

## ارزیابی حجم فرسایش سنگ و ارتباط آن با تکتونیک در طاقدیس دنه خشک با استفاده از GIS

شهرام بهرامی\*، استادیار گروه جغرافیای طبیعی - دانشکده جغرافیا و علوم محیطی - دانشگاه تربیت معلم سبزوار  
جواد جمال آبادی، کارشناس ارشد ژئومورفولوژی - دانشکده جغرافیا و علوم محیطی - دانشگاه تربیت معلم سبزوار

### چکیده

منطقه‌ی مورد مطالعه، طاقدیس تپیک دنه خشک در استان کرمانشاه و بخشی از زون ساختمانی زاگرس چین خورده است. هدف این تحقیق محاسبه‌ی حجم فرسایش سنگ و ارتباط آن با تکتونیک است. جهت دستیابی به هدف فوق، ابتدا محدوده‌ی ۹۰ حوضه‌ی زهکشی در دامنه‌ی طاقدیس بر اساس تصاویر ماهواره‌ای *Quickbird* و داده‌های ارتفاعی *SRTM* مشخص گردید. بعد از بازسازی سطوح قدیمی، ژئومورفیک *DEM* اولیه‌ی (قبل از فرسایش) منطقه تهیه شد. سپس *DEM* فعلی (واقعی) منطقه به دست آمد. با کم کردن حجم *DEM* واقعی از حجم *DEM* اولیه، حجم فرسایش سنگ در هر دره محاسبه گردید. با استفاده از شیب لایه‌ها و عرض طاقدیس، منطقه‌ی مطالعاتی به ۹ زون تکتونیکی تقسیم گردید و میانگین پارامترهای حجم فرسایش سنگ حوضه‌ها ( $Ve$ )، مساحت حوضه‌ها ( $A$ ) و نسبت حجم فرسایش سنگ به مساحت حوضه‌ها ( $Rva$ ) در هر زون به دست آمد. نتیجه‌ی این تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش شیب ساختمانی پهلوی طاقدیس، مقدار پارامتر  $Rva$  نیز افزایش می‌یابد. هم‌چنین رابطه‌ی مستقیمی بین مساحت حوضه‌ها و حجم فرسایش سنگ ( $Ve$ ) وجود دارد. بررسی داده‌ها نشان می‌دهد که گسل‌ها نیز نقش مهمی در افزایش فرسایش سنگ دره‌ها ایفا می‌نمایند. در زون‌های شماره ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷، بالاترین مقدار  $Rva$  به ترتیب مربوط به حوضه‌های گسلی شماره ۲۵، ۳۱، ۵۷، ۷۲ و ۷۶ می‌باشند. به‌طور کلی تحقیق حاضر نشان می‌دهد که حجم فرسایش سنگ در طاقدیس دنه خشک کاملاً متأثر از شیب و عرض پهلوی طاقدیس، موقعیت گسل‌ها و مساحت حوضه‌ها می‌باشد.

### واژگان کلیدی

دنه خشک، حجم فرسایش سنگ، تکتونیک،  $Rva$

## ۱- مقدمه

عوامل اقلیمی باعث فرسایش لندفرم‌ها می‌شوند در حالی که عوامل تکتونیکی باعث ساخت چشم‌اندازها از طریق بالا آمدگی تکتونیکی می‌گردند. نوع سنگ‌ها نیز به علت تفاوت در قابلیت فرسایش پذیری آن‌ها، نقش مهمی در تکامل چشم‌اندازها و تفاوت‌های مکانی فرسایش دارند. به‌طور کلی تأثیرات عوامل فوق‌نقش مهمی در تکامل چشم‌اندازها و فرسایش آن‌ها ایفا می‌کنند (لیفتون و چیس<sup>۱</sup>، ۱۹۹۲: ۷۷).

