# تحلیل عناصر سبک‌چین در گستره مرزی البرز-ایران مرکزی از خاور ورامین تا خاور سمنان

مهران آرین: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
محسن پورکرمانی: دانشگاه شهید بهشتی

## چکیده

تحلیل عناصر سبک‌چین، یکی از بخش‌های اصلی در بررسی‌های ساختاری به شمار می‌آید. از همین رو، در این مقاله سعی شده تا براساس شواهد موجود، عناصر سبک‌چین‌های اصلی در گستره مرزی البرز- ایران مرکزی از خاور ورامین تا خاور سمنان بررسی شود. بدین منظور، استوانه‌ای بودن، تقارن، سبک یک سطح چین‌خورده، سبک یک لایه چین‌خورده و سبک یک توالی چین‌خورده ارزیابی گردیدند. براین اساس، ویژگی‌های سبک‌چین‌ها و تاریخچه جوان چین‌خوردگی گستره مورد نظر آشکار گشت. افزون براین دو ساز و کار اصلی جدایشی و کمانشی نیز، در گستره مورد بررسی تشخیص داده شده‌است.

## مقدمه

گروهی از ویژگی‌های یک چین که توصیف کننده شکل آن است، سبک‌چین نامیده شده است. معرفی سبک یک چین، شبیه به معرفی سبک معماری یک بناست و زمین شناسان ساختمانی پس از سال‌ها پژوهش و بررسی، سیماهای خاصی را که خصوصاً برای توصیف چین‌ها و درک چگونگی توسعه آن‌ها مفید هستند، تشخیص داده‌اند. این سیماها که عبارتند از استوانه‌ای بودن، تقارن، سبک یک سطح چین‌خورده، سبک یک لایه چین‌خورده و سبک یک توالی چین‌خورده، عناصر سبک‌چین نامیده شده‌اند[۱]. در هر حال،در این مقاله سعی شده تا عناصر سبک‌چین درگستره مرزی البرز- ایران مرکزی از خاور ورامین تا خاور سمنان بر اساس مشاهدات صحرایی و مقاطع عرضی تهیه شده (شکل۱) مورد ارزیابی قرار گیرند.

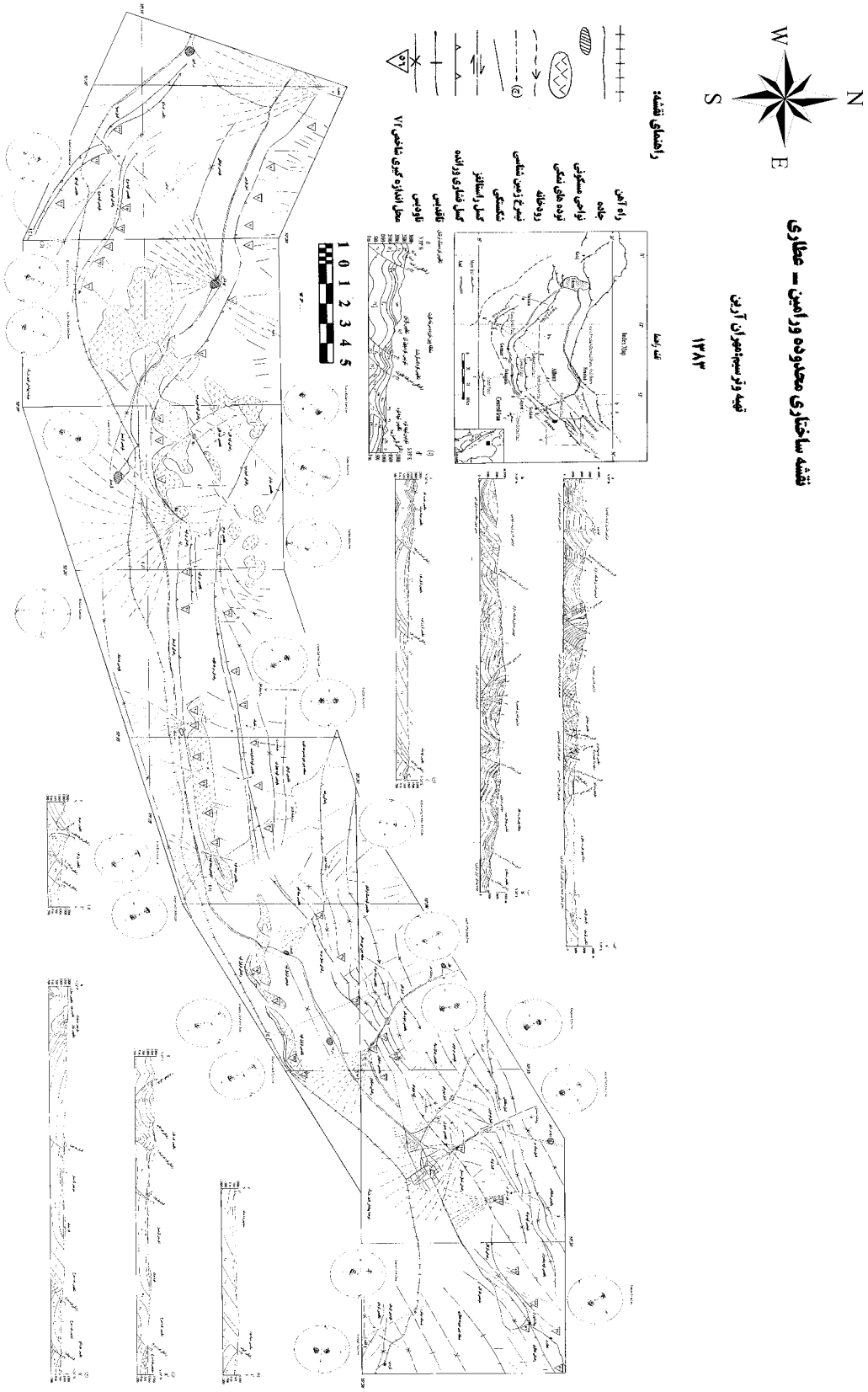
## استوانه‌ای بودن

چین‌خوردگی‌های منطقه بررسی شده بر اساس جهت‌گیری راستای سطح محوری به سه دسته تقسیم‌بندی شده‌اند. ولی از آن‌جا که این منطقه در محل خمیدگی جنوبی البرز قرار دارد، باید اذعان داشت که این چین‌ها در

