

## تحلیل مرفولوژی پرتگاهها و تحول پسروری جبهه شمالی توده کوهستانی الوند

دکتر مقصود خیام - استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز\*  
علیرضا ایلدرمی - دانشجوی دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

پذیرش مقاله: ۸۱/۸/۲۱

### چکیده

توده کوهستانی الوند همدان با جهت شمالغربی - جنوبشرقی در غرب ایران واقع شده است. جبهه شمالی این توده تحت تأثیر مرفولوژی، تکتونیک و عوامل مختلف فرسایش به شدت ناپایدار شده است. با استفاده از تعیین نرخ فرسایش و یا بوسیله عوامل مؤثر در ساختارهای ژئومرفیک می توان میزان ناپایداری دامنه های آن را ارزیابی کرد. جهت انجام چنین تحلیلی از داده های ژئومرفولوژی استفاده شده است. به منظور ارزیابی مرفولوژی پرتگاهها و تحول پسروری جبهه شمالی توده کوهستانی الوند، منطقه مورد نظر به دوازده زیرحوضه تقسیم و شاخص های مرفومتربیک از قبیل میل یافتگی، عقب نشینی موازی، جانشینی، گردشگی، شکل سینوسی جبهه کوهستان، تسطیح شدگی، گرادیان رودخانه، شاخص نسبت پهنای دره به عمق، شاخص مخروطه افکنه ها و شاخص تقارن توپوگرافی و ... محاسبه و در کنار یکدیگر به عنوان شواهد و مدارکی مهم جهت شناسایی مناطق مرفودینامیکی فعال بکار گرفته شده است. ارقام حاصله از محاسبه شاخص ها بیانگر شدت فعالیت مرفودینامیک و فرسایش در زیر حوضه های مختلف منطقه و ناپایداری دامنه شمالی الوند است. وجود شیب های فراوان از نوع (W.L.S) نه تنها موجب تحول دامنه ها شده، بلکه منجر به تشدید فرآیندهای جانشینی، میل یافتگی، عقب نشینی موازی و گردشگی گردیده که با تغییر مرفولوژی دامنه با فرایند جانشینی شروع و با گذشت زمان به گردشگی خاتمه می یابد. از شواهد دیگر مرفودینامیک فعال منطقه که نشانه ای از تحول و پسروری جبهه شمالی الوند محسوب می شود وجود تپه های مسدود کننده، سطوح مثلثی شکل و شکل سینوسی جبهه شمالی کوهستان الوند است. وضعیت سینوسی جبهه شمالی الوند گاهی به شکل خطی و گاهی نیز به شکل منحنی - خطی (بر روی نقشه) است که بیانگر تحول و پسروری منطقه بوده که از فاصله بندی حوضه های زهکشی مجاور، زمان و پهنای محدوده کوهستان الوند تأثیر پذیرفته است. بنظر می رسد که ویژگیهای ژئومرفولوژی جبهه شمالی الوند تحت تأثیر حاکمیت سیستم فرسایشی پریگلاسیر موجب تحول و پسروری آن شده است.

واژگان کلیدی: الوند، مرفولوژی، پرتگاه، میل یافتگی، عقب نشینی موازی، جانشینی، گردشگی، سطوح مثلثی شکل، تسطیح شدگی.

### مقدمه

مرفولوژی جبهه شمالی کوهستان الوند تحت تأثیر گسل های حاصل از فعالیت تکتونیک و عوامل مختلف فرسایش به شدت ناپایدار شده است. با محاسبه حاصل از تعیین نرخ فرسایش و یا به وسیله شناسایی عوامل مؤثر در

\* E-mail: NRcas@hotmail.com

1- Weathering Limited Slope:

- شیب های نوع (W.L.S) شیب هایی هستند که بر روی آنها سرعت جابجایی مواد و فرآیندهای دامنه ای بیش از سرعت تولید خاک است.

ساختارهای ژئومرفیک می‌توان میزان ناپایداری دامنه‌ها را ارزیابی نمود. جهت انجام چنین مطالعه‌ای می‌توان از داده‌ها و نتایج ژئومرفولوژی سود جست. در این رابطه می‌توان مقدار تغییر شکل‌های حاصله و میزان حرکت مواد دامنه‌ای را به طریق معکوس بر اساس تغییرات و مرفولوژی حاصله در ساختارهای ژئومرفیک تعیین و مشخص نمود. از ساختارهای مهمی که دارای مدت زمان ماندگاری طولانی‌تری هستند، می‌توان پرتگاهها و جبهه‌های کوهستانی را نام برد. به همین منظور جهت بررسی فرآیندهای دامنه‌ای لازم است تا وضعیت شیب‌ها و پرتگاهها و عوامل مؤثر در توازن آنها بررسی شود.

شیب‌ها از ویژگیهای جالب توپوگرافی بوده و به علت حساسیت عملکرد آنها در مقابل عوامل خارجی و داخلی می‌بایست در هر بررسی مورد توجه واقع شوند. عوامل مؤثر در توازن شیب‌ها به دو عامل اساسی بستگی دارد:

- ۱- شکل یا مرفولوژی که باعث دوام و بقاء آنها در طول زمان می‌شود.
- ۲- شرایطی که در طی آن سرعت ظهور عناصر منفصل مانند رگولیتها با سرعت از بین رفتن آن به تعادل می‌رسد.

بنابراین در مطالعه شیب‌ها می‌توان دو نوع آنها را مشخص نمود: یکی شیب‌های نوع "W.L.S" که در آن سرعت جابجایی مواد بیش از سرعت تولید آن است (مناطق فرسایشی) و دیگر شیب‌های نوع "T.L.S"<sup>۱</sup> که سرعت خاکزایی و تشکیل سازندهای سطحی بیش از سرعت جابجایی آن است.

لذا می‌توان از طریق نرخ حرکت مواد فرسایش یافته در واحد سطح، تغییرات حاصله را از لحاظ تغییر مرفولوژی ارزیابی نمود. به عبارت دیگر در طول زمان و در طی عملکرد فرآیندهای دامنه‌ای بر روی یک شیب، شکل آن ممکن است به صورت یکی از حالات میل یافتگی، عقب نشینی موازی، جانشینی، گردشگی و ... تحوّل یابد. تجزیه و تحلیل حالات مذکور همراه با شاخص‌های دیگری چون تسطیح شدگی، گرادیان رودخانه و شکل سینوسی و ... می‌توان شدت مرفودینامیک فعال منطقه را که نشانه‌ای از تحوّل و پسروری جبهه کوهستانی است مورد ارزیابی قرار داد.

### بیان مسئله

مرفولوژی جبهه‌های کوهستان ایجاد شده توسط گسل‌ها و ارزیابی کمی آنها می‌تواند در تعیین فعالیت نسبی مرفودینامیکی منطقه بسیار مفید باشد. از طریق برآورد میزان فرسایش و یا تعیین عوامل مؤثر در ساختارهای ژئومرفیک می‌توان میزان ناپایداری، تحوّل و پسروری توده کوهستان را مشخص نمود. با برقراری ارتباط میان فرایندهای تکتونیک و ژئومرفولوژیکی براساس شناسایی میزان تغییرات ایجاد شده در ساختارهای ژئومرفیکی می‌توان مقادیر تغییر شکل و شدت فرآیندهای دامنه‌ای را مشخص نمود. بنابراین با مطالعه تغییرات ساختاری پرتگاهها و مرفولوژی آنها در قالب تعیین میزان فرسایش و با استفاده از شاخص‌های مرفومتريک می‌توان تحوّل مرفولوژی و پسروری جبهه کوهستانی را تحلیل نمود. و از این طریق شدت فعالیت مرفودینامیکی منطقه را معین و مناطق مختلف را از یکدیگر تفکیک نمود و از این نظر جهت برنامه‌ریزی به منظور عمران مناطق کوهستانی سود جست.

## مواد و روشها

به منظور تحلیل مرفولوژی پرتگاهها و تحوّل پسروری جبهه شمالی توده کوهستانی الوند، محدوده مورد نظر بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ مشخص و سپس به دوازده زیرحوضه تقسیم شده است. با استفاده از شاخصهای مختلف از جمله میل یافتگی، عقب نشینی موازی، جاننشینی، گردشگی، شکل سینوسی جبهه کوهستان، تسطیح شدگی، گرادیان رودخانه، شاخص نسبت پهنای دره به عمق و ...، تحلیلهای کمی ژئومرفولوژی جهت بررسی مرفولوژی پرتگاهها و تحوّل پسروری جبهه شمالی توده الوند انجام شده است.

در این رابطه کلیه اندازه گیریها بر روی نقشه های توپوگرافی به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ صورت گرفته و تحلیلهای کمی به طور جداگانه در هر زیر حوضه انجام و سپس نتیجه گیریها در خصوص تحوّل جبهه شمالی کوهستان الوند صورت گرفته است. در برخی از موارد بازدیدهای صحرایی جهت تأیید داده های حاصله نیز انجام شده است.