محاسبه حجم فرسایش سنگ و مواد، از جمله مباحث مهم و کاربردی در ژئومورفولوژی است. امروزه دسترسی به مدل‌های ارتفاعی رقومی (DEM) نقش مهمی در محاسبه‌ی حجم فرسایش سنگ‌ها، برآورد تغییرات سطح زمین در اثر تکتونیک، محاسبه‌ی حجم مواد پرتاب شده از دهانه آتشفشان‌ها و بررسی تغییرات ژئومورفولوژی ایفا می‌کند. به‌طور کلی، مدل‌های ارتفاعی رقومی ابزار مناسبی جهت بررسی فرایندهای تکتونیکی سطح زمین هستند (مایر<sup>۲</sup>، ۲۰۰۰: ۱۹). بکارگیری مدل‌های ارتفاعی رقومی در محاسبه‌ی فرسایش سنگی و عوامل تکتونیکی توسط تعدادی از محققین انجام شده است: راس<sup>۳</sup> در سال ۱۹۸۲ با استفاده از مدل‌های ارتفاعی رقومی، مقدار بالا آمدگی و پائین رفتن منطقه‌ی لیک کانتری<sup>۴</sup> در نیومادرید آمریکا در اثر زلزله را محاسبه نمود. اسمال و آندرسون<sup>۵</sup> (۱۹۹۴) با بکارگیری مدل‌های ارتفاعی رقومی و بازسازی سطوح هموار قله‌های بین دره‌ها و ارتباط آن‌ها با توپوگرافی فعلی در رشته‌های لارامید<sup>۶</sup> در غرب ایالات متحده، حجم فرسایش سنگی دره‌ها را محاسبه نمودند. مونتگومری<sup>۷</sup> (۱۹۹۴) با محاسبه حجم فرسایش دره‌ها، تئوری فرسایش و برش دره‌ها و ارتباط آن با بالا آمدگی تکتونیکی قله‌های کوهستانی (بر اثر تعادل ایزوستازی) در هیمالیا و سیرانوادای آمریکا را مورد ارزیابی قرار داد. بروزویک<sup>۸</sup> و همکاران (۱۹۹۵) با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی توانستند با بازسازی سطوح مرجع و هموار قدیمی و کم کردن توپوگرافی فعلی از آن، در ناحیه ویلر ریج<sup>۹</sup> در کالیفرنیا، حجم فرسایش سنگی دره‌ها را به دست آورند. میشل<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۰۳) فرسایش بخش زیر دریایی جزایر قناری را با استفاده از سطوح قدیمی قله‌ها محاسبه نمودند. آماتو<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۰۳) با بکارگیری مدل‌های ارتفاعی و بازسازی توپوگرافی گذشته براساس بقایای سطوح قدیمی و کم کردن ارتفاع کنونی از این سطوح قدیمی در سوئرن آپنین چین<sup>۱۲</sup> در ایتالیا، حجم سنگ فرسایش یافته را محاسبه نمودند. هیلدنبرند<sup>۱۳</sup> و همکاران (۲۰۰۸) همانند روش آماتو و همکاران (۲۰۰۳)، حجم فرسایش جزیره آتشفشانی تاهیتی نوی<sup>۱۴</sup> در پولینزی فرانسه را با استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاعی برآورد کردند. استریسر<sup>۱۵</sup> و همکاران (۲۰۱۰) با بازسازی بقایای تراس‌های قدیمی و تهیه DEM قدیمی و DEM کنونی، حجم فرسایش ایجاد شده طی یک میلیون سال گذشته در دره لین<sup>۱۶</sup> در جنوب غرب آلمان را محاسبه نمودند.