**واژه‌های‌کلیدی:** سبک‌چین، البرز، ایران‌مرکزی، چین‌خوردگی جدایشی، چین‌خوردگی کمانشی



Archive of SID
www.SID.ir




**شکل ۱- نقشه ساختاری محدوده بررسی شده مقاطع عرضی بر اساس برداشت‌های صحرایی ترسیم شده‌اند**



www.SID.ir

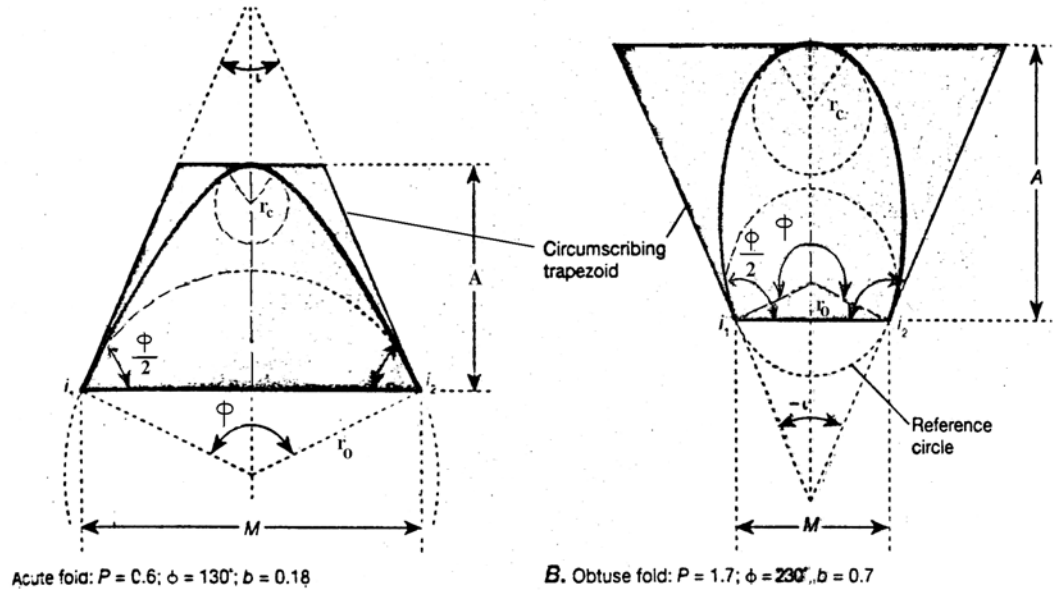
واقع از روند عمومی آن بخش تبعیت کرده‌اند. بررسی این چین‌ها، به ویژه تاقدیس‌ها نشان داده که اغلب از نوع استوانه‌ای تا نیمه استوانه‌ای هستند. محور P و صفحه Ac در استریوپلات‌های شکل٤، به ترتیب معرف موقعیت محور چین‌ها($\beta$) و بهترین دایره بزرگ دربردارنده قطب صفحات لایه‌بندی است.

## تقارن

قرار داشتن بخش اعظم منطقه بررسی شده در حاشیه جنوبی کمربند چین‌خورده و رانده پیشانی جنوبی البرز، سبب تمایل به سمت جنوب، در بیشتر چین‌ها شده است. به همین دلیل، این چین‌ها از نوع نامتقارن هستند و از آن‌جا که غالباً از نوع استوانه‌ای‌اند، باید آن‌ها را دارای تقارن مونوکلینیک دانست. صفحه Ac در استریوپلات‌های شکل ٤ معرف سطح تقارن مونوکلینیک است. این صفحه، عمود بر محور چین‌هاست.

## سبک یک سطح چین‌خورده

هندسه یک سطح چین‌خورده، به وسیله سه جز نسبت ظاهری[1] ، فشردگی و نوک‌دار بودن[2] مشخص می‌شود. برای تعریف این مشخصات، ابتدا باید یک سطح چین‌خورده شاخص انتخاب شود و سپس یک چهارگوش در اطراف آن ترسیم شود. این ترسیم باید به گونه‌ای باشد که اضلاع چهارگوش بر یال‌های چین در نقاط عطفشان مماس گردد. قاعده این چهارگوش، خط M نامیده می‌شود و بین دو نقطه متوالی قرار می‌گیرد(شکل۲).




**شکل ۲- نمایش پارامترهای مورد نیاز برای مشخص ساختن هندسه یک سطح چین‌خورده،اقتباس از[۱].**

۱- Aspect ratio ۲ -Bluntness



Archive of SID
www.SID.ir

**الف) نسبت ظاهری (p)**

نسبت ظاهری به نسبت دامنه(A) به نصف طول موج چین(M) اطلاق شده است. به بیان بهتر، این نسبت، نسبت فرازای چهارگوش یاد شده در بالا به قاعده آن است. در هر حال، چین‌ها بر اساس نسبت ظاهری در جدول ۱ نامگذاری شده‌اند.

**ب ـ فشردگی چین**

فشردگی چین به صورت زاویه چین‌خوردگی (φ) یا زاویه بین یال‌ها (r) تعریف شده است(شکل۲). با افزایش درجه چین‌خوردگی، زاویه آن افزایش یافته و زاویه بین یال‌ها کاهش می‌یابد. چین‌ها بر اساس فشردگی آن‌ها در جدول ۱ نامگذاری شده‌اند.

**ج) نوک دار بودن (b)**

نوک‌دار بودن، انحنای نسبی چین در بستگی[۱] آن را مورد ارزیابی قرار می‌دهد(شکل۲) و به صورت ذیل معین می‌شود:

$$b = \begin{cases} r_c / r_o & \text{for } r_c \le r_o \\ 2 - r_o / r_c & \text{for } r_c \ge r_o \end{cases}$$

$r_c$، شعاع انحنا در بستگی چین و $r_o$، شعاع دایره مماس بر یال‌ها در نقاط عطفشان است. بر این اساس، چین‌ها در جدول ۱ نامگذاری شده‌اند.

در هر حال، رأس برخی از سازندها، به ویژه سازند قم به دلیل فراوان‌تر بودن رخنمون‌های قابل بررسی آن نسبت به سایر واحدها، به عنوان سطح آزمون برای بررسی انتخاب شد و با توجه به شکل۱، موارد بالا برای آن محاسبه شدند(جدول۱).

## تحلیل فوریه

در تحلیل فوریه با استفاده از سری‌های توابع مثلثاتی، شکل منحنی‌ها قابل تعیین است. بر همین اساس اولین بار استبلر[۲]، تحلیل فوریه یا هماهنگی شکل چین‌ها را مطرح ساخت و سپس این روش توسط هادلستون [۳]، گسترش یافت و اکنون به عنوان روش مناسبی برای نمایش شکل چین‌ها و تحلیل آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. لیکن به دلیل فقدان خطوط (مقاطع) لرزه‌ای، امکان تحلیل فوریه شکل تمام چین‌های منطقه فراهم نیست. بنا بر این تنها روش در این وضعیت، تعیین ضرایب فوریه یک سطح چین‌خورده شاخص است و همان طور که در بخش قبلی اشاره شد، رأس سازند قم، مناسب‌ترین سطح آزمون جهت بررسی شکل چین است.

۱-Closure



Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱ : تعیین سبک یک سطح آزمون در چین‌های منطقه مورد مطالعه