## مرفولوژی پرتگاهها و تحوّل پسروری جبهه شمالی کوهستان الوند

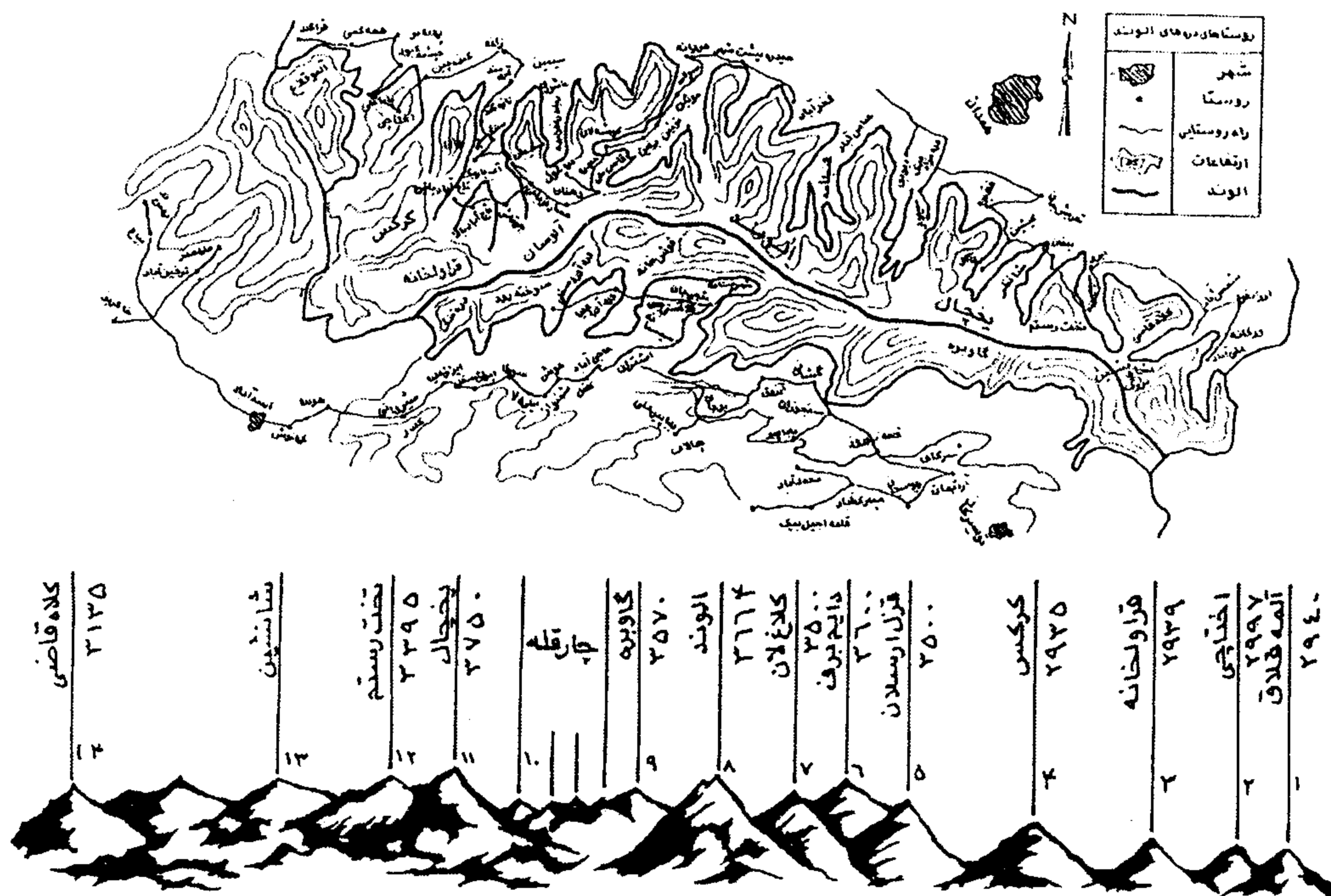
توده کوهستانی الوند همدان با جهت شمالغربی - جنوبشرقی در غرب ایران واقع شده و در محدوده آن شیبهایی از نوع (W.L.S) و (T.L.S)<sup>۱</sup> بسیار متعدّد و فراوان است. به عبارت دیگر شیب های جمع کننده آب با منحنیهای تراز مقعر و شیبهای پخش یا تقسیم کننده آب با منحنیهای تراز محدب، در آن متنوع و بسیار است. شیبهای دارای تحدب با تسلط پدیده خزش و شیبهای دارای تقعر با تسلط شویندگی همراه با سایر عواملی چون لیتولوژی، ویژگیهای هیدرولوژی آبهای سطحی، پوشش گیاهی و ... موجب تحوّل دامنهها شده است. بر اساس مشاهدات میدانی و بررسی نقشههای توپوگرافی، شیبهای شسته شونده در ارتفاعات الوند، شاه نشین، کلاه قاضی، قزل، سرخ بلاغ، آلوسان، کرکس از نوع محدب یا پخش کننده آب با ستیغهای مضرّس و دامنههای پرشیب واقع شده، در حالیکه بر روی ارتفاعات منطقه گنجنامه و ارتفاعات میانی توده الوند سطوح نسبتاً همواری دیده می شود که جزء شیبهای جمع کننده آب و مناطق خزشی محسوب می شوند. (مانند تخت رستم و میدان میشان در ارتفاع ۲۸۰۰ متری). بعلاوه بر روی دامنههای مشرف به دره ابرو، سیمین، عباس آباد، خاکو، دره غول و روان انواع دامنهها با شیبهای از نوع شسته شونده به خوبی قابل شناسایی و تفکیک است. این تغییرات و تفاوت نشانگر نرخ حرکت مواد فرسایش یافته در واحد سطح و شیب می باشد و از اینرو قابل مقایسه با قابلیت فرسایش پذیری<sup>۲</sup> است. لذا در طول زمان و در طی عملکرد فرآیند فرسایش بر روی یک شیب، شکل آن ممکن است به صورت یکی از حالات زیر مشاهده شود:

1- Transport Limited Slope

- شیبهایی هستند که بر روی آنها سرعت جابجایی مواد و فرآیند دامنه ایی کمتر از سرعت تولید خاک است.

2- Erodibility

شکل (۱)



**۱- میل یافتگی، ۲- عقب نشینی موازی، ۳- جانشینی، ۴- گرد شدگی**

پدیده میل یافتگی در شیب‌های الوند در مکانهایی نزدیک به خط تقسیم آب که فرآیند فرسایش مؤثر به شدت در حال فعالیت است، مانند ارتفاعات کلاه قاضی، تخت رستم، کلاغ لان، آلوسان، کرکس، و... مشاهده می‌شود. در مکانهایی که سطح فوقانی آنها توسط یک پوشش سنگی مقاوم در مقابل فرسایش محافظت شده، از جمله دامنه‌های ناهمواری‌های شاه نشین، الوند، آلوسان با لیتولوژی گرانیت و هورنفلس پدیده عقب نشینی موازی به دلیل عملکرد یکسان فرسایش در طول شیب و کوتاه شدگی عرضی با سرعت تقریباً یکسان بر روی شیب، چشم‌اندازهای جالبی را بوجود آورده است. در برخی از دامنه‌های الوند مواد فرسایش یافته حاصل از فرسایش پرتگاهها در بخش قاعده‌ای شیب به شکل واریزه‌ها نهشته شده و با شیبی کمتر از شیب پرتگاه اولیه تجمع یافته‌اند، به طوری که سرایشی نهشته‌ای جدید جانشین شیب اولیه گشته است. اکثر دامنه‌های میانی الوند شاهد چنین فرآیندی است. در مکانهایی که پدیده فرسایشی - نهشتگی متقارن باعث ایجاد شیب جدیدی شده و مقدار انحناء آن در طی زمان کاهش یافته، موجب اتصال دامنه‌های پرتگاه الوند به یک بریدگی شیب شده است. این عمل تحت تاثیر فرآیند گرد شدگی موجب شکل‌گیری تالو در منطقه‌ای که با منحنی تراز ۲۰۰۰ متر منطبق می‌باشد، گشته است. فرآیندهای چهارگانه فوق‌الذکر در جبهه شمالی الوند در مراحل مختلف تغییر کرده و به یکدیگر تبدیل می‌گردند. اولین تغییرات شیب در منطقه با فرآیند جانشینی آغاز و با گذشت زمان به گرد شدگی تبدیل می‌شود.

- 1- Decline
- 2- Retreat
- 3- Replacement
- 4- Rounding

## مرفودینامیک فعال و تحول پسروی منطقه

از شواهد مرفودینامیک فعال در جبهه شمالی الوند می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- سطوح مثلثی شکل، تپه‌های مسدودکننده، شکل سینوسی جبهه کوهستان الوند

در توده کوهستانی الوند چندین گسل کوچک و بزرگ وجود دارد که سطوح توپوگرافی را جابجا نموده است و در برخی از مکانها سطوح مثلثی شکلی را ایجاد کرده که بیانگر سطح فرسایش در این بخشها است. به عبارت دیگر وجود این سطوح حاکی از عدم وجود زمان کافی جهت فرسایش کامل آنها می‌باشد. در این حالت جایگیری منظم حوضه‌های زهکشی، از نسبت بین فواصل دهانه‌های حوضه در طول جبهه کوهستان و طول حوضه زهکشی پیروی می‌کند. به طوری که تمام ناحیه داخل بلوک کوهستانی زهکشی می‌شود. احتمالاً این نوع مرفولوژی منعکس کننده تاریخچه فرسایشی و تحول منطقه بوده و بیانگر شدت فعالیت مرفودینامیکی منطقه و جابجایی شدید مواد و انباشت آن در مکانهای دیگری است.

تجمع مقدار فراوانی از نهشته‌های رسی و ماسه‌ای حاصل از تخریب فیزیکی شیمیایی سنگهای گرانیتی و شیست‌های منطقه در دره‌های انباشتی به دلیل مرفولوژی آنها همچون دره ابرو و سیمین حاکی از حمل بسیار فراوان مواد از بالادست و استقرار در آن مکان است. بررسیهای انجام شده بیانگر این مطلب است که تشکیل چنین چاله تراکمی ناشی از فعالیت تکنونیک به شکل ایجاد گسل ابرو و استقرار رودخانه بر روی آن و انباشت مواد در اثر فرآیندهای دامنه‌ای بویژه لغزشها و ریزش مواد است.

وضعیت سینوسی جبهه شمالی کوهستان الوند که گاهی به شکل خطی و گاهی نیز منحنی - خطی بر روی نقشه مشاهده می‌شود، نشان از مرفودینامیک فعال در منطقه دارد. چرا که جبهه‌های کوهستانی دارای حالت خطی و یا منحنی - خطی مقدار سینوسی کمی داشته و این موضوع حاکی از فعالیت شدید مرفودینامیک و عوامل فرسایشی است. در برخی از قسمتها مقدار سینوسی کم و حاکی از مرفودینامیک فعال در الوند است؛ در حالیکه در برخی از مناطق آن جبهه کوهستان بادانه‌های عمیق دارای مقدار سینوسی شدید بوده و حاکی از آرامش فعالیت مرفودینامیک منطقه است، به طوری که در ارتفاع بیش از ۲۷۰۰ متری با تشکیلات گرانیتی و هورنفلسی بیشترین مقدار سینوسی مشاهده می‌شود بعلاوه این مسئله نشان دهنده تأثیر لیتولوژی و وسعت حوضه‌های زهکشی مجاور در انحاء یا خطی بودن جبهه کوهستان الوند است.