1- Lifton and Chase

2- Mayer

3- Russ

4- Lake Country

5- Small and Anderson

6 - Laramide

7- Montgomery

8- Brozovic

9- Wheeler Ridge

10- Mitchel

11- Amato

12- Southern Appennines Chain

13- Hildenbrand

14- Tahiti-Nui

15- Strasser

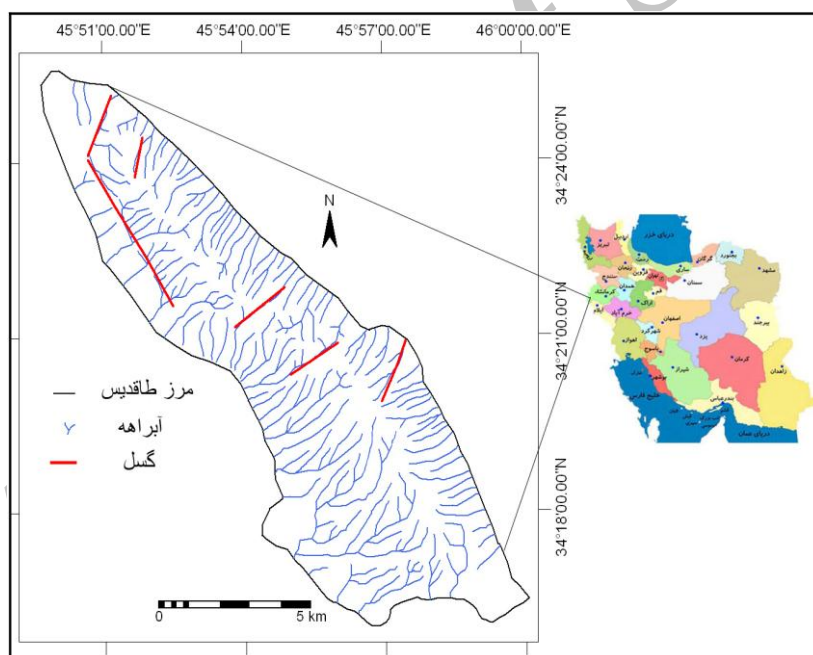
16- Lein

منطقه‌ی مورد مطالعه، طاقدیس تیپیک دنه خشک، بخشی از واحد زمین شناسی زاگرس چین خورده در استان کرمانشاه است که دارای فرود محوری دوطرفه است. طبق نظر محققینی مانند ابرلندر<sup>۱</sup> (۱۹۸۵)، بربریان<sup>۲</sup> (۱۹۹۵)، رنگزن و اقبال الدین (۱۹۹۵)، بلانک<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۳)، حسامی و همکاران (۲۰۰۶)، رامسی<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۸) و پیراسته و همکاران (۲۰۱۱) زاگرس چین خورده که منطقه مورد مطالعه بخشی از آن است، از نظر تکتونیکی فعال بوده و در حال حاضر تحت تأثیر بالا آمدگی تکتونیکی قرار دارد.

هدف این تحقیق محاسبه حجم فرسایش سنگ در دره‌های فرسایشی تشکیل شده در دامنه‌ی طاقدیس دنه خشک، محاسبه شیب لایه‌ها در دامنه‌ی طاقدیس در پائین دست هر دره، بررسی رابطه‌ی بین شیب لایه‌ها و حجم فرسایش سنگ و همچنین رابطه‌ی بین دره‌های گسلی و مقدار فرسایش سنگ در طاقدیس مورد مطالعه است.

## ۲- منطقه مورد مطالعه

طاقدیس دنه خشک بین شهرستان سرپل ذهاب و گیلان غرب در استان کرمانشاه، بخشی از زاگرس چین خورده محسوب می‌شود. مرتفع ترین نقطه‌ی طاقدیس، ۱۳۵۲ متر در بخش مرکزی آن و پست ترین نقطه آن، ۶۰۰ متر در شمال غرب آن قرار دارند. دشت قلعه شاهین در شمال شرق و دشت دیره در جنوب غرب آن قرار دارند. شکل شماره ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه، شبکه زهکشی و محل گسل‌های آن را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت، شبکه زهکشی و گسل‌های منطقه مورد مطالعه

