



دانشگاه آزاد اسلامی

(واحد اهر)

# فضای جغرافیایی



سال اول : شماره ۳ پاییز ۱۳۸۰





در آمادی بر تحلیل کمی تأثیر پراکنش ارتفاعی<sup>(۲)</sup> در ویژگیهای  
مورفولوژیکی زمین لغزشها

**Quantitative analysis of the effects of  
height distribution in geomorphologic  
characteristics of landslides**

*Dr. Shahram Roostaei*

**Abstract:**

In order to identify the geomorphologic characteristics of landslides and the number of landslide occurrences in an area, it is necessary to examine the large-scale dynamic conditions of that area. The present research that has been carried out in Gharedagh Ranges of *Ahar* in *East Azerbaijan* is aimed at studying the patterns and trends of landslide occurrences in the area through the analysis of height distribution and energy. In order to do so, the relief energy and height distribution of the

[رابطه ۱]

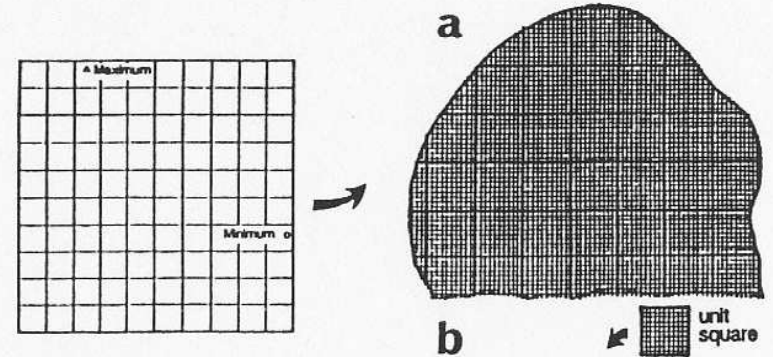
$$1) X = (\sum X_i) / n$$

[رابطه ۲]

$$2) D = \{ [\sum (X_i - \bar{X})^2] / (n - 1) \}^{1/2}$$

که  $X_i$  ارتفاع هر نقطه و  $n$  تعداد نقاط موجود در یک مربع است و  $D$  انحراف معیار نقاط ارتفاعی می‌باشد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ابعاد لغزشها و محاسبه پراکنش ارتفاعی و انرژی ناهمواری برای ۳۷ مربع اصلی در جدول ۱ ارائه شده است.



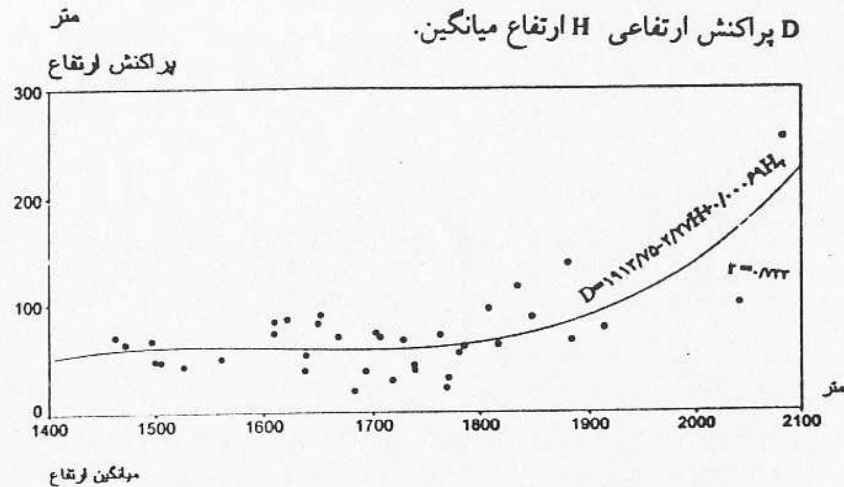
شکل ۲ - سیستم شبکه بندی ناهمواری

تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که پراکنش ارتفاعی همبستگی خوبی با ارتفاع میانگین منطقه دارد ( $r = 0.73$ ). رابطه بین پراکنش ارتفاعی و ارتفاع میانگین به وسیله معادله درجه ۲ بهتر تفسیر می‌شود:

[رابطه ۳]

$$3) D = 1913/75 - 2/275 H_1 + 0.00069 H_2$$

$D$  پراکنش ارتفاعی و  $H$  ارتفاع میانگین.



شکل ۳ - منحنی رگرسیون رابطه بین میانگین ارتفاع و پراکنش ارتفاعی

رابطه فوق نشان می‌دهد که تا ارتفاع ۱۸۰۰ متر، پراکنش ارتفاعی و خشونت ناهمواریهای منطقه نامحسوس و یکنواخت و تغییر شیب دامنه‌ها کم است، ولی از ارتفاع ۱۸۰۰ متر تا خط الرأس حوضه، انرژی ناهمواریها افزایش می‌یابد و ناهمواریهای منطقه خشن‌تر می‌شوند و پراکنش ارتفاعی نسبت به ارتفاع میانگین منطقه به سرعت افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی بایستی در ارتفاعات بالاتر به علت انرژی زیاد ناهمواریها، لغزشهای زیادی اتفاق افتد و حجم و وسعت توده جابجا شده چشمگیر باشد. در دامنه‌های جنوبی حوضه به علت انباشت نهشته‌های دامنه‌ای ضخیم، این رابطه صدق می‌کند و در ارتفاعات بالای ۱۸۰۰ متر، لغزشهای بزرگی را مشاهده می‌کنیم ولی در دامنه‌های شمالی حوضه به علت نبود چنین شرایطی از ارتفاع ۱۸۰۰ متر به بالا لغزشهای عمده‌ای مشاهده نمی‌شود.