| ردیف | نام چین | مقطع در نقشه ۱ | دامنه چین (A Km) | نصف طول موج (M Km) | لگاریتم نسبت ظاهری (log P) | نام توصیفی بر اساس نسبت ظاهری چین | زاویه بین یالی (r) | زاویه چین‌خوردگی (φ) | نام توصیفی بر اساس فشردگی چین | شعاع انحناء در بستگی چین ($r_c$ km) | شعاع دایره مماس بر یال‌ها در نقاط عطف ($r_o$ km) | نوک دار بودن (b) | نام توصیفی بر اساس نوکدار بودن چین | سطح چین‌خورده مورد آزمون (رأس سازند) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | تاقدیس گرماب | الف | ۰/٤ | ۱/۱ | -۰/٤۳ | پهن | ۸۱ | ۹۹ | باز | ۰/۹ | ۳/۵ | ۰/۲۵ | نیمه‌لوبه‌دار | دوزهیر |
| ۲ | ناودیس گرماب | الف | ۰/٤ | ۳ | - ۰/۸۷ | وسیع | ۱٤۵ | ۳۵ | ملایم | ۳/۹ | ۸/۹ | ۰/٤۵ | نیمه‌مدور | دوزهیر |
| ۳ | ناودیس نارکان | الف | ۰/۵ | ٤/۵ | - ۰/۹۵ | وسیع | ۱۵۰ | ۳۰ | ملایم | ۵ | ۵ | ۱ | مدور | کرتاسه بالایی |
| ٤ | تاقدیس نمکدان | ب | ۰/٤ | ۱/۹ | - ۰/۹۷ | وسیع | ۱۳۱ | ٤۹ | ملایم | ۰/۹ | ۲ | ۰/٤۵ | نیمه مدور | کند |
| ۵ | تاقدیس جنگل سیاه | ب | ۰/۶ | ۳/۵ | - ۰/۷۶ | وسیع | ۱۳۲ | ٤۸ | ملایم | ۱/۸ | ۳/۸ | ۰/٤۷ | نیمه مدور | فجن |
| ۶ | تاقدیس تپه بلند | ج | ۱/۲ | ٤/۲۵ | - ۰/۵٤ | پهن | ۹۶ | ۸٤ | باز | ۰/۲ | ۱ | ۰/۲ | نیمه‌لوبه‌دار | قم |
| ۷ | تاقدیس قراول کوه | ج | ۱/۲ | ۳/۵ | - ۰/٤۶ | پهن | ۱۱۲ | ۶۸ | باز | ۱/۳۵ | ۳ | ۰/٤۵ | نیمه مدور | قم |
| ۸ | ناودیس قراول کوه | ج | ۰/۹ | ۸/۲۵ | - ۱/۱۵ | خیلی وسیع | ۱٤۳ | ۳۷ | ملایم | ۱۲ | ۱۲ | ۱ | مدور | قم |
| ۹ | تاقدیس سیاه سوک | ج | ۰/۱۵ | ۱/۵ | -۱ | وسیع | ۱۵۵ | ۲۵ | ملایم | ۰/۱۵ | ۰/۵ | ۰/۳ | نیمه‌لوبه‌دار | کرج |
| ۱۰ | تاقدیس جنوب اختر | ج | ۰/۳ | ۱/۲ | -۰/۹۰ | پهن | ۱۳٤ | ٤۶ | ملایم | ۰/۳ | ۱/٤۵ | ۰/۲ | نیمه‌لوبه‌دار | کرج |
| ۱۱ | تاقدیس تپجه کوه | د | ۰/۱ | ۰/۲۵ | -۰/۵۲ | پهن | ۸۰ | ۱۰۰ | ملایم | ۰/۱۵ | ۰/٤ | ۰/۳۷ | نیمه‌لوبه‌دار | قم |
| ۱۲ | تاقدیس لاسگردشت | د | ۰/۲ | ۰/۷۵ | -۰/۵۷ | پهن | ۱۲۰ | ۶۰ | باز | ۰/۷ | ۰/۹۵ | ۰/۷۳ | نیمه مدور | قم |
| ۱۳ | ناودیس چهل تن | د | ۰/۳ | ۱/۷۵ | -۰/۷۶ | وسیع | ۱۲۵ | ۵۵ | ملایم | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱ | مدور | قم |



www.SID.ir

(ادامه جدول ۱)

| چین | نام چین | مقطع در نقشه ۱ | دامنه چین (A Km) | نصف طول موج (M Km) | لگاریتم نسبت ظاهری (log P) | نام توصیفی بر اساس نسبت ظاهری چین | زاویه بین یالی (r) | زاویه چین‌خوردگی (φ) | نام توصیفی بر اساس فشردگی چین | شعاع انحناء بر بستگی چین ($r_c$ km) | شعاع دایره مماس بر یال‌ها در نقاط عطف ($r_o$ km) | نوک دار بودن (b) | نام توصیفی بر اساس نوکدار بودن چین | سطح چین‌خورده مورد آزمون (رأس سازند) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۴ | تاقدیس گزنان | د | ۰/۵۵ | ۳/۵ | -۰/۸ | وسیع | ۱۳۰ | ۵۰ | ملایم | ۱/۷۵ | ۲ | ۰/۸۷ | مدور | کرج |
| ۱۵ | تاقدیس کوه سنگ‌تراشان | د | ۰/۱۷ | ۰/۵۵ | -۰/۴۹ | پهن | ۸۵ | ۹۵ | یلز | ۰/۱۷ | ۰/۵۵ | ۰/۳ | نیمه‌لوبه‌دار | کرج |
| ۱۶ | تاقدیس سیاه کوه | هـ | ۲/۲۵ | ۶ | -۰/۴۲ | پهن | ۱۱۵ | ۶۵ | یلز | ۱/۲۵ | ۴/۷۵ | ۰/۴۶ | نیمه‌لوبه‌دار | قرمز بالایی |
| ۱۷ | تاقدیس بن کوه | و | ۰/۵ | ۱/۵ | -۰/۴۷ | پهن | ۱۱۶ | ۶۴ | یلز | ۰/۵ | ۱/۲۵ | ۰/۴ | نیمه مدور | قم |
| ۱۸ | تاقدیس سرهر | و | ۱/۲۵ | ۲/۵ | -۰/۳ | پهن | ۵۵ | ۱۲۵ | پسته | ۰/۹ | ۱/۵ | ۰/۶ | نیمه مدور | قم |
| ۱۹ | تاقدیس کوه سرخ | ز | ۲ | ۱۲ | -۰/۷۷ | وسیع | ۱۲۵ | ۵۵ | ملایم | ۴/۷۵ | ۶/۷۵ | ۰/۷ | نیمه مدور | قرمزبالایی |
| ۲۰ | ناودیس گرمسار | ز | ۰/۷ | ۱۳/۷۵ | -۱/۲۹ | خیلی وسیع | ۱۵۷ | ۲۳ | ملایم | ۱۲/۱۵ | ۱۲/۱۵ | ۱ | مدور | قرمزبالایی |
| ۲۱ | تاقدیس کوه کلرز | ز | ۱/۱ | ۵ | -۰/۶۵ | وسیع | ۱۱۵ | ۶۵ | یلز | ۲/۲۵ | ۲/۷۵ | ۰/۸۱ | مدور | قم |
| ۲۲ | تاقدیس کوه گچ | ح | ۰/۷ | ۲/۵ | -۰/۵۵ | پهن | ۱۳۰ | ۵۰ | ملایم | ۰/۲۵ | ۱/۴ | ۰/۱۷ | زاویه‌دار | قرمزبالایی |
| ۲۳ | ناودیس کوه سرخ | ح | ۰/۵ | ۵ | -۱ | وسیع | ۱۴۴ | ۳۶ | ملایم | ۷/۲۵ | ۹ | ۰/۸ | مدور | قرمزبالایی |
| ۲۴ | تاقدیس کوه سرخ | ح | ۰/۴۵ | ۱/۵ | -۰/۵۲ | پهن | ۹۰ | ۹۰ | یلز | ۰/۴۵ | ۱/۲ | ۰/۳۷ | نیمه‌لوبه‌دار | قم |
| ۲۵ | ناودیس گرمسار | ح | ۱ | ۱۳/۵ | -۱/۱۳ | خیلی وسیع | ۱۴۶ | ۳۴ | ملایم | ۱۲ | ۱۲ | ۱ | مدور | قرمزبالایی |
| ۲۶ | تاقدیس آجان | ح | ۰/۵ | ۱/۵ | -۰/۴۷ | پهن | ۸۸ | ۹۲ | یلز | ۰/۵ | ۰/۸ | ۰/۶۲ | نیمه‌مدور | قم |
| ۲۷ | ناودیس مسجک | ح | ۰/۴ | ۰/۹۵ | -۰/۳۷ | پهن | ۴۴ | ۱۳۴ | پسته | ۰/۴ | ۰/۷ | ۰/۵۷ | نیمه‌مدور | قم |
| ۲۸ | تاقدیس پور | ح | ۰/۱ | ۰/۶ | -۰/۷۷ | وسیع | ۷۹ | ۱۰۱ | یلز | ۰/۳۲ | ۰/۴۷ | ۰/۶۸ | نیمه‌مدور | کرج |
| ۲۹ | تاقدیس سلران | ح | ۰/۸ | ۲/۲۵ | -۰/۴۴ | پهن | ۸۴ | ۹۶ | یلز | ۱/۳ | ۲/۶۵ | ۰/۴۹ | نیمه‌مدور | کرج |



www.SID.ir

به همین دلیل، رأس سازند قم در چین‌های اصلی شکل۱ که کم‌تر در اثر توسعه راندگی‌ها دچار تغییر شکل شدید شده باشند(و یا تغییر شکل آن‌ها قابل بازسازی باشد) مورد بررسی قرار گرفت.