بطور کلی مقدار سینوسی جبهه کوهستان الوند به سه عامل اساسی یعنی فاصله‌بندی حوضه‌های زهکشی مجاور، زمان و پهنای محدوده کوهستان بستگی دارد. به منظور محاسبه مقدار سینوسی جبهه شمالی الوند و فاصله‌بندی حوضه‌های مجاور در سه نقطه، اندازه گیریها انجام و مقدار متوسط آن بدست آمده است:

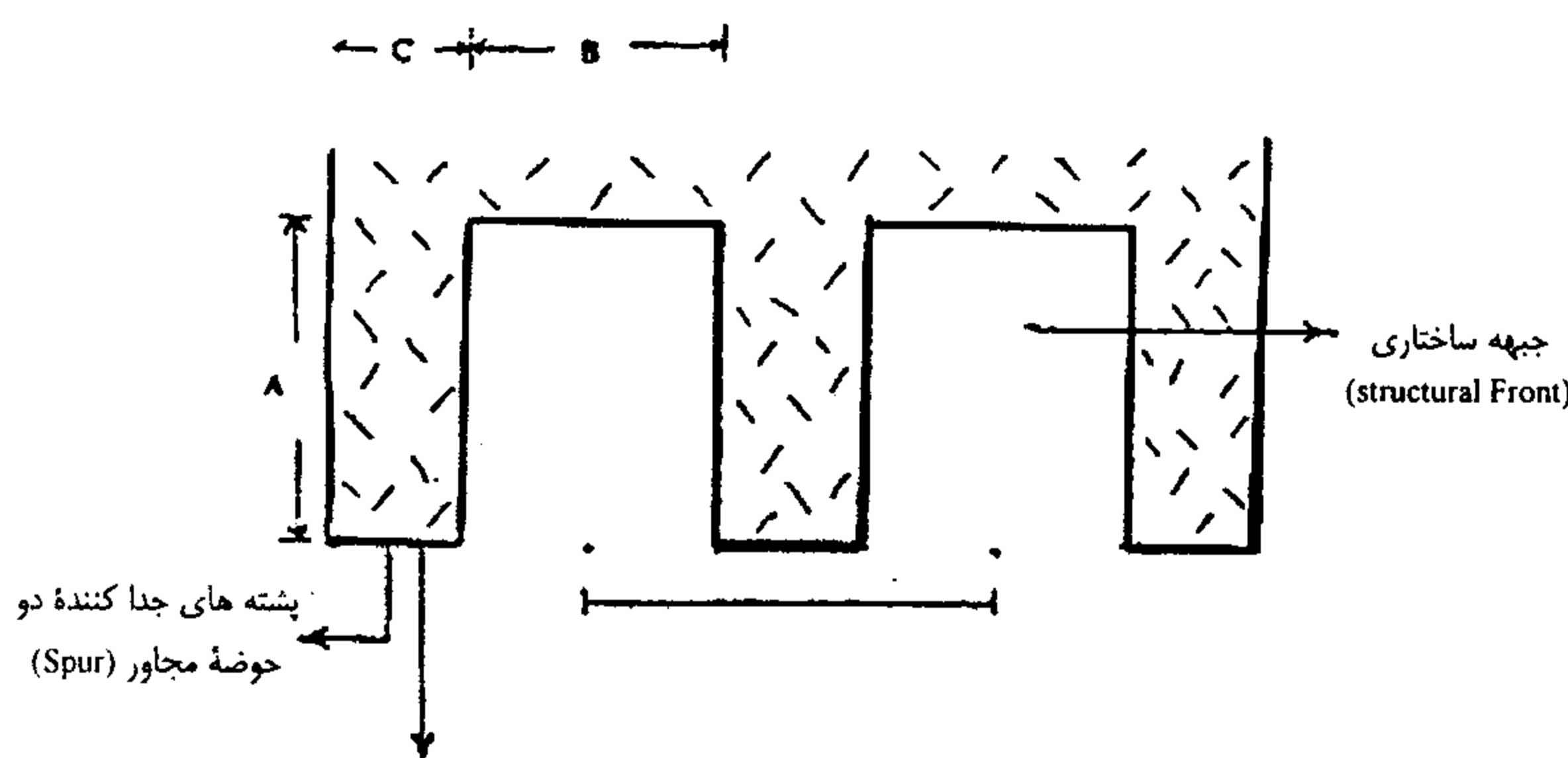
$$\text{مقدار سینوسی} \quad S_{ref} = \frac{2A+B+C}{B+C} = \frac{2A}{B+C} + 1$$

مقدار متوسط  $S_{ref} = 5/0.1$  برای جبهه شمالی الوند بیانگر کاهش مقدار سینوسی آن و فرسایش شدید و عقب‌نشینی، حمل شدید مواد از روی دامنه‌ها بویژه با لیتولوژی حسّاس به فرسایش یعنی گرانیت‌ها و شیست‌هاست.

جدول ۱- مقدار سینوسی نمونه‌های محاسبه شده

(سیمین) نمونه اول		(عباس آباد) نمونه دوم	روان نمونه سوم	$S_{ref}$
A	۲۱/۲ cm	۱۴/۵ cm	۱۷/۸ cm	۴/۵
B	۷/۳ cm	۴/۳ cm	۷/۱ cm	۵/۳۳
C	۴/۸ cm	۲/۴ cm	۱/۴ cm	۵/۲

در سالهای اخیر بررسی شاخص‌های کمی مرفودینامیک فعال جهت ارزیابی تحوّل و پسروری ناهمواریها و جبهه کوهستانی معمول و مرسوم شده است. این شاخص‌ها که تحت عنوان شاخص‌های مرفومتريک عنوان شده‌اند، وسیله مناسبی جهت تحلیل کمی مرفودینامیک فعال، میزان تحوّل و پسروری جبهه کوهستانی محسوب می‌شوند. که از آن جمله می‌توان به شاخص‌هایی چون سینوسی، تسطیح شدگی، گرادیان رودخانه، نسبت پهنای درّه به عمق، شاخص (V)، مخروط افکنه، عدم تقارن آبراهه و تقارن توپوگرافی عرضی T اشاره نمود. به منظور درک صحیحی از وضعیت مرفودینامیکی جبهه شمالی الوند و تحلیل تحوّل و پسروری آن، شاخص‌های فوق‌الذکر اندازه‌گیری و محاسبه شده‌اند.



جبهه ساختاری (structural Front)

