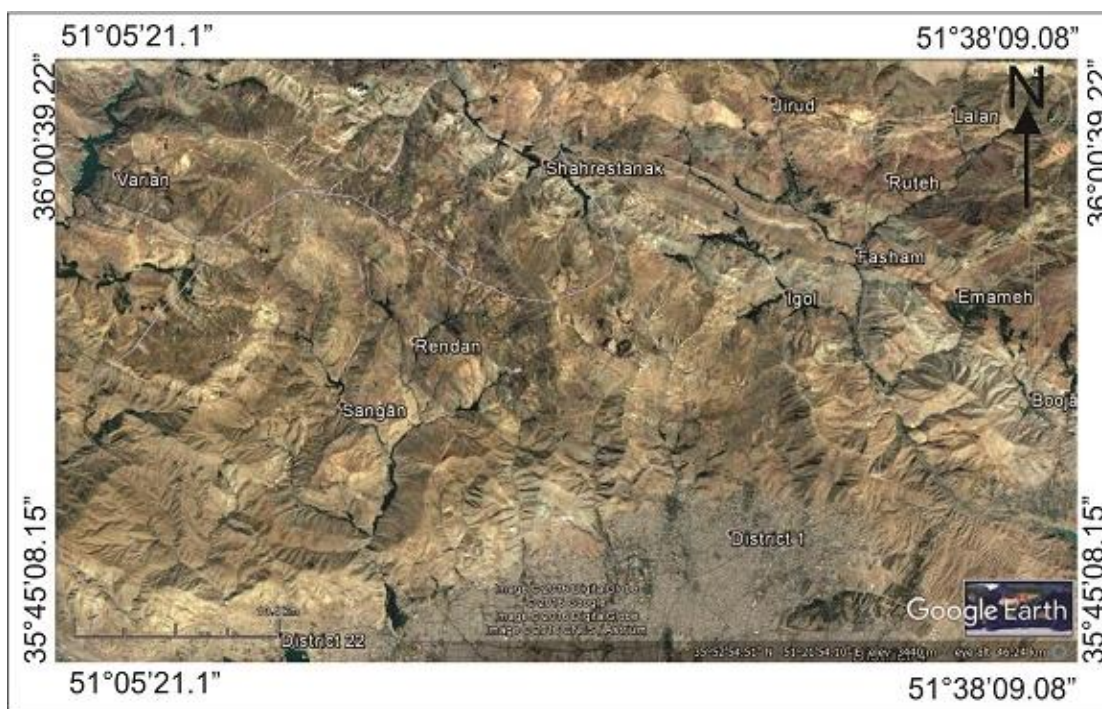
عباسی و فرید (۱۳۸۹)، برای تعیین لرزه خیزی استان تهران به مطالعه ساختاری گسل فعال شمال تهران پرداخته اند .

## فصل دوم

### زمین شناسی عمومی

## ۱-۲- مقدمه

شناخت زمین شناسی یک منطقه برای پی بردن به مکانیسم تشکیل ساختارهای آن، بسیار ضروری است. با توجه به روندهای ساختاری و رخساره های موجود در منطقه مورد مطالعه و بر اساس تقسیم بندی های رسوبی- ساختاری ایران همچون اشتوکلین (1968)، آقنابتی (۱۳۸۵) و بربریان (1976) محدوده مورد مطالعه در بخش جنوبی البرز مرکزی قرار دارد (شکل ۱-۲). در این فصل ابتدا به بررسی زمین ساخت و زمین شناسی ساختمانی البرز و سپس چینه شناسی و ریخت شناسی منطقه مورد مطالعه پرداخته می-شود. منطقه مورد بررسی در این پژوهش محدوده گوه ای شکل بین گسل شمال تهران و گسل مشا در شمال تهران می باشد. وسعت کل منطقه نزدیک به 1000 کیلومتر مربع است.



شکل ۱-۲- تصویر ماهواره ای محدوده مورد مطالعه



## ۲-۲- زمین ساخت و زمین شناسی ساختمانی البرز

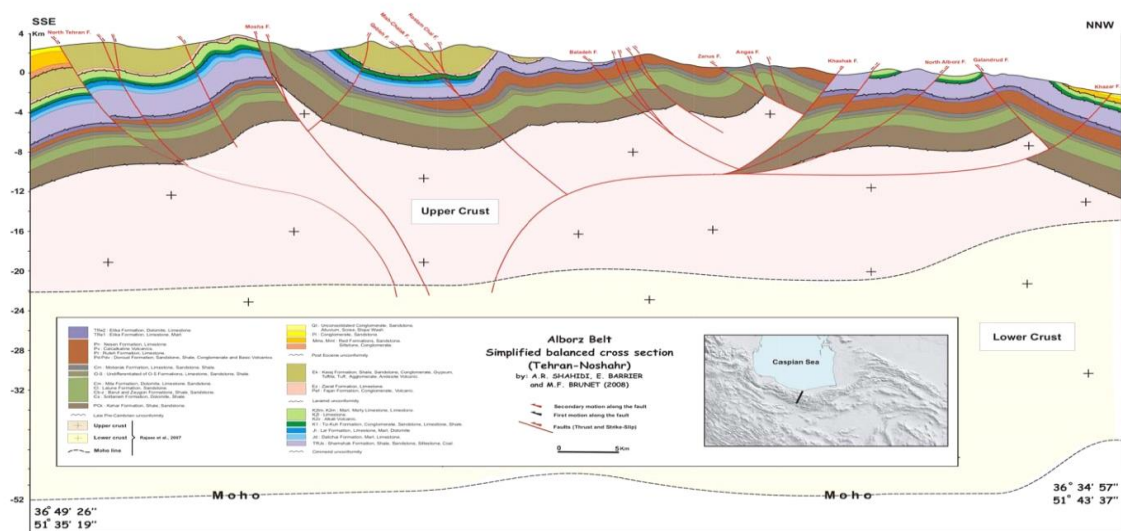
البرز یک کمربند چند کوهزادی است که توسط کوهزایی های سیمیرین و آلی، از تریاس پسین تا الیگومیوسن متأثر شده است (Alavi, 1996). تصادم میان خرد ورق ایران و ورق توران با نزدیکی به تریاس پسین، آخرین مراحل تکامل خود را سپری می کرده است .

توالی رسوبات از نئوژن تا عهد حاضر در این پهنه، به طور عمده از نوع آواری و پلایایی است. رسوبات متعلق به این بازه از چندین سیکل از رسوبات آواری ضخیم شونده و درشت شونده به سمت بالا تشکیل شده است. این سیکل های آواری توسط مجموعه هایی از رسوبات پلایایی از یکدیگر جدا می شوند. سیکل های آواری، مجموعه های هم زمان با کوهزایی هستند که در نتیجه فعالیت نوار چین خورده- گسلیده البرز، پیوستن ورقه های جدید از پوشش رسوبی فورلند، بالا آمدگی و متعاقب آن تجدید حیات فرسایش، تشکیل شده اند (Allen et al, 2003). تکامل پوسته البرز در اواخر دوران سنوزوئیک را به این صورت می توان بیان کرد که در میوسن تغییر شکل احتمالاً بیشتر فشارشی و همراه با حرکت عموماً راست لغز بوده است. حرکت فشارشی بعد از میوسن، که تا کنون نیز ادامه دارد، سبب جابه جایی چپ لغز شده است. حرکت به سمت باختر پی سنگ خزر جنوبی، نسبت به ایران مسبب این جابه جایی چپ لغز می باشد (Allen et al, 2003). بنابر نظر جکسون (Jackson et al, 2002)، رشته کوه البرز در حال حاضر تحت کوتاه شدگی چپ بر مایل قرار دارد؛ ضمن آن که ساختارهای مبین حرکت امتداد لغز چپ بر در البرز خاوری بیش از البرز باختری است.

رشته کوه البرز به شکل کمانی عریض، حاشیه جنوبی فرونشستگی پهناور دریای خزر را تشکیل داده است. در بخش غربی البرز، محور ساختمان ها دارای امتداد NW-SE است که کاملاً موازی بخش شمالی راندگی اصلی زاگرس، گسل زنجان و امتدادهای ساختمانی قفقاز کوچک و بزرگ است. از طرف دیگر بخش شرقی آن با محور ساختمان های دارای امتداد تقریباً SW-NE و موازی با گسل بزرگ کویر

مشخص می گردد. این دو روند متفاوت ساختاری در البرز مرکزی به هم می رسند که یک محل بحرانی را در رشته کوه البرز به وجود آورده است. جالب توجه آن که دقیقا در محل تلاقی همین دو امتداد است که آتشفشان بزرگ کواترنری دماوند برپا شده است. مطالعات جدید وجود سیستم های برجستگی ها (Horst) و فرورفتگی های (Graben) لوزی شکل هم راستا با دو امتداد فوق را مورد تاکید قرار داده و بسیاری از مسائل زمین شناسی البرز مرکزی را مرتبط با آن ها می داند (Stocklin, 1974). نبوده های عمده رسوبی بر روی برخی از برجستگی های قدیمی در فاصله های بسیار کوتاه جانبی، تغییرات شدید رخساره ها و ضخامت های سازندها در مسافت های قلیل و یا قطع شدگی آن ها با تنها عامل فرسایش توجیه پذیر نیستند و به نقش حرکات بلوکی قائم و تاثیرات آن ها بر شرایط حوضه های رسوبی مربوطه نیز بایستی توجه کافی گردد. سیمای کلی زمین ساختی منطقه مورد بررسی عمدتا متشکل از تعدادی گسل ها و چین های رانده شده و یا خوابیده به سمت جنوب، چهارچوب بخش جنوبی البرز مرکزی از شمال به جنوب با چند عنصر مهم ساختاری مشخص می گردد (Stocklin, 1974).

گرچه (Alavi, 1996)، ساختار البرز را در قالب ساختارهای دوپلکس از نوع Antiformal stack بر اساس مشاهدات خود در نظر گرفته است، اما دیگر زمین شناسان برای این پهنه ساختاری در شمال ایران، معتقد به مدلی چون ساختارهای گل ساخت هستند و بر همین اساس، تاکنون برش های ساختاری گوناگونی با اندکی تغییرات نسبت به مدل اولیه (Stocklin, 1974) بازسازی و ارائه شده است. بر این اساس این سلسله کوه ها متشکل از چین ها و گسل های راندگی با دو سوی حرکتی است (به سوی حوضه کاسپین جنوبی در شمال و به سوی بلوک ایران مرکزی در جنوب). بر این اساس، گسل های راندگی موجود در بخش شمالی به سوی جنوب شیب دارند و برعکس گسل های موجود در بخش جنوبی دارای شیب به سوی شمال هستند که بیانگر یک ساختمان گل مثبت است (شکل ۲-۲، Stocklin, 1974؛ Allen et al, 2003؛ Nazari, 2006؛ Shahidi, 2008).



شکل ۲-۲- نمایش ساختمانی البرز مرکزی (Shahidi, 2008).

### ۳-۲- چینه شناسی البرز

در بسیاری از گزارش های زمین شناسی، کهن ترین سنگ های البرز را دگرگونی های جنوب گرگان (شیست های گرگان) دانسته اند. افزون بر آن، دگرگونی های اسالم- شاندرمن و گاهی نیز سازند بریر واحدهای سنگ چینه ای پرکامبرین البرز انگاشته شده اند (کلارک و همکاران، ۱۹۷۵). ولی، امروزه یقین شده است که این دگرگونی ها، بیشتر سنگ های پالئوزوییک و یا مزوزوییک هستند که در اثر زمین ساخت برخوردی تریاس پسین (رویداد سیمیرین پیشین) و یا به طور همبری دگرگون شده اند. یافته های دیرینه شناختی امروز البرز، گویای آن است که کهن ترین سنگ های رخنمون شده البرز، سازند کهر است که حاوی آکریتارک های نوپروتروزوییک پسین (Late Neoproterozoic) است. با تکیه بر سنگ- رخساره ها به ویژه نقش زمین ساخت بر حوضه رسوبی البرز، همه سنگ های البرز به چند واحد زمین ساختی- چینه نگاشتی بزرگ و به شرح زیر تقسیم شده است (Alavi, 1991).

۱) توالی سکوی پرکامبرین پسین- اردویسین،

۲) سنگ‌های ماگمایی (درونی و بیرونی) اردوئیسین میانی - دونین،

۳) توالی فلات قاره دونین - تریاس میانی

۴) نهشته های پیش خشکی تریاس بالایی - ژوراسیک میانی،

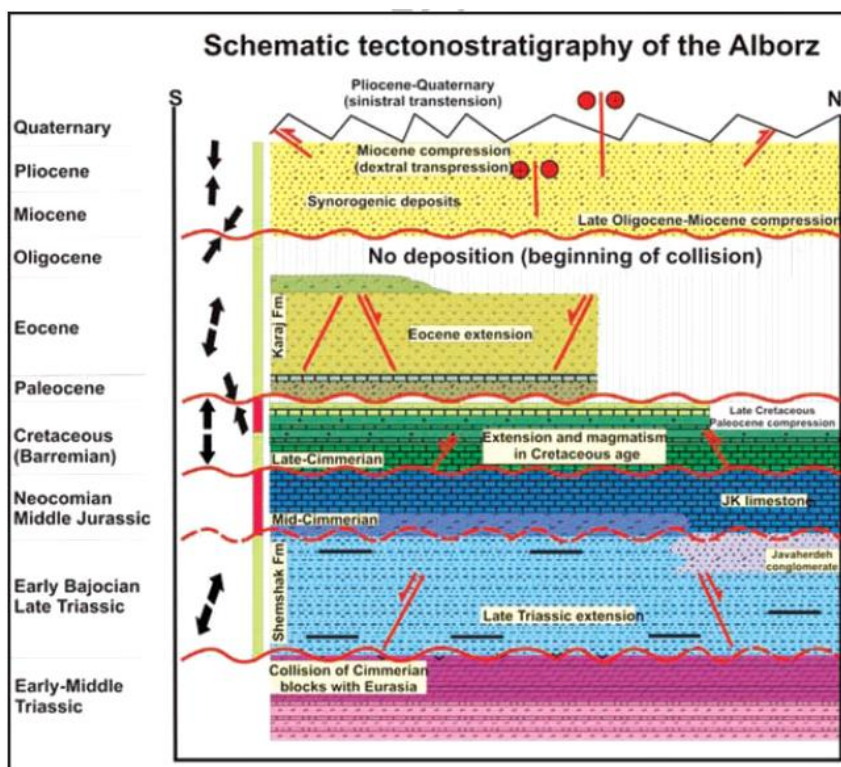
۵) توالی فلات قاره ژوراسیک میانی - کرتاسه، با دو رخساره ناهمسان در البرز جنوبی و شمالی .

۶) مجموعه ماگمایی البرز به سن سنوزوییک، با ترکیب شیمیایی کلسیمی قلیایی در البرز غربی - مرکزی و قلیایی در البرز شرقی .

۷) رسوبات هم‌زمان با کوهزایی سنوزوییک، با دو رخساره ناهمسان در البرز جنوبی و شمالی.

بر اساس تحلیل رخساره ای سنگ ها، شش واحد چینه - زمین ساختی در البرز متمایز شده اند (شکل ۲-۳).

هر واحد شامل چند سازند است که همگی در یک اقلیم زمین ساختی معین، با شرایط رسوبی - زمین ساختی خاص خود، انباشته شده اند (Shahidi, 2008).



شکل ۲-۳- جدول چینه زمین-ساختی البرز (Shahidi, 2008).

#### ۲-۴- چینه شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل برونزد سطحی سنگ های سنوزوییک و کواترنر می باشد. بیشترین رخنمون را سنگ های سازند کرج دارند (شکل ۲-۴). سازندهای فجن، نهشته های میوسن منسوب به سازند سرخ و رسوب های کواترنر در روی زمین رخنمون پیدا کرده اند ( شکل ۲-۵).



شکل ۲-۴- ستون چینه شناسی سازند کرج، (Berberian, 1983؛ ترسیم مجدد نگارنده).



شکل ۲-۵- نمایی از لایه بندی در سازند کرج (دید در جهت شمال باختر).

## ۲-۵- سازند کرج

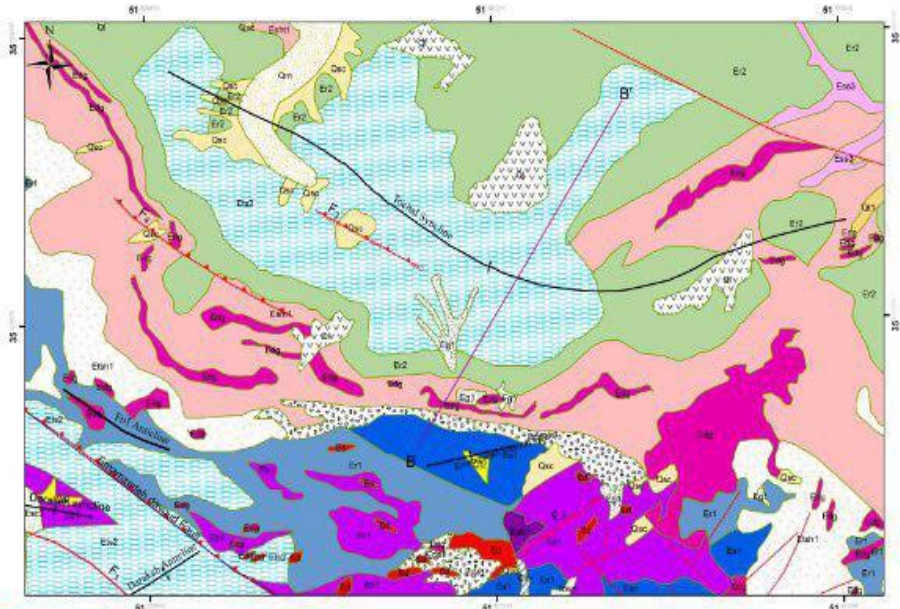
سازند کرج به عنوان یکی از شاخص ترین واحدهای سنگ چینه ای البرز جنوبی، شامل توالی به نسبت ستبری از توف های سبز رنگ، سنگ های رسوبی و گدازه های آتشفشانی و کمتر تبخیری است که در گذشته به نام های گوناگون سری سبز، لایه های سبز، توفیت های سبز البرز و غیره از آن یاد شده است (Dedual , 1967). در دره کرج برشی از این سازند را معرفی و به آن سازند کرج نام داد. برش الگوی

سازند کرج نوعی برش مرکب است که در دو برش جداگانه اندازه گیری شده است.

بیشتر روانه های گدازه ای ترکیب آندزیتی دارند اما داسیت، تراکی آندزیت، بازالت و دیگر گونه های سنگ های آذرین بیرونی نیز در لابه لای توف های سازند کرج مانند ناحیه توچال در شمال تهران و طالقان در البرز باختری و تپه های جنوب تهران دیده می شود که این سنگ ها در ناحیه کرج- تهران، دگرگونی ملایمی را تحمل کرده اند (Stocklin, 1971). گسترش واحدهای سنگی سازند کرج در محدوده

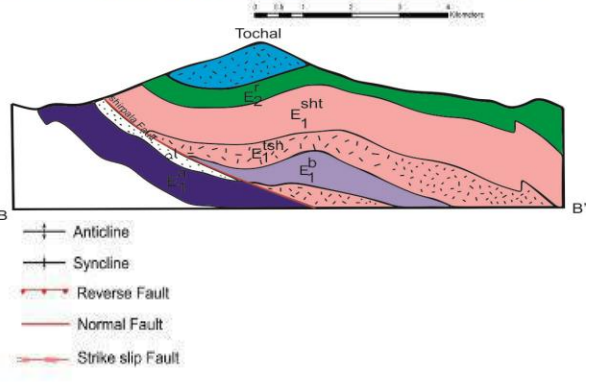
مورد مطالعه، در نقشه زمین شناسی شکل ۲-۶ نشان داده شده است.

Geological map of north of Tehran



Legend

|              |                |   |                 |  |                |  |
|--------------|----------------|---|-----------------|--|----------------|--|
| Cenozoic     | Quaternary     | Q <sup>sc</sup>   | Scree           |  |                |  |
|              |                | Q <sup>l</sup>  | Landslide       |  |                |  |
|              |                | Q <sup>2</sup>  | Young terraces  |  |                |  |
|              |                | Q <sup>1</sup>  | Old terraces    |  |                |  |
|              | Eocene         | Upper Eocene  | E <sup>3</sup>  | Tuffaceous sandstone and conglomerate      | E <sup>3</sup> | Microdiorite-Micro gabro as sill and dykes |
|              |                |   | E <sup>3</sup>  | Tuffite tuffaceous sandstone               | E <sup>3</sup> | Dacitic dykes                              |
|              |                |   | E <sup>2</sup>  | Rhyolitic tuff with shale                  | E <sup>3</sup> | Alternation of shale and siltstone         |
|              |                | Lower-Middle Eocene   | E <sup>1</sup>  | Bituminous siltstone and shale             | E <sup>2</sup> | Alternation of shale and siltstone         |
|              |                |   | E <sup>1</sup>  | Andesitic to basaltic lava                 | E <sup>1</sup> | Andesitic to basaltic lava                 |
|              |                |   | E <sup>1</sup>  | Dark grey shale with alternation sandstone | E <sup>1</sup> | Dark grey shale with alternation sandstone |
| Lower Eocene | E <sup>1</sup> | Alternation of green tuff and shale                           |                 |  |                |  |
|              | E <sup>1</sup> | Dacitic to andesitic lava flows and rhyodacitic pyroclastites |                 |  |                |  |
|              | E <sup>1</sup> | Rhyolitic tuff  | E <sup>1</sup>  | Andesitic basaltic lava                    |                |  |
|              | E <sup>1</sup> | Green tufts and limestone                                     | E <sup>1</sup>  | Dacitic to Andesitic                       |                |  |
|              | E <sup>1</sup> | Red conglomerate sandstone and shale                          |                 |  |                |  |
|              |                | E <sup>1</sup>  | Gypsum and marl |  |                |  |





## ۲-۶- زمین ریخت شناسی محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد بررسی در شمال تهران، بخش جنوبی البرز مرکزی را تشکیل می دهد. بلندترین نقطه آن قله توچال با بلندای 3957 متر از سطح دریا در شمال کلان شهر تهران و پست ترین نقطه با بلندای 1400 متر در ابتدای دره کرج جای دارد. بلندای منطقه مورد مطالعه در فرادیواره گسل شمال تهران، نسبت به دشت تهران در جنوب به سبب پویایی این گسل در طول زمان زمین شناسی می باشد. به طور کلی چین خوردگی و شمار زیاد گسلش معکوس در رژیم تنشی فشاری کلی البرز، سبب افزایش بلندای منطقه شده است. عوامل دیگری چون میزان فرسایش و جنس سنگ ها نیز در ایجاد توپوگرافی موثر است. تشکیلات کنونی البرز در پایان دوره پالئوسن آغاز شده و در نئوژن و دوران چهارم مجدداً حرکاتی شدید آن را مرتفع تر کرده و پدیده های آتشفشانی آن، همراه زمان تشکیل آن و یا بعد از چین خوردن آن در چند مرحله پدید آمده اند. نتایجی که از فرسایش این رشته کوه به دست آمده نشان می دهد که دوران فرسایش آن به وسیله یک سلسله جابه جایی ها و چین خوردگی ها و یا شکست ها قطع شده است با توجه به آن که تشکیلات آتشفشانی اغلب در مرحله دوم تکتونیکی انجام گرفته ولی فوران های جدید آتشفشانی را نیز در بخشی از آن (قله دماوند) می توان تشخیص داد که هرچند در سطح زمین کمتر گسترده شده ولی به این رشته کوه ارتفاع با شکوهی داده است.

رشته کوه البرز از برآمدگی ارمنستان به سوی شرق گسترده شده، در جایی که سفیدرود از آن رد می شود پهنایش 50 کیلومتر و در نصف النهار تهران عرض آن از شمال به جنوب به 75 کیلومتر می رسد. در حالی که در منطقه بابل تا 90 کیلومتر افزایش می یابد. بالعکس نقاط مرتفع آن به صورت معکوس تغییر می نماید در شرق دره سفیدرود بین دره شاهرود و کناره دریای خزر توده علم کوه قرار دارد و کمی به طرف شرق مخروط بزرگ دماوند که بیش از 800 متر از علم کوه بلندتر است جای گرفته و این بلندی موجب شده که رشته کوه های البرز مرتفع تر از کوه های قفقاز شناخته شود (شکل ۲-۷).

در خاوری ترین بخش منطقه که دو گسل شمال تهران و مشا به هم می پیوندند، به سبب تاثیر میدان تنش حاصل از دو گسل، میزان دگرریختی منطقه به شدت زیاد شده و چین هایی با محور شمال باختر- جنوب خاوری با درازای زیاد و طول موج کم دیده می شود. در این محل، که سنگ شناسی نرم تری نسبت به مناطق دیگر دارد، بلندای میانگین کمتر و شامل توپوگرافی ملایم تر تپه ماهوری است.