برای این منظور، بر اساس روش پیشنهادی رامسی و هوبر[٤]، ربع طول موج سطح مورد نظر به سه بخش با فواصل مساوی تقسیم و با استفاده از حل‌های چهار دترمینان اصلی(معادلات ذیل) ضرایب توابع مثلثاتی محاسبه شد(جدول۲).

$$b_1 = \frac{1}{3}(y_1 + \sqrt{3}y_2 + y_3)$$
$$b_2 = \frac{1}{3}(2y_1 - y_3)$$
$$b_3 = \frac{1}{3}(y_1 - \sqrt{3}y_2 + y_3)$$

دامنه اصلی چین از ضریب $b_1$ حاصل می‌گردد و البته اندکی با ضریب $b_3$ تغییر می‌کند. این تغییر به صورتی است که مقادیر مثبت $b_3$ ، دامنه ضریب $b_1$ را کاهش می‌دهد و مؤید پهن شدگی منطقه لولایی هستند. در حالی که مقادیر منفی $b_3$ ، دامنه ضریب $b_1$ را افزایش می‌دهد و مؤید پرشیب و مستقیم شدگی یال‌های چین هستند. در ضمن از آن‌جا که پنجمین مؤلفه هماهنگی(ضریب $b_5$) خیلی کوچک است و تأثیر ناچیزی در هندسه چین دارد، از روش ترسیمی هادلستون[۳] برای ترسیم شکل این چین‌ها استفاده شده است(شکل۳). این روش که مبتنی بر اندازه‌گیری نسبت $\frac{b_3}{b_1}$ چین‌هاست، اساس تحلیل هماهنگی مشاهده‌ای[۱] هادلستون را که مربوط به چین‌های متقارن است، تشکیل می‌دهد.

**جدول۲- مقادیر ضرایب فوریه سطح چین‌خورده رأس سازند قم**

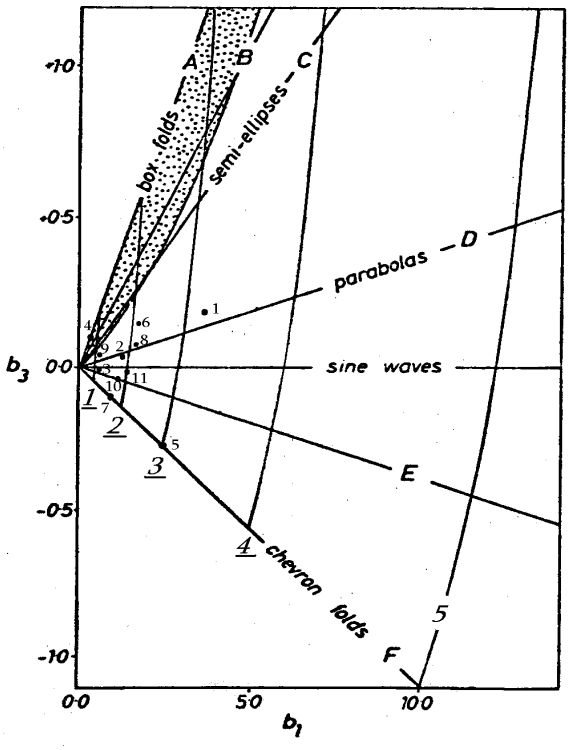
| ردیف | نام چین | $b_5$ | $b_3$ | $b_1$ |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | **تاقدیس سرهر** | -۰/۰٤ | ۰/۲ | ۳/٦ |
| ۲ | **تاقدیس بن‌کوه** | -۰/۰۲ | ۰/۰۳ | ۱/۳٥ |
| ۳ | **ناودیس چهل‌تن** | ۰/۰۰٦ | -۰/۰۱ | ۰/٥۲ |
| ٤ | **تاقدیس لاسگردشت** | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۲٤ |
| ٥ | **تاقدیس قراول‌کوه** | ۰/۰۰٤ | -۰/۳٦ | ۲/٤۲ |
| ٦ | **ناودیس قراول‌کوه** | -۰/۰۰۲ | ۰/۱٥ | ۱/۹ |
| ۷ | **تاقدیس تپه‌بلند** | ۰/۰۲ | -۰/۱ | ۰/۷۷ |
| ۸ | **تاقدیس کوه کلرز** | -۰/۰۰۷ | ۰/۰۸ | ۱/۸٤ |
| ۹ | **ناودیس مسجدک** | ۰/۰٥ | ۰/۰٦ | ۰/۸ |
| ۱۰ | **تاقدیس آجان** | ۰/۰۱ | -۰/۰۳ | ۱/۰٥ |
| ۱۱ | **تاقدیس کوه سرخ** | -۰/۰۰٥ | -۰/۰۱ | ۱/٤۳ |

همان‌طور که در شکل۳ ملاحظه می‌گردد، این چین‌ها دارای شکل‌های متفاوت، ولی غالباً از نوع کم دامنه هستند. بنا بر این می‌توان آن‌ها را دچار دگرشکلی پیش‌رونده بر روی ورقه‌های رانده شده دانست[٥].

۱-Visual harmonic analysis



Archive of SID
www.SID.ir




**شکل۳- روش ترسیمی برای رسم شکل چین‌ها، اقتباس از[٤]. خطوط ۱ تا ٥ مربوط به دامنه چین و نقاط، نشان‌گر چین‌های ذیل هستند:**
**۱- تاقدیس سرهر،۲- تاقدیس بن‌کوه،۳- ناودیس چهل تن،٤- تاقدیس لاسگردشت،٥- تاقدیس قراول‌کوه، ٦- ناودیس قراول‌کوه،۷- تاقدیس تپه بلند،۸- تاقدیس کوه کلرز،۹- ناودیس مسجدک،۱۰- تاقدیس آجان، ۱۱- تاقدیس کوه سرخ**

## سبک یک لایه چین‌خورده

سبک یک لایه چین‌خورده با بررسی دو سطح بالایی و پایینی تشکیل‌دهنده یک لایه خاص مشخص می‌گردد. بهترین روش بررسی و مقایسه دو سطح یاد شده، بررسی الگوی شیب ایزوگون[۱] است که عموماً در لایه‌های مقاوم از نوع همگرا(رده 1B یا 1C از تقسیم‌بندی می‌باشد[٦] .

در جدول ۳، واحدهای چینه‌شناسی منطقه بررسی شده که حاصل از اجتماع لایه‌های چین‌خورده با یک سبک خاص هستند، تفکیک گردیده‌اند.