A = پهنای محدوده بلوک کوهستانی

B = پهنای حوضه زهکشی

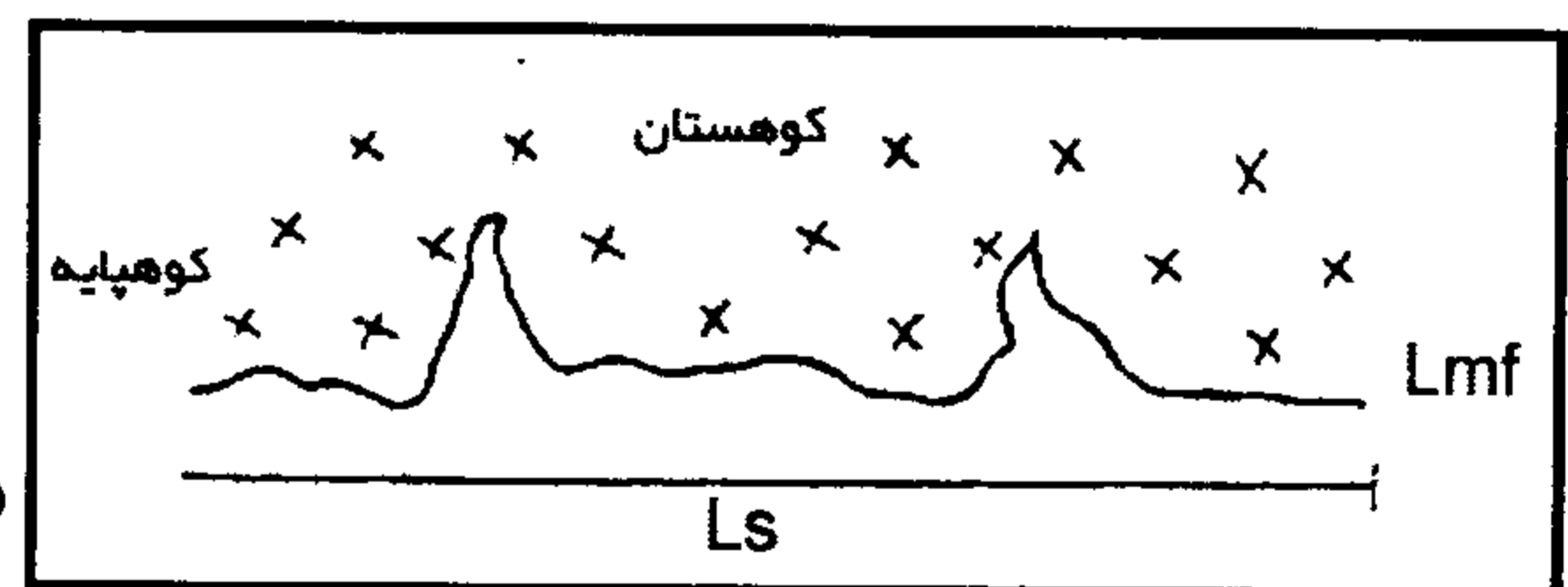
C = پهنای پشته های جدا کننده

(Spacing) فاصله بندی

شکل ۲- مقطع افقی و شماتیک از جبهه کوهستانی فرضی

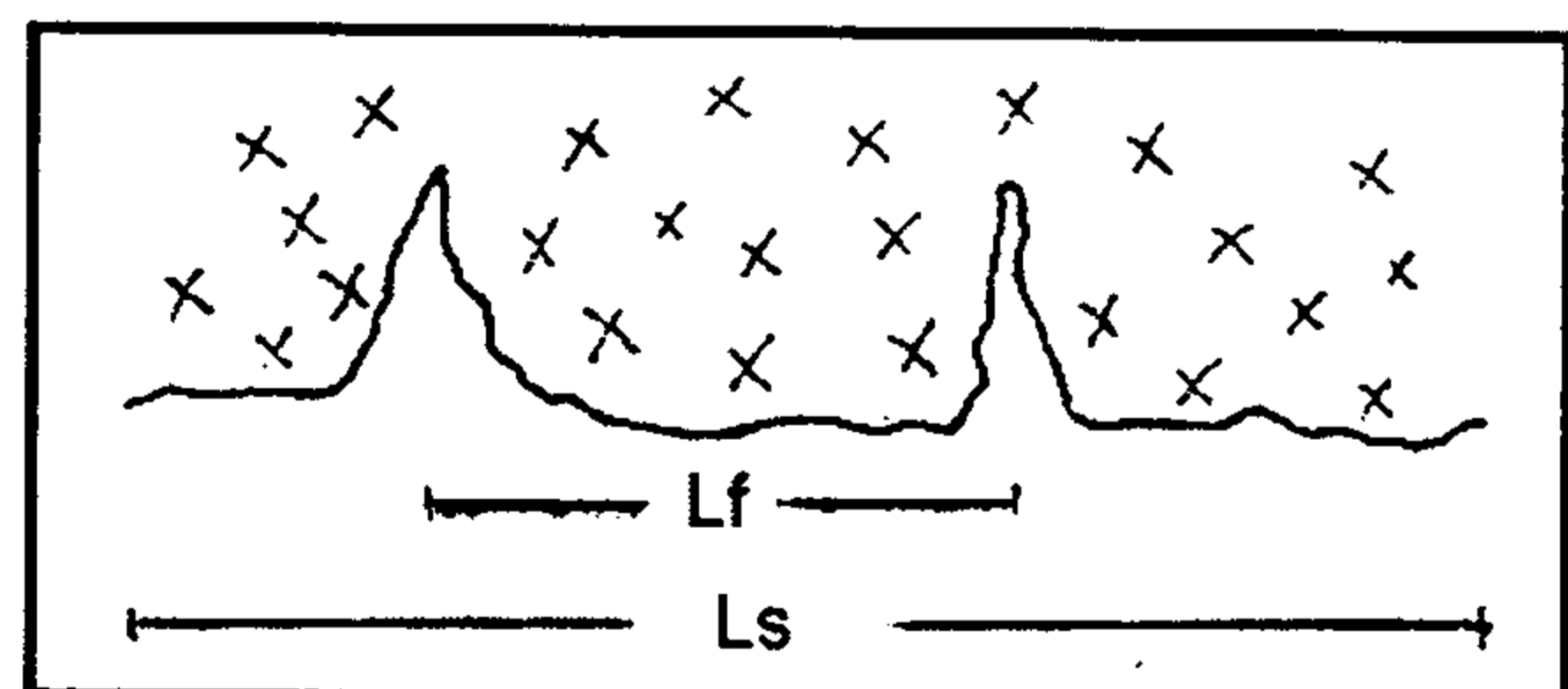
جهت محاسبه فاصله بندی و سینوسی

$$S_{ref} = \frac{2A+B+C}{B+C} = \frac{2A}{B+C} + 1$$



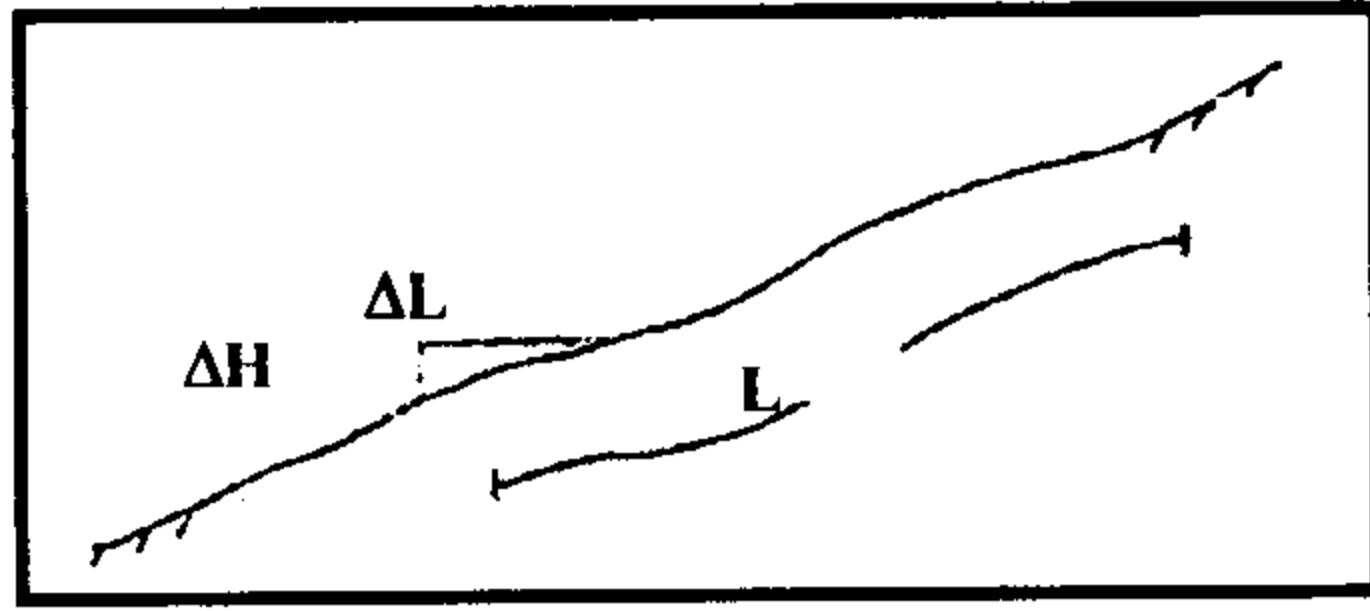
شکل ۳- مقطع افقی و شماتیک جهت

$$S_{mf} = \frac{L_{mf}}{L_s} \text{ محاسبه شاخص سینوسی}$$



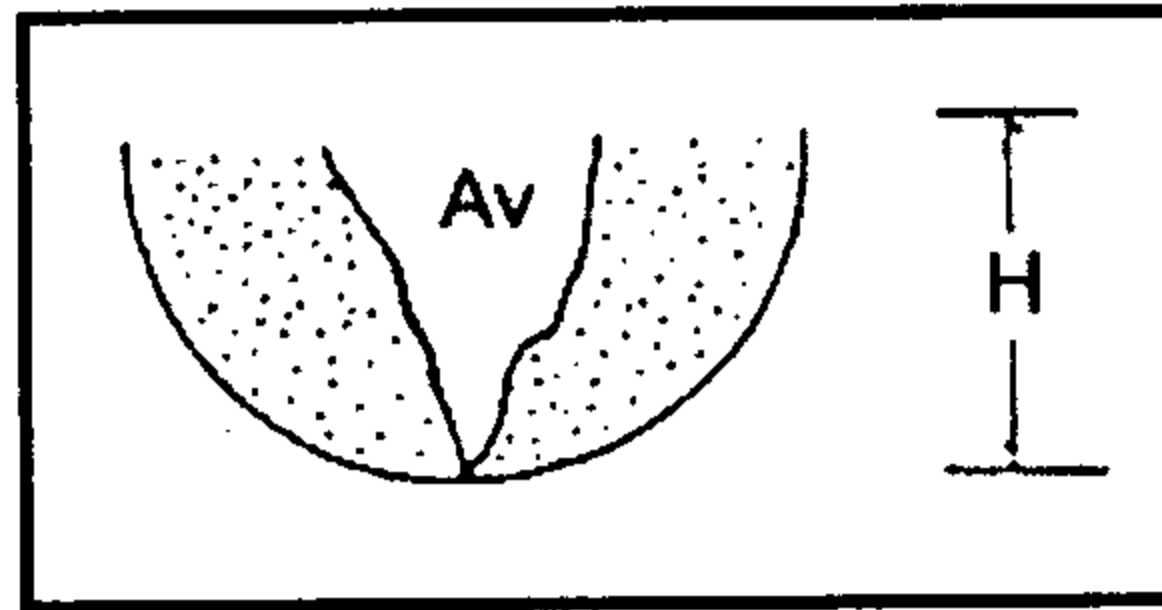
شکل ۴- مقطع افقی و شماتیک جهت محاسبه

$$Focet\% = \frac{L_f}{L_s} \text{ شاخص تسطیح شدگی}$$



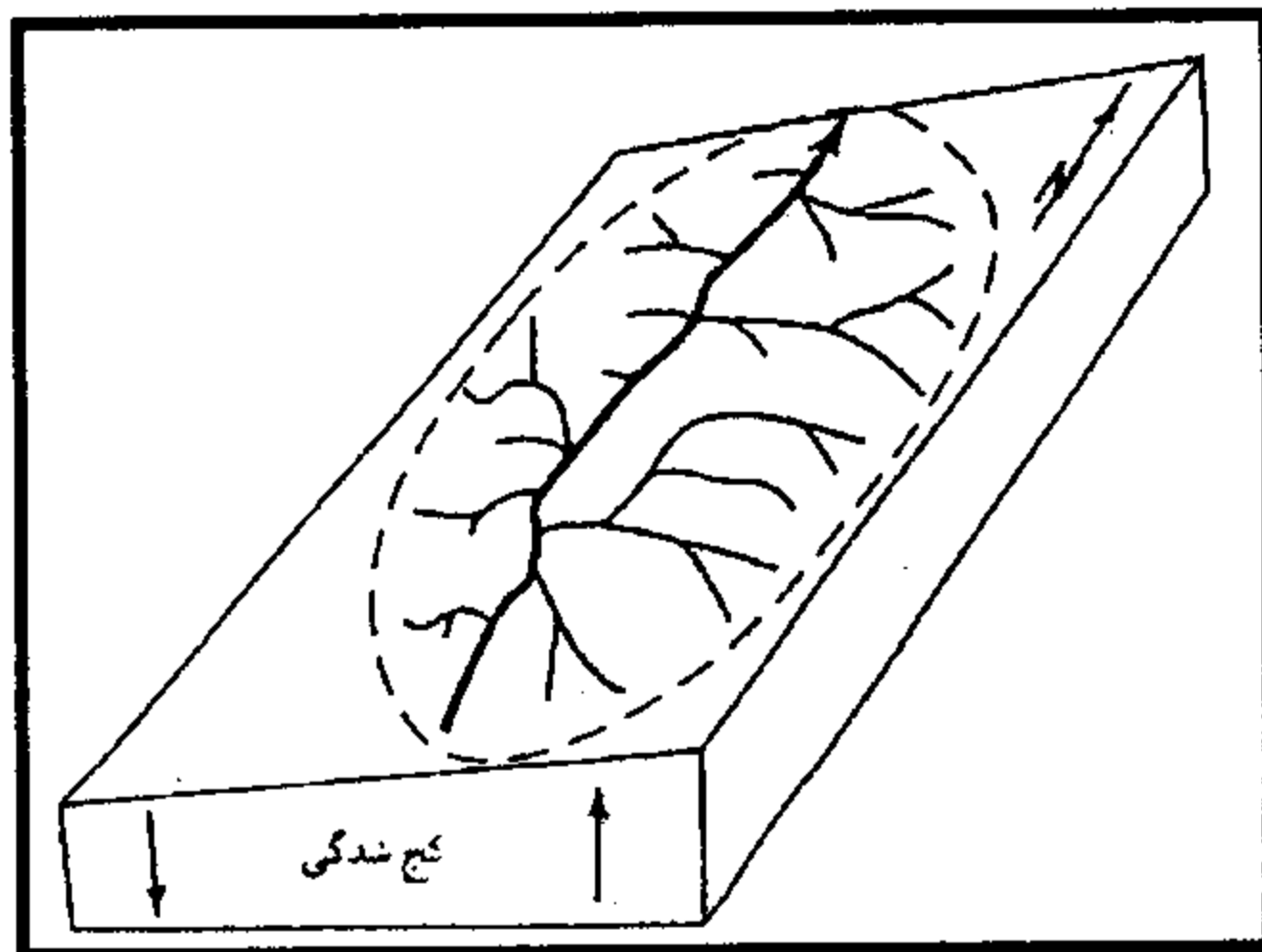
شکل ۵- مقطع افقی و شماتیک جهت محاسبه

شاخص گرادیان رودخانه  $S_L = \frac{\Delta H}{\Delta L} \times L$



شکل ۷- مقطع قائم از یک دره فرضی

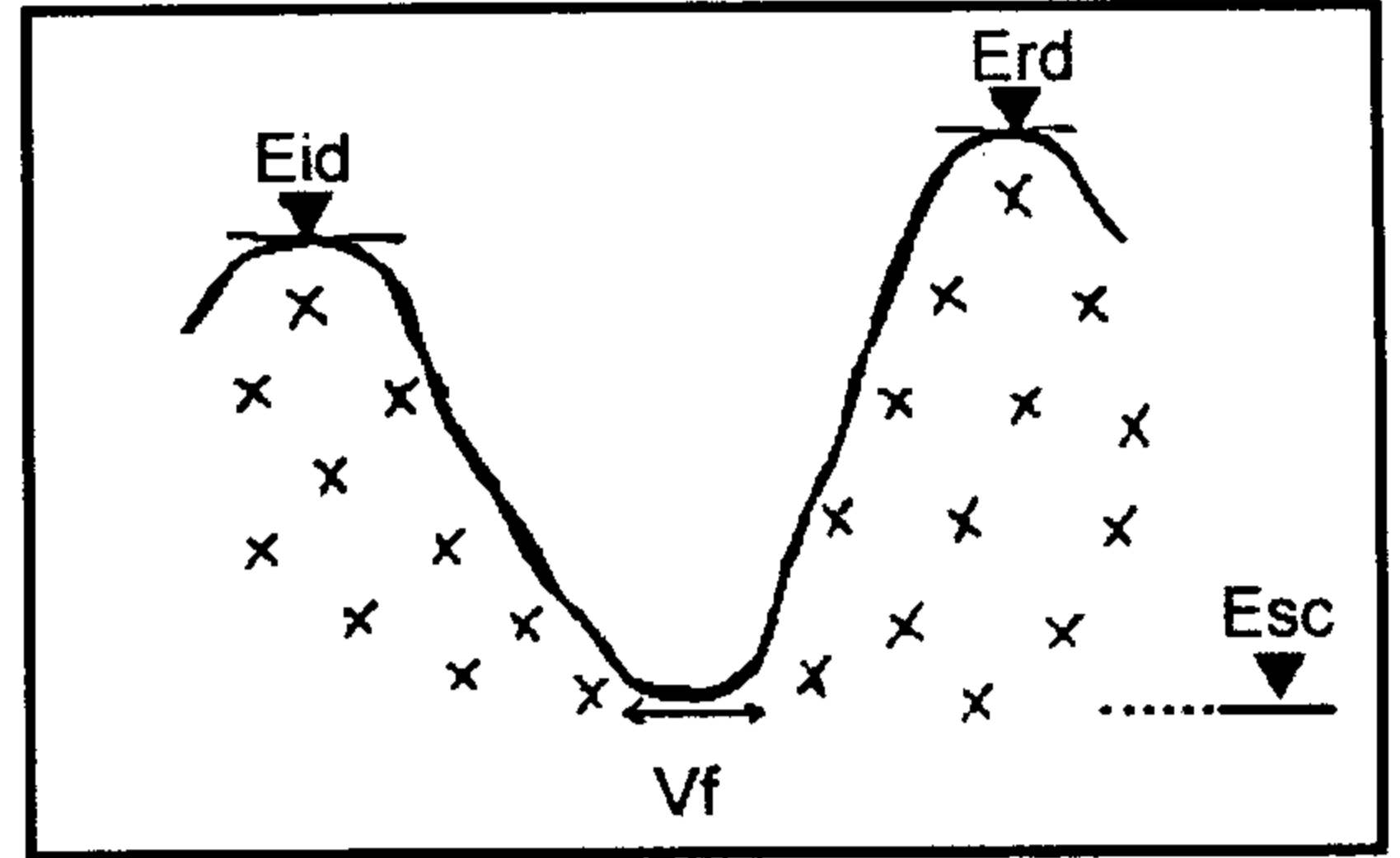