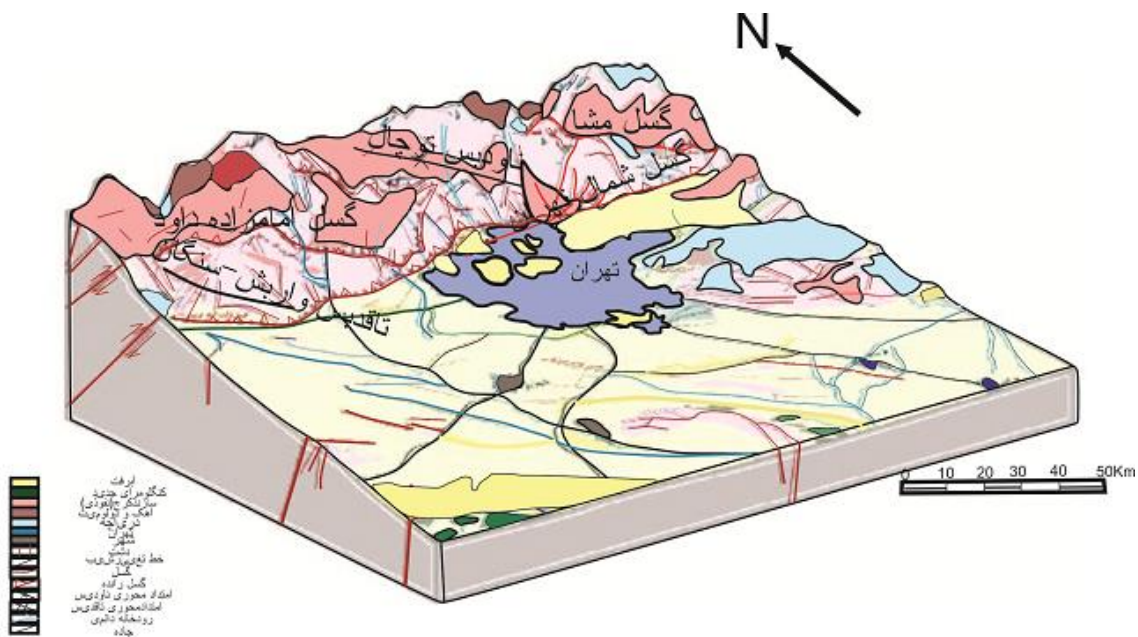
در بخش میانی، از دره فشم تا دره وردیج، بلندای کلی منطقه افزایش می یابد. چین های بزرگ این بخش شامل ناودیس توچال و تاقدیس واریش- سنگان در شمال تهران، محوری خمیده دارند که به احتمال، نشان گر عملکرد بیش از یک مرحله چین خوردگی در منطقه است.

به طور کلی، راستا و شیب لایه ها به وسیله چین خوردگی ها و پویایی گسل ها کنترل می شود. به همین سبب، آرایش و جهت گیری لایه ها در چنین منطقه ای از البرز با تاریخ دگرریختی طولانی بسیار پیچیده است، اما می توان در مقیاس کوچکتر، هندسه آنها را بررسی کرد. به سبب پویایی گسل شمال تهران، در فرادیواره این گسل، لایه ها شیب زیادی به سمت شمال دارند که با پویایی گسل های دیگر و چین- خوردگی شدید، لایه ها دارای شیب و امتداد گوناگونی شده و به وسیله گسل های کوچک و بزرگ بریده و چرخیده شده اند. در بخش میانی منطقه، وجود بلندی های توچال تا امامزاده داود، این بخش را به دو حوضه آبریز جداگانه شمالی و جنوبی تقسیم می کند ( افتخارنژاد، ۱۳۵۹).

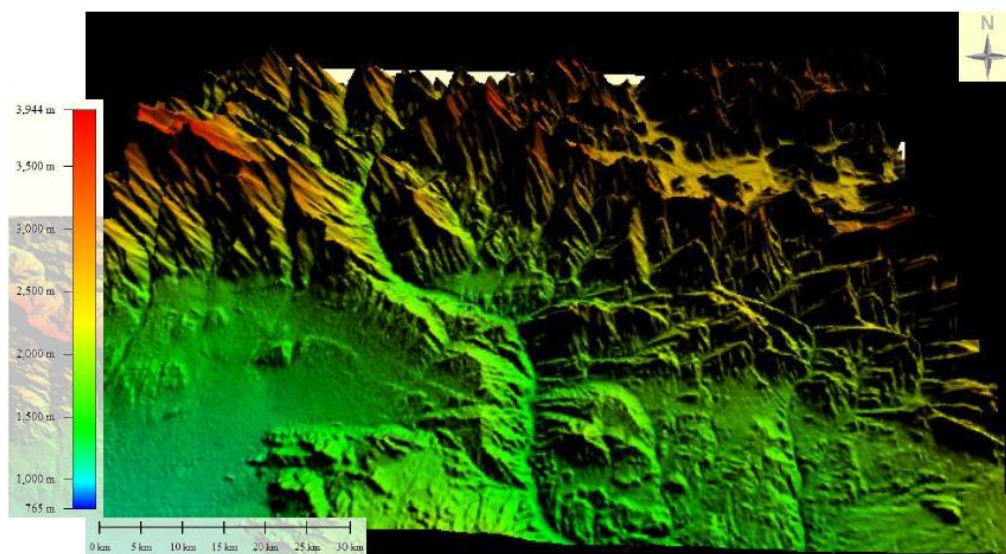
در بخش خاوری که به دلیل وجود سنگ های با قابلیت فرسایش بیشتر و توپوگرافی ملایم تر و به سبب پویایی دو گسل مرزی، شکستگی ها بسیار است، رودها درازتر و دارای شیب جریانی کمتر بوده به همین سبب آرایش شاخه درختی گسترده ای دارند. این رودها از بلندی های 3500 تا 4000 متری فرادیواره گسل مشا سرچشمه گرفته و وارد دشت آبرفتی تهران می شوند. به سبب شیب بسیار زیاد دامنه ها و دره ها در این منطقه رودها بسیار خروشان بوده و در مرحله جوانی هستند، بنابراین توان فرسایشی بسیار بالایی داشته و به ویژه در فصل های پرباران، گاه سیلابی هستند. به سوی باختر که مقاومت مکانیکی

سنگ ها افزایش می یابد، رودها مسیر راست تری دارند و توان فرسایشی آنها نیز افزایش می یابد (شکل ۲-۸). افزون بر این، به سبب شیب توپوگرافی شدید در دامنه های جنوبی البرز مرکزی در شمال تهران، درازای رودها بسیار کاهش می یابد. این اختلاف درازا برای نمونه بین رودخانه فشم و رودخانه دربند بسیار قابل توجه است. شکل ۲-۸، تصویر سه بعدی زمین ریخت شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

دره کرج، بزرگترین دره در منطقه است که در درازای خود به دو بخش تقسیم شده است. بخش شمالی آن دارای سطح اساس سد امیرکبیر و بخش جنوبی دارای سطح اساس دشت آبرفتی تهران است. رودخانه کرج در بخش جنوبی خود، دارای شیب به نسبت زیاد و توان فرسایش بالا به ویژه در فصل های بارندگی است (افتخارنژاد، ۱۳۵۹).



شکل ۲-۷- نمودار سه بعدی شماتیک زمین ریخت محدوده شمال تهران را نشان می دهد.



شکل ۲-۸- تصویر SRTM سه بعدی تهیه شده در نرم افزار Global Mapper از زمین ریخت شناسی پهنا شمال

تهران.

## فصل سوم

### زمین شناسی ساختمانی

### ۳-۱- عناصر ساختاری

عناصر ساختاری (گسل ها، درزه ها و چین ها)، ابزاری ضروری جهت شناخت دگرریختی و دستیابی به الگوی دگرشکلی در هر ناحیه محسوب می گردند. به طور کلی این مطالعات به مشاهده سیمای ساختارها و اندازه گیری آنها در مقیاس رخنمون بستگی دارد. بنابراین با تعیین وضعیت هندسی ساختارها، فرآیندهای دگرریختی را می توان بررسی و مشخص کرد .

دگرریختی حاکم بر منطقه مورد مطالعه یک دگرریختی پیشرونده بوده که ابتدا در فاز دگرریختی شکل پذیر چین ها و سپس در فاز دگرریختی شکننده گسل ها را به وجود آورده است، به طوری که در هر مرحله از این مراحل دگرریختی پیشرونده درزه ها رشد نموده اند. در منطقه مورد مطالعه نیز مانند سایر بخش های البرز آثار چین خوردگی (folding)، گسلش (faulting) و درزه شدگی (jointing) به خوبی آشکار است. در این فصل به معرفی ساختارهای اصلی منطقه (گسل ها، چین ها و درزه ها) پرداخته می شود. در این راستا عناصر ساختاری برداشت شده (چین ها، گسل ها و شکستگی ها) مورد تجزیه و تحلیل هندسی قرار می گیرند. لازم به ذکر است که کلیه تصاویر استریوگرافیک داده ها در این پروژه در نرم افزارهای Georient، Tectonics Fp، Stereonet و Daisy رسم شده اند. داده های صفحه ای ذکر شده در تمام متن این نوشتار بر حسب جهت شیب / شیب و داده های خطی بر حسب میل / پلانژ آورده شده اند.

### ۳-۲- چین ها

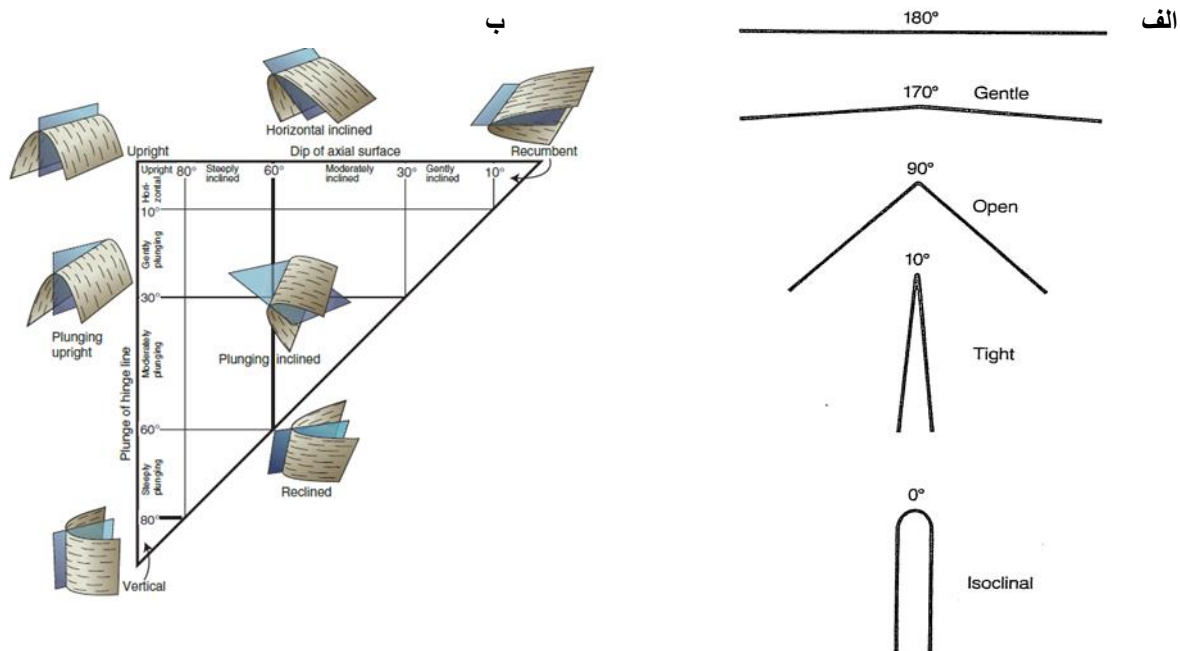
چین ها عمومی ترین ساختار زمین ساختی ایجاد شده در پهنه های دگرشکل یافته می باشند. به طور کلی چین ها آن دسته از تغییرشکل های سنگ ها هستند که فقط باعث تغییر وضعیت سنگ می شوند، بدون آن که در آن گسستگی به وجود آورند. با اندازه گیری لایه بندی در یک یا چند مقطع عمود بر روند چین و پیاده کردن قطب آنها بر روی استریونت موقعیت محور و صفحه محوری چین، نوع چین و رده-

بندی آن‌ها مشخص می‌شود. مطالعات بی‌شمار و مهمی برای تحلیل و ساختار شکل چین‌ها و طبقه بندی آن‌ها صورت گرفته، که در زیر چند نمونه از این طبقه بندی‌ها آورده شده است. در یک نوع، چین‌ها بر اساس زاویه بین یالی طبقه بندی می‌شوند (Fleuty, 1964)؛ (شکل ۳-۱-الف).

در نوع دیگر چین‌ها بر اساس پیکربندی‌شان طبقه بندی می‌شود.

در طول محور X شیب سطح محوری و در طول محور Y پلانژ خط لولا ترسیم می‌شود.

بر پایه میانبرهای 0, 10, 30, 60, 80 و 90 درجه شانزده گروه معرفی شدند (شکل ۳-۱-ب).

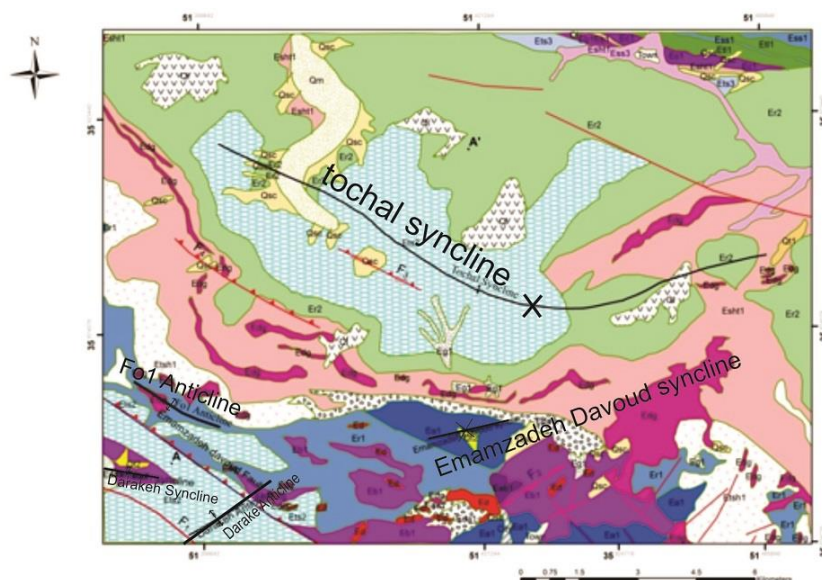


شکل ۳-۱-الف - طبقه بندی چین‌ها بر اساس شیب سطح محوری و میل خط لولا (Fleuty, 1964). ب- طبقه بندی چین‌ها بر مبنای زاویه بین یالی (نقل از Fleuty, 1964).

### چین‌ها در منطقه مورد مطالعه

نکته قابل توجه این که روند اغلب چین‌ها و گسل‌های منطقه به ویژه گسل‌های اصلی یکی است. چین‌ها و گسل‌هایی که در منطقه مورد مشاهده و برداشت قرار گرفته بر روی تصویر ماهواره ای لندست

برگرفته از Google earth در شکل ۳-۲ نشان داده شده است. برای معرفی چین ها، ضمن عرضه نمودن نشانه های آن بر روی تصویر ماهواره ای، در مطالعات میدانی، در پیمایش های عرضی، موقعیت لایه بندی در بخش های مختلف چین اندازه گیری شده است. سپس با استفاده از روش های استریوگرافیک و نرم افزار Daisy به تعیین موقعیت عناصر هندسی چین مانند خط لولا و سطح محوری پرداخته و با تعیین زاویه میان یالی چین ها میزان فشردگی آن ها تعیین شده است. جایگاه هر چین در رده بندی فلوتی (1964 تعیین گردیده است .



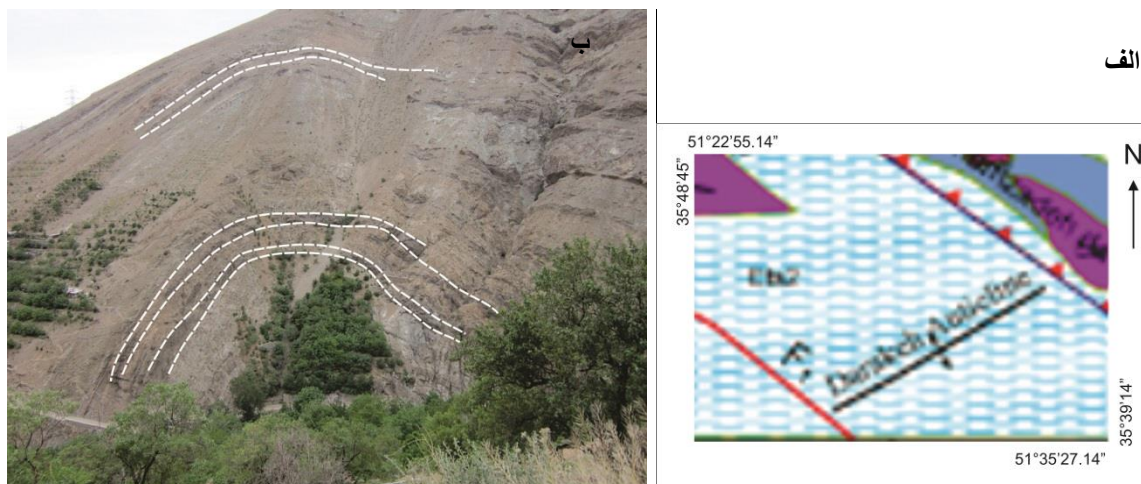
شکل ۳-۲-نقشه جغرافیایی که چین ها و گسل های منطقه بر روی آن نشان داده شده است ( برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ تهران).

### ۳-۲-۱- تاقدیس درکه

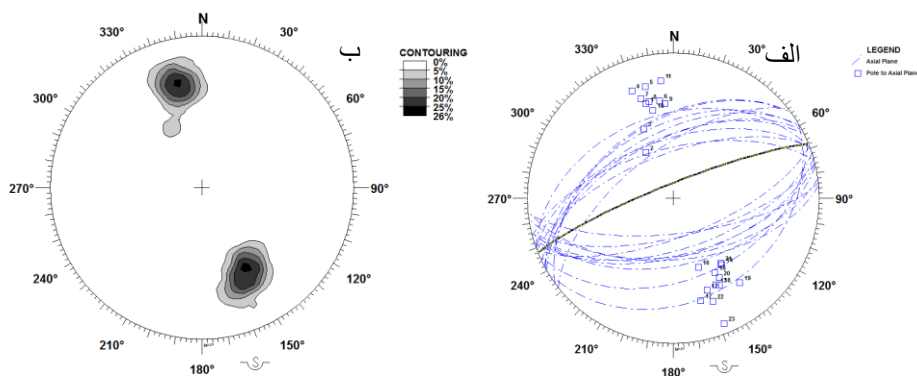
بهترین رخنمون این تاقدیس در مسیر جاده درکه و در نقطه ای با مختصات  $N 35^{\circ}48'45''$ ,  $E 51^{\circ}22'$  55.14 قابل رویت است (شکل ۳-۳). جنس لایه های این چین بیشتر از ماسه سنگ و توف می باشد. طبق اندازه گیری سطوح لایه بندی در موقعیت های مختلف از این چین (پیوست ۱)، مختصات سطح محوری چین بر حسب جهت شیب و شیب  $338/82$  و محور چین بر حسب میل /پلانژ،  $251/9$  محاسبه



شده است (شکل ۳-۴). با توجه به مقادیر به دست آمده برای محور و سطح محوری، این چین را در تقسیم بندی فلوتی می‌توان از نوع چین با سطح محوری با شیب تند و خط لولای با میل صفر تا ده درجه (Upright-horizontal) در نظر گرفت. همچنین بر اساس رده بندی (Fluty(1964)، این چین با داشتن زاویه بین یالی 70 درجه یک چین باز (Open) است .



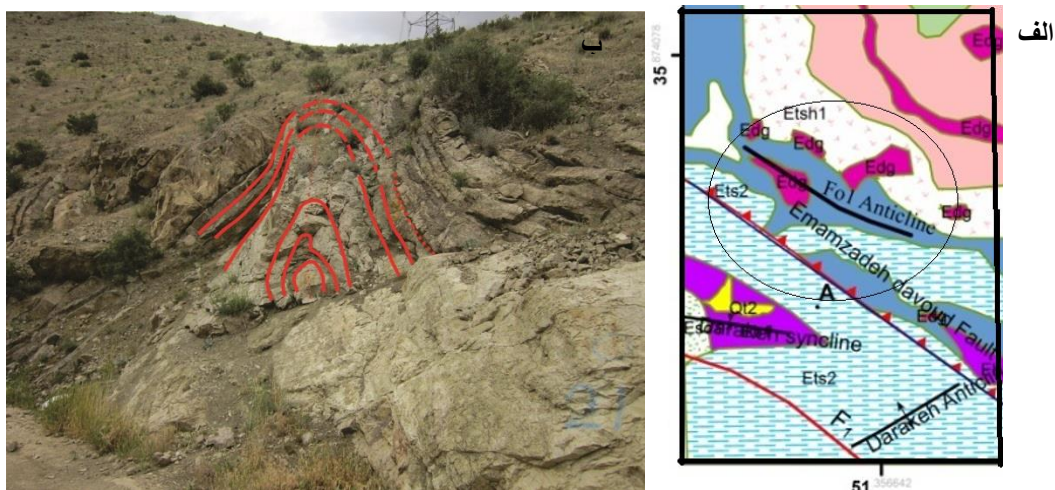
شکل ۳-۳- الف- تاقدیس درکه در نقشه جغرافیایی برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شمال تهران؛ ب- تصویری از رخمون تاقدیس درکه (جهت دید :جنوب باختری).



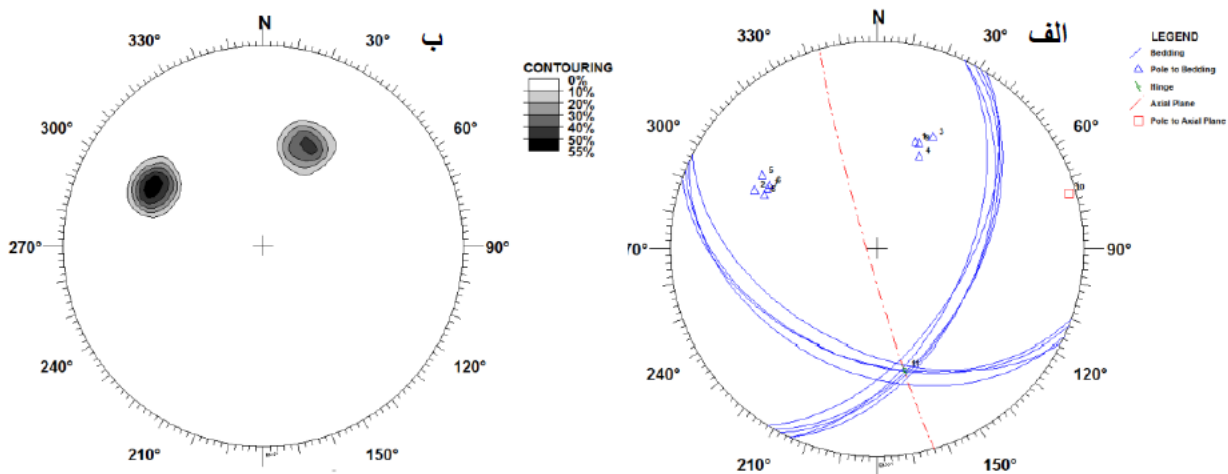
شکل ۳-۴- الف- استریوگرام حاصل از داده های برداشت شده از تاقدیس درکه در سازند کرج با سطح محوری 338/82 و محور با موقعیت 251/9، ب - نمودار هم تراز قطب لایه بندی به منظور تعیین زاویه بین یالی (70 درجه).

### ۳-۲-۲- تاقدیس Fo1

تاقدیس Fo1 که در طول جغرافیایی "N35° 49' 15.3" و عرض جغرافیایی "E051° 22' 48.4" واقع شده (شکل ۳-۵) و بر طبق شکل ۳-۶ دارای سطح محوری به مختصات 254/86 و محوری با موقعیت 167/40 می باشد. بر اساس اندازه گیری سطوح مختلف لایه بندی های چین (پیوست ۲) می توان این تاقدیس را از نوع ایستاده با میل متوسط (Moderately plunging- Upright) دانست. همچنین بر اساس رده بندی (Fluety, 1964)، این چین با داشتن زاویه بین یالی 60 درجه از انواع چین های بسته (Tight) است.