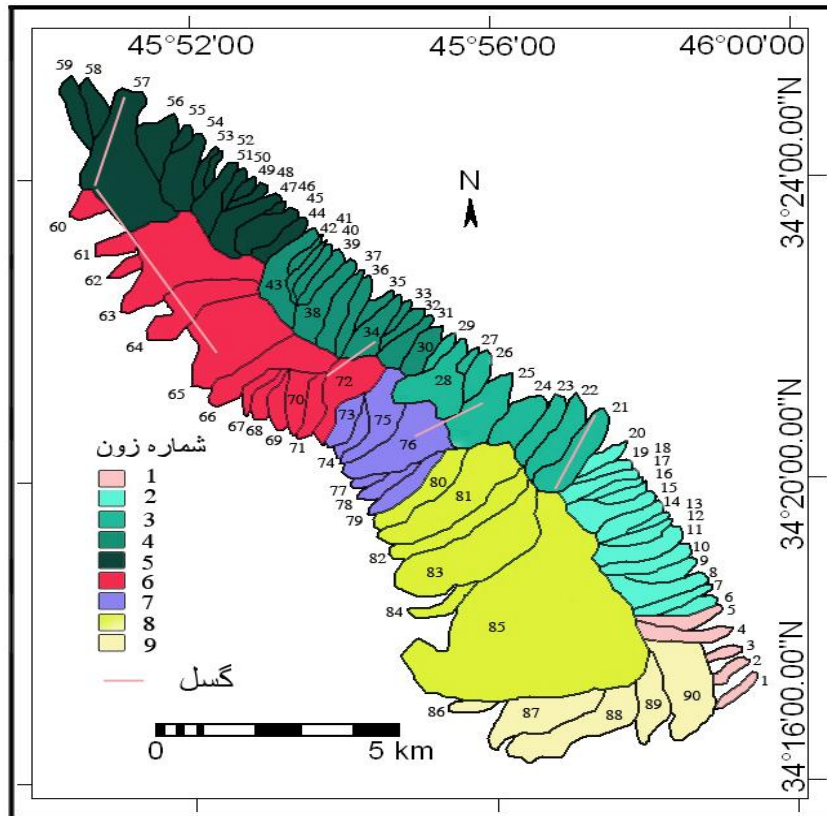
تمامی طاقدیس از سازند آهکی آسماری تشکیل شده است که به صورت هم شیب روی سازند آهکی تله زنگ قرار دارد. شواهد زمین شناسی و ژئومورفولوژیکی از جمله وقوع زلزله و دره‌های تنگ در حاشیه طاقدیس و همچنین تغییر مسیر شبکه‌های زهکشی نشان می‌دهد که طاقدیس مذکور هنوز در حال بالا آمدگی است.

- 1- Oberlander
- 2- Berberian
- 3- Blank
- 4- Ramsy

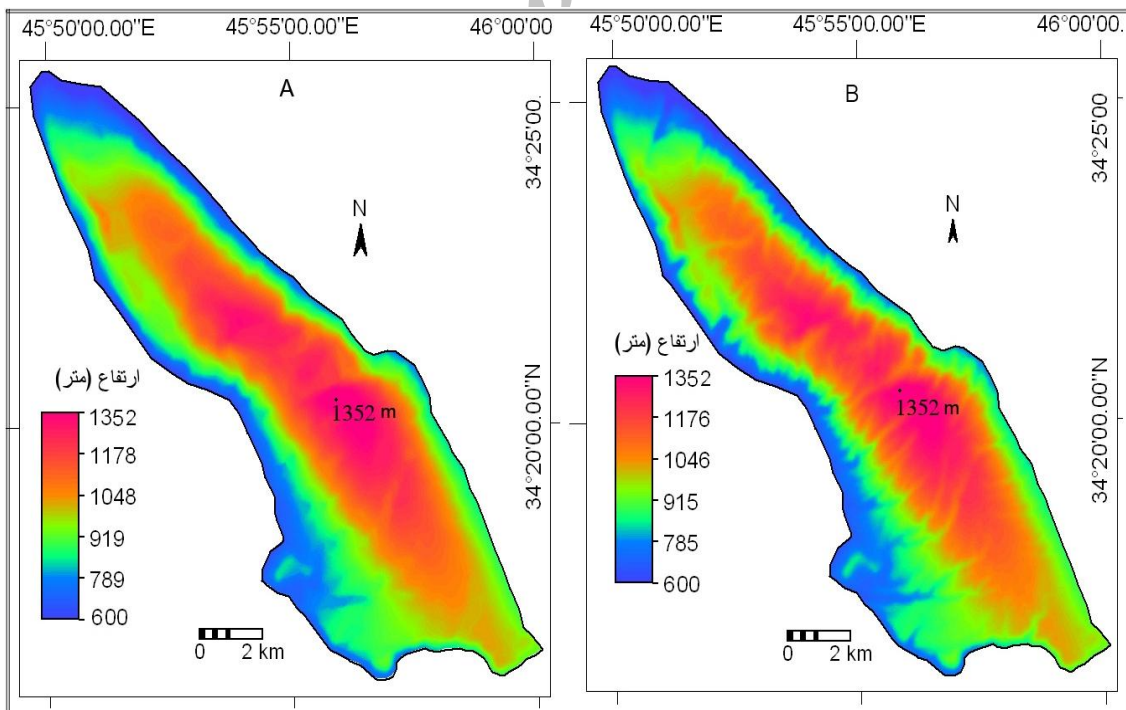
طاقدیس مورد مطالعه دارای روند شمال غرب- جنوب شرق است. از مرکز طاقدیس به سمت شمال غرب روند آن دارای تغییر جزئی به سمت غرب است. عرض طاقدیس در قسمت جنوب شرق حدود ۶۴۰۰ متر، در مرکز طاقدیس ۵۰۰۰ متر و در انتهای شمال غربی ۱۳۰۰ متر است. طاقدیس دانه خشک دارای فرود محوری دو طرفه بوده و به سمت شمال غرب و جنوب شرق در حال پیشروی است. شیب ساختمانی لایه‌ها در طاقدیس مذکور، بسیار متغیر است. در بخش شمال غربی طاقدیس، دامنه جنوب غربی پرشیب تر از دامنه شمال شرقی است. در بخش مرکزی طاقدیس، در دامنه‌ی جنوب غربی آن عملکرد یک گسل معکوس باعث ایجاد یک فرورفتگی جزئی و انحراف مسیر آبراهه‌ها، موازی با محور طاقدیس شده است (شکل ۱).