جهت محاسبه  $V = \frac{Av}{Ac} V$



شکل ۸- نقشه شماتیک از حوزه آبریز

جهت محاسبه شاخص تقارن توپوگرافی

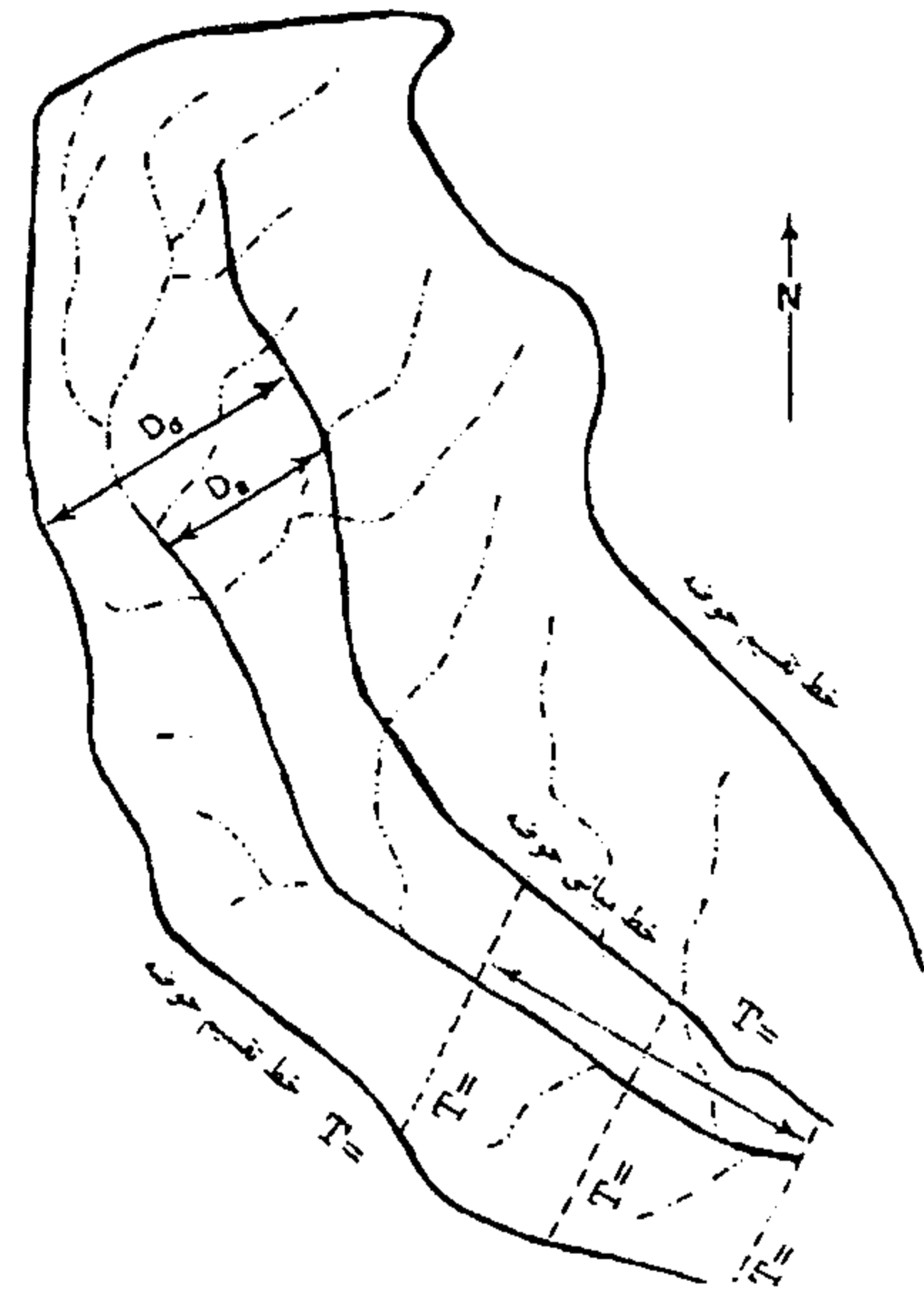
$Af = 100(Av / At)$



شکل ۶- مقطع عرضی و شماتیک جهت محاسبه

شاخص نسبت پهنای دره به عمق

$V_f = \frac{2 \times V_{Fw}}{[(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})]}$



شکل ۹- نقشه شماتیک از حوزه آبریز

جهت محاسبه شاخص تقارن توپوگرافی  $T = \frac{Da}{Dd}$

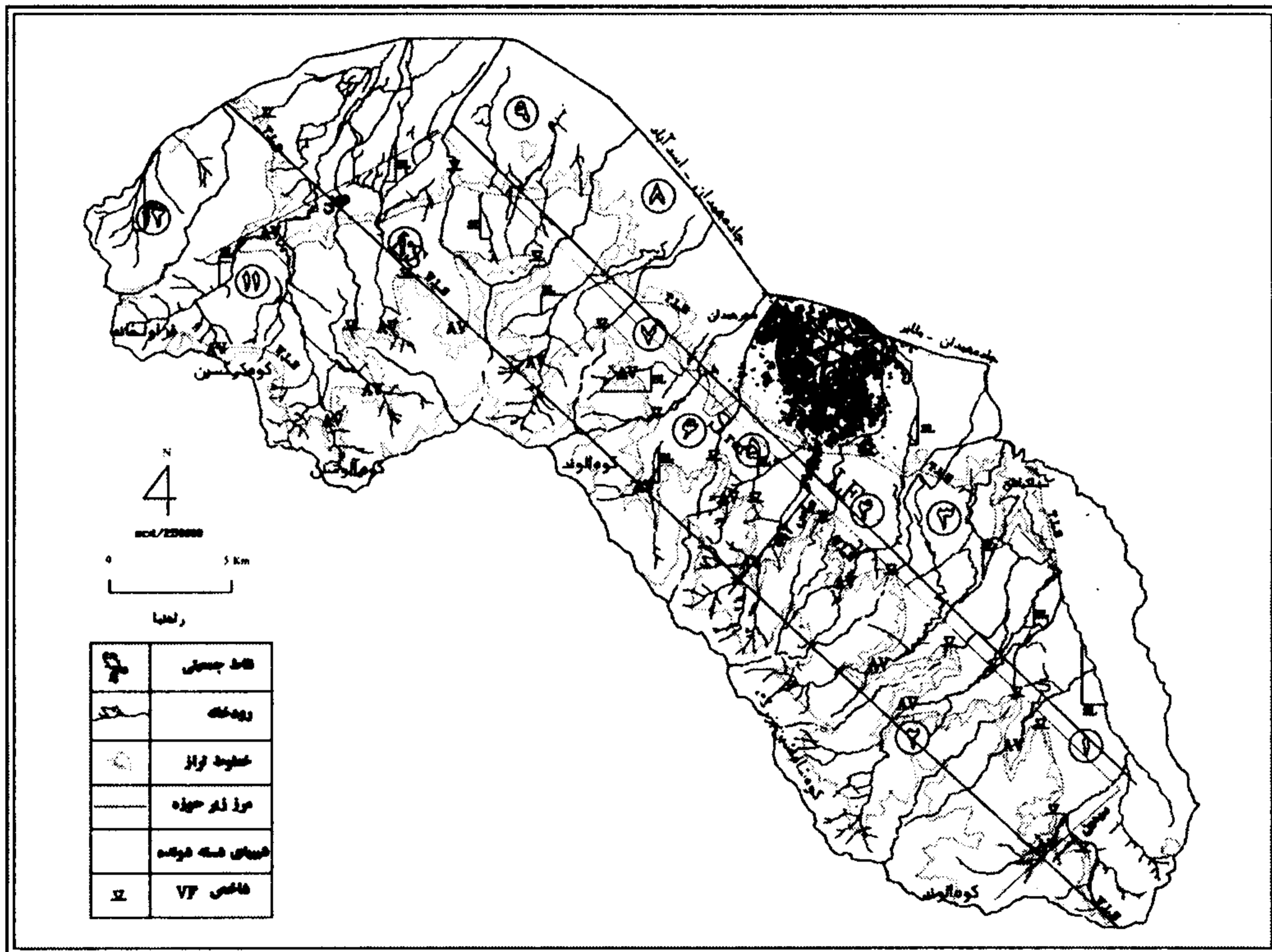
از محاسبات انجام شده این نکته قابل استنتاج است که شاخص سینوسی بیانگر توازن میان نیروی فرسایشی و حمل رود و فرآیندهای دامنه‌ای در جهت شمالی الوند است که منجر به ایجاد جهت کوهستان الوند باشکلی نامنظم و در پاره‌ای از مناطق به شکل مستقیم شده است. مقدار عددی نزدیک به یک  $S_{mf} = 1/54$ ،  $(L_s = 45/5 \text{ cm}$  و  $L_r = 70/2 \text{ cm})$