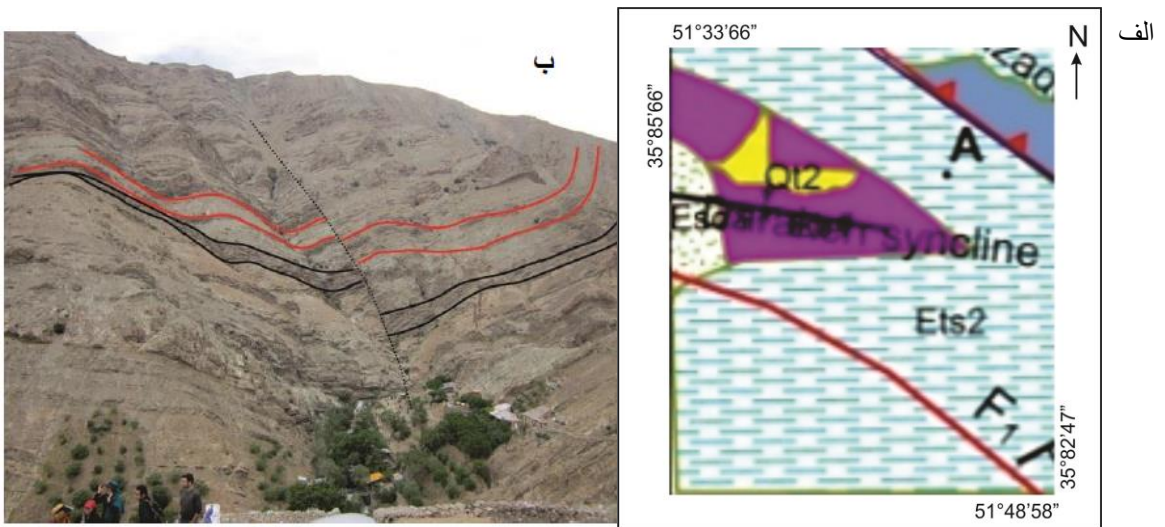
شکل ۳-۵- الف- نقشه جغرافیایی تاقدیس Fo1 برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شمال تهران. ب- لایه بندی تاقدیس Fo1 (دید عکس به سمت جنوب).



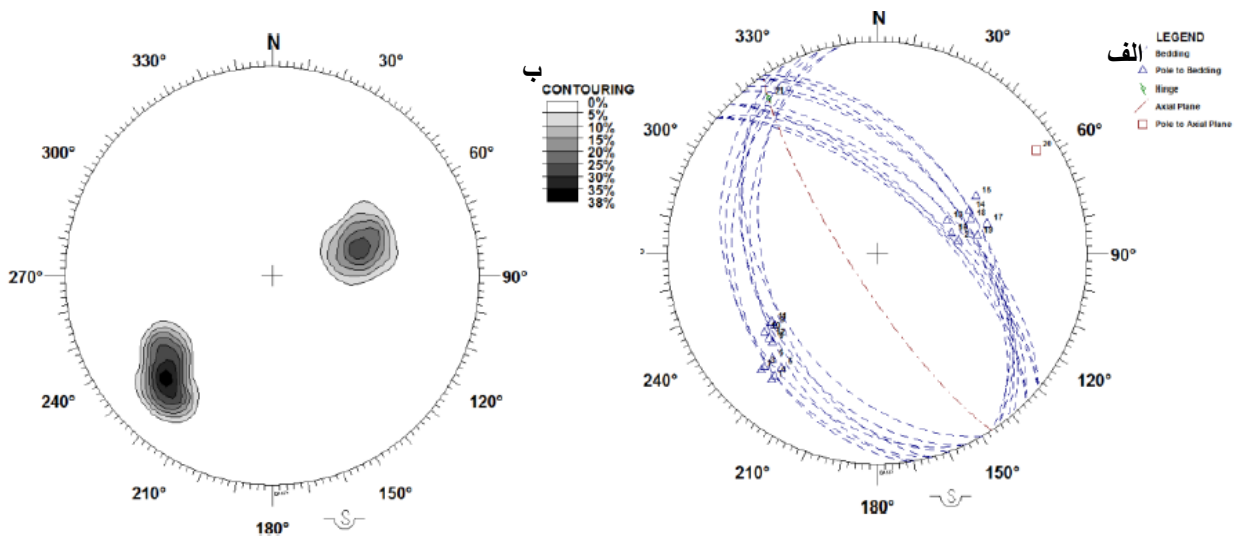
شکل ۳-۶-الف- استریوگرام حاصل از داده های برداشت شده از لایه بندی چین در تاق‌دیس F01 با سطح محوری 254/86 و محور 167/40؛ ب- نمودار هم‌تراز یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین دو یال (60 درجه).

### ۳-۲-۳- ناودیس درکه

بهترین مقطع طبیعی این ناودیس در مسیر درکه در نقطه ای با مختصات "N 35° 49' 36", E51° 22' 16" می‌باشد (شکل ۳-۷). طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده در شکل ۳-۸، پیوست ۳، این چین دارای سطح محوری با مختصات 238/79 و محوری با روند 325/11 می‌باشد. با توجه به اندازه‌گیری‌های ذکر شده این چین در تقسیم بندی فلوتی بر اساس شیب سطح محوری و پلانز محور چین در گروه چین‌های دارای سطح محوری با شیب تند و خط لولای با میل ملایم Steeply inclined- Gently plunging جای می‌گیرد. همچنین بر اساس رده بندی (Fleuty, 1964)، این چین در این مقطع با داشتن زاویه بین یالی 105 درجه از انواع چین‌های باز (Open) است.



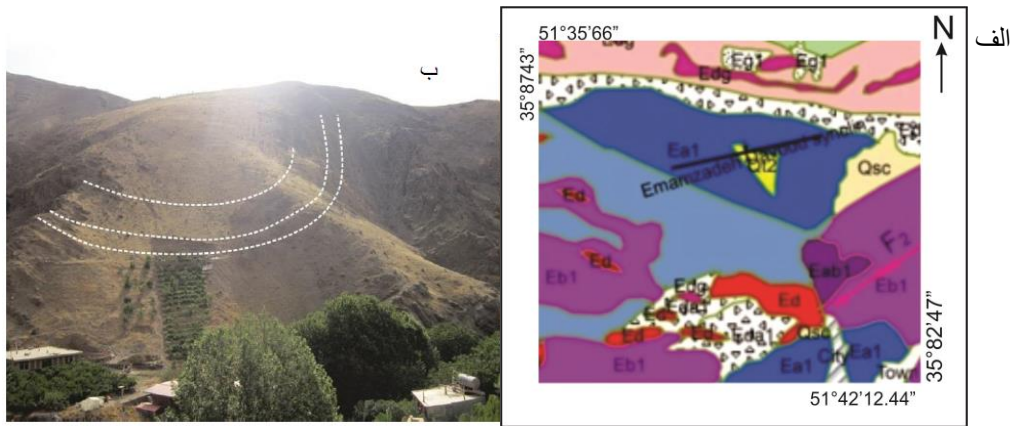
شکل ۳-۷-الف - ناودیس درکه در نقشه جغرافیایی برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شمال تهران؛ ب- تصویری از رخنمون ناودیس درکه (جهت دید شمال باختری).



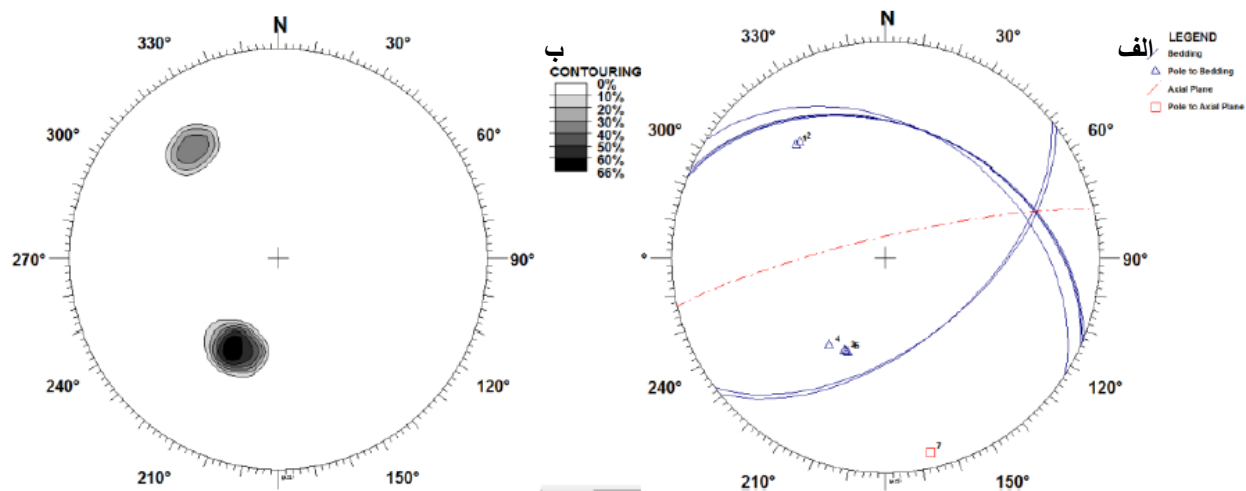
شکل ۳-۸-الف - استریوگرام حاصل از داده های برداشت شده از ناودیس درکه در سازند کرج؛ سطح محوری 238/79 و محور با موقعیت 11/325، ب- نمودار هم تراز قطب لایه بندی به منظور تعیین زاویه بین یالی ( 105درجه).

### ۳-۲-۴- ناودیس امامزاده داود

بهترین مقطع این ناودیس در مسیر سنگان- سولقان در موقعیت "N 35° 47' 11.64" و "E 51° 15' 36.4" واقع شده است (شکل ۳-۹). طبق اندازه گیری سطوح لایه بندی ( پیوست ۴) این چین در شکل ۳-۱۰، مختصات سطح محوری چین 351/80 و محوری با روند 073/29 می باشد. بر این اساس می توان در این مقطع این چین را از انواع چین های ایستاده با میل ملایم (Gently plunging-Upright) در نظر گرفت. همچنین بر اساس رده بندی (Fluety(1964، این چین با داشتن زاویه بین یالی 65 درجه در این مقطع از انواع چین های بسته (Tight) است .



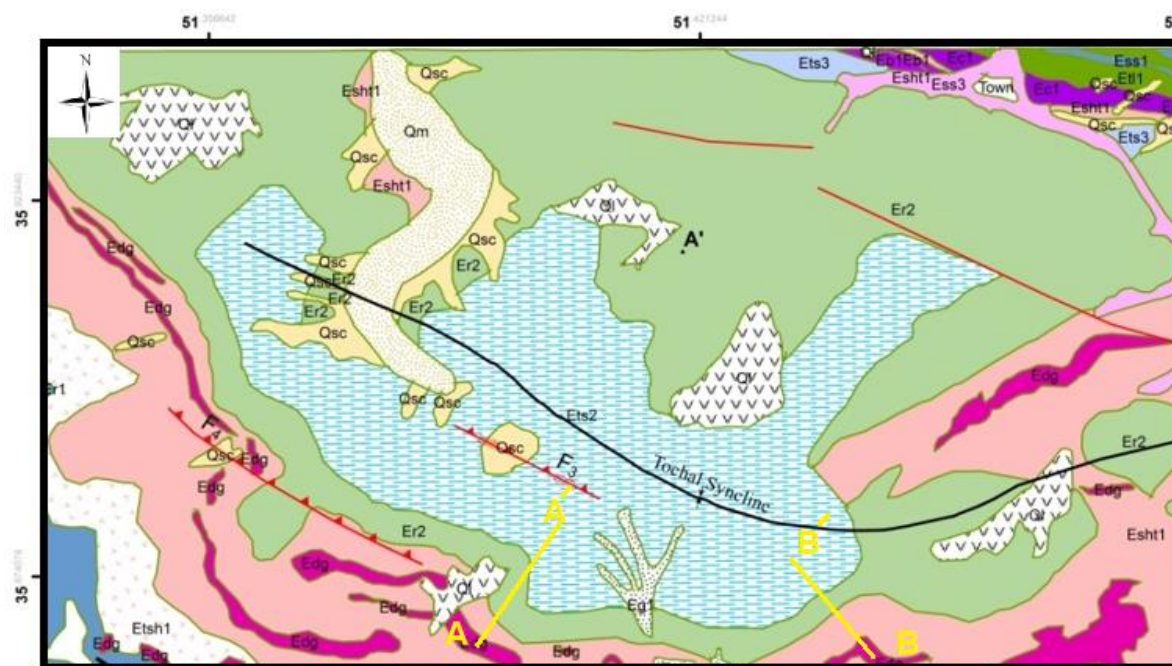
شکل ۳-۹- الف- ناودیس امامزاده داود در نقشه جغرافیایی برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شمال تهران؛ ب- تصویری از رخنمون ناودیس امامزاده داود ( جهت دید شمال خاوری).



شکل ۳-۱۰-الف- استریوگرام حاصل از داده های برداشت شده از لایه بندی ناودیس امامزاده داود در سازند کرج با سطح محوری 351/80 و محور 073/29؛ ب- کنتوردیگرام یال های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی ( 65 درجه).

### ۳-۲-۵- ناودیس توچال

ناودیس توچال در مسیر کوه پیمایی توچال و در موقعیت  $N 35^{\circ} 55' 21.34''$  و  $E 51^{\circ} 19' 43.62''$  و در شمال خاوری روستای رندان قرار گرفته است. این ناودیس، روند عمومی شمال باختری- جنوب خاوری دارد. به دلیل در دسترس نبودن لایه ها، برداشت در بعضی از مناطق صورت گرفته است. موقعیت پیمایش صورت گرفته بر روی تصویر ماهواره ای منطقه در شکل ۳-۱۱ مشخص شده است. به دلیل طول زیاد سطح محوری پیمایش در دو مقطع از چین صورت گرفته است که نشان از اختلاف موقعیت های محور ناودیس و راستای صفحه محوری دارد .

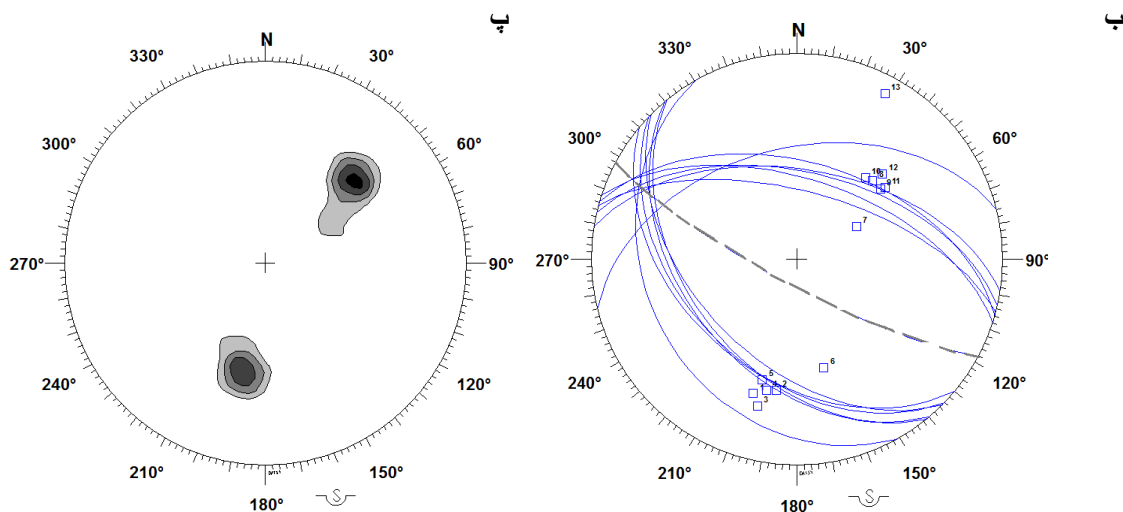


شکل ۳-۱۱- نقشه جغرافیایی برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شمال تهران، که اثر سطح محوری ناودیس توچال و پیمایش های صورت گرفته بر روی آن نشان داده شده است .

### ۳-۲-۵-۱- ناودیس توچال در پیمایش AA'

این پیمایش در موقعیت  $N 35^{\circ} 52' 11.65''$  و  $E 51^{\circ} 21' 35.16''$  صورت گرفته است. بر اساس استریوگرام های ترسیم شده از داده های ساختاری برداشت شده از این چین خوردگی (پیوست ۵) شکل ۳-۱۲، سطح محوری آن دارای موقعیت  $205/70$  و خط لولا موقعیت  $285/29$  دارد. بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در تقسیم بندی فلوتی از انواع چین های دارای سطح محوری با شیب تند و میل محور متوسط (Steeply inclined- Moderately plunging) می باشد. در تقسیم بندی چین ها بر اساس زاویه بین دو یال (Fleuty, 1964) در رده چین های بسته (Tight) قرار می گیرد.

الف



شکل ۳-۱۲-الف- تصاویر صحرایی از لایه بندی ناودیس توچال در پیمایش AA'؛ ب- استریوگرام حاصل از داده های برداشت شده از لایه بندی ناودیس توچال در پیمایش AA' با سطح محوری 205/70 و محور 285/29؛ پ -کنترودیاگرام یال های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (57 درجه).

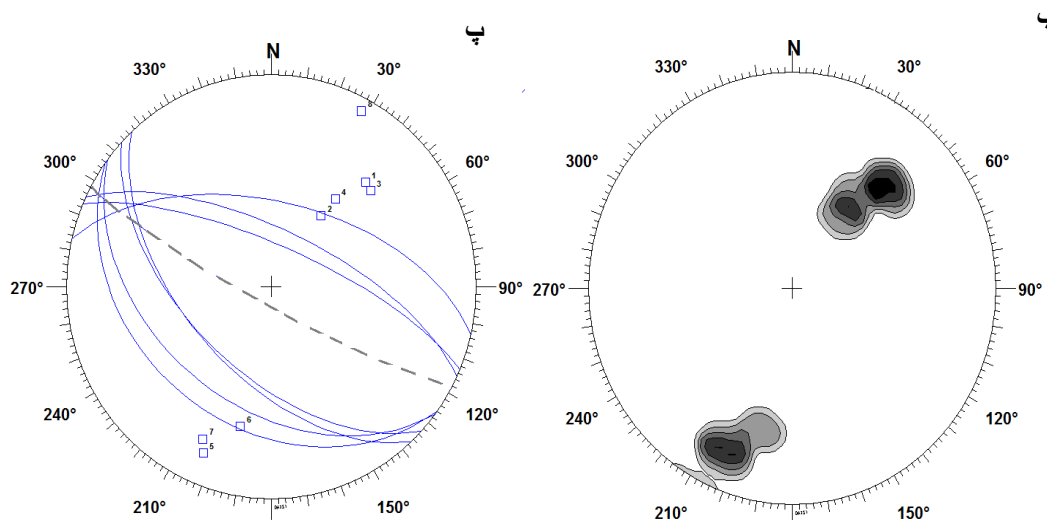
### ۳-۲-۵-۲-۳- ناودیس توچال در پیمایش BB'

این پیمایش در موقعیت  $N 35^{\circ} 52' 21.78''$  و  $E 51^{\circ} 28' 7.22''$  صورت گرفته است. بر طبق لایه های برداشت شده ( پیوست ۶) محور این مقطع از چین دارای روند شمال باختری- جنوب خاوری می باشد. بر اساس استریوگرام های ترسیم شده در شکل ۳-۱۳، از داده های ساختاری برداشت شده، سطح محوری آن دارای موقعیت 208/83 و خط لولا موقعیت 298/15 دارد. زاویه بین یالی این چین 60 درجه است که در تقسیم بندی چین ها بر اساس زاویه بین دو یال (Fleuty, 1964) در رده چین های بسته (Tight) و در



تقسیم بندی دیگر بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا (Fleuty, 1964) در رده چین های دارای سطح محوری با شیب تند و میل ملایم (Steeply inclined- Moderately plunging) قرار می گیرد .

الف

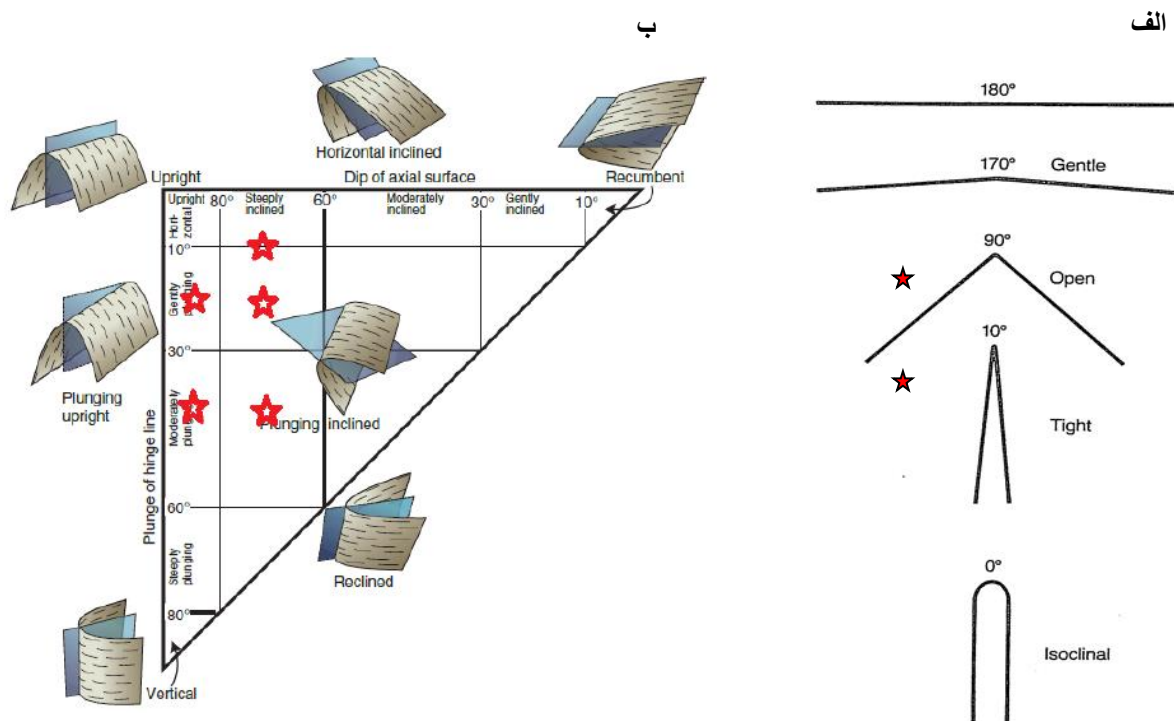


شکل ۳-۱۳- الف - تصاویر صحرایی از موقعیت های لایه بندی در ناودیس توچال در پیمایش  $BB'$ ؛ ب- استریوگرام حاصل از داده های برداشت شده از لایه بندی ناودیس توچال در پیمایش  $BB'$  با سطح محوری 208/83 و محور 298/15؛ پ- کنتور دیاگرام پال های چین به منظور تعیین زاویه بین پالی ( 60 درجه).

جدول ۳-۱- چین های منطقه مورد مطالعه

| شماره | نام چین                   | موقعیت سطح محوری | محور چین | زاویه بین یالی | موقعیت سطح محوری چین بر روی استریوگرام | توصیف چین بر مبنای میل خط لولای سطح محوری | توصیف چین بر مبنای زاویه بین یالی |
|-------|---------------------------|------------------|----------|----------------|--|---|-----------------------------------|
| ۱     | تاقدیس درکه               | 326/76           | 238/9    | 100            |  | Steeply inclined-Sub horizontal           | Open                              |
| ۲     | ناودیس درکه               | 238/79           | 325/11   | 105            |  | Steeply inclined-Gently plunging          | Open                              |
| ۳     | تاقدیس Fo1                | 254/86           | 167/40   | 60             |  | Upright-Moderately plunging               | Tight                             |
| ۴     | ناودیس امامزاده داود      | 351/80           | 073/29   | 65             |  | Upright-Gently plunging                   | Tight                             |
| ۵     | ناودیس توچال درپیمایش AA' | 205/70           | 285/29   | 57             |  | Steeply inclined-Moderately plunging      | Tight                             |
| ۶     | ناودیس توچال درپیمایش BB' | 208/83           | 298/15   | 60             |  | Steeply inclined-Moderately plunging      | Tight                             |

بر طبق جدول ۱-۳، بر اساس تقسیم بندی فلوتی (1964) از نظر زاویه بین یالی، چین های منطقه در دو رده باز و بسته و از نظر شیب سطح محوری و زاویه میل لولا در پنج رده مطابق شکل ۳-۱۴ قرار می-گیرند.



شکل ۳-۱۴ - رده بندی چین ها بر اساس زاویه بین یالی، شیب سطح محوری و میل لولا (Fleuty, 1964). الف- جایگاه چین های منطقه مورد مطالعه بر اساس زاویه بین یالی؛ ب- جایگاه چین های منطقه مورد مطالعه بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا.

### ۳-۳- شکستگی ها

شکستگی ها از معمول ترین عوارض زمین شناختی هستند که در اندازه های مختلف در رخنمون های سنگی قابل مشاهده می باشند. شکستگی سطحی است که در طول آن چسبندگی میان اجزای تشکیل دهنده سنگ از بین رفته و سنگ در امتداد این سطح می شکنند (Bates & Jackson, 1980).