### ۳- روش کار

هدف این تحقیق، محاسبه‌ی حجم سنگ فرسایش یافته از طاقدیس دانه خشک و ارتباط آن با تکتونیک می‌باشد. جهت دستیابی به این هدف، ابتدا خطوط منحنی میزان با فاصله ۱۰ متر از داده‌های ارتفاعی رقومی SRTM استخراج گردید. بر اساس داده‌های SRTM و تصاویر ماهواره‌ای Quickbird محدوده‌ی ۹۰ حوضه‌ی زهکشی واقع بر طاقدیس مطالعاتی تعیین شد (شکل ۲). لیتولوژی منطقه از نقشه‌ی زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ استخراج گردید. موقعیت گسل‌های منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Quickbird تعیین شد. بر اساس خطوط میزان با فاصله ۱۰ متر، مدل ارتفاعی رقومی (DEM) منطقه تهیه گردید (شکل ۳- B). به کمک تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های SRTM، سطوح قدیمی ژئومورفیک (قبل از فرسایش) بازسازی گردید و براساس آن DEM اولیه‌ی منطقه (قبل از فرسایش) در نرم افزار ILWIS تهیه شد (شکل ۳- A). با کراس دادن پولیگون دره‌ها و DEM واقعی منطقه، داده‌های مربوط به تعداد پیکسل برای هر ارتفاع به دست آمد و براساس آن، حجم سنگ در هر دره به دست آمد. با کراس دادن پولیگون‌های دره‌ها و DEM بازسازی شده‌ی اولیه (قبل از فرسایش)، حجم سنگ برای DEM اولیه نیز محاسبه گردید. حجم سنگ محاسبه شده از DEM واقعی (فعلی) از حجم سنگ محاسبه شده از DEM بازسازی شده اولیه کم شد و حجم سنگ فرسایش یافته طاقدیس برای ۹۰ حوضه‌ی زهکشی به دست آمد. شیب ساختمانی لایه‌ها در جبهه کوهستان (درخروجی دره‌ها) با استفاده از دستگاه شیب سنج اندازه‌گیری شد. بر اساس شیب ساختمانی لایه‌ها و عرض پهلوی طاقدیس، طاقدیس مورد مطالعه به ۹ زون تکتونیکی تقسیم شد (شکل ۲). در این تحقیق علاوه بر محاسبه حجم فرسایش سنگ (Ve)، مساحت حوضه (A)، و شیب لایه‌ها در جبهه طاقدیس (S)، پارامتر Rva (نسبت حجم فرسایش سنگ به مساحت حوضه) نیز محاسبه گردید. میانگین پارامترهای مذکور در هر زون محاسبه شد و نقش تکتونیک در میزان فرسایش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.