جدول شماره ۲- نتایج حاصله از محاسبه شاخص های تحول و پسروی جبهه شمالی الوند

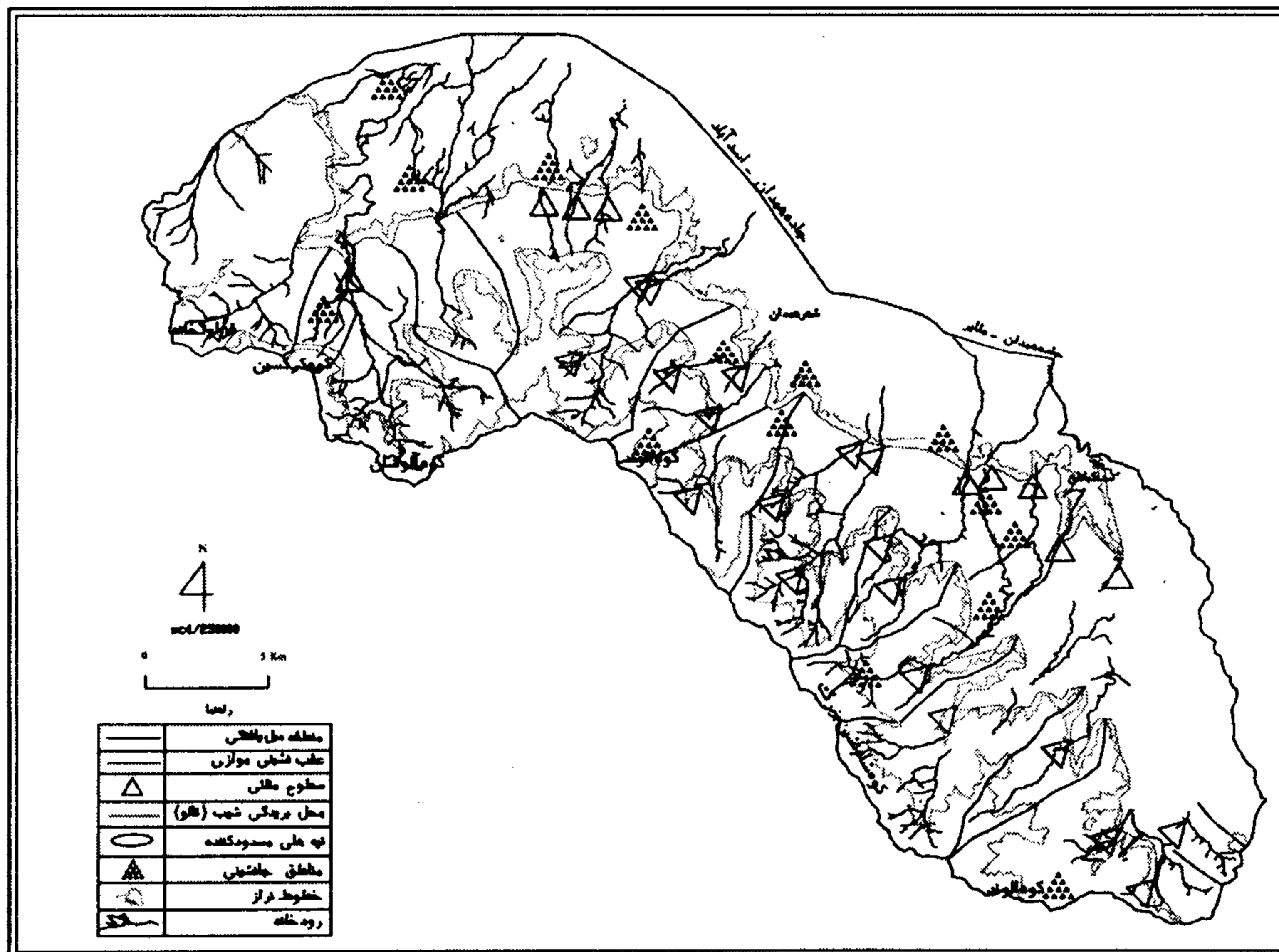
پارامتر	زیرحوضه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
$\Delta H$ (m)	اختلاف ارتفاع در طول قسمتی از آبراهه (متر)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
$\Delta L$ (m)	طول قسمتی از آبراهه (متر)	۳۷۰۰	۲۴۰۰	۱۷۰۰	۸۰۰	۲۱۰۰	۱۳۰۰	۱۵۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۲۴۰۰	۳۳۰۰	۷۰۰
L(m)	فاصله بین حوضه های زهکشی مجاور (متر)	۱۴۰۰۰	۱۱۰۰۰	۹۰۰۰	۷۰۰۰	۷۰۰۰	۱۱۰۰۰	۶۵۰۰	۹۰۰۰	۴۵۰۰	۱۱۰۰۰	۱۴۰۰۰	۵۰۰۰
SL	شاخص گرادیان رودخانه	۳۷/۸/۴	۴۵/۸/۴	۵۲/۹/۴	۸۷/۵	۳۳۳/۳	۸۴/۶/۱	۴۳۳/۳	۵۶/۲/۵	۲۸۱/۲	۴۵/۸/۳	۶۰/۸/۷	۷۱۴/۳
VFW(m)	عرض بستر دره (متر)	۵۰۰	۵۰۰	۷۰۰	۴۰۰	۳۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۴۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۷۰۰	۳۰۰
Eld(m)	ارتفاع دیواره سمت چپ دره (متر)	۲۵۰۰	۲۴۵۰	۲۵۰۰	۲۴۰۰	۲۵۰۰	۲۴۰۰	۲۲۵۰	۲۴۵۰	۲۴۰۰	۲۴۰۰	۲۳۰۰	۲۲۵۰
Erd(m)	ارتفاع دیواره سمت راست دره (متر)	۲۳۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۴۰۰	۲۳۵۰	۲۳۰۰	۲۵۰۰	۲۳۷۰	۲۵۰۰	۲۳۷۰	۲۳۰۰
Esc(m)	ارتفاع بستر دره (متر)	۲۱۸۰	۲۲۲۰	۲۳۰۰	۲۲۲۰	۲۳۰۰	۲۱۰۰	۲۱۵۰	۲۲۰۰	۲۱۸۰	۲۳۸۰	۲۱۰۰	۲۱۵۰
VF	شاخص نسبت پهنای دره به عمق	۲/۵	۱/۷/۹	۳/۱۱	۱/۷/۴	۲	۱/۸/۲	۸	۴/۶/۶	۱/۹/۵	۵/۷/۱	۲/۹/۸	۲/۴
AV(m <sup>2</sup> )	مساحت دره در مقطع عرضی (متر مربع)	۴۱۰۰	۲۵۰۰	۱۶۰۰	۶۶۰۰	۳۵۰۰	۲۱۰۰	۸۰۰	۵۱۰۰	۱۴۰۰	۱۳۰۰	۱۲۰۰	۶۰۰
Ac(m <sup>2</sup> )	مساحت نیم دایره ای به شعاع H متر مربع	۲۲۶۱۹/۵	۱۲۳۱۵۰/۴	۷۹۵۲۱/۶	۸۰۳۹۰۵/۱	۵۹۷۲۹/۵	۱۱۸۷۹۱/۵	۲۴۵۴۳/۶	۱۴۱۳۸/۶	۶۴۰۹۴/۸	۱۷۳۱۸۰/۲	۸۶۷۴۸/۲	۲۴۵۴۳/۶
H(m)	ارتفاع دره (متر)	۱۲۰	۲۸۰	۲۲۵	۲۳۰	۱۹۵	۲۷۵	۱۲۵	۳۰۰	۲۰۲	۱۰۵	۲۳۵	۱۲۵
V	شاخص مورفولوژی دره	۰/۱/۸	۰/۳۰	۰/۲۰	۰/۰/۸	۰/۰/۶	۰/۲۰	۰/۳۰	۰/۰/۴	۰/۰/۲	۰/۰/۷	۰/۱/۴	۰/۲
Ad (مساحت)	مساحت مخروط افکنه	۱۲۲/۶	۵۱/۶	۴۸/۳	۴۷/۳	۷۲/۴	۵۲/۷	۲۶/۶	۴۵/۱	۴۳/۳	۵۱/۲	۱۰۲/۶	۵۳/۱
Af	مساحت مخروط افکنه (۱)	۳۶/۲	۱۲/۸	۱۱/۷	۲۲/۶	۳۴/۴	۱۲/۲	۷/۳	۹/۳	۹/۵	۹/۶	۴۳/۴	۹/۲
(۱)	شاخص وسعت مخروط افکنه	۴۷/۰/۳	۲۹/۲۲	۲۸/۱	۲۷/۸	۳۵/۳	۲۹/۵/۶	۲۰/۲۹	۲۷/۱	۲۶/۵	۲۹/۰/۹	۴۲/۶	۳۳/۶
(۲)	شاخص وسعت مخروط افکنه	۲۷/۶/۵	۱۳/۸/۳	۱۳/۱/۲	۱۲/۹	۱۸/۱/۴	۱۴/۰/۷	۰/۱/۴	۱۲/۴	۱۲/۰/۲	۱۳/۷/۴	۳۲/۹/۷	۱۰/۱/۶
AR	مساحت حوضه دزیرگیرنده زهکشیهای فرعی (سمت راست) کلومتر مربع	۶۲/۵	۲۵/۱	۱۷/۸	۳۱/۳	۴۲/۵	۲۵/۴	۱۱/۲	۱۹/۸	۳۰/۶	۲۴/۷	۳۰/۳۰	۲۴/۴
At	مساحت حوضه دزیرگیرنده زهکشیهای فرعی در سمت چپ کلومتر مربع	۱۲۲/۶	۵۱/۶	۴۸/۳	۴۷/۳	۷۲/۴	۵۲/۷	۲۶/۶	۴۵/۱	۴۳/۳	۵۱/۲	۱۰۲/۶	۳۵/۱
AL	وسعت حوضه (کیلومتر مربع)	۶۰/۱	۲۶/۵	۳۰/۵	۱۶	۳۰/۹	۲۷/۳	۱۵/۴	۲۵/۳	۱۲/۷	۲۶/۵	۷۲/۳	۱۰/۷
Af(km <sup>2</sup> )	شاخص عدم تقارن آبراههها (مترمربع)	۵۰/۹/۷	۴۸/۶	۳۶/۸	۶۶/۱	۵۸/۷	۴۸/۲	۴۲/۱	۴۳/۹	۷۰/۷	۴۸/۲	۲۹/۵	۶۹/۵
Da	فاصله نوار مانداری فعال از خط میانی حوضه	۶/۴	۳/۸	۲/۴	۲/۶	۳/۵	۲/۲	۲/۴	۳/۱	۳/۱	۲/۳	۴/۳	۱/۶
Dd	فاصله خط میانی حوضه آبریز از خط مرز حوضه	۲/۵	۲/۳	۱/۴	۱/۲	۱/۳	۱/۷	۰/۹	۲/۲	۱/۱	۰/۸	۲/۷	۱/۱
T	شاخص تقارن توپوگرافی عرضی	۲/۵/۶	۱/۶/۵	۱/۷	۲/۱/۶	۲/۷	۱/۳	۲/۷	۱/۴	۲/۸	۲/۹	۱/۶	۱/۴/۵