## سبک یک توالی چین‌خورده

به طور کلی می‌توان چین‌های منطقه برسی شده را ازنوع چندلایه‌ای[۲] و متشکل از واحدهای متفاوت به حساب آورد. در این وضعیت، سبک‌چین بر اساس دو مورد ذیل معین می‌گردد:

**الف - هماهنگی (H)**

هماهنگی، به نسبت ژرفای چین‌خوردگی(D) به نصف طول موج($\lambda/2$ یا M) اطلاق شده است. اما از آن‌جا که ژرفای چین‌خوردگی‌های منطقه بررسی شده معین نیست، تنها می‌توان توالی چینه‌ای پس از ائوسن میانی را به دلیل وجود واحدهای تبخیری نسبتاً ضخیم(بیش از ۳۰۰۰ متر) در قاعده‌اش، نسبت به توالی چینه‌ای پیش از آن،

۱-Dip Isogon ۲ -Multilayer



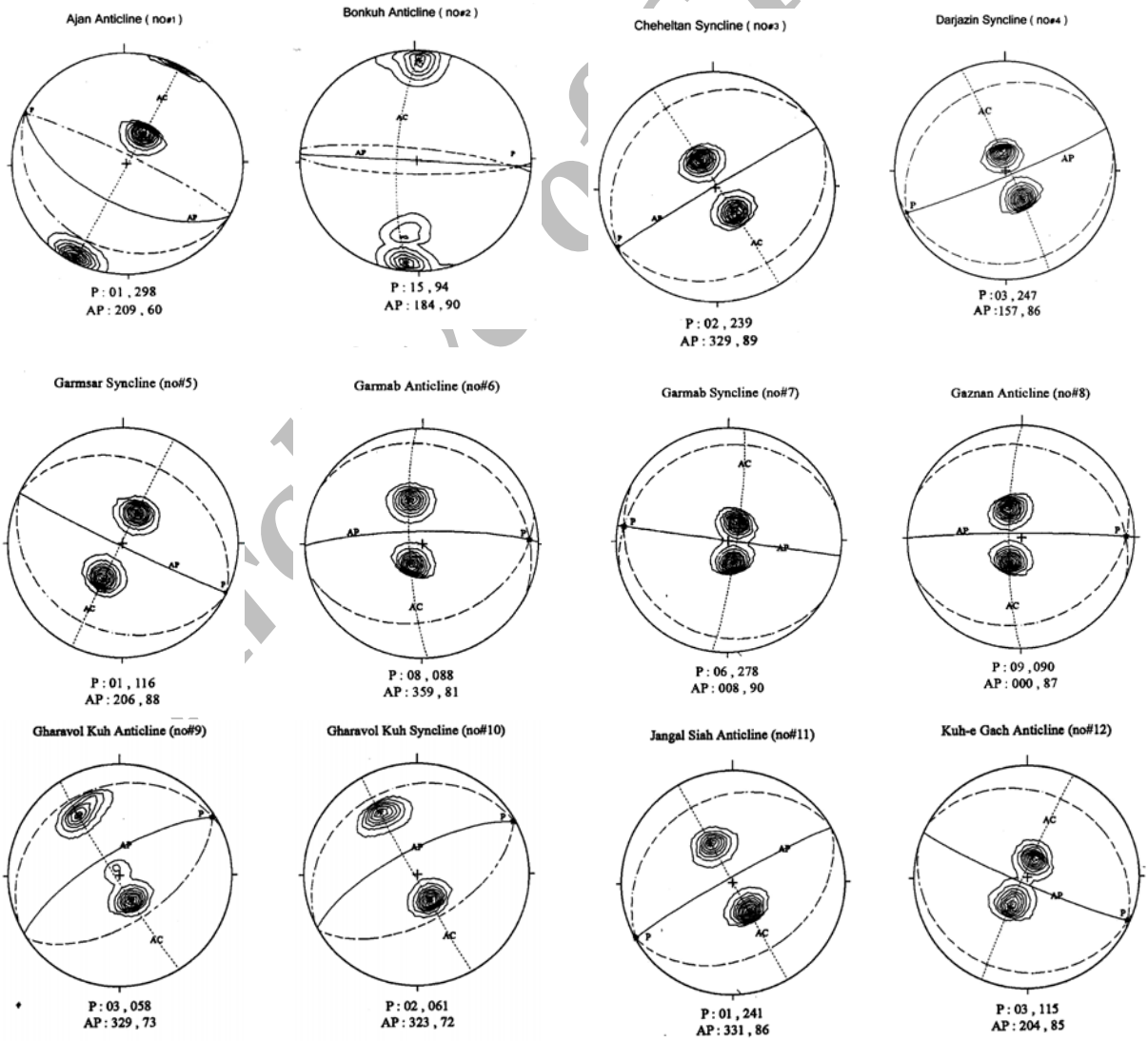
Archive of SID
www.SID.ir

از نوع غیرهماهنگ دانست. از سوی دیگر،رخداد فاز کوهزایی پیرنه‌ای، عامل مهمی در متفاوت بودن هماهنگی واحدهای جوان‌تر با واحدهای قدیمی‌تر است.

**ب ـ هندسه سطح محوری**

به طور کلی، هندسه سطح محوری چین‌های منطقه بررسی شده را می‌توان از نوع تقریباً صفحه‌ای به حساب آورد.

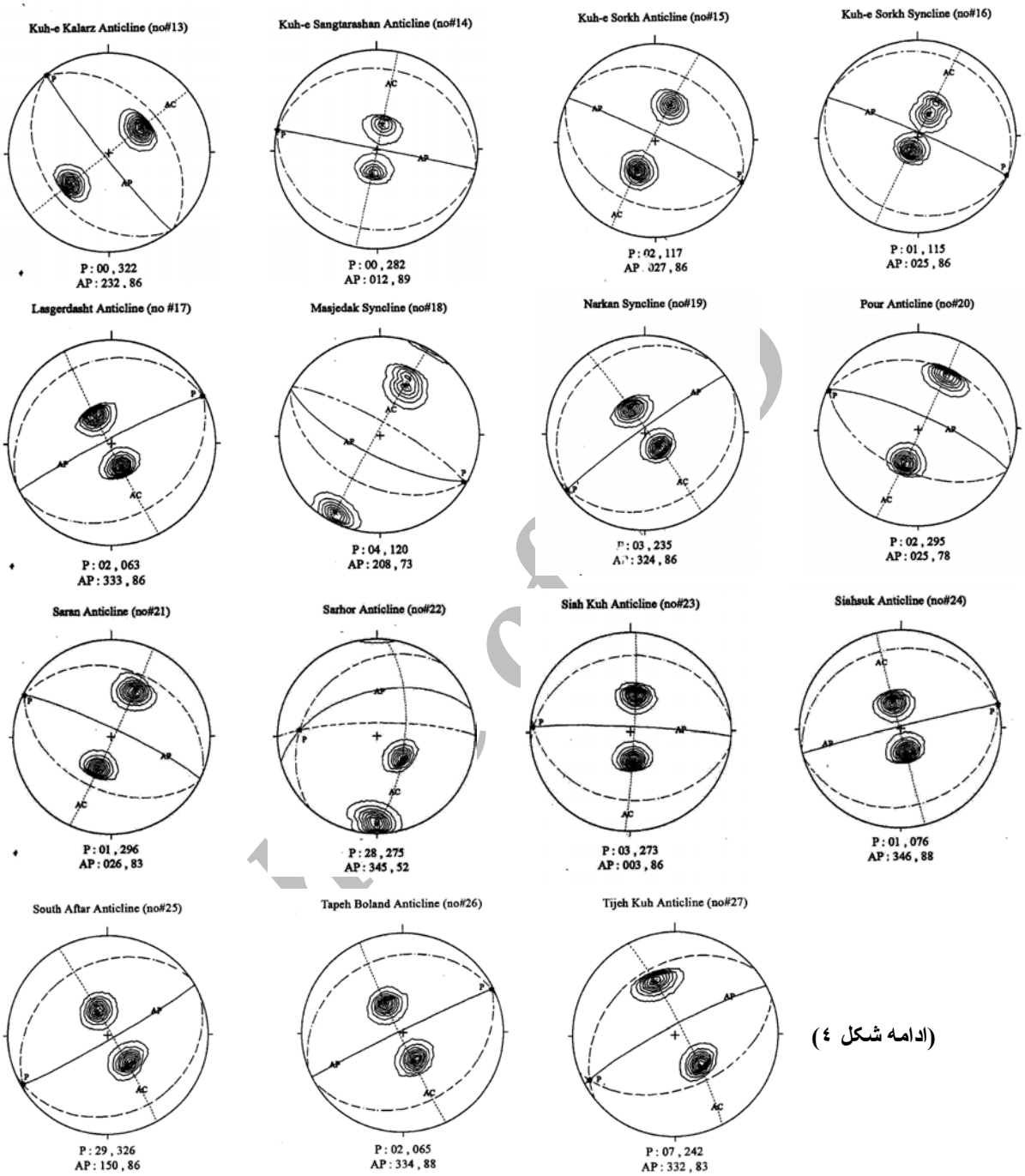
در شکل٤، موقعیت‌های برآورد شده سطح محوری بر اساس تحلیل استریوگرافیکی، قابل مشاهده است. بدین ترتیب با انتقال این داده‌ها بر روی نمودار مثلثی شکل[۷]، موقعیت و جهت‌گیری چین‌های منطقه بررسی شده مشخص شده و امکان رده‌بندی آن‌ها فراهم می‌گردد(شکل٥).