### ۳- رابطه بین پراکنش ارتفاعی و ابعاد لغزشها

پس از محاسبه پراکنش ارتفاعی و انرژی ناهمواریها در هر مربع اصلی، برای ایجاد

ارتباط بین لغزشهای منطقه و ناهمواریهای آن، لازم است که مساحت، طول، ارتفاع، حجم و شیب لغزشها را نیز در هر مربع محاسبه کرد. نتایج نشان می‌دهد که در هر یک از مربع‌های اصلی، تعداد لغزشهای اتفاق افتاد و مساحت و طول و ارتفاع نسبی آنها با توجه به پراکنش ارتفاعی آن مربع فرق می‌کنند (جدول ۱). برای اینکه بتوانیم این تفاوت‌ها و همبستگی‌ها را بهتر نشان دهیم، با توجه به مقادیر بدست آمده برای پراکنش ارتفاعی، ناهمواریهای حوضه اهر چای به ۵ گروه تقسیم شده (شکل ۴) و هر یک از متغیرهای فوق‌الذکر برای این پنج گروه دوباره محاسبه شده (جدول ۲) و با استفاده از جدول مذکور، روابط بین پراکنش ارتفاعی و ابعاد مختلف لغزشها مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۱- ابعاد لغزشهای موجود در هر مربع واحد

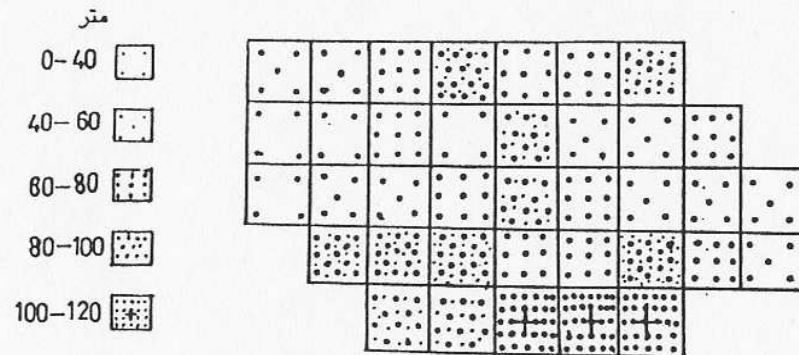
| ردیف | مساحت<br>مربع (شماره) | نوع<br>تاسیسات | تعداد<br>لغزش | تعداد<br>لغزش | کل مساحت<br>لغزش (مربع) | مساحت<br>لغزش (مربع) | مساحت<br>لغزش (مربع) | طول<br>لغزش (متر) | مساحت<br>لغزش (مربع) | کل ارتفاع<br>لغزش | مساحت<br>لغزش (مربع) | مساحت<br>شیب (درجه) | کل حجم<br>لغزش<br>میلون m <sup>3</sup> | مساحت<br>شیب لغزش<br>میلون m <sup>3</sup> |
|------|-----------------------|----------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| ۱    | ۱۷۸/۲۰                | ۳۱/۸۵          | ۱۲۰           | ۲             | ۱۹۱۲۶                   | ۵۵۸۳                 | ۹۱۲                  | ۲۶۱               | ۲۲                   | ۲۶                | ۲۲                   | ۲۶/۵۰               | ۱/۳۶                                   | ۰/۸۳                                      |
| ۲    | ۱۷۸/۶۰                | ۲۱/۷۵          | ۸۰            | ۲             | ۱۹۱۲۶                   | ۸۲۳۷                 | ۹۰۷                  | ۲۵۲               | ۳۱                   | ۶۲                | ۳۱                   | ۲۷/۵۰               | ۱/۹۲                                   | ۰/۸۶                                      |
| ۳    | ۱۷۸/۲۰                | ۶۰/۸۲          | ۲۲۰           | ۰             | ۰                       | ۰                    | ۰                    | ۰                 | ۰                    | ۰                 | ۰                    | ۰                   | ۰                                      | ۰                                         |
| ۴    | ۱۸۰/۸                 | ۸۲/۹۲          | ۲۵۰           | ۰             | ۰                       | ۰                    | ۰                    | ۰                 | ۰                    | ۰                 | ۰                    | ۰                   | ۰                                      | ۰                                         |
| ۵    | ۱۷۸/۳۰                | ۵۵/۰۲          | ۱۸۰           | ۳             | ۲۲۶۰۰                   | ۷۶۵۳                 | ۱۰۵۲                 | ۲۵۱               | ۷۲                   | ۷۲                | ۲۲/۶۶                | ۲۰/۳۳               | ۱/۸۵                                   | ۰/۸۲                                      |
| ۶    | ۱۸۱/۸۰                | ۶۲/۳۰          | ۲۲۰           | ۰             | ۰                       | ۰                    | ۰                    | ۰                 | ۰                    | ۰                 | ۰                    | ۰                   | ۰                                      | ۰                                         |
| ۷    | ۱۷۰/۵۱                | ۶۹/۱۱          | ۲۵۰           | ۰             | ۰                       | ۰                    | ۰                    | ۰                 | ۰                    | ۰                 | ۰                    | ۰                   | ۰                                      | ۰                                         |
| ۸    | ۱۶۸/۲۰                | ۲۰/۱۶          | ۱۰۰           | ۰             | ۰                       | ۰                    | ۰                    | ۰                 | ۰                    | ۰                 | ۰                    | ۰                   | ۰                                      | ۰                                         |
| ۹    | ۱۶۲/۲۰                | ۳۸/۱۱          | ۱۵۰           | ۲             | ۹۱۶۲                    | ۲۹۳۷                 | ۶۹۷                  | ۳۲۸               | ۲۲                   | ۲۲                | ۲۱                   | ۱۶/۵۰               | ۰/۸۵                                   | ۰/۸۷                                      |
| ۱۰   | ۱۶۲/۲۰                | ۷۱/۳۱          | ۲۶۰           | ۸             | ۹۶۲۸۵                   | ۱۲۰۳۱۰               | ۳۱۳۷                 | ۳۹۲               | ۲۷۸                  | ۲۷۸               | ۳۳/۷۵                | ۲۶/۱۲               | ۲/۲۷                                   | ۲/۸                                       |
| ۱۱   | ۱۶۳/۲۰                | ۳۸/۹۰          | ۱۷۰           | ۳             | ۲۰۰۸۵۵                  | ۶۶۸۵۱                | ۱۱۱۵                 | ۳۷۱               | ۸۹                   | ۸۹                | ۲۶/۶۶                | ۲۵/۳۳               | ۱/۲                                    | ۰/۸۳                                      |
| ۱۲   | ۱۶۵/۶۰                | ۸۸/۲۹          | ۳۲۰           | ۳             | ۲۲۲۶۰                   | ۸۰۸۰                 | ۱۲۵۱                 | ۲۱۷               | ۱۰۸                  | ۱۰۸               | ۲۲                   | ۲۲/۳۳               | ۲/۲                                    | ۰/۸۱                                      |
| ۱۳   | ۱۶۳/۲۰                | ۵۲/۲۵          | ۱۷۰           | ۰             | ۰                       | ۰                    | ۰                    | ۰                 | ۰                    | ۰                 | ۰                    | ۰                   | ۰                                      | ۰                                         |
| ۱۴   | ۱۵۶/۸۰                | ۵۰/۳۳          | ۲۱۰           | ۲             | ۲۰۹۱۲۷                  | ۱۰۲۹۶۳               | ۱۰۳۲                 | ۵۱۶               | ۸۰                   | ۸۰                | ۲۰                   | ۳۱/۵۰               | ۳/۱۵                                   | ۱/۵۸                                      |
| ۱۵   | ۱۷۱/۲۰                | ۲۷/۶۵          | ۱۲۰           | ۰             | ۰                       | ۰                    | ۰                    | ۰                 | ۰                    | ۰                 | ۰                    | ۰                   | ۰                                      | ۰                                         |
| ۱۶   | ۱۷۳/۶۰                | ۳۳/۹۰          | ۱۸۰           | ۷             | ۲۰۲۳۵۵                  | ۲۹۱۸۲۲               | ۲۰۰۹                 | ۵۳۲/۷             | ۲۰۶                  | ۲۰۶               | ۵۸                   | ۸۲/۳۳               | ۱/۷۶                                   | ۱/۷۶                                      |
| ۱۷   | ۱۸۳/۲۰                | ۱۱۵/۵۵         | ۳۹۰           | ۶             | ۵۵۳۰۰۰                  | ۹۸۹۸۳                | ۲۹۰۰                 | ۲۸۳/۳             | ۲۱۹                  | ۲۱۹               | ۳۶/۵۰                | ۷/۵۸                | ۱/۲۶                                   | ۱/۲۶                                      |