شکل ۱۰- نقشه موقعیت زیرحوزه‌ها و شاخص‌های اندازه‌گیری در دامنه‌های شمالی الوند



نقشه ۱۱- طبقات شیب دامنه‌های شمالی الوند بر اساس خطوط تراز



بیانگر شدت فعالیت مرفودینامیک و فرسایش در جبهه شمالی الوند است. محاسبه مربوط به  $\%Facet=67\%$  (که بالای  $50\%$  است نیز مؤید این مطلب می‌باشد.  $L_s=48/2\text{ cm}$ ،  $L_f=32/3\text{ cm}$ )

اما به منظور درک صحیحی از وضعیت تحوّل جبهه شمالی توده الوند و به جهت ارزیابی دقیق تر از شرایط محلی و موقعیت مکانی دامنه شمالی الوند، همچنین مقایسه بین آنها، محاسبه برخی از شاخص‌ها در رابطه با زیرحوضه‌های دوازده گانه جبهه شمالی الوند به انجام رسیده تا از این طریق شدت وضعیت فعالیت مرفودینامیکی منطقه به خوبی بررسی شود. بدین لحاظ کلیه محاسبات و اندازه گیریهای انجام شده بر روی نقشه توپوگرافی به مقیاس  $1:50000$  صورت پذیرفته و نتایج حاصله در جدول شماره (۲) ارائه شده تا بتوان تفسیر دقیقی از آنها بعمل آورد.

ارقام حاصله از محاسبه شاخص‌ها نشان می‌دهد که مقادیر بدست آمده از گرادیان رودخانه بسیار زیاد بوده و اکثر زیرحوضه‌ها دارای مقادیر بسیار بالای گرادیان رودخانه ( $S_L$ ) می‌باشند و به خوبی موجب تفکیک دقیق حوضه‌هایی با مرفودینامیک فعال (زیرحوضه‌های ۳ و ۸ و ۱۱ و ۱۲) از حوضه‌های ۱ و ۲ و ۵ و ۶ و ۷ و ۹ و ۱۰ با فعالیت مرفودینامیک کمتر شده است. تفاوت در شیب، نوع کاربری اراضی، تراکم آبهای جاری و ارتفاع از دلایل این اختلاف است.

مقدار ( $V_F$ ) یا شاخص نسبت پهنای دره به عمق در مقایسه با مقدار گرادیان رودخانه ( $S_L$ ) بسیار کم بوده لیکن مقدار زیاد آن نسبت به (۱) بیانگر تحوّل دره‌های ( $V$ ) شکل منطقه و شدت فرسایش جانبی است. دره‌های زیرحوضه‌های ۳ و ۷ و ۸ و ۱۰ بیشترین مقدار ( $V_F$ ) را دارا هستند. شاخص نسبت ( $V$ ) یا نسبت مساحت دره در مقطع عرضی به مساحت نیم دایره به شعاع  $H$  (ارتفاع دره) نیز مؤید این مطلب است که دره‌های  $V$  شکل منطقه در حال تحوّل هستند.

به منظور تحلیل شاخص وسعت مخروط افکنه از دو معادله (۱)  $A_f=3/34 * Ad^{0.55}$  و (۲)  $A_f=0.59 * Ad^{0.8}$  استفاده شده است. معادله (۱) مشخص کننده مخروط افکنه‌هایی است که در جبهه کوهستان فعال و با مقادیر عددی شاخص سینوسی جبهه کوهستان ( $S_{mf}$ ) و نسبت پهنای دره به عمق ( $V_F$ ) همخوانی دارند. معادله (۲) نشانگر مخروط افکنه‌هایی می‌باشد که در مناطق دارای فعالیت مرفودینامیکی نسبتاً آرام تشکیل شده‌اند. ارقام محاسباتی در رابطه با دو معادله فوق‌الذکر در جبهه شمالی توده الوند و همخوانی آنها با شاخص ( $S_{mf}$ ) و ( $V$ ) بیانگر وجود مخروط افکنه‌هایی است که در جبهه شمالی توده الوند در اثر مرفودینامیک فعال تشکیل شده‌اند.

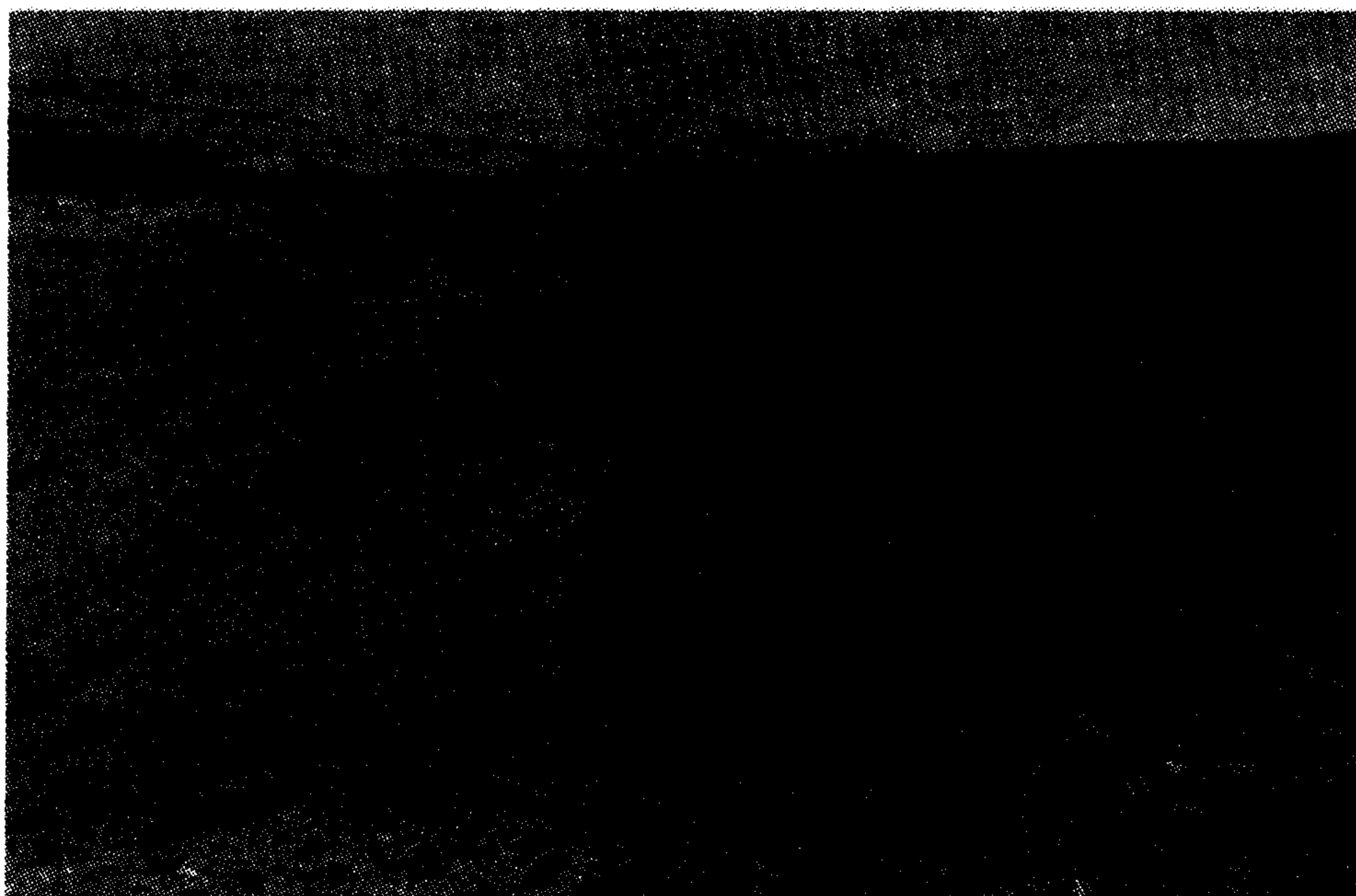
ارقام بدست آمده از شاخص عدم تقارن  $Af=100 (A_v/A_t)$  نشان می‌دهد که زیرحوضه‌های ۱ و ۲ و ۵ و ۶ و ۱۰ از لحاظ زهکشی دارای تقارن می‌باشند. هرچند که ارقام مربوط به شاخص عدم تقارن آبراهه ( $A_F$ ) مقدار کمتر از ۵۰ است و این مسئله بیانگر وجود فرسایش در ساحل چپ آبراهه اصلی است؛ اما زیرحوضه‌های ۳ و ۷ و ۸ و ۱۱ از جمله زیرحوضه‌هایی هستند که فرسایش و فعالیت مرفودینامیک در ساحل چپ آنها فعال است. بقیه زیرحوضه‌ها با توجه به مقدار ( $A_F$ ) دارای کج‌شدگی بر اثر فعالیت مرفودینامیک شدید در ساحل راست آنها و بیانگر طول بیشتر زهکشهای فرعی در سمت راست این حوضه‌هاست. زیر حوضه‌های ۴ و ۵ و ۹ و ۱۲ دارای بیشترین مقدار  $A_F$  هستند.

شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T) وجود انحراف در همه زیرحوضه‌های مورد نظر از لحاظ توپوگرافی عرضی و عدم تقارن بین ساحل چپ و راست رودخانه اصلی را نشان می‌دهد. به طوری که ارقام حاصله، انحراف زیادی از (۱) را نشان می‌دهد. این موضوع شدت فعالیت مرفودینامیک را به اثبات می‌رساند. به طور کلی ارقام محاسباتی در رابطه با کلیه شاخص‌ها و همخوانی آنها با یکدیگر ثابت می‌کند که جبهه شمالی کوهستان الوند بر اثر فعالیت مرفودینامیک فعال و تحت تأثیر فرسایش شدید در حال تحوّل و پسروری است.

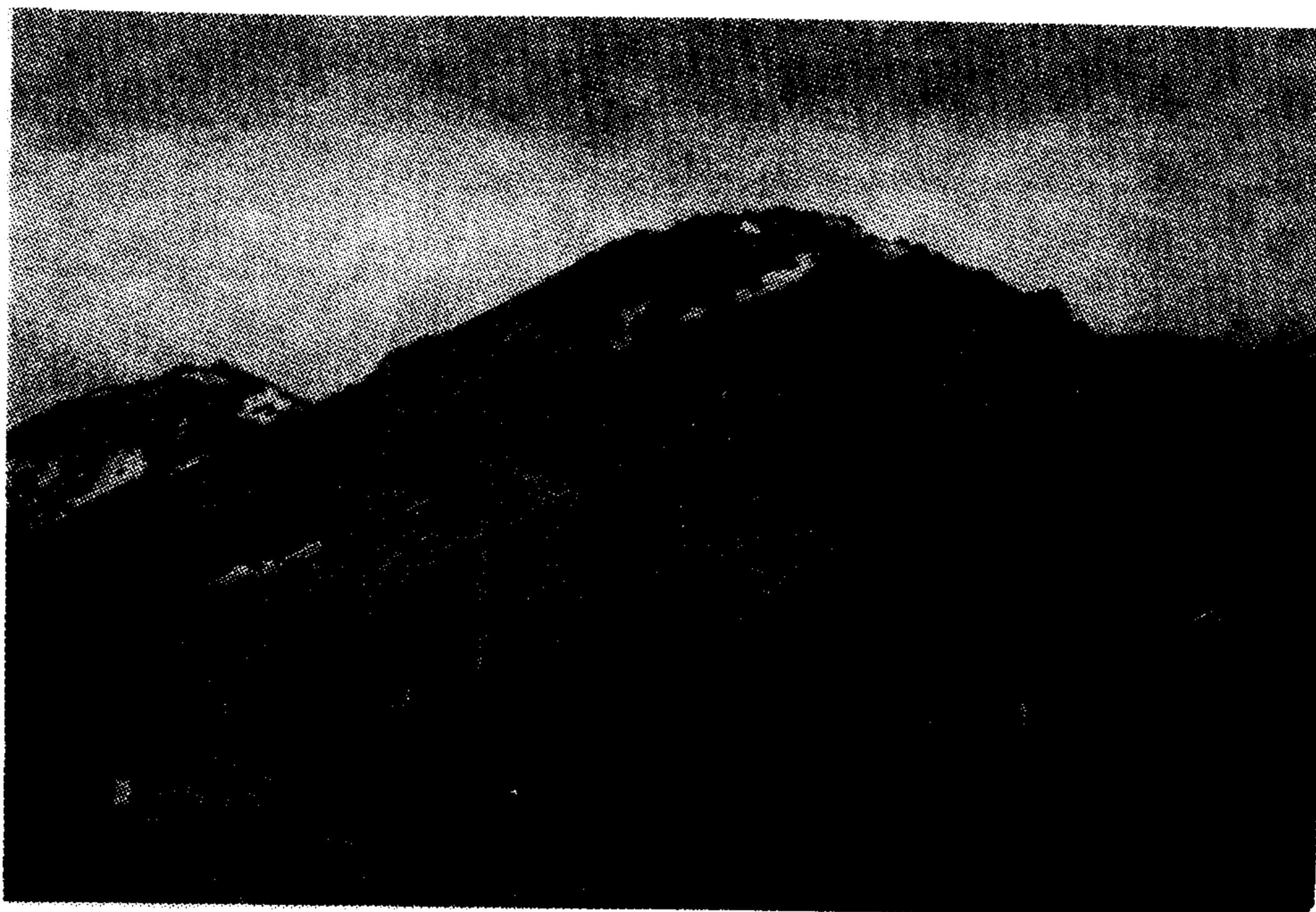
### بحث و نتیجه‌گیری

مرفولوژی جبهه شمالی کوهستان الوند تحت تأثیر عوامل تکنوتیک و شدت فعالیت مرفودینامیک و میزان فرسایش شدید تحوّل و تکوین یافته و دامنه‌های آن تحت تأثیر فرآیندهای دامنه‌ای ناپایدار شده است. وجود شیب‌های فراوان از نوع (W.L.S) نه تنها موجب تحوّل دامنه‌ها گشته، بلکه منجر به تشکیل فرآیندهای میل‌یافتگی، عقب‌نشینی موازی، جانشینی و گردشگی گردیده است. از شواهد مرفودینامیک فعال منطقه که نشانه‌ای از تحوّل و پسروری جبهه شمالی الوند محسوب می‌شود، وجود تپه‌های مسدودکننده، سطوح مثلثی شکل، و شکل سینوسی جبهه شمالی کوهستان الوند است. وضعیت سینوسی جبهه شمالی الوند گاهی به شکل خطی و گاهی نیز در برخی مناطق منحنی - خطی (بر روی نقشه) است که این امر نشانه تحوّل و پسروری منطقه بوده که از فاصله‌بندی حوضه‌های زهکشی مجاور، زمان و پهنای محدوده متأثر شده است. محاسبه شاخص‌های مرفومتريک از جمله وضعیت سینوسی، تسطیح شدگی، گرادیان رودخانه، نسبت پهنای دره به عمق، شاخص (V) یا مرفولوژی دره، مخروط افکنه، عدم تقارن آبراهه و تقارن توپوگرافی عرضی و همخوانی آنها با یکدیگر بیانگر فعالیت مرفودینامیک شدید، فرسایش پذیری قابل توجه، تحوّل و پسروری جبهه شمالی کوهستان الوند است. عواملی چون ویژگی‌های لیتولوژی، مرفولوژی، و حاکمیت سیستم فرسایش پریگلاسیر که شواهد آن در منطقه بسیار متعدد و متنوع است، در این رابطه بسیار مؤثر واقع شده‌اند.

بطور کلی شاخص‌های مرفومتريک محاسبه شده در زیر حوضه‌های منطقه نشان دهنده تغییرات پی‌درپی توده الوند و نشانگر نرخ حرکت مواد فرسایش یافته در واحد سطح دامنه‌های آن می‌باشد و از اینرو می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که جبهه شمالی الوند در حال فرسایش یابندگی است. از طرف دیگر بیشترین مقدار سینوسی جبهه شمالی الوند در جایی دیده می‌شود که برآمدگی‌های جداکننده حوضه‌های زهکشی مجاور خیلی فرسایش نیافته‌اند. بعلاوه چنین استنباط می‌شود که بیشترین حالت فعال در منطقه حالت جانشینی بوده که وجود واریزه‌های ثقلی و زمینهای پوشیده از خرده سنگها و قطعه سنگها بر روی دامنه‌ها مؤید این مطلب است. در حالیکه حالت عقب‌نشینی بیشتر موجب تکامل مرفولوژی اولیه شده که از نتایج آن می‌توان به پدیده کوهپایه‌سازی و مدفون شدن گسل‌ها و عدم تشخیص آنها در بررسیهای میدانی اشاره نمود.



تصویر ۱- پدیده جانشینی بر اثر فرآیند تخریب سنگها و تشکیل واریزه‌ها در ارتفاعات الوند، ارتفاع ۲۷۰۰ متر



تصویر ۲- پدیده عقب نشینی موازی بر روی گنجانم الوند، ارتفاع ۲۸۰۰ متر

به نظر می‌رسد که مقادیر عددی شاخص گرادیان رودخانه با سنگ بستر رودخانه در ارتباط باشد، به طوری که مقادیر زیاد شاخص گرادیان رودخانه یا ( $S_L$ ) در سنگهای دارای مقاومت کم و یا در سنگهای با مقاومت یکسان در زیر حوضه‌های مربوطه مشاهده می‌شود. این مسئله ناشی از تخریب مکانیکی سنگهای گرانیتی به دلیل دیاکلازه بودن آنها و مقاومت مکانیکی کمتر و حساسیت بیشتر شیب‌ها به فرآیند فرسایش است.

نتایج حاصله نشان می‌دهد که شاخص‌های مرفومتريک محاسباتی بیانگر تأثیر شدید لیتولوژی و مرفولوژی منطقه در میزان فرسایش و تشدید فعالیت مرفودینامیک منطقه است. از طرف دیگر موجب تفکیک، طبقه‌بندی و پهنه‌بندی زیر حوضه‌های منطقه از لحاظ شدت فرسایش و تحوّل مرفولوژی گشته است. به علاوه شواهد موجود و اشکال حاصله از فرآیندهای دامنه‌ای منطقه از جمله مرفولوژی درّه و عدم تقارن توپوگرافی و عدم تقارن آبراهه‌ها به همراه سایر شاخص‌ها نشان دهنده تحوّل و پسروری جبهه شمالی توده الوند همدان است.

## منابع و مأخذ:

- ۱- امینی زاده ، محمدرضا، (۱۳۷۷)، بررسی پایداری شیپها و نحوه کنترل آنها در حوضه آبخیز سد جیرفت، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۲- بیاتی خطیبی، مریم. (۱۳۷۹)، بررسی نقش عوامل مورفودینامیک در ناپایداری دامنه های شمالی قوشه داغ (از اهر تا مشکین شهر) رساله دکتری، دانشگاه تبریز.
- ۳- سلیمانی، شهریار، رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکتونیکی فعال و جوان، مؤسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله (۱۳۷۸).
- ۴- کمک پناه، علی، منتظر القائم، سعید، (۱۳۷۱)، روشهای تحلیلی در ارزیابی پایداری شیپهای طبیعی موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- ۵- مجموعه مقالات دومین همایش ملی و دانش زمین و راههای مقابله با خطرات آن، (۱۳۷۷)، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.

- 6- Allison. R. J. 1996. Slope and slope processes progress on physical Geomorphology. Arnold . Vol 20-453-465.
- 7- Fredlund. D.G.1987. Slope stability analysis incorporation the effect of soil suction-slope stability- John wiley and sons. Ltd. PP.113-141.
- 8- Matsukura, Y.1988.Cliff instability on the asama deposits due to notch formation on the asama. Mountain slope-Gebruder Borntraeger.Vol.2 129-141.