**شکل٤ ـ استریوپلات‌های نشان‌گر موقعیت سطح محوری(AP)، محور(p) و سطح تقارن(Ac) چین‌های‌بررسی شده**



www.SID.ir




**(ادامه شکل ٤)**

همان طور که در شکل٥ دیده می‌شود، بیش‌تر چین‌های بررسی شده، از نوع ایستاده افقی هستند و به همین سبب می‌توان آن‌ها را یکی از شواهد تاریخچه جوان چین‌خوردگی منطقه به حساب آورد. به بیان بهتر، می‌توان گفت که هنوز مدت زمان زیادی از تشکیل چین‌ها سپری نشده و این منطقه، دگرشکلی شدیدی را تحمل نکرده است. این موضوع با موقعیت زمین‌ساختی گستره بررسی شده که در بردارنده حاشیه جنوبی کمربند چین‌خورده و رانده جنوبی البرز(پیشانی ساختاری) است، کاملاً سازگار است.



www.SID.ir

**شکل ۵- نمودار مثلثی شکل نشان‌گر موقعیت چین‌ها بر اساس تقسیم‌بندی[۷]، اقتباس از[۸]**

## سازوکارچین‌خوردگی

به طور شاخص ۵ سازوکار رایج چین‌خوردگی در پهنه‌های رانده توسط مکـلی[۹] شناسایی گردیده است که دو مورد اصلی آن در گستره مورد بررسی عبارتند از:

### ۱- چین‌خوردگی جدایشی

چین‌های جدایشی، در بالای یک واحد شکل پذیر یا سطح جدایش نظیر شیل تحت فشار، نمک یا انیدریت تشکیل می‌شوند. این چین‌ها درجایی که جابه‌جایی روی راندگی به حداقل می‌رسد، ایجاد می‌گردند. چین‌های جدایشی با هر رمپ شدگی در مسیر راندگی مرتبط نیستند، ولی در جایی که کف‌راندگی به یک نقطه‌گیر(که مانع گسترش بعدی می‌شود) برخورد می‌کند و حرکت افقی(یا کم زاویه) به وسیله چین‌خوردگی و بالا آمدگی قائم در



www.SID.ir

فرادیواره راندگی همراه می‌شود، تشکیل می‌گردند. به این ترتیب، ایجاد چین‌های جدایشی به اعماق نسبتاً کم محدود می‌شود. این گونه چین‌ها که بدون ریشه هستند. (یعنی تا جایی که دگرشکلی به وسیله واحد شکل‌پذیر در سطح جدایش همراهی می‌شود، عمق دارند) در کمربندهای چین‌خورده و رانده پیش‌بوم کم عمق رایج هستند[۹]. لازم به ذکر است که چرخش یال جلویی در طی چین‌خوردگی، معمولاً در چین‌های جدایشی مشاهده شده است [۱۰] و به همین دلیل تعیین محدوده‌های شیب در حد فاصل سطوح محوری مجاور مشکل است.

الگوهای هندسی چین‌های جدایشی، را پژوهشگران بسیاری نظیر« پابلت و مکـلی»[۱۱] مورد بررسی قرار داده‌اند و بر این اساس معلوم شده است که الگوی شیب یال متغیر- درازای یال متغیر، بهترین برازش را با مثال‌های واقعی چین‌های جدایشی مشاهده شده در کمربندهای چین‌خورده - رانده پیشانی نشان می‌دهد.

به بیان بهتر، باید گفت که در طی تحول پیش‌رونده یک چین جدایشی، شیب و درازای یال‌های آن به‌ویژه یال جلویی، تغییر می‌کند؛ زیرا نفوذ مواد تغذیه کننده شکل‌پذیر به داخل چین‌های جدایشی در حال رشد، امکان حفظ سازوکار شبیه به خود را از آن‌ها می‌گیرد. به‌ویژه در حالتی که راندگی، شروع به رمپ شدن نموده و یک چین جدایشی قبلاً تشکیل شده را منتقل کند. به این گونه چین‌ها، چین‌های جدایشی انتقال یافته اطلاق شده است.

در هر حال، بر اساس بررسی‌های انجام پذیرفته، می‌توان تاقدیس‌های کوه سرخ. کوه گچ، کوه نمکدان و قراول کوه(شکل۱) را به عنوان نمونه‌هایی از تاقدیس‌های جدایشی شکل گرفته بر روی واحد تبخیری سازند قرمز زیرین(و شاید سازند کند در زیر آن) در نظر گرفت. تاقدیس‌های سیاه کوه و تپه بلند را نیز می‌توان به عنوان نمونه‌هایی از تاقدیس‌های جدایشی شکل گرفته بر روی واحد تبخیری بخش زیرین سازند قرمز بالایی در بخش جنوبی منطقه بررسی شده معرفی نمود. لیکن بر اساس توسعه و به سطح رسیدن راندگی در یال جلویی آن‌ها، می‌توان این تاقدیس‌ها را از نوع جدایشی انتقال یافته به حساب آورد.

از سوی دیگر، جمی سان[۱۲] با یکسان در نظر گرفتن ضخامت واحد شکل‌پذیر و حداکثر فرازای تاقدیس نسبت به بخش‌های چین‌خورده اطراف، ضخیم شدگی و نازک شدگی یال جلویی در چین‌های جدایشی را مورد تحلیل قرار داده است(شکل ٦).