جدول ۲- گروههای پراکنش ارتفاعی و مشخصات آماری ابعاد لغزشهای موجود در هر گروه

| ردیف | پراکنش<br>ارتفاعی | میانگین<br>طول<br>(متر) | میانگین<br>ارتفاع<br>(متر) | میانگین<br>شیب<br>(درجه) | میانگین<br>مساحت<br>(مترمربع) | مجموع<br>مساحت<br>(مترمربع) | میانگین<br>حجم<br>(مترمکعب) | مجموع<br>حجم<br>(مترمکعب) | انرژی<br>ناهمواری |
|------|-------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------|
|      | sd                | ml                      | mh                         | mangle                   | ma                            | Za                          | mv                          | Z.v                       | re                |
| ۱    | ۲۰                | ۲۹۷/۸۸                  | ۲۰/۱۲                      | ۱۸/۴۲                    | ۵۵۱۹۰                         | ۱۲۸۴۸۲۷                     | ۶۶۶۵۲۶                      | ۱۰۹۹۳                     | ۱۲۸/۶۰            |
| ۲    | ۶۰                | ۲۹۲/۲۲                  | ۲۵/۲۶                      | ۲۰                       | ۷۷۵۵۸                         | ۱۸۴۲۵۲۶                     | ۱۰۰۰۰۰۰                     | ۱۵۶۳۳                     | ۱۷۵/۷۰            |
| ۳    | ۸۰                | ۳۲۳                     | ۲۴/۷۸                      | ۲۲/۲۲                    | ۷۲۶۳۵                         | ۳۳۵۳۷۲۳                     | ۲۱۲۳۳۳۳                     | ۱۸۳۳۳                     | ۲۲۹/۲۰            |
| ۴    | ۱۰۰               | ۲۳۰                     | ۳۵/۳۵                      | ۲۵/۳۷                    | ۱۰۰۲۳۰                        | ۲۳۶۵۹۱۳                     | ۲۲۳۶۶۶۶                     | ۲۲۶۶۶                     | ۳۳۲/۳۰            |
| ۵    | ۱۲۰               | ۲۸۹/۲۰                  | ۳۲/۷۵                      | ۲۶/۷۵                    | ۱۹۶۳۰۲                        | ۲۱۸۱۱۵۰                     | ۲۸۲۰۰۰۰                     | ۱۹۰۰۰                     | ۲۹۵               |