شکستگی ها را می توان در دو گروه، گسل ها و درزه ها تقسیم بندی نمود که ملاک تفکیک این دو نیز مقدار جابه جایی در سطح شکستگی می باشد. اگر حرکت برشی با سطح شکستگی کمتر از 5 میلی متر باشد و یا اصلا وجود نداشته باشد، درزه و در غیر این صورت گسل نامیده می شود .

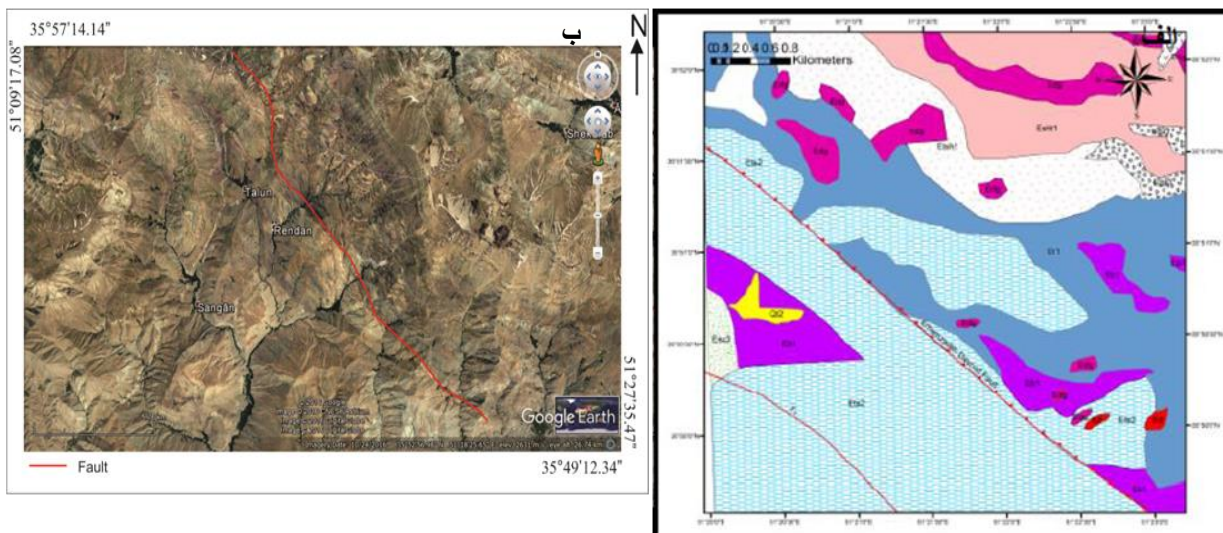
### ۳-۳-۱- گسل ها

گسل های منطقه مورد مطالعه، به خصوص گسل های اصلی، عمدتا دارای روند شمال باختری- جنوب خاوری هستند ( شکل ۳-۲). گسل امامزاده داود اصلی ترین گسل این منطقه می باشد ( امینی، ۱۳۷۳). در ادامه گسل های فعال موثر بر پهنه شمال تهران معرفی شده و ساز و کار آن ها مورد بررسی قرار می گیرد. یکی از شواهد ریخت شناسی سطح گسل پله گسلی می باشد که با توجه به آن و شواهد موجود دیگر می توان به ساز و کار گسل پی برد (الیاسی، ۱۳۹۳).

### ۳-۳-۱-۱- گسل امامزاده داود

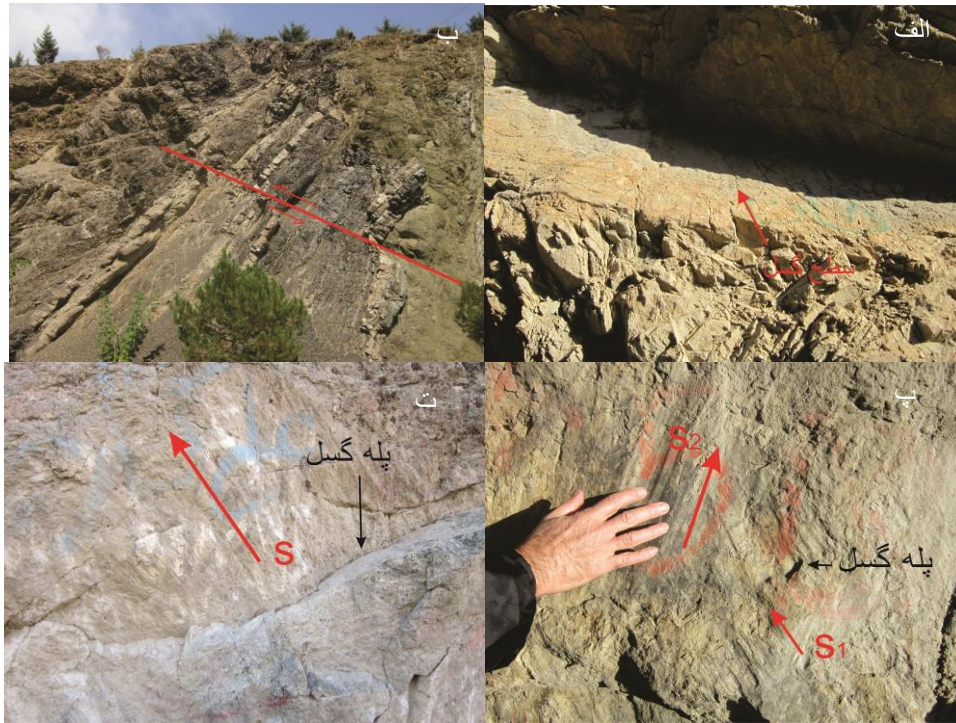
گسل امامزاده داود راستای شمال باختری- جنوب خاوری دارد و از حوالی امامزاده داود عبور می نماید و جنس سنگ های اطراف این گسل توف های سبز به حالت توده ای، شیل و میان لایه های سنگ آهک است.

گسل امامزاده داود درازایی در حدود 70 کیلومتر داشته، این گسل از نوع معکوس بوده، شیب آن در حدود 70 درجه به سمت شمال خاور است (شکل ۳-۱۵).

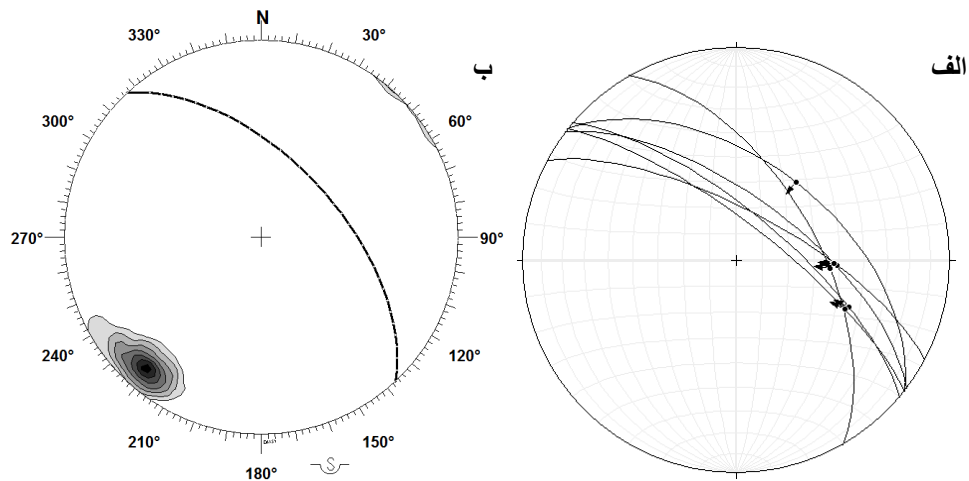


شکل ۳-۱۵- الف- بخشی از نقشه زمین شناسی 1:100000 تهران که گسل امامزاده داود بر روی آن مشخص شده است؛  
 ب- گسل معکوس امامزاده داود بر روی تصویر ماهواره ای Landsat برگرفته از Google earth.

**سازو کار گسل :** مشاهدات صحرایی از جمله خراش های گسلی بر روی سطوح گسلی فرودیواره و جابه-جایی بلوک فرادیواره سازو کار معکوس چپ بر را بر روی گسل امامزاده داود نشان می دهد ( شکل ۳-۱۶- الف و ب). با توجه به شواهد موجود از جمله دو دسته خش لغز موجود بر روی سطح گسل، دو فاز برای این گسل قابل مشاهده می باشد. شکل ۳-۱۶- پ، سطح گسلی با دو دسته خش لغز را نشان می دهد. این سطح گسل نشان دهنده دو فاز متفاوت می باشد. با توجه به این که دسته خش لغز  $S_2$  دسته  $S_1$  را بریده است، خش لغز  $S_2$  با ریک 70 درجه پادساعتگرد جوانتر از خش لغز  $S_1$  با ریک 55 درجه ساعتگرد می باشد. فاز قدیمی تر با توجه به مورفولوژی موجود بر روی سطح گسل سازوکار معکوس با مولفه راست بر را نشان می دهد و فاز جدیدتر با استناد بر جابه جایی بلوک فرادیواره به سمت بالا سازوکار معکوس با مولفه چپ بر را نشان می دهد ( شکل ۳-۱۶-ت). داده های صفحه گسلی از روی فرودیواره برداشت شده اند. استریوگرام های مربوط به برداشت های صحرایی گسل امامزاده داود شامل تصاویر سیکلوگرافیک داده های صفحه ای و نمودار هم تراز قطب آنها نشان دهنده موقعیت 049/60 برای این گسل می باشد (شکل ۳-۱۷).



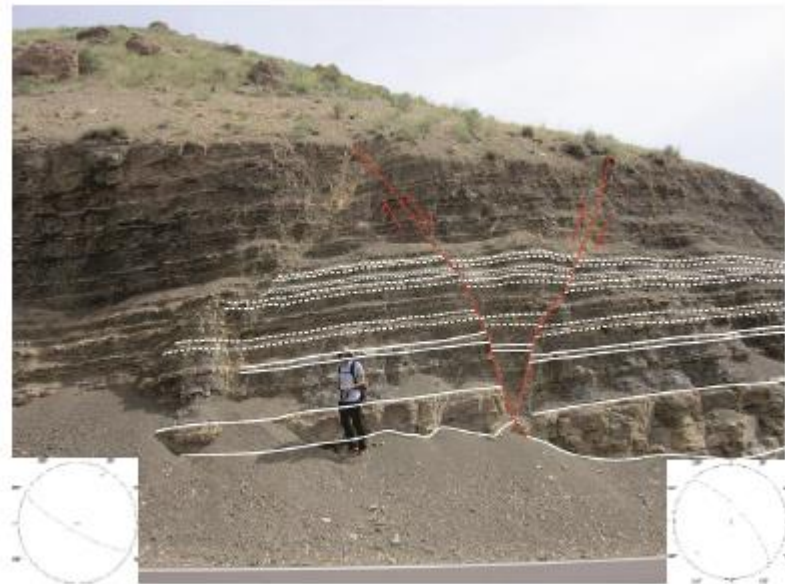
شکل ۳-۱۶-الف- نمای صحرایی گسل امامزاده داود (دید در جهت شمال) ، جابه جایی بلوک فرادیواره به سمت بالا نشان دهنده حرکت معکوس است .ب- جابه جایی لایه ها نشان دهنده سازو کار معکوس چپ بر است؛پ- خش لغزهای  $S_1$  با ریک 55 درجه قدیمی تر از خش لغزهای  $S_2$  با ریک 70 درجه هستند زیرا توسط خش لغزهای  $S_1$  بریده شده اند. ت- پله گسلی نشان دهنده سازوکار معکوس می باشد.



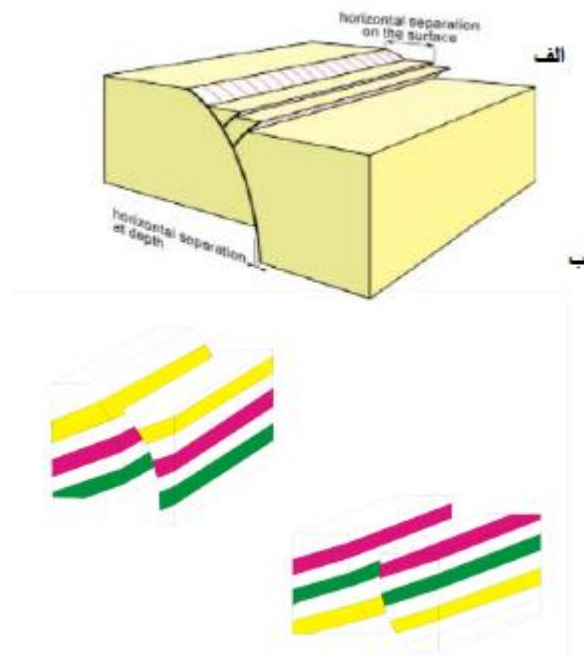
شکل ۳-۱۷-الف- استریوگرام نشان دهنده سطوح اندازه گیری شده از گسل امامزاده داود به همراه موقعیت خش لغزها و سازوکار تشخیص داده شده، معکوس چپ بر؛ ب- نمودار هم تراز قطب صفحات گسلی که روند غالب 049/60 را برای این گسل نشان می دهد (پیوست ۷).

### ۳-۳-۱-۲- گسل F<sub>1</sub>

طبق شکل ۳-۱۸ دوگسل متقاطع به شکل V دیده می شود. با توجه به جابه جایی لایه ها، گسل سمت چپ نرمال با موقعیت 210/70 و گسل سمت راست معکوس با موقعیت 032/65 می باشد ( پیوست ۸). این پدیده در صورتی به وجود می آید که گسل انحنادار باشد. در گسل های انحنادار (Undulated Faulting) به دلیل انحنای سطح گسل، در فرادیواره گسل نرمال گسلش معکوس به وجود می آید (شکل ۳-۱۹). با فرض اینکه گسل نرمال، گسل اصلی باشد، جهت برآورد نسبت افت و خیز در سطح گسل انحنادار با رسم گسل شیب لغز نرمال، ابتدا گسل به صورت صاف و سپس به صورت انحنادار رسم شده و نتایج زیر حاصل شده است ( لازم به ذکر است که جهت مقایسه نسبت افت و خیز در گسل انحنادار، گسل صاف نیز ترسیم شده که نمودارهای آن در نرم افزار اکسل و به صورت فرضی ترسیم شده است):



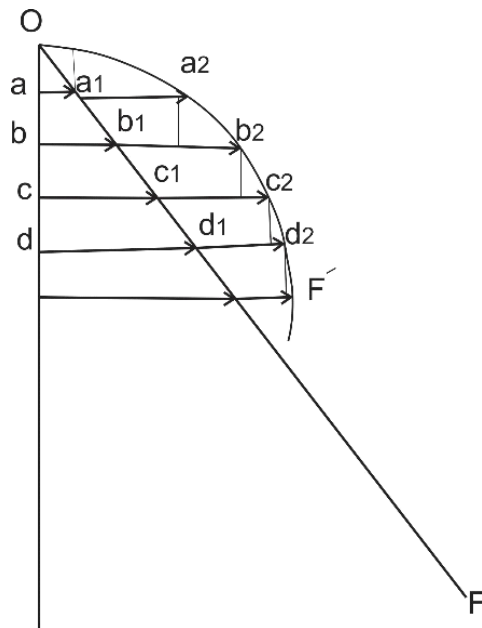
شکل ۳-۱۸- گسل متقاطع F<sub>1</sub> در سازند کرج؛ با توجه به جابه جایی لایه ها گسل سمت چپ نرمال با موقعیت 210/70 و گسل سمت راست سازوکار معکوس با موقعیت 032/65 دارد (دید در جهت شمال).



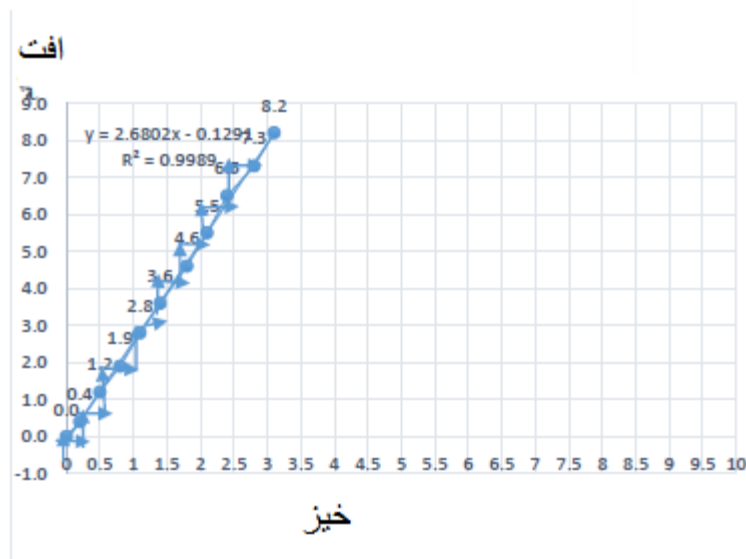
شکل ۳-۱۹-الف- گسل انحنادار نرمال با ایجاد گسلش معکوس در فرادیواره گسل نرمال (Hancock, 1985)؛ ب- مدل شماتیکی از گسل انحنادار زمانی که سطح گسل محدب و یا مقعر باشد.

جهت توضیح چنین پدیده ای دو فرضیه در نظر گرفته شده است (شکل ۳-۲۰). با فرض این که زاویه شیب گسل 45 درجه باشد، در صورتی که سطح گسل نرمال را صاف در نظر بگیریم، با حرکت فرادیواره به سمت پایین جابه جایی های افقی و قائم در سطح گسل (F) به وجود می آید که در تمام طول گسل نسبت جابه جایی افقی برابر جابه جایی قائم می باشد. همان طور که در شکل دیده می شود میزان خیز یا Heave (aa<sub>1</sub>) با افت یا Through (oa) ، bb<sub>1</sub> با ob ، cc<sub>1</sub> با oc و dd<sub>1</sub> با od دارای نسبت یکسانی می باشد (نمودار ۳-۱ و ۳-۲).



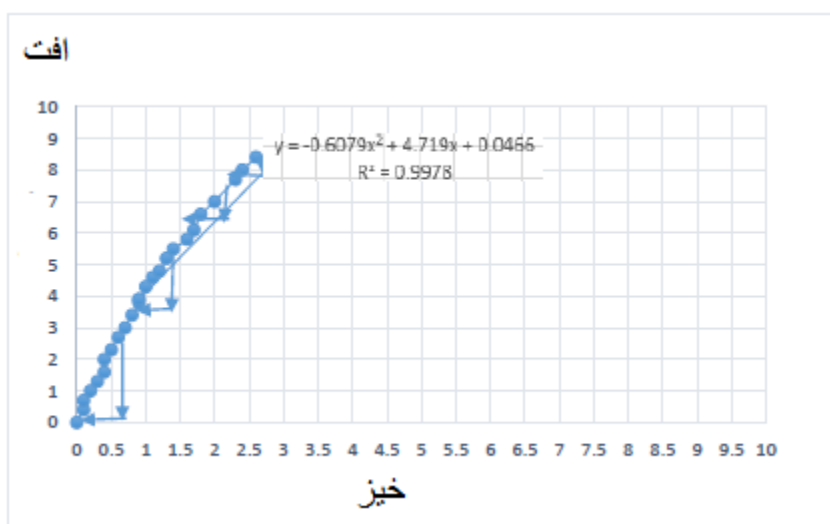


شکل ۳-۲۰- تصویر شماتیک از گسل نرمال، زمانی که سطح گسل صاف باشد ( $F$ )، نسبت خیز/افت در تمام طول آن یکسان است. در صورتی که سطح گسل محدب باشد ( $F'$ )، نسبت خیز/افت در سطح گسل متفاوت می باشد ( ترسیم شده توسط نگارنده).



نمودار ۳-۱- نمودار تغییرات افت- خیز در گسل صاف محور X مقدار خیز را بر حسب CM نشان می دهد و محور Z مقدار افت را بر حسب CM نشان می دهد. در صورتی که سطح گسل را صاف در نظر بگیریم نسبت خیز/افت در تمام سطح گسل برابر می باشد  $y$  فرمول خط صاف را نشان می دهد ( ترسیم شده توسط نگارنده).

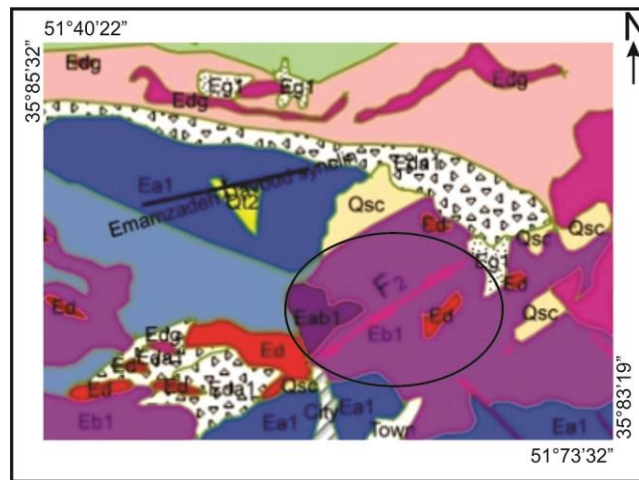
۲) اگر سطح گسل را انحنادار در نظر بگیریم، سطح گسل دارای تحدب می باشد که به تدریج به سمت بالا از میزان تحدب آن کاسته شده و سطح صاف می شود در این صورت در سراسر طول گسل نسبت خیز/افت در طول گسل متفاوت است ( $F'$ ) و در نتیجه باعث ایجاد ساز و کار متفاوت با گسل اصلی می-شود. همان طور که در شکل دیده می شود با وجود تحدب سطح گسل، وقتی فرادیواره پایین می افتد میزان جابه جایی های روی سطح گسل با هم متفاوت است.



نمودار ۳-۲- نمودار تغییرات افت- خیز برای گسل انحنادار. محور X مقدار خیز را بر حسب cm نشان می دهد و محور Z مقدار افت را بر حسب cm نشان می دهد. در صورتی که سطح گسل را انحنادار در نظر بگیریم نسبت خیز/افت در تمام طول گسل متفاوت می باشد (ترسیم شده توسط نگارنده).

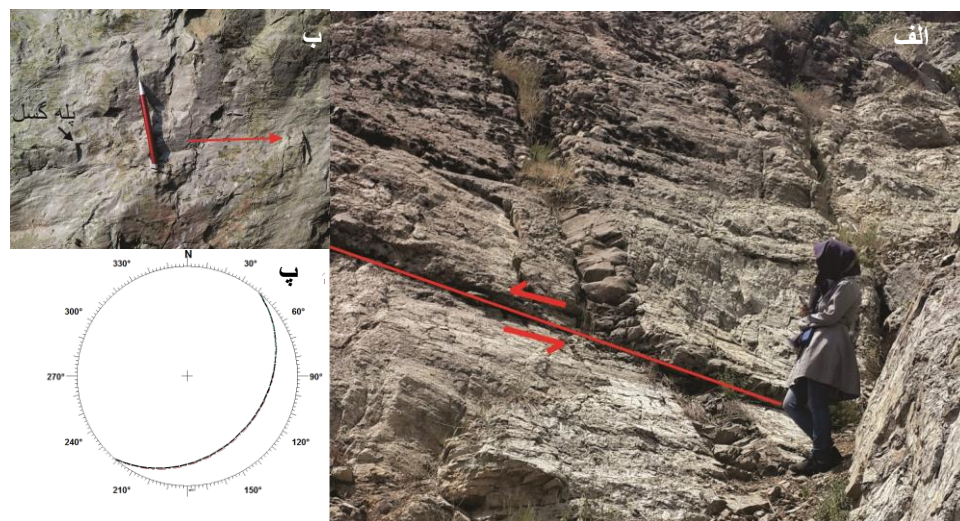
### ۳-۳-۱-۳-۳- گسل $F_2$

گسل  $F_2$  دارای روند شمال خاوری- جنوب باختری در جنوب منطقه مورد مطالعه و در جنوب روستای پسه قلعه قابل ردیابی است (شکل ۳-۲۱).



شکل ۳-۲۱- گسل  $F_2$  در نقشه زمین شناسی برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شمال تهران. روند این گسل شمال خاوری- جنوب باختری است.