شکل ۲- محدوده و شماره‌ی حوضه‌های زهکشی و زون‌های تکتونیکی طاقدیس دنه خشک



شکل ۳- DEM بازسازی شده (A) و واقعی (B) طاقدیس دنه خشک

## ۴ - نتایج و بحث

جهت بررسی نقش تکتونیک در حجم فرسایش سنگ، ابتدا محدوده ۹۰ حوضه زهکشی تشکیل شده بر دامنه‌های طاقدیس مورد مطالعه مشخص شد (شکل ۲) و پارامترهای مساحت حوضه (A)، حجم فرسایش سنگ (Ve)، شیب لایه‌ها در جبهه‌ی طاقدیس (S) و Rva (نسبت حجم فرسایش سنگ به مساحت حوضه) نیز محاسبه گردید (جدول ۱). بررسی داده‌ها نشان می‌دهد که حوضه‌های زهکشی از نظر مساحت دارای تفاوت‌های زیادی هستند. حوضه‌ی شماره ۴۶ کوچک‌ترین و حوضه‌ی شماره ۸۵ بزرگ‌ترین حوضه‌ی مورد مطالعه هستند که به ترتیب ۰,۰۸۰۴ و ۱۳,۹۵ کیلومتر مربع مساحت دارند (جدول ۱). حوضه شماره ۶۳ دارای بالاترین شیب ساختمانی (۸۱ درجه) و حوضه‌های شماره ۸۵ تا ۹۰ در انتهای جنوب غربی طاقدیس دارای کمترین شیب ساختمانی (۸ درجه) هستند. حجم فرسایش سنگ (Ve) در حوضه‌های مورد مطالعه از ۳۶۱۰۰ متر مکعب تا ۱۰۹۶۰۰۱۰۰ متر مکعب در تغییر است. بررسی داده‌های جدول ۱ نشان می‌دهد که با افزایش مساحت حوضه‌ها، حجم فرسایش سنگ (Ve) نیز افزایش می‌یابد. به عنوان مثال بالاترین مقدار Ve (۱۰۹۶۰۰۱۰۰) مربوط به بزرگ‌ترین حوضه (شماره ۸۵) است.

پارامتر Rva از شاخص‌های مناسب جهت ارزیابی نقش تکتونیک در مقدار فرسایش است (فرانکل و پازاگلیا<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶: ۴۲۴). جدول ۱ نشان می‌دهد که کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار پارامتر Rva به ترتیب ۰,۲۵ و ۶۵ (در حوضه‌ی شماره ۳۳) و ۳۵,۲۳ (در حوضه‌ی شماره ۷۲) می‌باشند. بالاترین مقدار Rva مربوط به حوضه‌های شماره ۷۲، ۲۵ و ۶۵ است که در حوضه‌های پر شیب قرار دارند. علاوه بر شیب ساختمانی بالا (به ترتیب ۳۳، ۵۰ و ۶۵ درجه) در حوضه‌های مذکور، وجود گسل عرضی در آن‌ها نیز نقش مهمی در افزایش فرسایش و بنابراین افزایش پارامتر Rva ایفا نموده است. جهت درک بهتر نقش تکتونیک در مقدار فرسایش حوضه‌ها، میانگین پارامترهای کمی در ۹ زون تکتونیکی محاسبه گردید (جدول ۲).

جدول شماره ۱- شماره حوضه (N)، مساحت حوضه به کیلومتر مربع (A)، شیب ساختمانی جبهه طاقدیس به درجه (S)، حجم فرسایش سنگ به متر مکعب (Ve) و نسبت حجم فرسایش سنگ به مساحت حوضه به متر مکعب در متر مربع (Rva)

Rva (m3/m2)	Ve	S	A (km2)	N	Rva	Ve	S	A (km2)	N
0.79	63400	26.5	0.0804	46	0.99	227700	9	0.2297	1
10.33	8905800	26.5	0.8620	47	2.66	614700	9	0.2310	2
2.77	528800	26	0.1909	48	1.41	234900	9	0.1666	3
1.33	189800	26	0.1428	49	3.58	2138600	9	0.5976	4
1.75	368700	25	0.2104	50	2.60	1250300	11	0.4805	5
5.00	3470100	25	0.6938	51	1.15	317700	14	0.2772	6
0.33	47400	25	0.1453	52	1.13	464500	14	0.4100	7
2.05	486000	24	0.2374	53	3.82	3490600	15	0.9144	8
8.27	8642000	24	1.0451	54	1.97	829300	16	0.4208	9
2.62	437700	23	0.1673	55	3.56	2068700	16	0.5810	10
3.97	3151300	22	0.7929	56	6.87	5549700	16	0.8083	11
12.66	43999600	19	3.4744	57	1.44	513800	17	0.3568	12
6.99	3265500	18	0.4671	58	0.98	150700	17	0.1537	13