| ردیف | شیب<br>درجه | پراکنش<br>ارتفاعی | توزیع<br>تعدادی | تعداد<br>لغزش | کل مساحت<br>لغزش<br>(مترمربع) | میانگین<br>مساحت<br>لغزش<br>(مترمربع) | کل طول<br>لغزش<br>(متر) | میانگین<br>طول<br>لغزش<br>(متر) | کل ارتفاع<br>لغزش<br>(متر) | میانگین<br>ارتفاع<br>لغزش<br>(متر) | شیب<br>درجه | کل حجم<br>لغزش<br>(مترمکعب) | میانگین<br>حجم<br>لغزش<br>(مترمکعب) |
|------|-------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| ۱۸   | ۱۶۶/۲۰      | ۶۵/۵۲             | ۲۵۰             | ۲             | ۱۳۶۳۰                         | ۳۱۸۵                                  | ۱۰۱۶                    | ۲۵۲                             | ۱۱۱                        | ۲۷/۵۵                              | ۲۲          | ۱/۲۶                        | ۵/۱۵                                |
| ۱۹   | ۱۶۱/۲۰      | ۸۵/۵۵             | ۳۰۰             | ۸             | ۱۳۵۱۷۷                        | ۱۶۸۱۲۷                                | ۳۱/۳                    | ۲۱۵۲                            | ۳۳۵                        | ۲۲/۱۲                              | ۳۰/۲۲       | ۶/۵۲                        | ۵/۱۵                                |
| ۲۰   | ۱۵۲/۶۰      | ۲۲/۳۱             | ۱۵۰             | ۳             | ۱۷۸۶۳۰                        | ۵۹۵۳۳                                 | ۱۲۶۸                    | ۲۲۲/۷                           | ۱۰۱                        | ۳۳/۶۶                              | ۳۳          | ۱/۲۵                        | ۵/۱۵                                |
| ۲۱   | ۱۴۹/۲۰      | ۲۸/۲۲             | ۱۸۰             | ۰             | ۰                             | ۰                                     | ۰                       | ۰                               | ۰                          | ۰                                  | ۰           | ۰                           | ۰                                   |
| ۲۲   | ۱۸۸/۲۰      | ۶۶/۳۹             | ۲۲۰             | ۳             | ۵۳۰۲۲                         | ۱۷۶۶۲                                 | ۷۲۸                     | ۲۲۲/۷                           | ۶۲                         | ۲۰/۶۶                              | ۳۵/۳۳       | ۰/۲                         | ۰/۲                                 |
| ۲۳   | ۱۹۱/۲۰      | ۷۷/۱۸             | ۲۲۰             | ۳             | ۳۰۲۱۰                         | ۱۰۰۷۰۶                                | ۱۶۲۲                    | ۵۲۸                             | ۱۱۳                        | ۳۷/۶۶                              | ۳۱          | ۳/۸۸                        | ۱/۲۹                                |
| ۲۴   | ۱۷۰/۲۵      | ۷۲/۹۷             | ۳۰۰             | ۲             | ۲۲۸۹۱۰                        | ۱۰۲۲۲۷                                | ۲۰۲۰                    | ۵۱۰                             | ۱۳۲                        | ۲۹/۵                               | ۲۹/۵        | ۱/۲۳                        | ۱/۲۳                                |
| ۲۵   | ۱۶۰/۲۰      | ۷۲/۹۷             | ۲۶۰             | ۲             | ۲۷۱۸۳۶                        | ۶۷۸۵۷                                 | ۱۲۷۵                    | ۳۶۸/۷                           | ۱۰۸                        | ۲۷                                 | ۳۷/۵        | ۰/۸۲                        | ۰/۸۲                                |
| ۲۶   | ۱۴۹/۲۰      | ۶۷/۲۰             | ۲۳۰             | ۳             | ۵۰۰۸۶۰                        | ۱۶۶۸۵۳                                | ۱۷۰۰                    | ۵۶۶/۷                           | ۱۱۲                        | ۲۸                                 | ۲۸/۶        | ۱/۸۲                        | ۱/۸۲                                |
| ۲۷   | ۱۴۶/۲۰      | ۷۰/۸۱             | ۲۵۰             | ۲             | ۲۲۲۱۳۰                        | ۲۲۲۰۶۵                                | ۱۱۳۷                    | ۵۶۸/۵                           | ۸۶                         | ۲۳                                 | ۳۷/۵        | ۲/۲۲                        | ۲/۲۲                                |
| ۲۸   | ۲۰۲/۲       | ۸۵/۵۷             | ۳۵۰             | ۵             | ۱۰۸۰۷۰                        | ۲۱۶۲۱۲                                | ۶۱۲۷                    | ۶۲۷                             | ۲۵۲                        | ۵۰/۶                               | ۳۷/۵        | ۲/۲۲                        | ۲/۲۲                                |
| ۲۹   | ۱۸۲/۶۰      | ۸۷/۱۵             | ۳۳۰             | ۳             | ۲۰۲۲۲۲                        | ۶۷۸۵۷                                 | ۱۲۸۹                    | ۳۶۸/۷                           | ۱۱۲                        | ۲۸                                 | ۲۸/۶        | ۲/۲۲                        | ۲/۲۲                                |
| ۳۰   | ۱۶۸/۲۰      | ۳۷/۲۳             | ۱۶۰             | ۷             | ۲۳۳۹۸                         | ۸۱۰۲۲                                 | ۳۱۵۲                    | ۲۵۰/۶                           | ۲۶۰                        | ۲۳                                 | ۳۷/۵        | ۲/۲۲                        | ۲/۲۲                                |
| ۳۱   | ۱۶۴/۲۰      | ۸۱/۷              | ۳۰۰             | ۲             | ۲۳۳۹۸                         | ۸۱۰۲۲                                 | ۳۱۵۲                    | ۲۵۰/۶                           | ۲۶۰                        | ۲۳                                 | ۳۷/۵        | ۲/۲۲                        | ۲/۲۲                                |
| ۳۲   | ۲۰۸/۲۰      | ۸۳/۳۹             | ۳۰۰             | ۲             | ۲۳۳۹۸                         | ۸۱۰۲۲                                 | ۳۱۵۲                    | ۲۵۰/۶                           | ۲۶۰                        | ۲۳                                 | ۳۷/۵        | ۲/۲۲                        | ۲/۲۲                                |
| ۳۳   | ۱۸۸/۲۰      | ۲۵/۲۹             | ۱۱۰             | ۶             | ۵۸۷۲۲                         | ۷۷۸۵۷                                 | ۱۲۸۹                    | ۳۶۸/۷                           | ۱۱۲                        | ۲۸                                 | ۲۸/۶        | ۲/۲۲                        | ۲/۲۲                                |
| ۳۴   | ۱۸۸/۲۰      | ۱۳۷/۹             | ۶۰۰             | ۲             | ۵۸۷۲۲                         | ۷۷۸۵۷                                 | ۱۲۸۹                    | ۳۶۸/۷                           | ۱۱۲                        | ۲۸                                 | ۲۸/۶        | ۲/۲۲                        | ۲/۲۲                                |
| ۳۵   | ۱۷۲/۲۰      | ۶۱/۶۵             | ۲۲۰             | ۳             | ۱۱۷۷۸۸                        | ۲۱۶۲۱۲                                | ۶۱۲۷                    | ۶۲۷                             | ۲۵۲                        | ۵۰/۶                               | ۳۷/۵        | ۲/۲۲                        | ۲/۲۲                                |
| ۳۶   | ۱۵۰/۲۰      | ۲۷/۹              | ۱۶۰             | ۲             | ۲۰۰۹۲                         | ۱۰۰۲۷                                 | ۳۶۸                     | ۱۸۲                             | ۲۱                         | ۲۰/۵                               | ۲۷          | ۰/۲                         | ۰/۲                                 |
| ۳۷   | ۱۷۳/۲۰      | ۶۶/۵۵             | ۲۵۰             | ۲             | ۱۳۵۸۲۲                        | ۶۷۸۱۱                                 | ۱۰۷۷                    | ۵۳۸/۵                           | ۷۶                         | ۳۸                                 | ۳۳          | ۱/۲۲                        | ۱/۲۲                                |