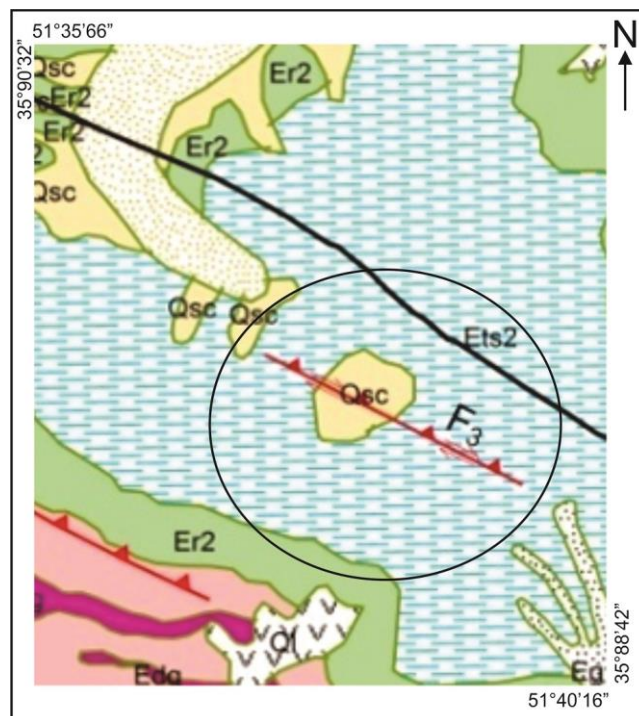
**ساز و کار گسل:** گسل  $F_2$ ، دارای روند شمال خاوری- جنوب باختری می باشد. اندازه گیری صفحات گسلی در شمال روستای دربند نشان دهنده موقعیت 135/30 و ریک 0 با ساز و کار امتداد لغز است (پیوست ۹). خراش های گسلی روی سطح گسل نشان دهنده حرکت چپگرد می باشد (شکل ۳-۲۲).



شکل ۳-۲۲- تصویر از محل برداشت صفحه گسلی از شمال روستای دربند. الف-گسل  $F_2$  با ساز و کار امتداد لغز چپگرد؛ خش لغزهای ایجاد شده توسط فعالیت گسل  $F_2$  با موقعیت 205/40 که ریکی 0 درجه دارد، دید در جهت شمال پ- استریوگرام رسم شده از صفحه گسل با سازوکار امتداد لغز چپگرد.

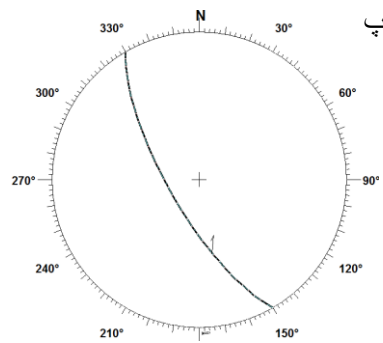
### ۳-۳-۱-۴- گسل F<sub>3</sub>

گسل F<sub>3</sub> دارای روند شمال باختری - جنوب خاوری در جنوب باختری روستای شکرآب قابل ردیابی است. لایه های اطراف این گسل از جنس شیل و سیلتستون توفی است (شکل ۳-۲۳). به نظر می رسد این گسل همانند گسل های F<sub>1</sub> و امامزاده داود در منطقه فشارشی به وجود آمده باشد. موقعیت این گسل 265/75 می باشد (شکل ۳-۲۴).



شکل ۳-۲۳- گسل F<sub>3</sub> در نقشه زمین شناسی برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شمال تهران، روند این گسل شمال باختری - جنوب خاوری است.

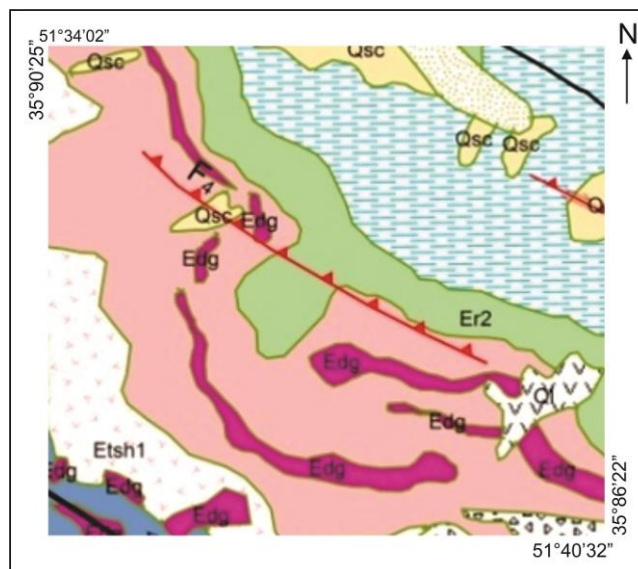
**ساز و کار گسل:** گسل F<sub>3</sub> دارای روند شمال باختری - جنوب باختری می باشد. اندازه گیری صفحات گسلی نشان دهنده موقعیت 240/70 و ریک 50 درجه ساعتگرد با ساز و کار معکوس است (پیوست ۱۰). پله گسلی روی سطح گسل نشان دهنده حرکت راستگرد می باشد (شکل ۳-۲۴).



شکل ۳-۲۴- تصویر از محل برداشت صفحه گسلی  $F_3$  الف -خس لغزهای ایجاد شده توسط فعالیت گسل  $F_3$  که یکی 50 درجه ساعتگرد دارد، ساز و کار معکوس راستگرد دارد. دید در جهت شمال؛ ب - نمای دورتر صفحه گسلی  $F_3$  پ- استریوگرام گسل  $F_3$  با موقعیت 240/70.

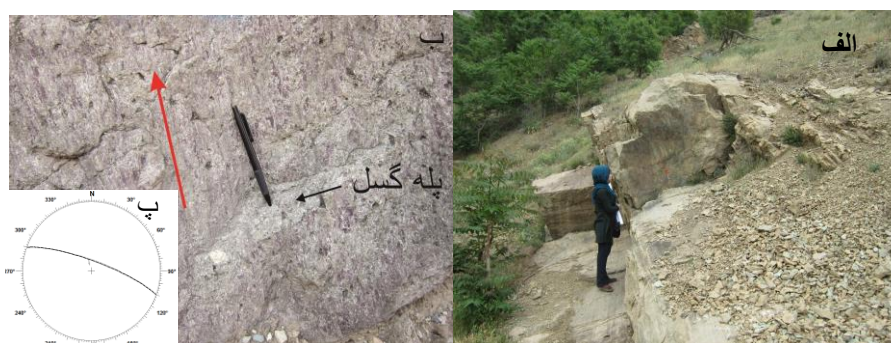
### ۳-۳-۱-۵- گسل $F_4$

گسل  $F_4$ ، همانند گسل امامزاده داود دارای روند شمال باختری- جنوب خاوری می باشد. این گسل نیز در سازند کرج واقع شده است (شکل ۳-۲۵).



شکل ۳-۲۵- گسل F4 در نقشه زمین شناسی برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شمال تهران، روند این گسل شمال باختری- جنوب خاوری است.

**ساز و کار گسل : گسل F4**، هم روند با گسل امامزاده داود و دارای ساز و کار معکوس می باشد. اندازه گیری صفحات گسلی در شمال خاوری روستای درکه نشان دهنده موقعیت 020/80 و ریک 80 درجه ساعتگرد است (پیوست ۱۱). با توجه به پله گسلی روی سطح گسل ساز و کار معکوس راستگرد تشخیص داده شده است (شکل ۳-۲۶).



شکل ۳-۲۶- تصویر از محل برداشت صفحه گسلی با موقعیت 020/80 از شمال خاوری روستای درکه. الف- محل برداشت خش لغزهای گسلی، دید در جهت شمال خاوری؛ ب- خش لغزهای ایجاد شده توسط فعالیت گسل F4 که ریکی 80 درجه و ساعتگرد دارد، دید در جهت شمال خاوری؛ پ- استریوگرام رسم شده از صفحه گسل با سازوکار معکوس و راستگرد.

### ۳-۴- درزه ها

درزه عبارت است از شکستگی کوچک مقیاسی که سنگ های دو سوی آن نسبت به یکدیگر جا به جایی قابل ملاحظه ای متحمل نشده اند.

درزه هایی که دارای منشاء تکتونیکی بوده و شامل سطوح مسطح و موازی که طول نسبتاً قابل ملاحظه ای داشته و تا عمق قابل ملاحظه ای نیز ادامه می یابند درزه های سیستماتیک می گویند. اما درزه هایی که دارای سطح منحنی، طول کم و معمولاً در بین دو سطح یک دسته درزه محدود می شوند و از هیچ گونه نظم خاصی برخوردار نیستند درزه های غیرسیستماتیک می گویند.

معمولاً درزه ها در طبیعت از نظر منشاء به دو دسته تقسیم می شوند:

#### ۱- تکتونیکی

۲- غیرتکتونیکی بدین ترتیب که در هنگام تشکیل سنگ به دلیل شرایط حاکم بر محیط ممکن است درزه های اولیه تشکیل شود مثلاً سنگهایی که از انجماد مواد حاصل شده اند که این درزه ها با درزه های تکتونیکی هیچ ارتباطی ندارند.

در بسیاری از حالات درزه های متعددی در حوالی چین ها مشاهده می شوند. این درزه ها در اثر نیروهایی که لایه ها را چین داده اند، به وجود آمده اند. این درزه ها را می توان به سه دسته تقسیم کرد:

#### درزه های عرضی :

بعضی از درزه هایی که بر محور چین عمودند، این درزه ها را می توان به عنوان درزه های کششی در نظر گرفت، زیرا هنگامی که طبقات، در امتداد عمود بر محور چین تحت فشارش قرار گرفته و چین ها را به

وجود می آورند، در امتداد محور چین تحت کشش واقع می شوند، بنابراین در امتداد عمود بر محور چین درزه های کششی به وجود می آید.

### درزه های طولی:

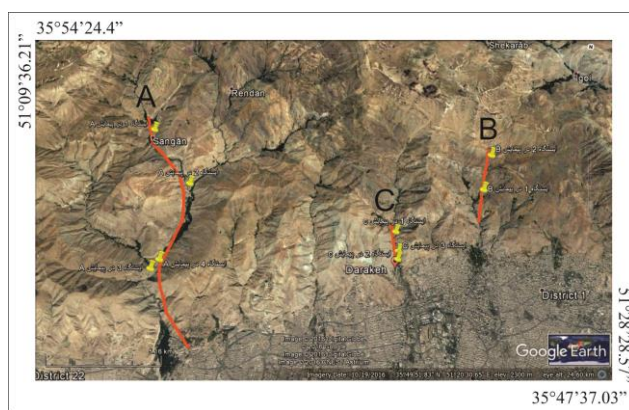
درزه های رهایی، درزه هایی هستند که به موازات سطح محوری چین ها به وجود می آیند.

### درزه های برشی:

معمولا دو دسته درزه که با هم زاویه 60 درجه تشکیل می دهند.

### درزه ها در منطقه مورد مطالعه

در منطقه مورد مطالعه انواع سیستم های درزه ای برداشت و مورد بررسی قرار گرفته اند و روند غالب درزه های سیستماتیک و غیر سیستماتیک مورد بررسی قرار گرفته اند. به منظور بررسی الگوی درزه ها، این ساختارها در سه پیمایش A، B و C مورد بررسی قرار گرفت و به منظور مطالعه آماری، در قالب نمودارهای گل سرخی و کنتروری رسم گردید (شکل ۳-۲۷). در ادامه نمونه هایی از درزه های منطقه مورد مطالعه بررسی می شود .



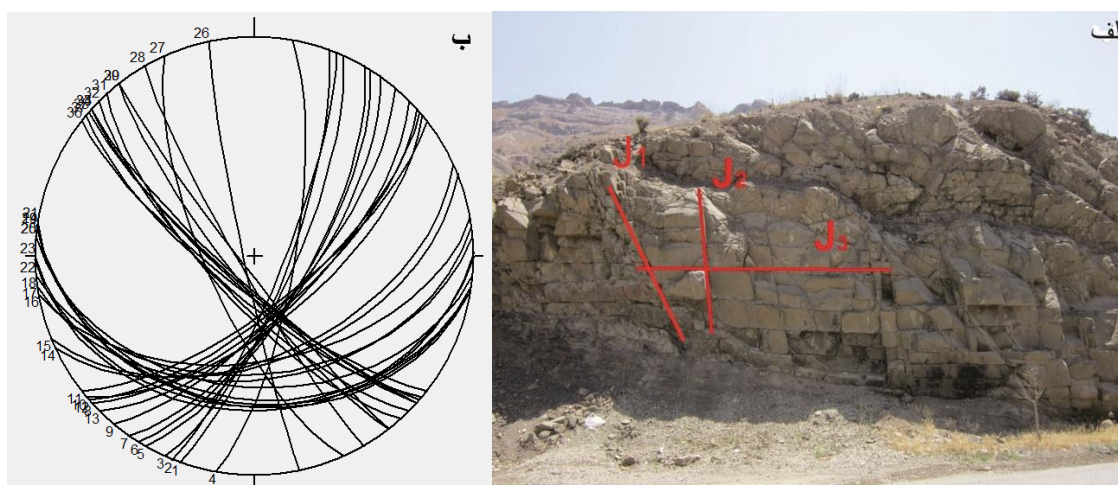
شکل ۳-۲۷- تصویر ماهواره ای لندست برگرفته از Google earth که پیمایش های جهت اندازه گیری ایستگاه های درزه ها بر روی آن نشان داده شده است .



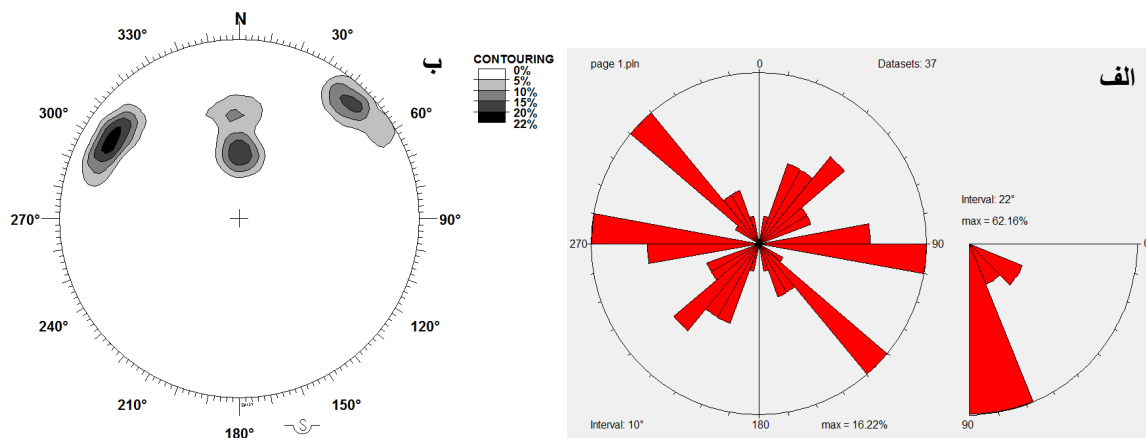
## ۳-۴-۱- درزه ها در پیمایش A مرتبط با ناودیس امامزاده داود

### ایستگاه ۱

این ایستگاه دارای موقعیت  $N 35^{\circ}51'49''$  و  $E 51^{\circ}14'25''$  می باشد. جنس رسوبات در این ایستگاه توف و آهک توفی است. در این ایستگاه درزه های موازی هم در یک محدوده مشاهده می شود که جزء درزه های سیستماتیک محسوب می شود (شکل ۳-۲۸). بر طبق داده های رسم شده سه دسته درزه با روندهای شمال خاوری- جنوب باختری، شمال باختری- جنوب خاوری و خاوری- باختری مشاهده می شود. بر طبق نمودار گل سرخی رسم شده در شکل ۳-۲۹-الف اغلب درزه ها شیبی در حدود 70 الی 90 درجه دارند. همچنین تمرکز قطب ها در نمودار کنتوری شکل ۳-۲۹-ب نشان دهنده سه دسته درزه می باشد (پیوست ۱۲).



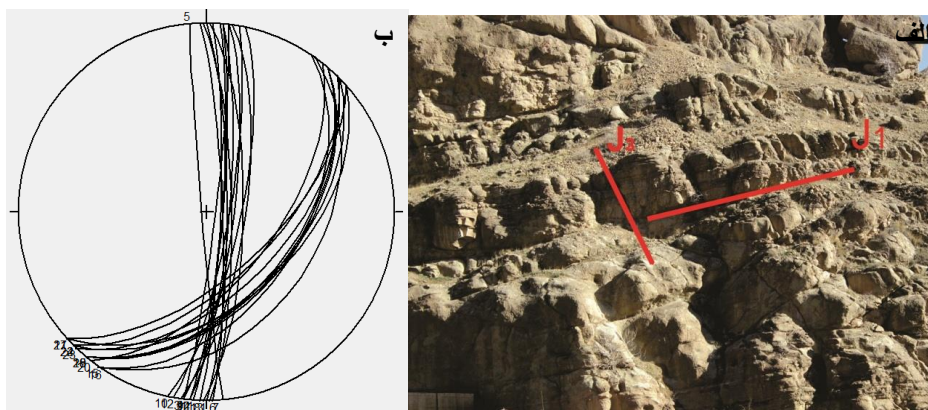
شکل ۳-۲۸- نمای صحرایی درزه ها در پیمایش A، ایستگاه ۱؛ الف- دسته های موجود در منطقه با سه روند شمال باختری- جنوب خاوری (J1)، خاوری- باختری (J2) و شمال خاوری- جنوب باختری (J3). جهت دید به سمت شمال خاوری؛ ب- استریوگرام ترسیم شده از درزه های سیستماتیک در ایستگاه ۱.



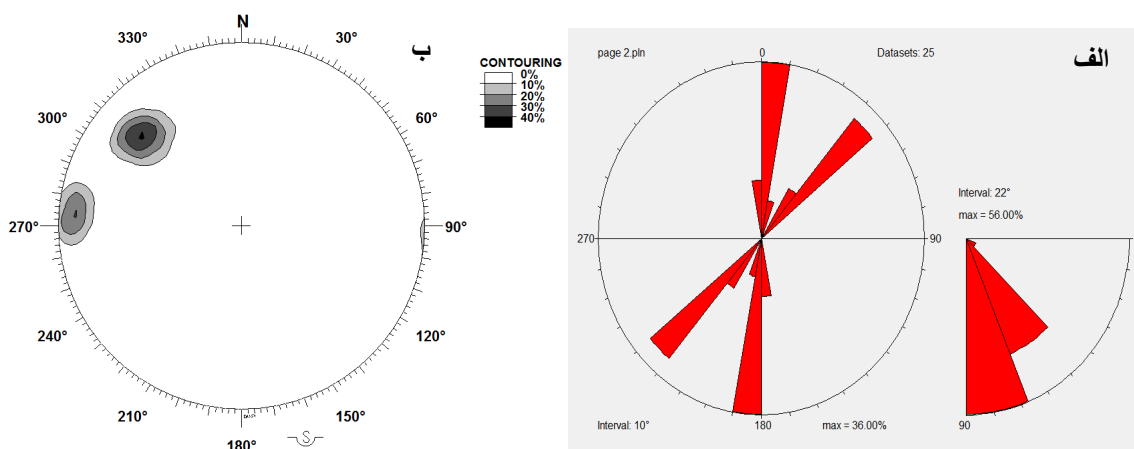
شکل ۳-۲۹- الف - نمودار گل سرخی مربوط به دسته درزه های برداشت شده از پیمایش A ، سه روند شمال باختری - جنوب خاوری، خاوری -باختری و شمال خاوری - جنوب باختری را نشان می دهد. شیب غالب درزه ها 70 تا 90 درجه می باشد؛ ب -نمودار کنتوری نشان دهنده سه دسته درزه J<sub>1</sub>، J<sub>2</sub> و J<sub>3</sub>.

## ایستگاه ۲

موقعیت این ایستگاه  $N 35^{\circ}50'18''$  و  $E 51^{\circ}15'56''$  می باشد. رسوبات مشاهده شده دارای جنس توف، ماسه سنگ و آهک توفی است. در این ایستگاه دو روند درزه مشاهده می شود (شکل ۳-۳۰). بر طبق داده های رسم شده در استریوگرام شکل ۳-۳۱- ب دو دسته درزه با روندهای شمال خاوری- جنوب باختری و شمالی- جنوبی مشاهده می شود. بر طبق نمودار گل سرخی رسم شده در شکل ۳-۳۱ اغلب درزه ها شیبی در حدود 70 الی 90 درجه دارند (پیوست ۱۳).



شکل ۳-۳۰- نمای صحرایی درزه ها در پیمایش A، ایستگاه 2؛ الف -دسته درزه های موجود در منطقه با روندهای شمال خاوری -جنوب باختری (J<sub>1</sub>) و شمالی -جنوبی (J<sub>2</sub>). جهت دید به سمت شمال خاوری؛ ب -استریوگرام ترسیم شده از درزه های سیستماتیک در ایستگاه ۲.

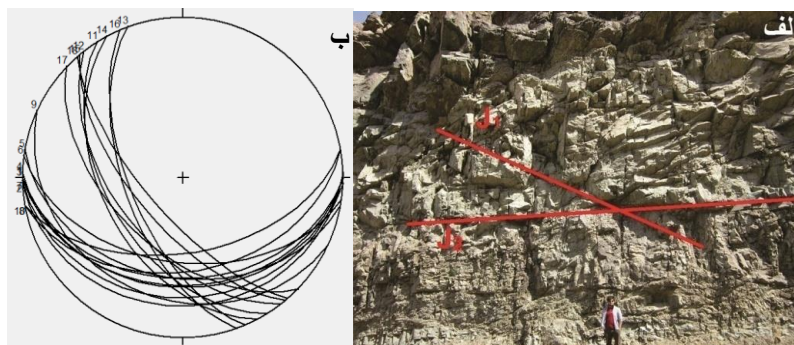


شکل ۳-۳۱- الف - نمودار گل سرخی مربوط به دسته درزه های برداشت شده از پیمایش A، شیب غالب درزه ها 70 تا 90درجه می باشد؛ ب -نمودار کنتوری نشان دهنده دو دسته درزه J<sub>1</sub> و J<sub>2</sub>.

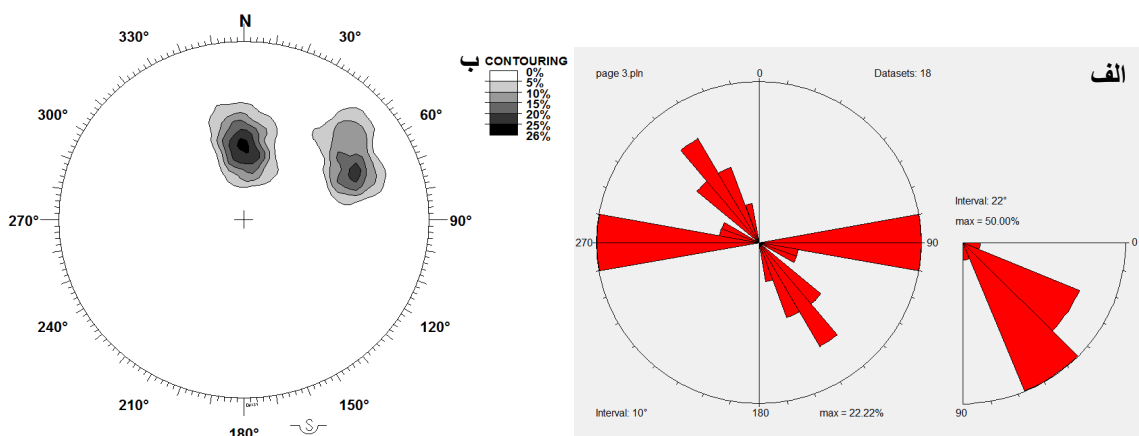
### ایستگاه ۳

این ایستگاه در موقعیت  $N 35^{\circ}47'52.5''$  و  $E 51^{\circ}15'10''$  قرار گرفته است. بیشتر رسوبات این ایستگاه آهکی هستند. در این ایستگاه دو روند درزه مشاهده می شود (شکل ۳-۳۲). بر طبق داده های رسم شده در استریوگرام شکل ۳-۳۳-الف دو دسته درزه با روندهای شمال خاوری- جنوب باختری و خاوری-

باختری مشاهده می شود. بر طبق نمودار گل سرخی رسم شده در شکل ۳-۳۳-الف، شیب غالب درزه ها در حدود 50 تا 70 درجه است (پیوست ۱۴).



شکل ۳-۳۲-الف - نمای صحرایی درزه ها در پیمایش A، ایستگاه ۳؛ الف - دسته درزه های موجود در منطقه با روندهای شمال باختری - جنوب خاوری (J1) و خاوری - باختری (J2) جهت دید به سمت شمال؛ ب - استریوگرام ترسیم شده از درزه های سیستماتیک در ایستگاه ۳.