1- Frankel and Pazzaglia

<i>Rva (m3/m2)</i>	<i>Ve</i>	<i>S</i>	<i>A (km2)</i>	<i>N</i>	<i>Rva</i>	<i>Ve</i>	<i>S</i>	<i>A (km2)</i>	<i>N</i>
1.01	588800	17	0.5827	59	1.41	759900	18	0.5384	14
17.06	5738900	72	0.3363	60	9.28	7559800	18	0.8144	15
15.52	5227200	80	0.3369	61	1.43	375700	18	0.2634	16
7.21	1401800	60	0.1945	62	1.04	246100	19	0.2358	17
14.90	50043100	81	3.3597	63	5.44	2568300	19	0.4722	18
10.93	16368000	60	1.4976	64	2.56	646900	20	0.2530	19
22.22	65694700	65	2.9564	65	2.51	802900	22	0.3199	20
15.16	24248300	70	1.5997	66	13.86	16995300	35	1.2262	21
3.30	922800	75	0.2793	67	9.79	9228800	31	0.9423	22
1.37	465100	78	0.3394	68	16.64	11045500	55	0.6637	23
3.33	1307700	42	0.3928	69	10.75	9125700	54	0.8487	24
11.13	6666400	49	0.5987	70	30.97	42732400	50	1.3796	25
5.88	3089200	34	0.5257	71	6.34	2856500	30	0.4507	26
35.23	45347500	33	1.2873	72	3.45	468900	33	0.1361	27
8.28	4297900	20	0.5191	73	10.51	15748500	31	1.4990	28
5.88	1986300	19	0.3379	74	1.41	333900	33	0.2363	29
7.45	8945900	19	1.2015	75	12.54	6779900	29	0.5408	30
16.02	31983900	17	1.9961	76	12.85	6970300	26	0.5426	31
3.84	602100	17	0.1567	77	2.31	680400	26	0.2945	32
4.79	1684900	14	0.3519	78	0.25	36100	25	0.1458	33
10.07	6592300	13	0.6546	79	17.47	13744500	24	0.7869	34
13.21	14315600	12	1.0833	80	9.18	2420800	24	0.2636	35
15.60	40590300	12	2.6012	81	4.54	2350800	23	0.5180	36
12.12	15603100	11.5	1.2879	82	4.98	3570400	24	0.7170	37
7.44	26334900	11	3.5403	83	9.17	8398900	24	0.9157	38
4.75	1864200	10	0.3923	84	6.95	2832000	23	0.4076	39
7.85	109600100	8	13.9544	85	1.26	389600	28	0.3094	40
2.30	526900	8	0.2288	86	2.20	579300	28	0.2633	41
5.07	8290900	8	1.6366	87	0.84	137000	27	0.1626	42
3.20	6128600	8	1.9134	88	13.93	15304800	23	1.0986	43
4.63	4571500	8	0.9867	89	8.95	3780400	23	0.4222	44
7.06	15082200	8	2.1358	90	7.36	5903700	27	0.8021	45

بررسی داده‌های جدول ۲ به وضوح نشان می‌دهد که با افزایش میانگین مساحت حوضه‌ها (A) حجم فرسایش سنگ (Ve) نیز افزایش می‌یابد. شکل ۴ (A) نشان می‌دهد که بین میانگین دو پارامتر A و Ve رابطه‌ی خطی مستقیمی با ضریب همبستگی ۸۶ درصد وجود دارد.