ادامه جدول شماره ۱



شکل ۲- نقشه توزیع پراکنش ارتفاعی برای کل منطقه

## ۳-۱- رابطه بین پراکنش ارتفاعی و طول لغزشها

در هر یک از مربع های اصلی شبکه، طول لغزشهای اتفاق افتاده اندازه گیری شده و طول متوسط لغزشها بدست آمده است. سپس با توجه به پراکنش ارتفاعی، گروههای ارتفاعی تعیین و روابط بین آنها بررسی شده است. نتایج حاصله نشان می دهد که بین میانگین طول لغزشها و پراکنش ارتفاعی، ارتباط خیلی خوبی وجود دارد ( $R^2 = ۰/۸۶۸$ ) و روابط بین



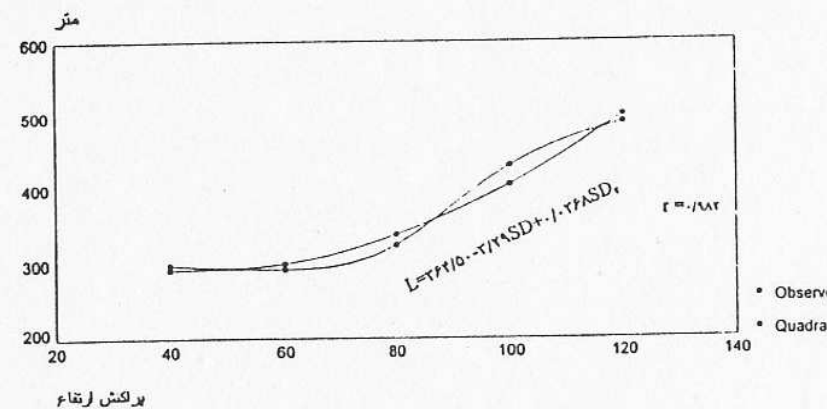
آنها به وسیله معادله رگرسیونی درجه ۲ بهتر توجیه می شود و مدل بدست آمده برای آن به صورت زیر است (رابطه ۴ و شکل ۵):

$$L = 364/50 - 3/29 SD_1 + 0/368 SD_2 \quad \text{[رابطه ۴]}$$

که  $L$  میانگین طول لغزشها و  $SD$  پراکنش ارتفاعی است.

رابطه بین میانگین طول و پراکنش ارتفاعی بیانگر آن است که در حوضه اهر جای اندازه نوده لغزش در کل تحت تاثیر پراکنش ارتفاعی است. با توجه به اینکه طول توده لغزش معمولاً کمتر از طول دامنه ای است که لغزش در آن اتفاق می افتد، بنابراین روابط بالا بیانگر آن است که پراکنش ارتفاعی می تواند نشان دهنده طول متوسط لغزش باشد.

میانگین طول



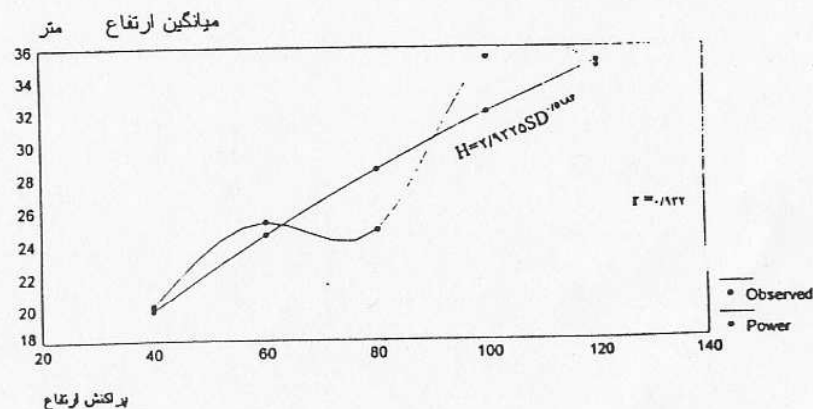
شکل ۵ - رابطه بین میانگین طول لغزشها و پراکنش ارتفاعی

## ۲-۳ - رابطه بین پراکنش ارتفاعی و ارتفاع نسبی لغزشها

ارتفاع نسبی لغزشها ارتباط زیادی با نهشته های سطحی دامنه ها دارد. در دامنه های جنوبی حوضه مواد به ضخامت چندین متر انباشته شده و ترکیبی از مواد ولکانوسدیماتر در

میان آنها یافت می شود. برای شناخت و تفسیر ارتباط بین عمق این نهشته ها با پراکنش ارتفاعی، ارتفاع نسبی تمامی لغزشها اندازه گیری و رابطه آنها با پراکنش ارتفاعی مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج بدست آمده از اندازه گیریها و محاسبات نشان می دهد (روستایی ۱۳۷۹) که همبستگی خوبی بین پراکنش ارتفاعی و ارتفاع نسبی لغزشها وجود دارد و با افزایش مقدار پراکنش ارتفاعی، ارتفاع نسبی افزایش می یابد. اصولاً افزایش پراکنش ارتفاعی بیانگر انرژی زیاد ناهموازی است و در این شرایط شیب دامنه ها زیاد است و فرصت انباشت مواد به ضخامت زیاد وجود ندارد. چنین شرایطی در دامنه های شمالی حوضه اهر جای حاکم است ولی در دامنه های جنوبی با حرکت از کف دره اصلی تا ارتفاع ۱۹۵۰ متر ضخامت نهشته های سطحی افزایش می یابد. در اثر مسدود شدن حوضه در اواخر دوران سوم، نهشته های دریاچه ای ضخیمی در دامنه های جنوبی انباشته شده و با پسروی دریاچه، دامنه جنوبی به صورت تراسهای متعدد ظاهر شده است. از ارتفاع ۱۹۵۰ متر به بالا به علت شیب زیاد دامنه ها یا لغزشی رخ نداده و یا در صورت وقوع، ضخامت چندانی ندارد. بررسی انواع مدل های رگرسیونی نشان می دهد که روابط بین ارتفاع لغزشها و پراکنش ارتفاعی رابطه توانی است (رابطه ۵ و شکل ۶).

$$h = 2/9325 SD^{0/5182} \quad \text{[رابطه ۵]}$$



شکل ۶ - رابطه بین میانگین ارتفاع لغزشها و پراکنش ارتفاعی در حوضه اهر جای

## ۳-۳- رابطه بین حجم لغزش و پراکنش ارتفاعی

مقدار بستگی مواد جابجا شده در روی دامنه به حجم سازندها و نهشته‌های سطحی انباشته شده در روی آن دارد و در مطالعه دینامیک لغزشها، حجم لغزشها فاکتور اصلی می‌باشد. با توجه به اینکه حجم لغزشها با مساحت و عمق آنها محاسبه می‌شود و پراکنش ارتفاعی رابطه مستقیمی با مساحت و طول دارد، بنابراین حجم لغزشها باید همبستگی خوبی با پراکنش ارتفاعی داشته باشد.