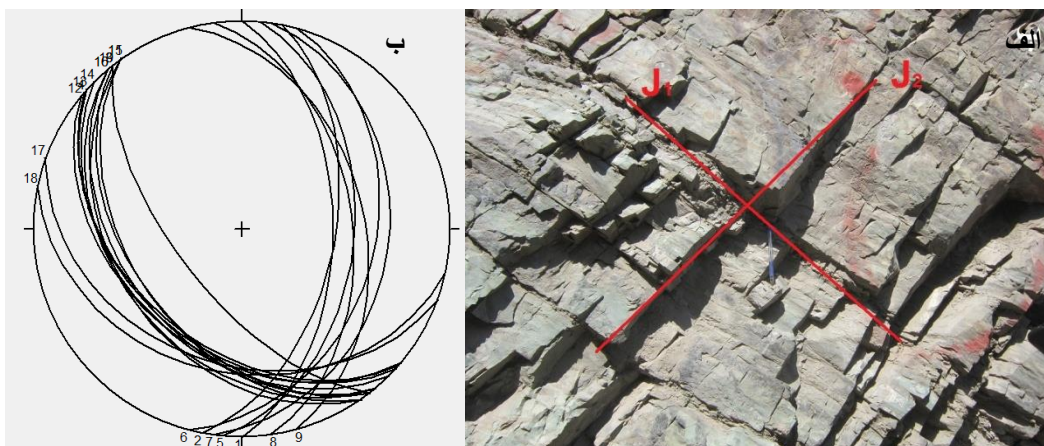


شکل ۳-۳۳-الف - نمودار گل سرخی مربوط به دسته درزه های برداشت شده از ایستگاه ۳، شیب غالب درزه ها 50 تا 70 درجه می باشد؛ ب - نمودار کننتوری نشان دهنده دو دسته درزه J1 و J2.

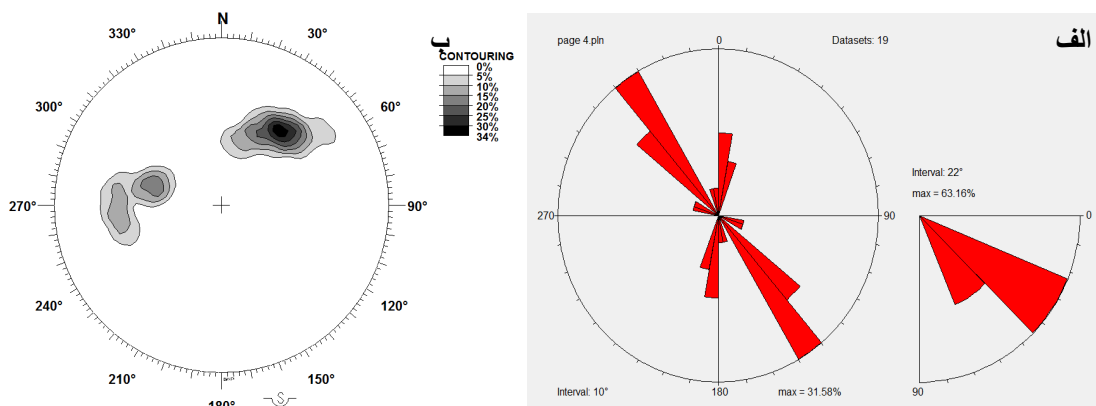
#### ایستگاه ۴

موقعیت این ایستگاه  $N 35^{\circ}48'10''$  و  $E 51^{\circ}15'23''$  می باشد. ماسه سنگ توفی و توف در این منطقه مشاهده شده است. در این ایستگاه دو روند درزه مشاهده می شود (شکل ۳-۳۴). بر طبق داده های رسم شده در استریوگرام شکل ۳-۳۵-الف دو دسته درزه با روندهای شمال خاوری - جنوب باختری و شمالی -

جنوبی مشاهده می شود. بر طبق نمودار گل سرخی رسم شده در شکل ۳-۳۵-الف، شیب غالب درزه ها در حدود 30 تا 45 درجه است (پیوست ۱۵).



شکل ۳-۳۴-الف- نمای صحرایی درزه ها در پیمایش A، ایستگاه ۴؛ الف-دسته درزه های موجود در منطقه با روندهای شمال باختری-جنوب خاوری (J1) و شمالی-جنوبی (J2). جهت دید به سمت شمال خاوری؛ ب-استریوگرام ترسیم شده از درزه ها در ایستگاه ۴.



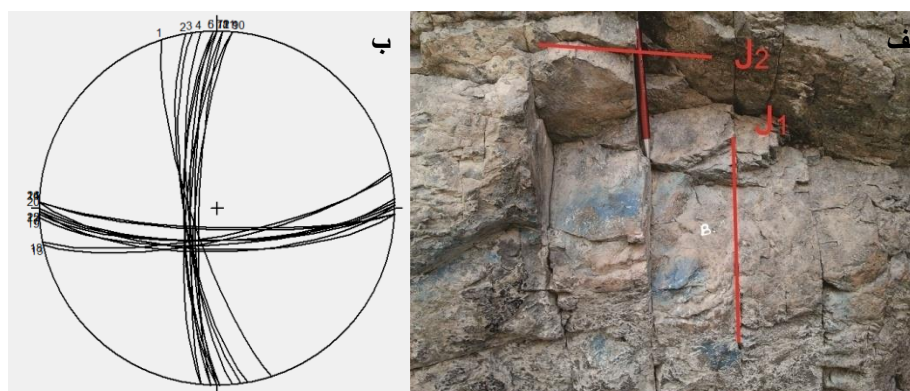
شکل ۳-۳۵-الف - نمودار گل سرخی مربوط به دسته های برداشت شده از ایستگاه ۴، شیب غالب درزه ها 20 تا 40 درجه می باشد؛ ب - نمودار کنتوری نشان دهنده دو دسته درزه J1 و J2.

### ۳-۴-۲- درزه ها در پیمایش B مرتبط با ناودیس توچال

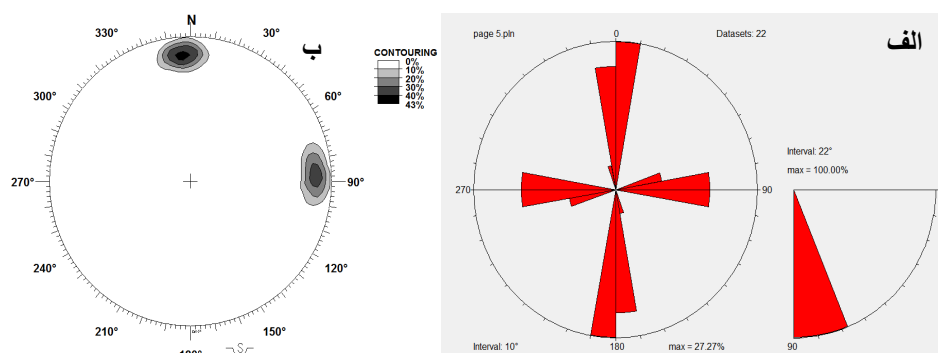
این پیمایش در مسیر دره دربند انجام شده است. با توجه به رخنمون های موجود در این پیمایش، ۳ ایستگاه برداشت شده است (شکل ۳-۲۷).

## ایستگاه ۱

این ایستگاه در موقعیت  $N 35^{\circ}50'35.56''$  و  $E 51^{\circ}25'35.53''$  قرار دارد که جنس رسوبات آن غالباً توف است. با توجه به شکستگی های بررسی شده، با توجه به شکل ۳-۳۶ دو دسته درزه با روندهای غالب خاوری-باختری و شمالی-جنوبی بوده و دارای شیب 70 تا 90 درجه می باشد (شکل ۳-۳۷، پیوست ۱۶).



شکل ۳-۳۶- الف -نمای صحرایی درزه ها در پیمایش B، ایستگاه ۱؛ الف -دسته درزه های موجود در منطقه با روندهای شمالی-جنوبی (J1) و خاوری-باختری (J2). جهت دید به سمت شمال؛ ب -استریوگرام ترسیم شده از درزه ها در ایستگاه ۱ با دو روند شمالی-جنوبی و خاوری-باختری .

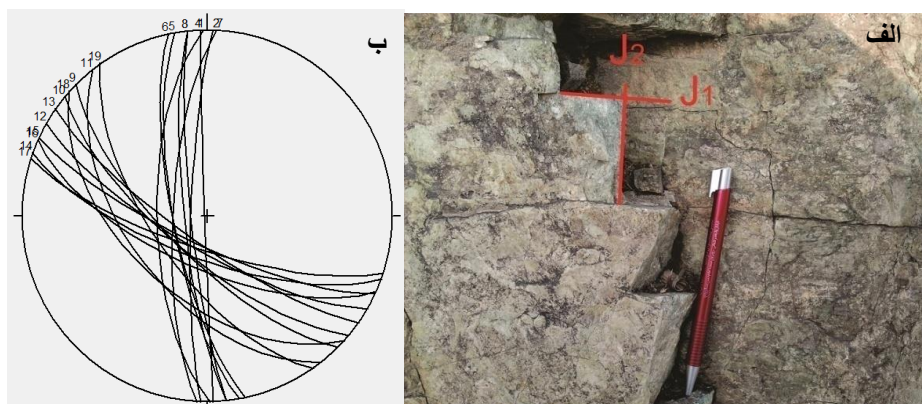


شکل ۳-۳۷- الف - نمودار گل سرخی مربوط به دسته درزه های برداشت شده از پیمایش B ایستگاه ۱، شیب غالب درزه ها 70 تا 90 درجه می باشد؛ ب - نمودار کنتوری نشان دهنده دو دسته درزه J1 و J2.

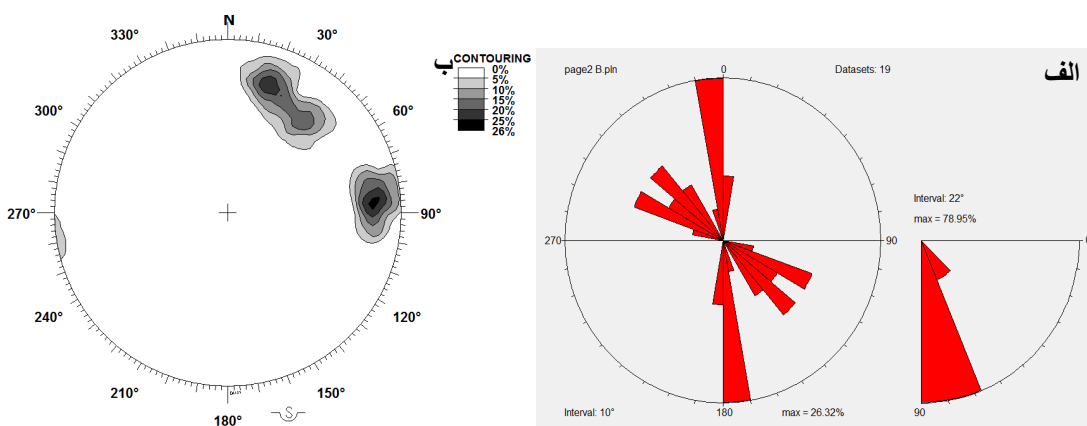
## ایستگاه ۲

این ایستگاه درزه های برداشت شده بر روی یال جنوبی ناودیس توچال است و بیشتر توف است و دارای موقعیت  $N 35^{\circ}51'26.69''$  و  $E 51^{\circ}25'46.22''$  می باشد. طبق شکل ۳-۳۸ در این ایستگاه دو دسته درزه مشاهده می شود. بر طبق داده های رسم شده در نمودار گل سرخی شکل ۳-۳۹ دو دسته درزه با

روندهای شمال باختری- جنوب خاوری و شمالی- جنوبی مشاهده می شود. شیب غالب درزه ها در حدود 70 تا 90 درجه است (پیوست ۱۷) .



شکل ۳-۳۸- الف -نمای صحرایی درزه ها در پیمایش B، ایستگاه ۲؛ الف -دسته درزه های موجود در منطقه با روندهای شمالی -جنوبی (J1) و شمال باختری -جنوب خاوری (J2). جهت دید به سمت شمال خاوری؛ ب -استریوگرام ترسیم شده از درزه ها در ایستگاه ۲ با دو روند شمالی -جنوبی و شمال باختری-جنوب خاوری .



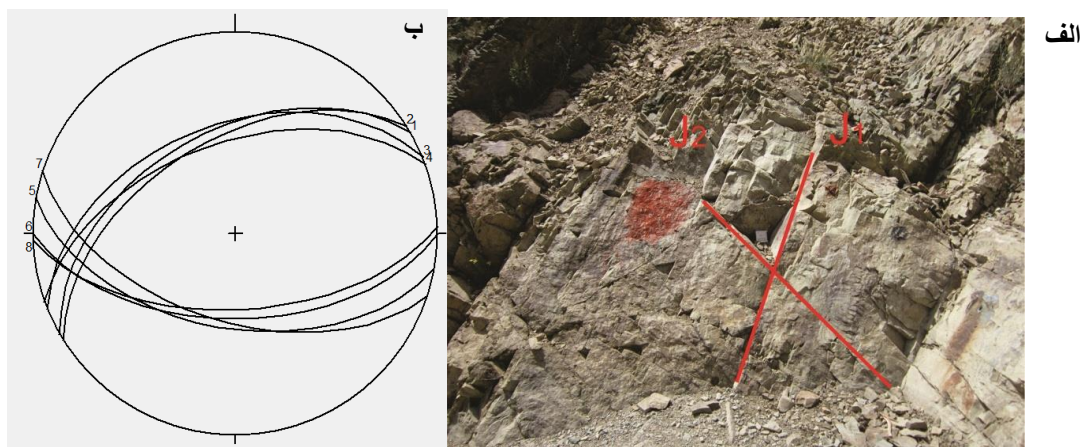
شکل ۳-۳۹- الف -نمودار گل سرخی مربوط به دسته درزه های برداشت شده از پیمایش B ایستگاه ۲، شیب غالب درزه ها 70 تا 90 درجه می باشد؛ ب - نمودار کنٹوری نشان دهنده دو دسته درزه J1 و J2.

### ۳-۴-۳- درزه ها در پیمایش C مرتبط با تاقدیس درکه

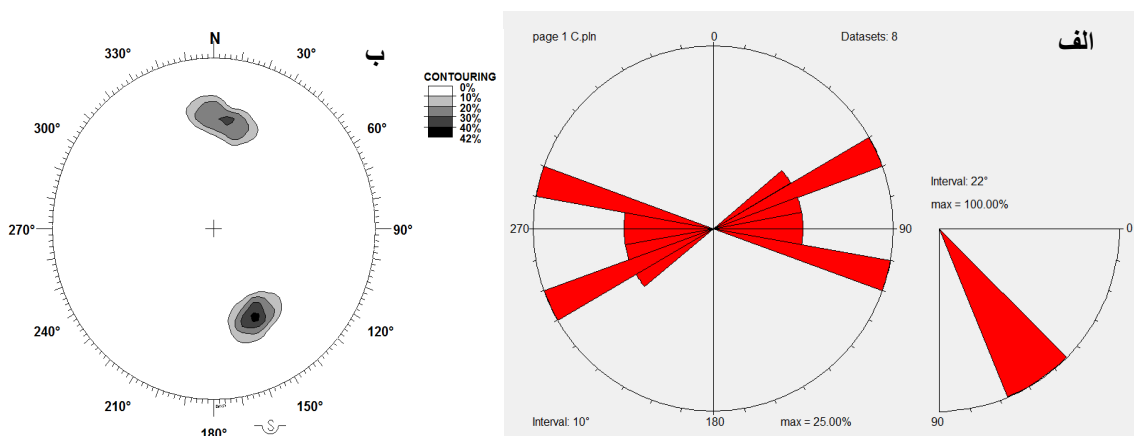
با توجه به رخنمون های موجود در منطقه درکه، ۳ ایستگاه برداشت شده است (شکل ۳-۲۷).

## ایستگاه ۱

با توجه به شکستگی های بررسی شده در این ایستگاه با جنس آهک و توف، با موقعیت  $N 35^{\circ}49'19.08''$  و  $E 51^{\circ}22'48.18''$ ، روند غالب درزه ها شمال خاوری - جنوب باختری و خاوری - باختری است (شکل ۳-۴۰). بر طبق شکل ۳-۴۱ اغلب درزه ها دارای شیب 45 تا 65 درجه می باشند (پیوست ۱۸).



شکل ۳-۴۰- الف - درزه های مزدوج با دو روند شمال خاوری - جنوب باختری و خاوری - باختری. دید در جهت شمال خاوری؛ ب - استریوگرام درزه های مزدوج با روند خاوری - باختری (دید در جهت شمال باختری).

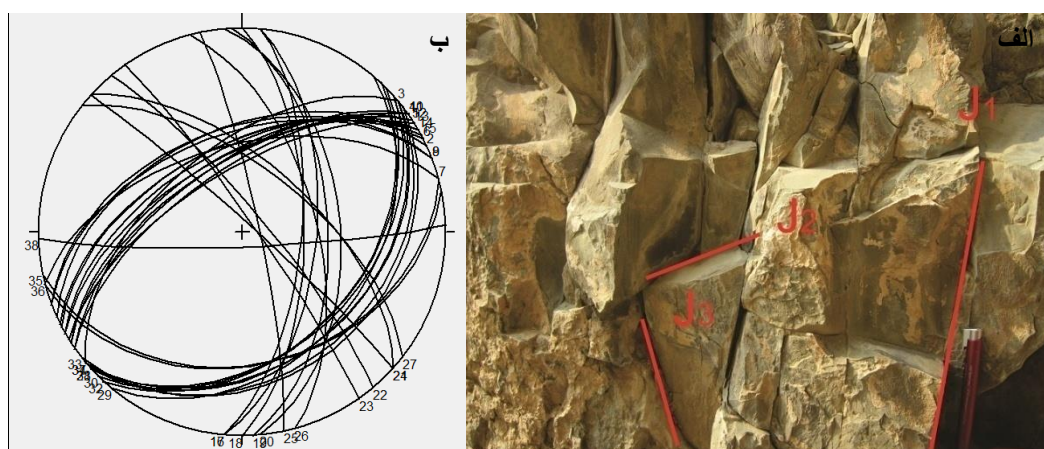


شکل ۳-۴۱- الف - نمودار گل سرخی مربوط به دسته درزه های برداشت شده از پیمایش C ایستگاه ۱، شیب غالب درزه ها 45 تا 55 درجه می باشد؛ ب - نمودار کنتوری نشان دهنده دو دسته درزه J<sub>1</sub> و J<sub>2</sub>.

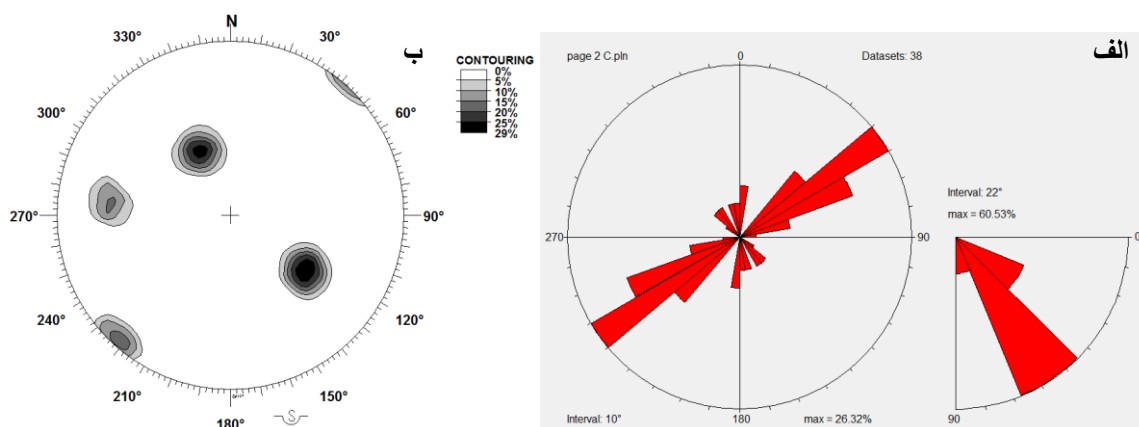


## ایستگاه ۲

این ایستگاه در موقعیت  $N 35^{\circ}48'36.14''$  و  $E 51^{\circ}22'53.20''$  قرار گرفته است و رسوبات آن اغلب توفی است. درزه های برداشت شده در این ایستگاه دارای دو روند شمال خاوری- جنوب باختری و شمال باختری- جنوب خاوری می باشد (شکل ۳-۴۲). بر طبق نمودار گل سرخی شیب غالب درزه ها 45 تا 70 درجه می باشد (شکل ۳-۴۳، پیوست ۱۹).



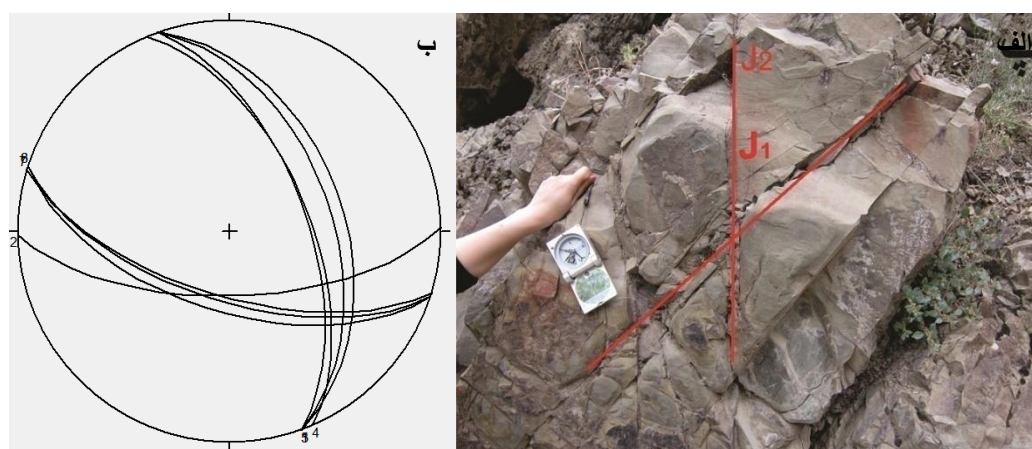
شکل ۳-۴۲- الف -درزه های برداشت شده با سه روند شمال خاوری -جنوب باختری، شمال باختری- جنوب خاوری و شمالی -جنوبی. دید در جهت شمال؛ ب- استریوگرام درزه ها با روند شمال خاوری - جنوب باختری و شمالی- جنوبی



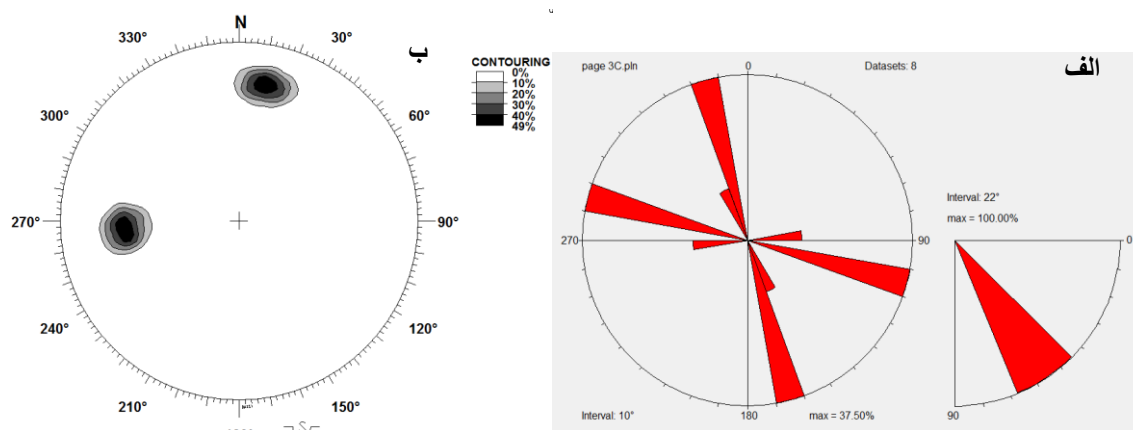
شکل ۳-۴۳- الف -نمودار گل سرخی مربوط به دسته درزه های برداشت شده از پیمایش C ایستگاه ۲، شیب غالب درزه ها 45 تا 70 درجه می باشد؛ ب -نمودار کننتوری نشان دهنده سه دسته درزه  $J_1$  و  $J_2$  و  $J_3$ .

### ایستگاه ۳

این ایستگاه در موقعیت  $N 35^{\circ}48'48.68''$  و  $E 51^{\circ}22'54.10''$  قرار گرفته است. آهک و توف تشکیل دهنده رسوبات این منطقه است. درزه های برداشت شده در این ایستگاه دارای دو روند شمال باختری - جنوب خاوری و خاوری-باختری می باشند (شکل ۳-۴۴). بر طبق نمودار گل سرخی شیب غالب درزه ها 45 تا 70 درجه می باشد (شکل ۳-۴۵، پیوست ۲۰).



شکل ۳-۴۴- الف - درزه های مزدوج با دو روند شمال باختری- جنوب خاوری و خاوری- باختری. دید در جهت خاور؛ ب - استریوگرام درزه ها با روند شمال باختری - جنوب خاوری و خاوری- باختری.



شکل ۳-۴۵- الف - نمودار گل سرخی مربوط به دسته درزه های برداشت شده از پیمایش C ایستگاه ۳، شیب غالب درزه ها 45 تا 70 درجه می باشد؛ ب - نمودار کنتوری نشان دهنده دو دسته درزه  $J_1$  و  $J_2$ .