بنا بر این با توجه به شکل ٦، می‌توان کمتر از ۲۵ درصد ضخیم شدگی یال جلویی را برای تاقدیس کوه سرخ (۱)، بین ۲۵ الی ۵۰ درصد ضخیم شدگی را برای تاقدیس تپه بلند(۲) و بین ۵۰ الی ۱۰۰ درصد ضخیم شدگی را برای تاقدیس‌های کوه گچ(۳)، سیاه کوه (٤)، و قراول کوه(۵) در نظر گرفت. در ضمن توسعه راندگی رمپ شده در تاقدیس نمکدان، امکان استفاده از شکل ٦ را از میان برده است.

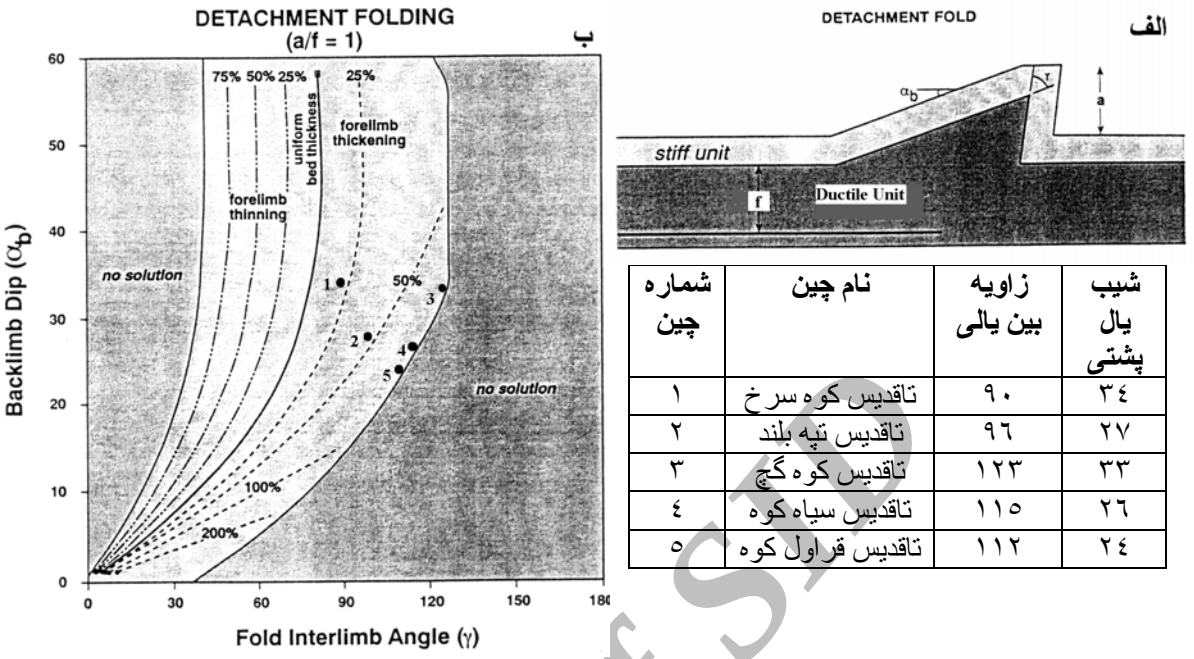
**۲- چین‌خوردگی کمانشی**

چین‌های کمانشی در اثر تنش‌های موازی با لایه‌بندی ایجاد می‌شوند و حاصل از دو سازوکار چین‌خوردگی



Archive of SID

www.SID.ir




| شماره چین | نام چین | زاویه بین یالی | شیب یال پشتی |
|---|---|---|---|
| ۱ | تاقدیس کوه سرخ | ۹۰ | ۳٤ |
| ۲ | تاقدیس تپه بلند | ۹٦ | ۲۷ |
| ۳ | تاقدیس کوه گچ | ۱۲۳ | ۳۳ |
| ٤ | تاقدیس سیاه کوه | ۱۱٥ | ۲٦ |
| ٥ | تاقدیس قراول کوه | ۱۱۲ | ۲٤ |

**شکل ٦- الف) داده‌های لازم جهت تحلیل نازک شدگی و یا ضخیم شدگی یال جلویی چین‌های جدایشی، ب) نمودار نازک شدگی و ضخیم شدگی یال جلویی چین‌های جدایشی مورد اشاره در جدول بالا ، اقتباس از [۹]**

لغزشی خمشی[۱] و سطح خنثی[۲] هستند[٦]. بنا بر این در طی تکوین چین‌خوردگی، سازوکار لغزش خمشی می‌تواند سبب توسعه راندگی در یال پرشیب‌تر چین گردد[۱۳]. به طور کلی، واحدهای رخنمون یافته و درگیر در چین‌خوردگی منطقه، مربوط به پالئوژن در بخش خاوری(از لاسجرد تا خاور سمنان) و نئوژن در بخش باختری(از لاسجرد تا ورامین)هستند. توالی رسوبی پالئوژن، عموماً متشکل از سازندهای فجن، کرج، کند و قرمز زیرین و توالی رسوبی نئوژن، عموماً متشکل از سازندهای قم و قرمز بالایی و هزاردره است. بدین ترتیب، از آن‌جا که هر یک از این واحدها دارای خصوصیات متفاوتی نظیر استحکام یا مقاومت[۳] و ضخامت هستند، هر کدام بر اساس ویژگی‌های ژئولوژیکی خود، دگرشکلی را تحمل می‌نمایند.به همین دلیل، با توجه به لیتولوژی این سازندها، تحلیل عناصر سبک‌چین و رفتار نسبی آن‌ها در برابر کمانش، ویژگی‌هایشان در جدول۳ خلاصه شده است. ردەبندی هندسی واحدهای قابل آزمون چین‌خورده نیز براساس تقسیم‌بندی رامسی[٦] صورت پذیرفته است(شکل۷).

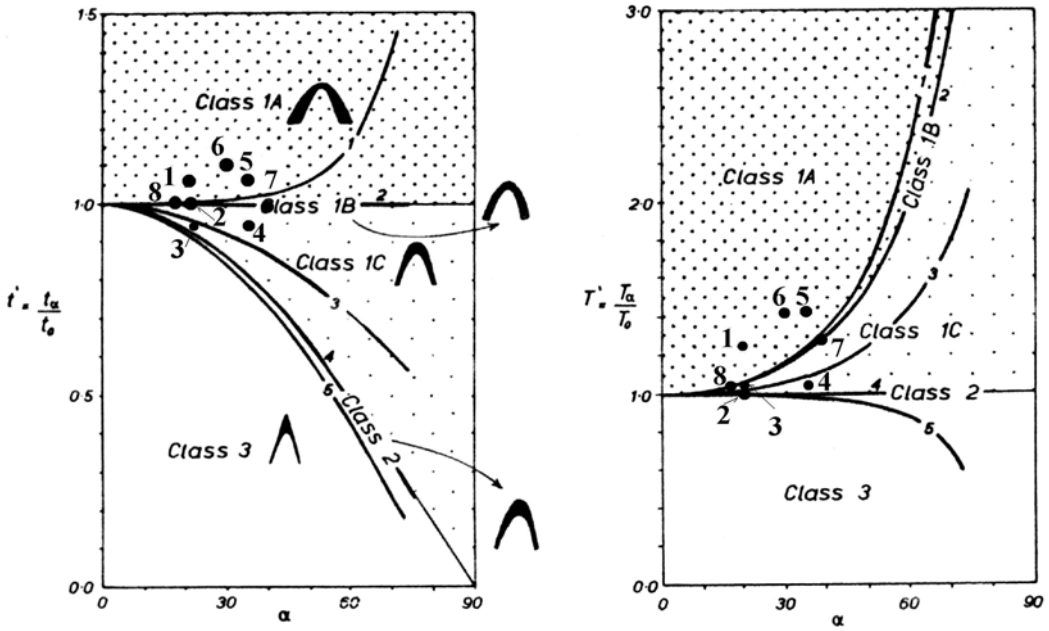
بر این اساس چین‌های کمانشی در بخش‌های مختلف منطقه بررسی شده(شکل۱) عبارتند از:

- مناطق چین‌خورده عطاری و افتر، تاقدیس و ناودیس گرماب، تاقدیس‌های دوبرادر، سیاه سوک، جنگل سیاه، جنوب افتر، کوه سنگ‌تراشان و ناودیس درجزین در بخش خاوری. تاقدیس‌های کوه پیغمبران و دیکتاش وناودیس کوه نوکه نیز، چین‌های کمانشی شدیداً متأثر از توسعه گسل‌های فشاری و رانده بوده و به وسیله آن‌ها قطع شده‌اند.