برای مطالعه این رابطه، ابتدا نیمرخهای طول لغزشها و نیمرخ سطح گسیختگی باید شناسایی و مدل سازی شوند. تحقیقات به عمل آمده توسط اوهمری (۱۹۹۲) در کوههای ژاپن نشان می‌دهد که نیمرخهای طولی سطح توده لغزش به وسیله توابع توانی بهتر تفسیر می‌شوند (شکل ۷a) و داریم:

$$Y_1 = CX^d \quad \text{[رابطه ۶]}$$

که  $Y_1$  ارتفاع نسبی سطح بالای پیشانی توده لغزش،  $X$  فاصله از پیشانی و  $C$ ،  $d$  عدد ثابت هستند. آنالیز رگرسیون نشان می‌دهد که مقدار  $d$  بین  $0/3$  و  $0/4$  است. در لغزشهایی که ارتفاع نسبی زیادی دارند، ضریب  $d$  بزرگتر است و انحنای سطح لغزش بیشتر بر آمده است. پروفیل‌های طولی سطح گسیختگی لغزشهای بزرگ نیز به وسیله توابع توانی بهتر تفسیر می‌شوند (اوهمری و سوفایی ۱۹۹۵) و رابطه آن بصورت زیر است:

$$Y_2 = PX^q \quad \text{[رابطه ۷]}$$

که  $Y_2$  ارتفاع نسبی سطح گسیختگی لغزش در بالای پیشانی توده است، و  $P$  و  $q$  عدد ثابت هستند. آنالیز رگرسیون نشان می‌دهد که مقدار  $q$  بین  $1$  تا  $1/4$  است و نشان می‌دهد که سطوح گسیختگی لغزشها به شکل منحنی و کمی مقعر است. اگر منحنی دو معادله فوق الذکر را ترسیم کنیم ناحیه بین دو منحنی ( $S$ ) حجم توده را نشان می‌دهد (شکل ۷b) و با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S = \int_0^1 (CX^d - PX^q) dx = (CL^{d+1})/(d+1) - (PL^{q+1})/(q+1) \quad \text{[رابطه ۸]}$$

زمانیکه  $T$  ضخامت متوسط توده لغزش است،  $S$  از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S = TL \quad \text{[رابطه ۹]}$$

رابطه فوق می‌توان بصورت زیر تبدیل شود:

$$T = S/L = h(q-d)/\{(d+1)(q+1)\} \quad \text{[رابطه ۱۰]}$$

چون  $CL^d = PL^q = h$  است؛ زمانیکه  $d = 0/3$  و  $q = 1/4$  است داریم:

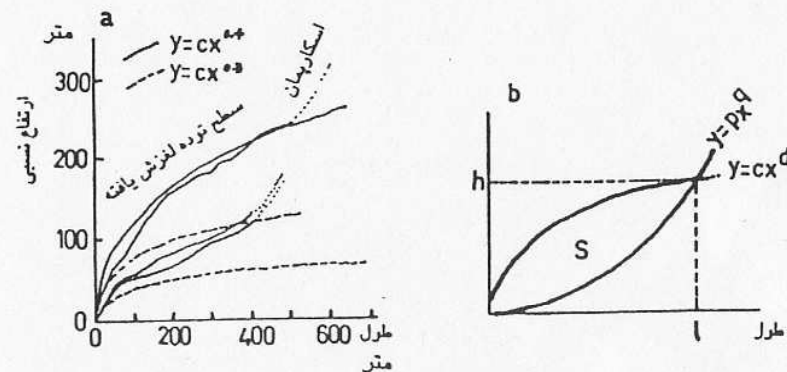
$$T = h/((1/4 - 0/3)/\{(0/3 + 1)(1/4 + 1)\}) = h/2/8 \quad \text{[رابطه ۱۱]}$$

و می‌توان نوشت  $T \cong h/2/8$

با توجه به ضرایب  $d$  و  $q$ ، رابطه  $T \cong h/3$  برای لغزشهای منطقه اهر چای صادق است. بنابراین حجم ( $V$ ) هر توده لغزش به وسیله رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$V = TA = (hA)/3 \quad \text{[رابطه ۱۲]}$$

که  $T$  ضخامت متوسط و  $A$  مساحت و  $h$  ارتفاع نسبی توده لغزش است.



شکل ۷- نمونه‌ای از نیمرخهای طولی و برش مقطعی لغزشها

با توجه به اینکه ارتفاع نسبی و مساحت تمامی لغزشهای منطقه محاسبه شده، با استفاده از رابطه فوق، حجم متوسط و حجم توده‌های لغزش برای هر مربع بدست آمده و بر اساس پراکنش ارتفاعی گروه بندی شده‌اند (جدول ۲).