## ۳-۵- شکستگی های مرتبط با چین خوردگی

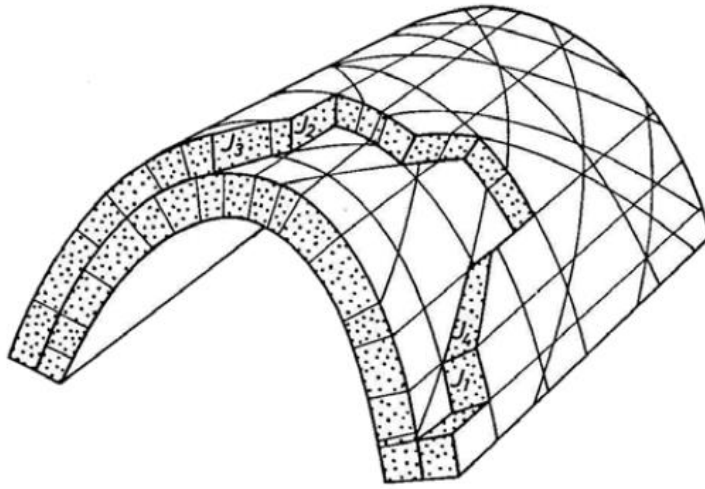
همان طور که در شکل ۳-۴۶ مشاهده می شود شکستگی های مرتبط با چین خوردگی در سه دسته طبقه بندی می شوند که شامل:

- شکستگی های عرضی یا شکستگی هایی که بر محور چین عمودند ( Transversal )،
- شکستگی های طولی یا شکستگی هایی که با محور چین موازی هستند ( Longitudial ) و
- شکستگی های مورب ( Oblique Fracture )؛ (Sangree et al, 1961).

### تحلیل هندسی و سینماتیک ارتباط درزه ها با چین خوردگی:

هنگامی که چین ها در شرایط ترد تشکیل می شوند، وقتی از نزدیک به لایه های چین خورده می نگریم در آن ها درزه های متعددی مشاهده می کنیم. این درزه ها جبران کننده دگرریختی های ناهمگنی هستند که در بخش های گوناگون چین به شکل های گوناگون ظاهر می شوند (قاسمی، ۱۳۴۰).

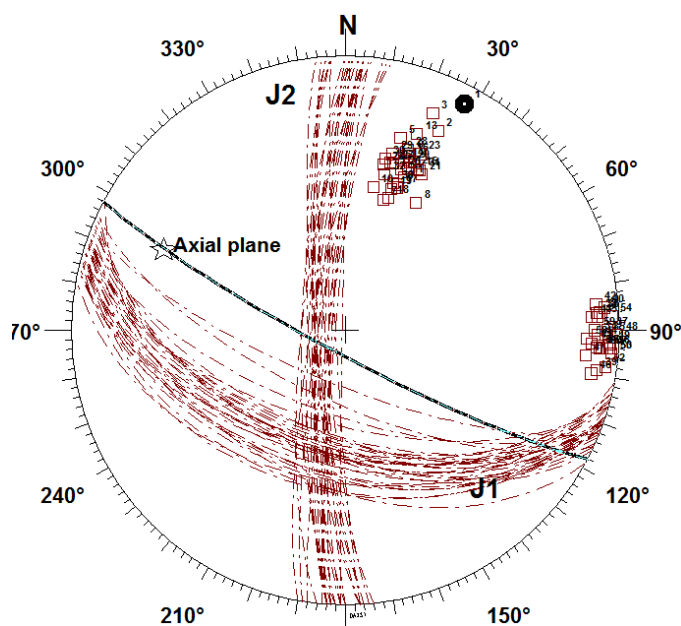
به طور کلی درزه های موجود در سنگ ها در پی اعمال تنش به وجود می آیند و با ادامه تنش که سنگ مراحل دگرریختی شکل پذیر را طی کرده و چین می خورد، درزه ها نیز با آرایش نسبتاً منظم بر روی چین تشکیل می شوند ( شکل ۳-۴۶). با ادامه تنش درزه ها می توانند به گسل تبدیل شوند. از آنجا که درزه های عرضی عمود بر سطح محوری چین شکل می گیرند، محل خط لولای چین به عنوان موقعیت تمرکز قطب درزه های آرمانی عرضی و محل قطب سطح محوری چین به عنوان موقعیت تمرکز قطب درزه های آرمانی طولی در نظر گرفته شده است.



شکل ۳-۴۶- ارتباط بین درزه ها و هندسه چین، درزه عرضی، درزه طولی، و درزه های برشی (Ramsay, 1987)

### ۳-۵-۱- بررسی شکستگی ها در ناودیس توچال

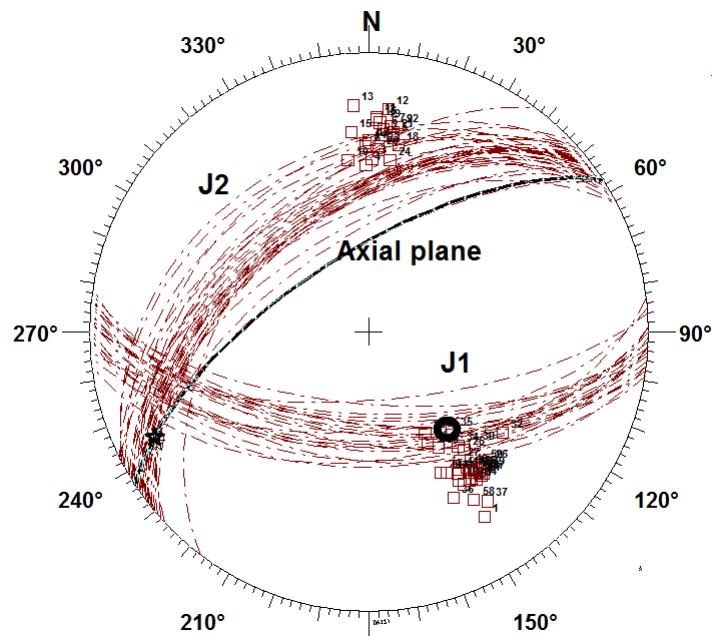
ناودیس توچال در بخش شمال خاوری منطقه مورد مطالعه قرار دارد و به علت نبود راه های دسترسی دو پیمایش  $AA'$  و  $BB'$  به صورت عمود بر لایه بندی انجام شده است. همان طور که در بخش ۳-۲-۵ گفته شد موقعیت سطح محوری این ناودیس بر حسب شیب و جهت شیب 208/83 و محور چین بر حسب میل / روند 298/15 می باشد (شکل ۳-۴۷). بر طبق تحلیل شکستگی های برداشت شده از یال این ناودیس در پیمایش  $BB'$  ایستگاه ۲، دو دسته درزه وجود دارد که امتداد دسته درزه  $J_1$  با امتداد سطح محوری موازی هستند و در نتیجه جزء درزه های طولی محسوب می شوند. امتداد دسته درزه  $J_2$  با امتداد سطح محوری زاویه ای حدود ۴۵ درجه می سازد و در گروه درزه های مورب جای می گیرد.



شکل ۳-۴۷- استریوگرام رسم شده از سطح محوری به همراه قطب و خط لولای ناودیس توچال در پیمایش BB' ایستگاه ۲ و امتداد درزه های برداشت شده در ایستگاه ۲ که نشان می دهد دسته درزه J<sub>1</sub> طولی و دسته درزه J<sub>2</sub> مورب است.

### ۳-۵-۲- بررسی شکستگی ها در تاقدیس درکه

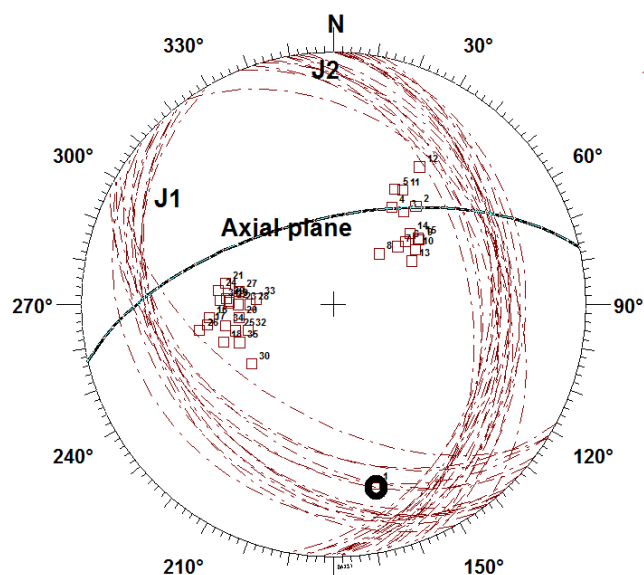
تاقدیس درکه در قسمت جنوبی منطقه مورد مطالعه قرار گرفته، در پیمایش C (شکل ۳-۲۷) رخنمون این چین قابل رویت است و درزه های روی آن در ایستگاه ۱ مورد اندازه گیری قرار گرفته است. همان طور که در بخش ۳-۲-۱- گفته شد، سطح محوری این تاقدیس دارای موقعیت 326/76 و محور آن 238/9 می باشد (شکل ۳-۴۸). به منظور بررسی رابطه درزه با چین خوردگی، نمودار کنتری درزه های برداشت شده در ایستگاه ۱ به همراه موقعیت سطح محوری و محور چین رسم گردید. بر طبق شکل ۳-۴۸، دسته درزه J<sub>1</sub> با محور چین زاویه 50 درجه می سازد و در رده شکستگی های مورب قرار دارد. امتداد دسته درزه J<sub>2</sub> با امتداد سطح محوری موازی است و جزء درزه های طولی می باشد.



شکل ۳-۴۸ - استریوگرام رسم شده از سطح محوری به همراه قطب و خط لولای تاقدیس در که در پیمایش C ایستگاه ۱ و امتداد درزه های برداشت شده در ایستگاه ۱ که نشان می دهد دسته درزه J<sub>1</sub> مورب و دسته درزه J<sub>2</sub> طولی است.

### ۳-۵-۳- بررسی شکستگی ها در ناودیس امامزاده داود

این ناودیس در بخش باختری منطقه در پیمایش A مورد مطالعه قرار گرفته است. همان طور که در بخش ۳-۲-۴ گفته شد، سطح محوری این تاقدیس دارای موقعیت 351/80 و محور 073/29 می باشد بر طبق تحلیل درزه های موجود در ایستگاه ۴ در پیمایش A، شکستگی های روی یال های این ناودیس به دو دسته تقسیم شده اند. امتداد دسته درزه J<sub>1</sub> بر امتداد سطح محوری چین عمود است و در رده شکستگی های عرضی قرار می گیرد. دسته درزه J<sub>2</sub> جزء دسته درزه های مزدوج است (شکل ۳-۴۹).



شکل ۳-۴۹- استریوگرام رسم شده از سطح محوری به همراه قطب و خط لولای ناودیس امامزاده داود در پیمایش A، ایستگاه ۴، دسته درزه  $J_1$  عرضی و  $J_2$  مورب است.

### ۳-۶- تحلیل هندسه درزه ها

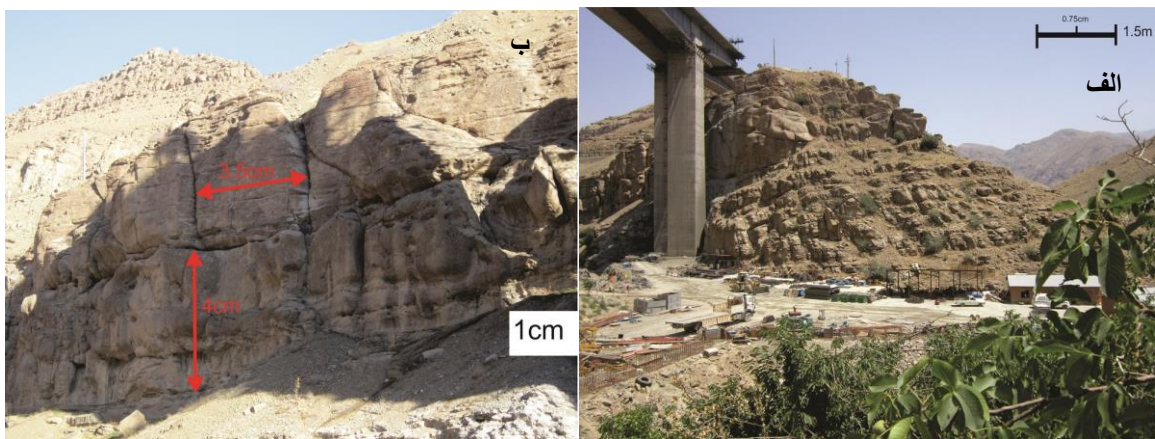
هندسه دسته درزه ها تحت تأثیر متغیرهای بسیاری است که از مهم ترین آنها می توان به جنس سنگ، ستبرای لایه بندی و موقعیت نسبت به ساختارهای اصلی مانند چین ها و گسل ها اشاره کرد. از آنجا که پهنه مورد مطالعه شامل رسوبات آذرآواری و آذرین است، برای آسانی ابتدا آن ها به 5 واحد اصلی شامل توف ستبرالایه تا توده ای، توف نازک لایه تا متوسط لایه، توالی توف- شیل- ماسه سنگ، شیل و سنگ آذرین تقسیم شدند. مهم ترین ویژگی که در اینجا بررسی شده و برای رسم نمودار و مقایسه دسته درزه ها مورد توجه قرار گرفته است، نسبت ستبرای لایه بندی بر میانگین فاصله درزه است.

### تحلیل مقدارهای شاخص FSI در منطقه امامزاده داود:

نسبت فاصله شکستگی (FSR-Fracture Spacing Ratio)، نسبت میانگین ستبرای لایه بر میانگین فاصله بندی درزه است. در نتیجه فاصله بندی درزه های به دست آمده از لایه های با ستبرای مختلف به شکل

معنی داری قابل مقایسه خواهند بود (قاسمی، ۱۳۹۱).

فاصله‌بندی درزه‌ها معیارهای اصلی تعیین تراکم درزه‌ها است. میانگین فاصله‌بندی درزه‌های سامانه‌ای در لایه‌های رسوبی مقاوم به‌طور معمول متناسب با ستبرای طبقه است (شکل ۳-۵۰). شاخص‌های دیگری هم فاصله‌بندی درزه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند که عبارتند از ویژگی‌های کشسانی و زبری شکستگی سنگ، اندازه سطح ضعف اولیه، ستبرای لایه‌های کم مقاومت و چگونگی انتشار درزه. مقایسه نمودار شاخص فاصله شکستگی (FSI) نسبت به واحدهای سنگی نشان می‌دهد که واحدهای نفوذی و ستبر لایه دارای فاصله درزه‌های بسیار متفاوتی هستند و در بیشتر موارد به علت تراکم کمتر درزه‌ها فرسایش پذیری کمتری نسبت به دیگر واحدها از خود نشان می‌دهند و از این رو این واحدها، رخنمون برجسته تری دارند (نمودار ۳-۳).

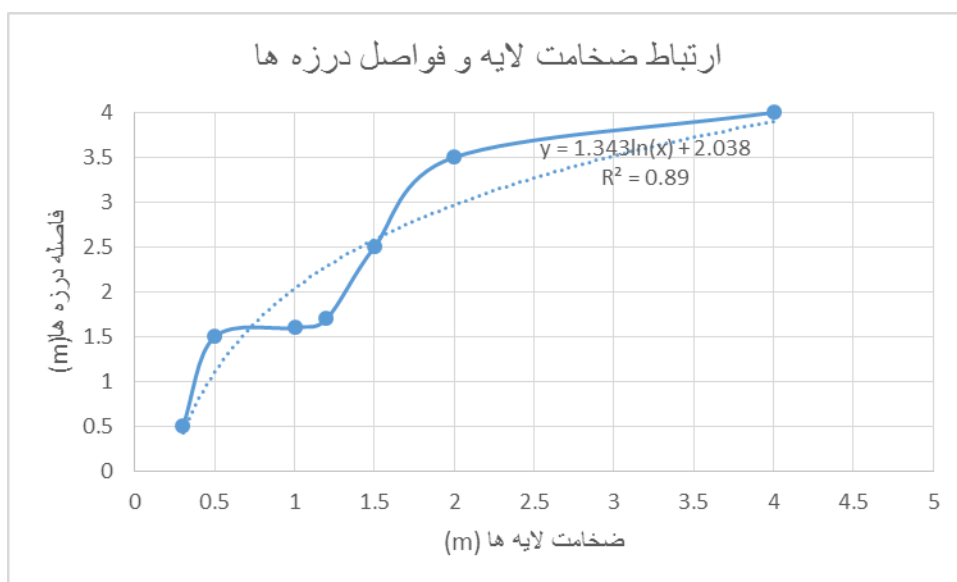


شکل ۳-۵۰- تصویر رخنمون لایه بندی های با ضخامت متفاوت، به همراه درزه های روی لایه بندی در سازند کرج منطقه امامزاده داود. الف- لایه بندی از نازک لایه تا ضخیم لایه، در نازک لایه ها فاصله درزه ها کمتر است؛ ب- لایه بندی ضخیم لایه که فاصله درزه ها در آن زیاد می باشد.



جدول ۳-۲- داده های مربوط به ضخامت لایه ها بر حسب فاصله درزه ها

| شماره | محور افقی (ضخامت لایه<br>بر حسب m) | محور قائم (فاصله درزه<br>بر حسب m) |
|-------|------------------------------------|------------------------------------|
| ۱     | ۰,۳                                | ۰,۵                                |
| ۲     | ۰,۵                                | ۱,۵                                |
| ۳     | ۱                                  | ۱,۶                                |
| ۴     | ۱,۲                                | ۱,۷                                |
| ۵     | ۱,۵                                | ۲,۵                                |
| ۶     | ۲                                  | ۳,۵                                |
| ۷     | ۴                                  | ۴                                  |



نمودار ۳-۳- نمودار مقایسه فاصله درزه ها نسبت به ضخامت لایه (FSI) در منطقه امامزاده داود. با افزایش ضخامت لایه، فاصله درزه ها بیشتر می شود.

### ۳-۷- ساخت های غیر زمین ساختی

علاوه بر عناصر ساختاری ذکر شده، پدیده های دیگری نیز وجود دارد که منشا آن ها تکتونیکی نبوده و در اثر عوامل مختلف غیر تکتونیکی ایجاد شده اند.

#### چین های هم زمان با رسوبگذاری ( Slumping Folds ):

یک نوع از چین خوردگی زمانی ایجاد می شود که یک یا چند لایه از رسوبات، دچار تغییرشکل پلاستیک شده و خم می شوند. این نوع از چین خوردگی دارای مقیاس های متنوع از اندازه های میکروسکوپی تا ماکروسکوپی می باشد. تشکیل این نوع چین ها در شرایط متنوع اعمال تنش از جمله فشار هیدروستاتیک می باشد. یک سری چین های درون لایه ای در توفیت های سازند کرج دیده می شوند که ساخت های زمین ساختی نبوده بلکه به دلیل آشفتگی های محلی در هنگام نهشته شدن رسوبات به وجود آمده است ( شکل ۳-۵۱).

#### ساختارهای وزنی ( Float Cast ):

در قسمت های پایینی برخی از توفیت ها که ترکیب ماسه سنگی دارند، ساخت های آثار سطح زیرین طبقه دیده می شوند که این ساخت ها نیز تکتونیکی نبوده و منشا غیر تکتونیکی دارند (شکل ۳-۵۲). این ساختارها گاتر نام دارد و جهت تشخیص سن نسبی لایه ها استفاده می شود.



شکل ۳-۵۱-الف- چین هم زمان با رسوبگذاری (Slumping Fold) در توف و شیل توفی در منطقه سولقان که منشا غیر تکتونیکی دارد (جهت دید شمال باختری)؛ ب- نمونه ای دیگر از چین هم زمان با رسوبگذاری در منطقه امامزاده داود (جهت دید شمال باختری).



شکل ۳-۵۲- ساختارهای وزنی (Float cast) در منطقه امامزاده داود که جهت جوان شدن لایه را نشان می دهد (دید در جهت شمال)؛ ب- ساختار غیر زمین ساختی به نام گاتر که نشان دهنده سطح زیرین طبقه است. دارای منشا غیر تکتونیکی است و در تشخیص جهت جوان شدگی کاربرد دارد (دید در جهت شمال باختری).

### گسل های هم زمان با رسوبگذاری:

گسل هم زمان با رسوبگذاری (Synsediment Fault)، یک پدیده غیر تکتونیکی است که در زمان رسوبگذاری به علت ناهمگن بودن لایه ها و وزن های متفاوت لایه تشکیل می شود. در این نوع گسل ها ضخامت لایه در بلوک فرادیواره بیشتر از فرودیواره است (شکل ۳-۵۳).



شکل ۳-۵۳- گسل هم زمان با رسوبگذاری؛ ضخامت زیاد لایه در بلوک فرادیواره نشان از هم زمان بودن گسلش با رسوبگذاری دارد و بنابراین منشا غیر تکتونیکی دارد (دید در جهت شمال باختری).

## فصل چهارم

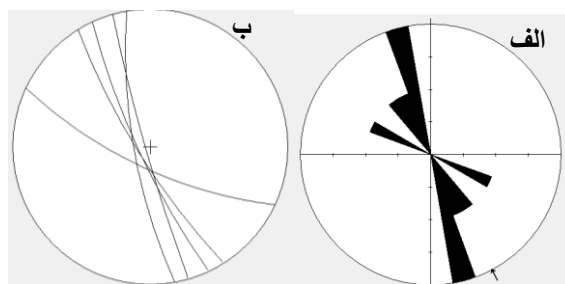
### بحث و نتیجه گیری

#### ۴-۱- الگوی گسلش

گسل های اصلی منطقه روند شمال باختری- جنوب خاوری دارند. گسل های دیگری که در منطقه وجود دارند روند شمال خاوری- جنوب باختری دارند. گسل های با روند شمال باختری- جنوب خاوری شامل گسل های امامزاده داود،  $F_1$ ،  $F_3$  و  $F_4$  می باشند که از روند عمومی زون البرز مرکزی پیروی می کنند. گسل دارای روند شمال خاوری- جنوب باختری، شامل گسل  $F_2$  می باشد که ساز و کار امتداد لغز دارد. با توجه به این که منطقه البرز مرکزی تحت فشارش قرار دارد در نتیجه اغلب گسل های موجود در منطقه از نوع معکوس می باشد. در بررسی خراش های گسلی و با استفاده از قاعده برش ( نسل های جدید خراش های گسلی، خراش های گسلی قدیمی را قطع می کنند)، جوانترین حرکت در راستای این گسل ها معکوس چپ بر است.

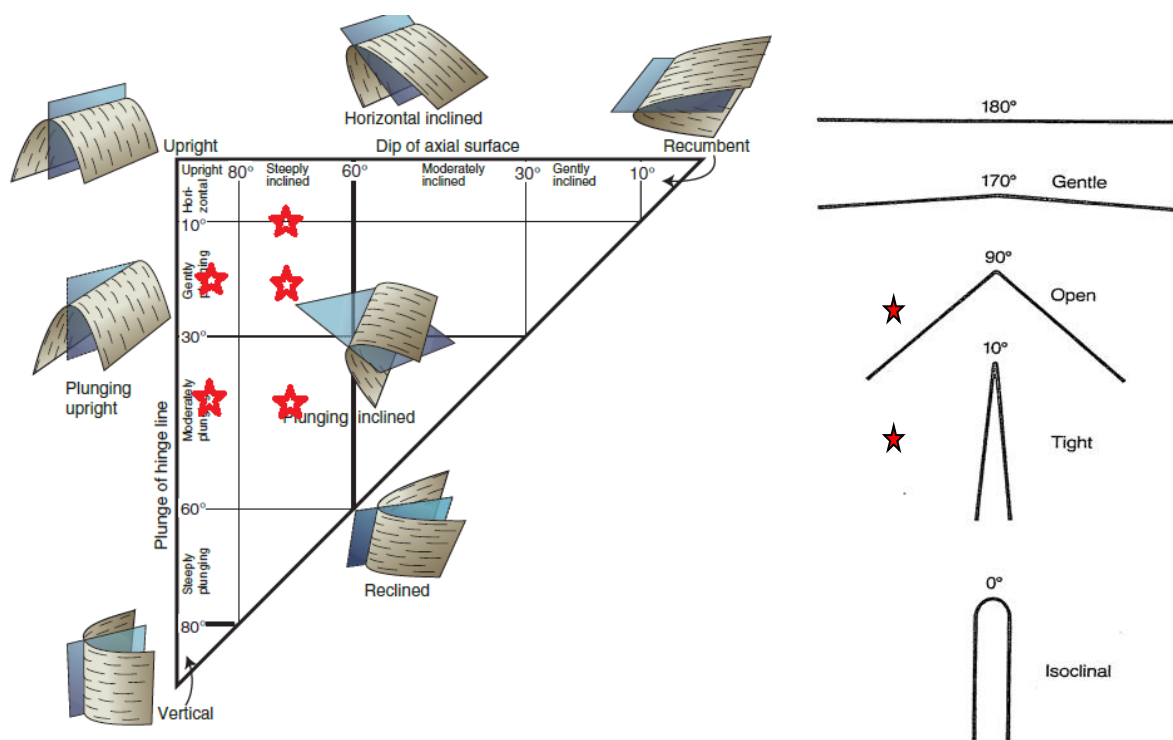
#### ۴-۲- الگوی چین خوردگی

بررسی چین های منطقه مورد مطالعه نشان می دهد که اغلب چین ها دارای سطح محوری با روند شمال باختری- جنوب خاوری و هم روند با سایر ساختارهای منطقه البرز مرکزی می باشد. تغییر روند در برخی از چین ها را می توان ناشی از فرگشت ساختاری البرز دانست. با توجه به راستای تنش وارد شده به منطقه که شمال خاوری- جنوب باختری است انتظار می رود که چین ها دارای سطح محوری با روند شمال باختری- جنوب خاوری باشد که چنین نیز هست ( شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- الف- رزیدیاگرام امتدادی سطوح محوری و روند غالب شمال باختری- جنوب خاوری، ب- سطوح محوری چین های منطقه مورد مطالعه

پس از مشخص شدن ویژگی های هندسی چین ها از قبیل موقعیت سطح محوری، خط لولا و زاویه بین یالی جایگاه آن ها در رده بندی های فلوتی (۱۹۶۴) مشخص گردید. بر اساس زاویه بین یالی در دو رده باز (Open) و بسته (Tight) و بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده های میل زیاد با پلانژ تقریباً افقی (Steeply inclined- Sub-horizontal)، ایستاده با پلانژ متوسط (Upright- Moderately plunging)، میل پرشیب با پلانژ ملایم (Steeply inclined- Gently plunging)، ایستاده با پلانژ ملایم (Upright- Gently plunging) و میل زیاد و پلانژ متوسط (Steeply inclined- Moderately plunging) قرار دارد (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۲- رده بندی چین ها بر اساس زاویه بین یالی، شیب سطح محوری و میل لولا (Fleuty, 1964)، جایگاه چین های منطقه مورد مطالعه بر روی شکل مشخص شده است.