۱-Flexural-slip ۲ -Neutral-Surface ۳- Competency



Archive of SID
www.SID.ir




**شکل ۷- رده‌بندی هندسی واحدهای قابل آزمون چین‌خورده براساس تقسیم‌بندی رامسی[٦]اعداد ۱ تا ۸ در جدول ۳ معرفی شده‌اند**

**$t_0=T_0$ و نشانگرضخامت سطح محوری در محل لولای چین‌ها است. $T_\alpha$ و $t_\alpha$ به ترتیب نشانگر ضخامت موازی سطح محوری و ضخامت عمودی یا حقیقی در یال هستند α نیز نشانگر مقدار شیب واحدهای چین‌خورده است.**

- منطقه چین‌خورده سرخه کلوت، تاقدیس گزنان، ناودیس کوه چهل‌تن و تاقدیس کوه گیچا در بخش میانی
- ناودیس‌های گرمسار و ایوانکی در بخش باختری

در ضمن از آن‌جا که برخی از گسل‌های فشاری و یا راندگی‌های توسعه یافته در یال، شاهدی از تمرکز بیش‌ترین دگرشکلی در یال چین‌های کمانشی هستند، می‌توان سازوکار لغزش خمشی را ارجح بر سازوکار سطح خنثی در چین‌های کمانشی ذیل دانست:

- ناودیس‌های نارکان و قراول کوه و تاقدیس‌های سیاه کمر، چندران و تپه بلند در بخش خاوری
- ناودیس دهنمک و تاقدیس‌های کوه لاسگردشت و سیاه‌کوه در بخش میانی
- تاقدیس ساران در بخش باختری

## نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این پژوهش عبارتند از:

۱- تقسیم‌بندی چین‌های گستره موردنظر براساس راستای سطح محوری آن‌ها به سه گروه شمال‌خاوری- جنوب‌باختری در بخش خاوری، خاوری- باختری در بخش میانی، شمال‌باختری- جنوب خاوری در بخش باختری.



Archive of SID
www.SID.ir

۲- تشخیص دامنه کوچک بیش‌تر چین‌ها، براساس تحلیل فوریه که می‌تواند مؤیدعمق کم تشکیل آن‌ها بر روی ورقه‌های رانده باشد.

۳- بیش‌تر چین‌های گستره بررسی شده در محدوده چین‌های ایستاده افقی قرار دارند.

٤- تفکیک واحدهای چینه‌شناسی رخنمون‌یافته و درگیر در چین‌خوردگی‌منطقه.

٥- تشخیص سازوکارهای چین‌خوردگی کمانشی وجدایشی در گستره مورد نظر.

جدول ۳- تفکیک واحدهای چینه شناسی رخنمون یافته و درگیر در چین‌خوردگی کمانشی بر اساس ویژگی‌های ژئولوژیکی آن‌ها

| میانگین ضخامت در بخش جنوبی منطقه (متر) | میانگین ضخامت در بخش شمالی منطقه (متر) | رفتار نسبی | سازوکار چیره | نام تافلیس آزمون | شیب | f' | T' | رده براساس تقسیم‌بندی [۲] | نام واحد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ٤٠٠ | ۱۰۰۰ | مقاوم | لغزش خمشی | ۱ شیلبلند | ۲۰ | ۱/۲ | ۱/۲۷ | 1A | قرمزنیالایی |
| | | | | ۲ سلران | ۲۰ | ۱ | ۱ | 1C | |
| ۱۵۰ | ٤٥۰ | نیمه مقاوم تا مقاوم | لغزش خمشی تا برش خمشی | ۳ سلران | ۲۰ | ۰/۹۵ | ۱/۰۹ | 1C | قم |
| | | | | ٤ گرملب | ۳۵ | ۰/۹۳ | ۱/۰۶ | 1C | |
| ۲۰۰۰ + ٤۰۰ | ۲۰۰۰+۶۰۰ | نامقاوم | برش خمشی تا جریانی | ٥ گرملب | ۳۵ | ۱/۰۶ | ۱/٤۳ | 1A | قرمزیرین + کند |
| | | | | ٦ نمکدان | ۳۰ | ۱/۱ | ۱/٤ | 1A | |
| ۸۰۰+۱۶۰۰ | ۱۰۰۰+۲۷۰۰ | مقاوم | لغزش خمشی | ۷ منطقه چین‌خورده بشم | ٤۰ | ۱/۰۵ | ۱/۰۵ | 1B | کرج + فجن نهشته‌های الوسن زیرین |
| | | | | ۸- منطقه‌چینهٔ ورده حطاری | ۱۶ | ۱ | ۱/۲۲ | 1B | |



Archive of SID

www.SID.ir

## منابع

1. R.J. Twiss and E.M. Moores, Structural Geology, W.H. Freeman and Company, New York (1992)101-105, 224-230.
2. C.L. Stabler, Simplified Fourier analysis of fold Shapes, Tectonophysics, Vol. 6 (1968) 343-350.
3. P.J. Hudleston, Fold Morphology and some Geometrical Implications of Theories of fold development, Tectonophysics, Vol. 16(1973)1-46.
4. J. G. Ramsay and M.I. Huber, The Techniques of Modern Structural Geology, Vol. 2: Folds and Fractures, Academic Press London (1987) 314-317, 525-527, 596-600.
5. M. Alavi, Tectonostratigraphic Synthesis and Structural Style of the Alborz Mountain System in Northern Iran, Journal of Geodynamics, Vol. 21(1996) 1-33.
6. J.G. Ramsay, Folding and Fracturing of rocks, McGraw-Hill Book Company (1967) 355-393.
7. M.J. Rickard, A Classification Diagram for Fold Orientation, Geological Magazine, Vol. 108(1971) 23-26.
8. D.M. Ragan, Structural Geology, an Introduction to Geometrical Techniques, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc (1985) 210-215.
9. K.R. McClay, Structural Geology for Petroleum Exploration, British Petroleum Oil Company (2000) 383-413, 482-484.
10. D.W. Burbank and R.S. Anderson, Tectonic Geomorphology, Blackwell Science (2001) 78-80, 201-230.
11. J.A. Poblet and K.R. McClay, Geometry and Kinematics of Single Layer Detachment Folds, The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Vol. 80(1996) 1085-1109.
12. W.R. Jamison, Geometric Analysis of Fold Development in Overthrust Terrains, Journal of Structural Geology, Vol. 9(1987) 207-219.
13. S.P. Colman – Sadd, Fold Development in Zagros simply Folded belt, Southwest Iran, The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Vol. 62. (1978) 984-1003.



Archive of SID
www.SID.ir