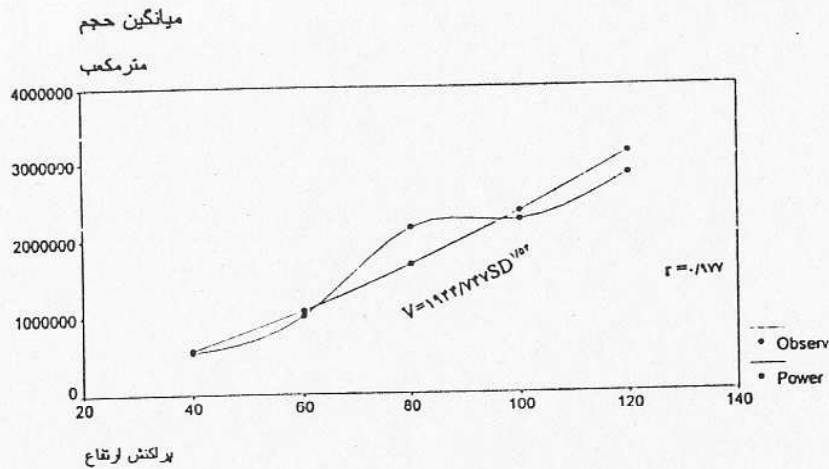
تجزیه و تحلیل روابط بین حجم لغزش‌ها و پراکنش ارتفاعی نشان می‌دهد که روابط آنها به وسیله معادلات توانی بهتر تفسیر می‌شود. رابطه بین میانگین حجم لغزشها و پراکنش ارتفاعی بهتر از همبستگی بین مجموع حجم لغزش و پراکنش ارتفاعی است ( $r = 0/886$ ). منحنی رگرسیون رابطه بین میانگین و مجموع حجم لغزشها و پراکنش ارتفاعی در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده و مدل‌های ارائه برای آنها بصورت زیر است:

$$V = 1944/747 D^{1/54} \quad \text{[رابطه ۱۳]}$$

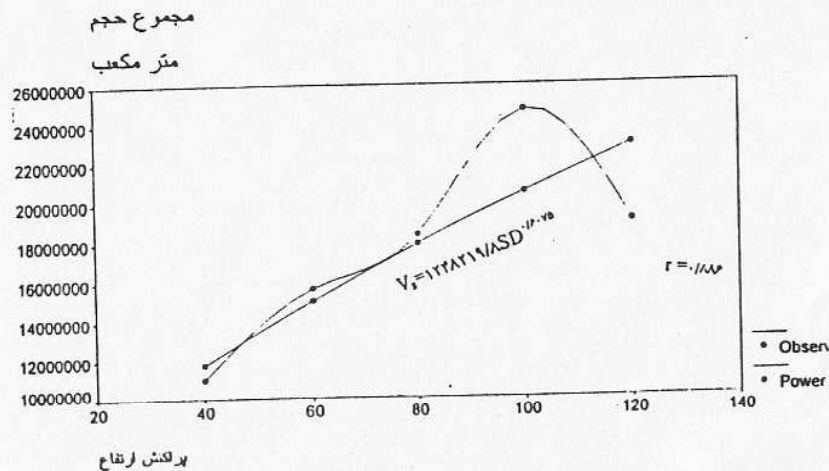
$$V = 1248219/8 D^{0/6075} \quad \text{[رابطه ۱۴]}$$

که  $D$  پراکنش ارتفاعی است.

نتایج حاصل از بررسیها نشان می‌دهد که حجم متوسط و حجم مجموع توده‌های لغزش در منطقه اهر چای علیا شدیداً تابع پراکنش ارتفاعی است. حجم مجموع که پتانسیل وقوع لغزش است، نشان می‌دهد که پراکنش ارتفاعی ارتباط نزدیکی با وقوع لغزش دارد. بر اساس نتایج مذکور می‌توان گفت که میزان رسوب دهی رودخانه بطور تابعی با پراکنش ارتفاعی در رابطه است و با توجه به بالا بودن حجم لغزشهای منطقه میزان رسوب وارده به پشت سد اهر چای زیاد خواهد بود و دریاچه سد به وسیله این رسوبات تهدید می‌شود.



شکل ۸ - رابطه بین پراکنش ارتفاعی و میانگین حجم لغزشهای حوضه اهر چای



شکل ۹ - رابطه بین پراکنش ارتفاعی و مجموع حجم لغزشهای حوضه اهر چای



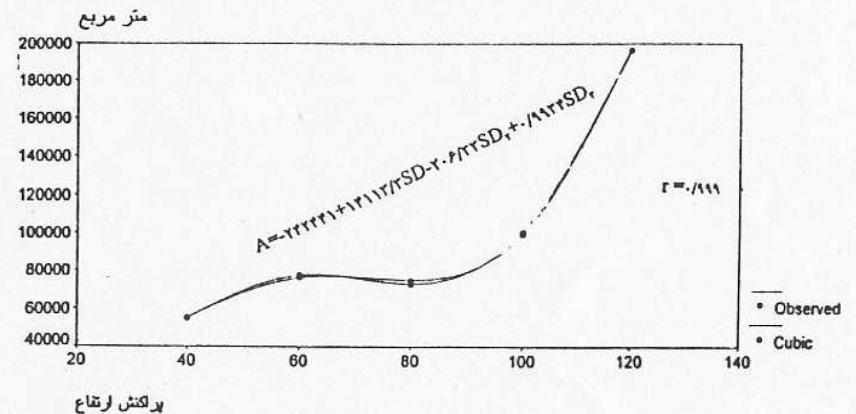
## ۳-۴ - رابطه بین پراکنش ارتفاعی و مساحت لغزشها

در مبحث رابطه بین پراکنش ارتفاعی و حجم لغزشها، مشخص گردید که در منطقه اهرچای حجم لغزشها همبستگی خوبی با انرژی و پراکنش ناهمواریها دارد. از آنجائیکه مساحت لغزشها یکی از عوامل محاسبه حجم آنهاست، باید رابطه مذکور برای مساحت نیز صادق باشد. همچنین طول دامنه‌ها و انرژی ناهمواریها (تفاضل حداقل و حداکثر ارتفاع) در محاسبه مساحت لغزشها اهمیت دارد. بنابراین پس از محاسبه مساحت لغزشها در هر یک از مربع‌های واحد، مساحت میانگین و مجموع برای گروههای پراکنش ارتفاعی بدست آمده است. برای شناخت نوع رابطه بین پراکنش ارتفاعی و مساحت لغزشها، توابع مختلفی مورد آزمون قرار گرفتند و محاسبات نشان می‌دهد که رابطه بین پراکنش ارتفاعی و مساحت لغزشها در حوضه اهرچای، از تابع رگرسیونی درجه ۳ تبعیت می‌کند (شکل ۱۰):

$$[رابطه ۱۵] \quad A = -242441 + 14113/3 D_1 - 206/33 D_2 + 0/9934 D_3 \quad (15)$$

بنابراین با شناخت دقیق پراکنش ارتفاعی یک منطقه، می‌توان در مورد مساحت لغزشهای آن نیز اظهار نظر نمود و ابعاد لغزشها را شناسایی کرد.