با توجه به این که محدوده مورد مطالعه به صورت گوه ای مابین گسل های مشا و شمال تهران است می-توان انتظار وجود چین های تنگ و باز را داشت.

#### ۴-۳- ارتباط درزه ها با چین خوردگی

- در پیمایش های انجام شده بر روی یال ناودیس توچال دو دسته درزه طولی و مورب وجود دارد.
- در تاقدیس درکه، دو دسته درزه طولی و مورب می باشد.
- در ناودیس امامزاده داود دو دسته درزه بر روی یال های چین مشاهده شده که یک دسته درزه عرضی و یک دسته درزه مورب وجود دارد.

#### پیشنهادات

- بررسی زمین لغزش های وابسته به گسلش در منطقه
- بررسی های ریخت زمین ساختی در این بخش از البرز مرکزی
- ادامه مطالعات ساختاری به سمت خاور در محدوده مورد بررسی.



## پیوست ها

پیوست ۱- داده های برداشت شده از تاقدیس درکه

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 345     | 60  |
| 2   | 330     | 60  |
| 3   | 320     | 50  |
| 4   | 330     | 50  |
| 5   | 340     | 40  |
| 6   | 345     | 65  |
| 7   | 330     | 60  |
| 8   | 320     | 65  |
| 9   | 330     | 55  |
| 10  | 335     | 50  |
| 11  | 340     | 65  |
| 12  | 150     | 64  |
| 13  | 155     | 70  |
| 14  | 160     | 65  |
| 15  | 175     | 70  |
| 16  | 170     | 65  |
| 17  | 170     | 64  |
| 18  | 160     | 43  |
| 19  | 160     | 30  |
| 20  | 165     | 50  |
| 21  | 165     | 55  |
| 22  | 160     | 60  |

پیوست ۲- داده های برداشت شده از تاقدیس fo<sub>1</sub>

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 200     | 56  |
| 2   | 200     | 55  |
| 3   | 210     | 55  |
| 4   | 200     | 50  |
| 5   | 118     | 45  |
| 6   | 122     | 40  |
| 7   | 115     | 40  |
| 8   | 120     | 50  |
| 9   | 122     | 52  |
| 10  | 122     | 50  |
| 11  | 120     | 50  |

پیوست ۳- داده های برداشت شده از ناودیس درکه

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 039     | 60  |
| 2   | 039     | 55  |
| 3   | 042     | 60  |
| 4   | 042     | 65  |
| 5   | 049     | 65  |
| 6   | 050     | 63  |
| 7   | 052     | 55  |
| 8   | 055     | 55  |
| 9   | 040     | 65  |
| 10  | 040     | 60  |
| 11  | 240     | 60  |
| 12  | 237     | 65  |
| 13  | 237     | 68  |
| 14  | 240     | 33  |
| 15  | 235     | 35  |
| 16  | 260     | 35  |
| 17  | 252     | 40  |
| 18  | 230     | 40  |
| 19  | 233     | 45  |
| 20  | 235     | 45  |
| 21  | 250     | 30  |
| 22  | 250     | 33  |
| 23  | 245     | 30  |

پیوست ۴- داده های برداشت شده از ناودیس امامزاده داود

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 020     | 40  |
| 2   | 033     | 40  |
| 3   | 039     | 35  |
| 4   | 040     | 35  |
| 5   | 130     | 55  |
| 6   | 138     | 55  |

پیوست ۵- داده های برداشت شده از ناودیس توچال در پیمایش AA'

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 012     | 60  |
| 2   | 008     | 60  |
| 3   | 345     | 55  |
| 4   | 015     | 55  |
| 5   | 017     | 65  |
| 6   | 020     | 65  |
| 17  | 220     | 50  |
| 18  | 232     | 50  |
| 19  | 233     | 55  |
| 20  | 235     | 45  |
| 21  | 230     | 40  |
| 22  | 233     | 40  |

پیوست ۶- داده های برداشت شده از ناودیس توچال در پیمایش BB'

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 218     | 55  |
| 2   | 218     | 50  |
| 3   | 235     | 55  |
| 4   | 022     | 65  |
| 5   | 012     | 70  |
| 6   | 015     | 75  |

پیوست ۷- داده های برداشت شده از سطح گسل امامزاده داود

| No. | Dir.Dip | Dip | Rake |
|-----|---------|-----|------|
| 1   | 060     | 70  | 45   |
| 2   | 039     | 55  | 90   |
| 3   | 040     | 75  | 60   |
| 4   | 038     | 80  | 55   |
| 5   | 035     | 75  | 55   |

پیوست ۸- داده های برداشت شده از سطح گسل  $F_1$

| No. | Dir.Dip | Dip | Rake |
|-----|---------|-----|------|
| 1   | 210     | 70  | -    |
| 2   | 032     | 65  | -    |

پیوست ۹- داده های برداشت شده از سطح گسل  $F_2$

| No. | Dir.Dip | Dip | Rake |
|-----|---------|-----|------|
| 1   | 135     | 30  | 5    |

پیوست ۱۰- داده های برداشت شده از سطح گسل  $F_3$

| No. | Dir.Dip | Dip | Rake |
|-----|---------|-----|------|
| 1   | 240     | 70  | 50   |
| 2   | 259     | 70  | 55   |

پیوست ۱۱- داده های برداشت شده از سطح گسل  $F_4$

| No. | Dir.Dip | Dip | Rake |
|-----|---------|-----|------|
| 1   | 020     | 80  | 80   |

پیوست ۱۲- درزه های برداشت شده از پیمایش A، ایستگاه ۱

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 110     | 77  |
| 2   | 112     | 79  |
| 3   | 114     | 75  |
| 4   | 100     | 75  |
| 5   | 120     | 70  |
| 6   | 122     | 70  |
| 7   | 125     | 69  |
| 8   | 138     | 68  |
| 9   | 130     | 70  |
| 10  | 140     | 65  |
| 11  | 142     | 71  |
| 12  | 139     | 70  |

|    |     |    |
|----|-----|----|
| 13 | 135 | 67 |
| 14 | 155 | 52 |
| 15 | 158 | 50 |
| 16 | 170 | 50 |
| 17 | 172 | 43 |
| 18 | 175 | 45 |
| 19 | 188 | 35 |
| 20 | 185 | 40 |
| 21 | 189 | 32 |
| 22 | 179 | 30 |
| 23 | 180 | 32 |
| 24 | 188 | 33 |
| 25 | 185 | 40 |
| 26 | 258 | 86 |
| 27 | 246 | 72 |
| 28 | 240 | 84 |
| 29 | 232 | 85 |
| 30 | 232 | 80 |
| 31 | 228 | 73 |
| 32 | 225 | 74 |
| 33 | 222 | 78 |
| 34 | 222 | 80 |
| 35 | 221 | 79 |
| 36 | 218 | 77 |
| 37 | 220 | 75 |

پیوست ۱۳- درزه های برداشت شده از پیمایش A، ایستگاه ۲

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 090     | 81  |
| 2   | 095     | 83  |
| 3   | 098     | 73  |
| 4   | 097     | 86  |
| 5   | 265     | 88  |
| 6   | 089     | 79  |
| 7   | 088     | 83  |
| 8   | 092     | 84  |
| 9   | 097     | 78  |
| 10  | 102     | 75  |
| 11  | 094     | 83  |
| 12  | 100     | 80  |

|    |     |    |
|----|-----|----|
| 13 | 091 | 74 |
| 14 | 095 | 80 |
| 15 | 125 | 39 |
| 16 | 124 | 48 |
| 17 | 138 | 49 |
| 18 | 130 | 49 |
| 19 | 130 | 51 |
| 20 | 128 | 60 |
| 21 | 138 | 62 |
| 22 | 135 | 60 |
| 23 | 134 | 55 |
| 24 | 135 | 50 |
| 25 | 130 | 50 |

پیوست ۱۴- درزه های برداشت شده از پیمایش A، ایستگاه ۳

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 180     | 37  |
| 2   | 178     | 21  |
| 3   | 180     | 33  |
| 4   | 182     | 32  |
| 5   | 190     | 37  |
| 6   | 188     | 46  |
| 7   | 179     | 26  |
| 8   | 170     | 41  |
| 9   | 205     | 25  |
| 10  | 170     | 51  |
| 11  | 238     | 51  |
| 12  | 232     | 55  |
| 13  | 250     | 60  |
| 14  | 242     | 48  |
| 15  | 230     | 65  |
| 16  | 247     | 63  |
| 17  | 224     | 53  |
| 18  | 229     | 71  |

پیوست ۱۵- درزه های برداشت شده از پیمایش A، ایستگاه ۴

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 090     | 54  |
| 2   | 101     | 53  |
| 3   | 232     | 45  |
| 4   | 221     | 43  |
| 5   | 095     | 45  |
| 6   | 105     | 36  |
| 7   | 098     | 30  |
| 8   | 082     | 46  |
| 9   | 075     | 41  |
| 10  | 230     | 42  |
| 11  | 235     | 45  |
| 12  | 220     | 40  |
| 13  | 222     | 42  |
| 14  | 225     | 40  |
| 15  | 235     | 38  |
| 16  | 230     | 38  |
| 17  | 200     | 35  |
| 18  | 192     | 31  |
| 19  | 232     | 64  |

پیوست ۱۶- درزه های برداشت شده از پیمایش B، ایستگاه ۱

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 252     | 78  |
| 2   | 260     | 75  |
| 3   | 262     | 75  |
| 4   | 265     | 77  |
| 5   | 269     | 78  |
| 6   | 269     | 75  |
| 7   | 265     | 77  |
| 8   | 269     | 78  |
| 9   | 269     | 75  |
| 10  | 270     | 80  |
| 11  | 272     | 82  |
| 12  | 275     | 80  |
| 13  | 275     | 76  |
| 14  | 272     | 78  |
| 15  | 270     | 75  |



|    |     |    |
|----|-----|----|
| 16 | 168 | 75 |
| 17 | 182 | 71 |
| 18 | 179 | 75 |
| 19 | 182 | 81 |
| 20 | 178 | 75 |
| 21 | 169 | 77 |
| 22 | 177 | 73 |
| 23 | 180 | 75 |
| 24 | 182 | 80 |
| 25 | 179 | 70 |

پیوست ۱۷- درزه های برداشت شده از پیمایش B، ایستگاه ۲

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 269     | 68  |
| 2   | 272     | 83  |
| 3   | 264     | 83  |
| 4   | 268     | 89  |
| 5   | 260     | 75  |
| 6   | 258     | 75  |
| 7   | 273     | 75  |
| 8   | 264     | 80  |
| 9   | 225     | 72  |
| 10  | 220     | 72  |
| 11  | 232     | 55  |
| 12  | 210     | 75  |
| 13  | 215     | 78  |
| 14  | 200     | 71  |
| 15  | 205     | 77  |
| 16  | 204     | 67  |
| 17  | 198     | 75  |
| 18  | 222     | 54  |
| 19  | 235     | 66  |

پیوست ۱۸- درزه های برداشت شده از پیمایش C، ایستگاه ۱

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 330     | 48  |
| 2   | 328     | 52  |
| 3   | 338     | 45  |
| 4   | 340     | 53  |
| 5   | 190     | 51  |
| 6   | 180     | 55  |
| 7   | 198     | 54  |
| 8   | 178     | 59  |

پیوست ۱۹- درزه های برداشت شده از پیمایش C، ایستگاه ۲

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 330     | 57  |
| 2   | 335     | 48  |
| 3   | 320     | 56  |
| 4   | 325     | 62  |
| 5   | 327     | 60  |
| 6   | 333     | 55  |
| 7   | 339     | 50  |
| 8   | 339     | 48  |
| 9   | 335     | 62  |
| 10  | 325     | 65  |
| 11  | 327     | 62  |
| 12  | 328     | 66  |
| 13  | 330     | 60  |
| 14  | 332     | 55  |
| 15  | 095     | 66  |
| 16  | 095     | 60  |
| 17  | 090     | 65  |
| 18  | 087     | 55  |
| 19  | 085     | 50  |
| 20  | 042     | 86  |
| 21  | 050     | 81  |
| 22  | 055     | 85  |
| 23  | 042     | 62  |
| 24  | 078     | 83  |
| 25  | 075     | 60  |
| 26  | 038     | 64  |

|    |     |    |
|----|-----|----|
| 27 | 138 | 39 |
| 28 | 130 | 36 |
| 29 | 135 | 40 |
| 30 | 138 | 35 |
| 31 | 133 | 40 |
| 32 | 142 | 28 |
| 33 | 140 | 30 |
| 34 | 168 | 35 |
| 35 | 165 | 35 |
| 36 | 140 | 35 |
| 37 | 178 | 84 |

پیوست ۲۰- درزه های برداشت شده از پیمایش C، ایستگاه ۳

| No. | Dip.Dir | Dip |
|-----|---------|-----|
| 1   | 070     | 50  |
| 2   | 179     | 65  |
| 3   | 070     | 45  |
| 4   | 067     | 59  |
| 5   | 070     | 60  |
| 6   | 198     | 63  |
| 7   | 197     | 65  |
| 8   | 198     | 59  |

## منابع:

- آقائباتی، ع. (۱۳۸۱)، زمین شناسی ایران و اکتشاف معدنی کشور، ۷۰۷ ص.
- الیاسی، م. (۱۳۸۱)، مبانی زمین شناسی ساختمانی، انتشارات دانشگاه تهران
- امینی، ب. (۱۳۷۲). " نقشه زمین شناسی تهران"، مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰، سازمان زمین شناسی کشور.
- امیدی، پ.، نوگل سادات، قرشی، م.، (۱۳۸۱)، " بازسازی تنش کواترنری بر اساس تحلیل لغزش در نیمه جنوبی البرز خاوری"، فصلنامه علمی - پژوهشی علوم زمین، شماره ۴۵-۴۶.
- الیاسی، م.، نوگل سادات، م.، قریشی، م. (۱۳۸۰). بررسی مقایسه ای بردارهای ویژه و محورهای اصلی تنش دیرین در تعیین تیپ دگرریختی بخش جنوبی البرز مرکزی، مجله علوم دانشگاه تهران، شماره ۱، صفحه ۶۷-۸۰.
- الیاسی، م. (۱۳۹۳)، " آزمایشگاه زمین شناسی ساختمانی"، موسسه انتشارات و چاپ، ۱۴۰ ص.
- آقاحسینی، ا. (۱۳۸۸)، " بررسی و تحلیل هندسه و کینماتیک تاقدیس جابان در پهنه البرز مرکزی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، پایان نامه کارشناسی ارشد.
- افتخارنژاد، ج. (۱۳۵۹)، " نکاتی چند درباره تکتونیک صفحه ای و تاریخچه زمین شناسی ایران"، نشریه دانشکده فنی دوره ۲۹، ۸۴۹ ص.
- بربریان، م. (۱۳۷۱) " پژوهش و بررسی نوزمینساخت، لرزه زمینساخت و خطر زمینلرزه-گسلش در گسترهی تهران و پیرامون"، چاپ دوم. گزارش شماره ۵۶، سازمان زمین شناسی کشور.
- پور کرمانی، م.، سلگی، ع.، (۱۳۸۸)، " مورفوتکتونیک"، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، ۱۸۷ ص.
- خسروتهرانی، خ.، (۱۳۶۷)، " کلیاتی درباره چینه شناسی ایران و مقاطع تیپ تشکیلات"، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۴۲ ص.
- قاسمی، م. ر.، (۱۳۸۷)، " پایه‌های زمین شناسی ساختمانی"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۳۲۰ ص.

عباسی، م.، فرید، ی. ( ۱۳۸۹)، " لرزه زمین ساخت و هندسه دگرریختی البرز مرکزی- خاوری با نگرشی بر گستره های دارای پیشینه لرزه خیزی"، پژوهشکده سوانح طبیعی، چاپ ۱، ۹۲ ص.

عزتی اصل، م.، (۱۳۶۲)، " تحلیل ساختاری شمال گرمسار واقع در جبهه جنوبی البرز مرکزی" پایان نامه کارشناسی ارشد.

قرشی، م.، آرین، م.، (۱۳۸۹)، " تکتونیک ایران"، انتشارات مربع آبی، ۳۳۶ ص.

معماریان، ح.، (۱۳۸۷)، زمین شناسی ساختاری " انتشارات دانشگاه تهران، ۸۶۶ ص.

شافعی، ع.، قاسمی، م.، (۱۳۹۱)، "درزه شدگی سنگ‌های سازند کرج در راندگی پورکان- وردیج، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

شهیدی، ع.، (۱۳۹۰)، " فرگشت ساختاری البرز در میان زیستی و نو زیستی"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صفحه ۲۰۱ تا ۲۱۶.

## Reference:

1. Abassi, M., Farbod, Y., (2009). "**Faulting and folding in quaternary deposits of Tehran piedmont**". Journal of Asian Earth science, 522\_531.
2. Alavi, M., (1996), "**Tectonostratigraphy synthesis and structural style of the Alborz mountain system in Northern Iran**". Geodynamic, 21(1), 1-33.
3. Allen, J., (2003), "**Active transtension inside central Alborz: A new insight into northern Iran–southern Caspian geodynamics**", Geological Survey of Iran, P.O. Box, Tehran, Iran
4. Assereto, R., (1966), "**The Jurassic Shemshak formation in central Alborz( Iran)**".
5. Berberian, M., King, G.G., (1981), "**Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran**". Canadian Journal Earth Science, 18: 210- 265.
6. Dedual, E., (1967), "**geologia des mittleren and unteren Karaj-Tales, Zentral-Elbourz( Iran)**" 123 pp.
7. Dellenbach, J., (1964), "**Contribution a L etude geologique de la region situee a L est de Tehran( Iran)**", fac. Sci. Uniiv. Strasbourg( France), 117 pp.
8. Ehteshami Moinabadi, M., Yassaghi, A., (2006), "**Geometry and kinematics of the Mosha fault, South central Alborz Range, Iran: An example of basement involved thrusting**", Journal of Asian Earth Sciences, doi: 10.1016.
9. Fleuty, M.J.,( 1964), "**The discription of fold. Proceedings of the Geologist Assosiation**", vol. 35, pp. 461-492.
10. Fossen, H., (2010), "**Structural Geology** ", Cambridge University Press , New York.

11. Golonka, J., (2007), “ **Geodynamic evolution of the South Caspian Basin**”, In: Yilmaz, Isaksen( Eds.), Oil and Gas of the Greater Caspian Area, American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology, Vol. 55, pp. 17-41.
12. Hancock, P.L., Chalmers, R.M.L., Altunel , E., Cakir, Z., (1999).” **Travitonics: using travertines in Active fault studies**”, Journal of Structural Geology. 21. pp 903-916.
13. Jackson et al., (2002),” Ecological regulation of development: induction of marine invertebrate metamorphosis”, department of zoology, pp. 679 686.
14. Khavari, R., Ghorashi, M., Arian, M., khosrotehrani, Kh.,(2010).” **Geomorphic signatures of Active Tectonics in the Karaj Drainage Basin in south central Alborz**". Geo sciences scientific journal., (75): 67- 75.
15. Marshak, S., Mitra, G., (1988),” **Basic methods of structural geology**”, Newjercey: prentice Hall, Englewood Cliffs.
16. Martinson, O.J. , Ryseth, A., Helland- Hansen,, W., Flesche, H., Torkildsen, G., Idil, S., (1999),” **Stratigraphic base level and fluvial architecture: Ericson Sandstone**” 47, 235- 259.
17. Nazari, H., Ritz, F., Ghorashi, M., Abbasi, M., Saidi., (2003). " **Analyzing Neotectonic in central Alborz: preliminary results**". Fourth International conference of earthquake Engineering and seismology
18. Pourkermani, M., Bagha, N., Arian, M., Ghorashi, M.,(2014). "**Evaluation of relative tectonic activity in the Tehran basin, central Alborz**". Geomorphology, 213: 66\_87.
19. Ramsay, J.G., Huber, M.I., (1983),” **The techniques of modern structural geology**”, Volume 1: Strain analysis, London, Academic Press.
20. Ramsay, J.G, Huber, M.I., (1987),” **The techniques of modern structural geology**”, Volume 2: Fold and Fractures, London, Academic Press.

21. Sangree, J.B., Masson. P.H.
22. Shahidi, A., (2008), “ **Tectonic and late Triassic-Middle Eocene extention in central Alborz Iran**”. Scientific Quarterly Journal, Vol 17. (Special Issue):4-25.
23. Stewart, I.S., Hancock, P.L., (1994), “ **Neotectonics In: continental deformation**”, ed. By P.L. Hancock). Pergamon Press Ltd, Oxford, PP. 370- 376.
24. Stocklin, J., (1968), “**Structural History and tectonics of Iran, A review**”, American association of petroleum Geologists Bulletin.v. 52, pp. 1229- 1258.
25. Zanchi, A., Berra, F., Mattei, M., Ghassemi., Sabouri, J.,(2006). “**Inversion tectonics in central Alborz**”. Journal of structural geology, 28(11): 2023\_2037.



## **Abstract**

The studied area is located in the southern part of the Alborz mountain range and northern part of the Tehran city. The deformation of rock units such as folds, faults, and joints are investigated in the study area. Karaj Formation which belongs to Eocene epoch is affected by a variety of tectonic processes; therefore, exhibits various degrees of folding and faulting in many localities. Longitudinal faults of the study area have NW-SE trends (Emamzadeh Davoud, F<sub>1</sub>, F<sub>3</sub>, and F<sub>4</sub> faults) and mainly display a Strike slip and right lateral mechanisms. Latitudinal faults in the area have NE-SW trends (F<sub>2</sub>) also demonstrate a reverse left lateral mechanism. Axial surfaces of a major number of the folds in the area have a NW-SE trend. Based on the interlimb angle of the foldings, they are classified as open and tight. In addition, folds are classified based on to their dip of the axial surface and the hinge plunge. Accordingly, 5 types of folds are recognized as (a) sub-horizontal-steeply inclined; (b) upright- moderately plunging; (c) gently plunging- steeply inclined; (d) upright- gently plunging, and (e) moderately plunging- steeply inclined. The geomorphological aspects is greatly affected by the structural elements (i.e. faultings and foldings). Joint reviewed are often dip 45 to 70 degrees. The joints relation with fold includes a transverse and two oblique category. In Darakeh anticline there are two transverse and one longitudinal joints category and Emamzadeh Davoud syncline includes a longitudinal and a oblique category. Layers of the same gender, by increasing the thickness, the distance between joints will be increased.

**Key words:** Central Alborz, Darakeh Anticline, Emamzadeh Davoud Fault, Tochal syncline, joint.





**Faculty of Earth Sciences**

**M.Sc. Thesis in Tectonics**

**Analysis of Folding and associated deformations in the Karaj Formation (  
Southern part of Central Alborz- North of Tehran)**

**By: Farzaneh Ahangari**

**Supervisor:**

**Dr. Parviz Omidi**

**Advisor:**

**Dr. Mohsen Eliassi**

**December 2017**