میانگین مساحت



شکل ۱۰ - رابطه بین پراکنش ارتفاعی و میانگین مساحت لغزشها

اگر چه میانگین مساحت لغزشها همبستگی خوبی با پراکنش ارتفاعی دارد، ولی مجموع مساحت لغزشها همبستگی خوبی با آن ندارد. مدلهای رگرسیونی بکار رفته برای رابطه بین مجموع مساحت لغزشها و پراکنش ارتفاعی نشان می‌دهند که بهترین رابطه بین آن دو، تابع رگرسیونی درجه ۳ است، ولی هیچ یک از رابطه‌های فوق از معنی داری خوبی برخوردار نیستند. همبستگی ضعیف و عدم معنی داری رابطه بین پراکنش ارتفاعی و مجموع مساحت، ناشی از گروههای پراکنش ارتفاعی است. چون برای گروه بندی لغزشها از پراکنش ارتفاعی استفاده شده و در بعضی مربع‌ها که در یک گروه خاص قرار می‌گیرند، ممکن است لغزشی وجود نداشته باشد و بر عکس در مربع دیگر که در گروه بعدی قرار می‌گیرد ممکن است چندین لغزش اتفاق افتاده باشد (جدول ۱). توزیع نامساوی لغزشها و همچنین بزرگی بیش از حد مساحت بعضی از لغزشها در مربع خاص، در مجموع مساحتها تأثیر گذاشته و پراکنش آنها را ناهمگن کرده است.

## ۳-۵ - رابطه بین پراکنش ارتفاعی و شیب متوسط لغزشها

شیب یکی از عوامل مهم وقوع لغزش و ناپایداری است و نقش آن در کنار سایر عوامل از قبیل آب زیر زمینی، زمین ساخت، نهشته‌های سطحی و زمین لرزه، بهتر مشخص می‌شود. در این تحقیق به منظور شناخت رابطه بین شیب متوسط لغزشها و پراکنش ارتفاعی؛ کل لغزشهای منطقه مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج حاصل از محاسبات نشان می‌دهد که همبستگی خوب و بالایی بین پراکنش ارتفاعی و میانگین شیب لغزشها وجود دارد و رابطه بین آنها توسط مدل توانی بهتر بیان می‌شود (شکل ۱۱):

$$[رابطه ۱۶] \quad \text{میانگین شیب لغزش} = 4/8409 D^{0/3546} \quad (16)$$

رابطه فوق نشان می‌دهد که با تشدید خشونت ناهمواری، شیب لغزشها افزایش می‌یابد. ضریب تبیین ( $R^2 = 0/964$ ) نشان می‌دهد که رابطه فوق بهترین برازش برای ارتباط بین شیب لغزشها و پراکنش ارتفاعی است و با افزایش پراکنش ارتفاعی، شیب لغزشها زیاد ولی از

حجم و ارتفاع نسبی آنها کاسته می‌شود. شکل ۱۱ نشان می‌دهد که مقادیر مشاهداتی شیب لغزشها بزرگتر از مقادیر محاسباتی آنهاست و این بیانگر ضخامت زیاد نهشته‌های سطحی در شیبهای تند است و این نهشته‌ها باعث می‌شوند که در منطقه اهر چای در شیبهای تند هم لغزش وجود داشته باشد.

#### نتیجه :

انحراف معیار توزیع فراوانی ارتفاع در یک ناحیه، شاخص ژئومورفومتریک است که نشانگر پراکنش ارتفاعی است و در بررسی شرایط مکانی مطلوب برای وقوع لغزشها یکبار می‌رود. این مسأله از نظر موفولوژیکی نشانگر شرایط دینامیک بزرگ مقیاس حاصله از توپوگرافی منطقه‌ای است و از نظر طبیعی بیانگر پراکنش انرژی بالقوه مواد سطحی است. نتایج نشان می‌دهد اگر چه مساحت کل توده‌های لغزش یافته در اهر چای با پراکنش ارتفاعی همبستگی خوبی ندارد، ولی حجم، شیب، طول و مساحت متوسط لغزشها شدیداً تابع پراکنش ارتفاعی هستند. بنابراین می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری کرد که برای شناخت دقیق دینامیک لغزشها و علل وقوع آنها در یک منطقه، باید نقش پراکنش ارتفاعی نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج حاصل از این پژوهش و مدل‌های ارائه شده، با اندکی تغییر می‌توانند برای سایر مناطق کوهستانی ایران قابل استفاده باشند. مقادیر ضرایب ممکن است با توجه به زمین‌شناسی مناطق کمی تفاوت داشته باشد.

#### منابع :

- ۱- خیام، مقصود؛ روستایی، شهرام. (۱۳۷۸)، "تحلیل‌های مورفومتری و مفاهیم ژئومورفولوژی لغزشهای زمین در حوضه اهر چای علیا". نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز سال پنجم شماره ۷ صفحات ۷۱-۹۶.
- ۲- روستایی، شهرام (۱۳۷۹). "پژوهشی در دینامیک لغزشهای زمین و علل وقوع آنها با استفاده از روشهای مورفومتری در حوضه اهر چای"، پایاننامه دکتری دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.
- 3- Egawa, Y., et al(1976) Methods of surveying for landslides using areal photographs. 373pp., Geogr. Sur. Inst. Japan.
- 4- Ohmori, H(1974) The relative degree of influence of landform geology and vegetation upon the stability of slopes. -Geogr. Rev. Japan. 47: 633-652.
- 5- Ohmori, H(1992) Morphometrical characteristics of the scare created by large scale rapid massmovement. -Trans. Japan. Geomorph. Union, 13: 189-202.
- 3- Ohmori, H & T. Sugai (1995) Toward geomorphometric models for estimating landslide dynamics and forecasting landslide occurrence in Japanese mountains. Z. Geomorph. N. F. Suppl. -Bd. Pp. 101-149.