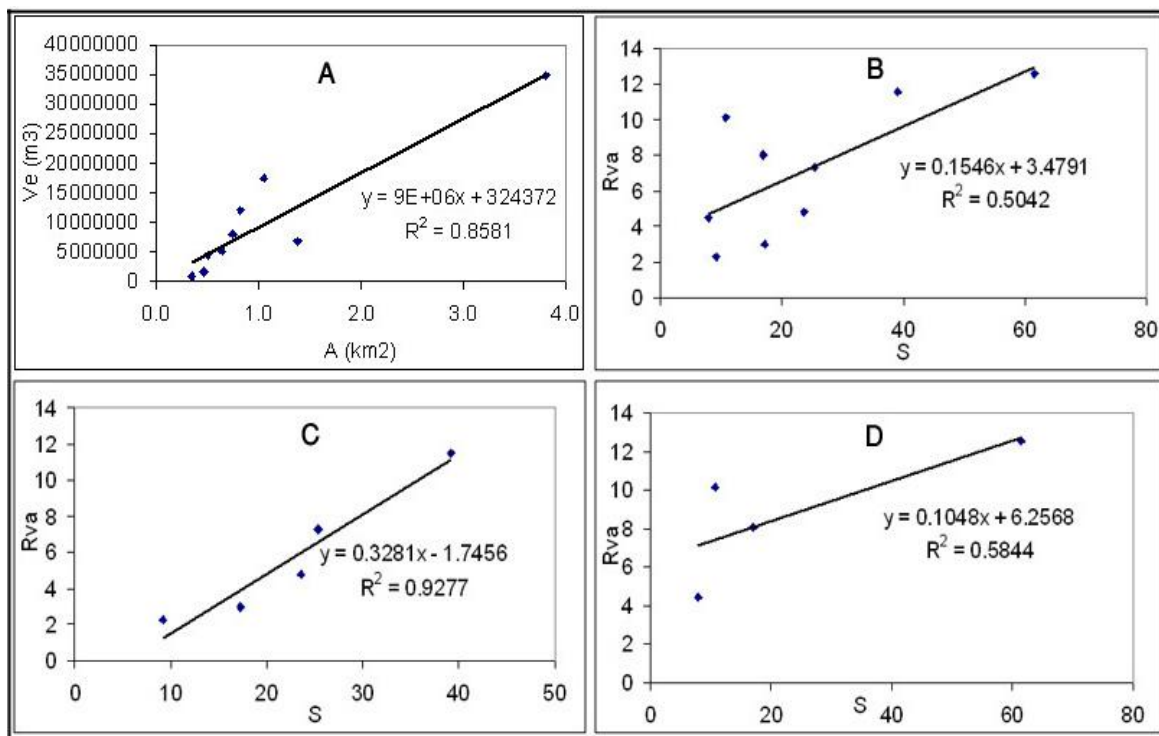
بررسی جدول ۲ هم‌چنین نشان می‌دهد که میانگین پارامتر Rva در زون ۶ (پر شیب‌ترین زون) بیش‌تر از دیگر زون‌ها می‌باشد. شکل ۴ (B) رابطه‌ی خطی بین میانگین شیب ساختمانی (S) و پارامتر Rva را در زون‌های تکتونیکی منطقه‌ی مطالعاتی نشان می‌دهد. بر اساس شکل مذکور، رابطه‌ی مستقیمی با ضریب همبستگی ۵۰ درصد بین دو

پارامتر مذکور وجود دارد. در زون‌های دامنه شمال شرقی طاقدیس رابطه‌ی مستقیمی با ضریب همبستگی ۹۳ درصد بین میانگین شیب لایه‌ها (S) و میانگین پارامتر Rva وجود دارد (شکل ۴، C). در دامنه‌ی جنوب غربی طاقدیس، با وجود رابطه‌ی مستقیم بین پارامتر S و Rva، ضریب همبستگی بین این دو پارامتر پائین‌تر (۵۸ درصد) است (شکل ۴، D). به نظر می‌رسد که علت پائین بودن ضریب همبستگی بین دو پارامتر مذکور در دامنه‌ی جنوب غربی، تغییرات عرض پهلو طاقدیس در آن است به طوری که از شمال غرب به سمت جنوب شرق به تدریج عرض پهلو طاقدیس بیش‌تر شده است. این امر به توسعه‌ی بیش‌تر آبراهه‌ها و بنابراین فرسایش بیش‌تر سنگ، کمک نموده است. به عنوان مثال با وجود شیب تقریباً یکسان در زون ۱ و ۸، عرض بیش‌تر پهلو طاقدیس و توسعه بیش‌تر آبراهه‌ها در زون ۸ باعث شده است که میانگین فرسایش سنگ (Ve) در این زون (۳۳۰۳۳۷۱۱۸ متر مکعب) بسیار بیش‌تر از زون ۱ (۸۹۳۲۴۰ متر مکعب) باشد. بررسی داده‌های این تحقیق نشان می‌دهد که حجم سنگ فرسایش یافته دارای تفاوت‌های زیادی در بخش‌های مختلف طاقدیس است. انطباق داده‌های جدول ۱ و ۲ با شکل شماره ۲ نشان می‌دهد که در حوضه‌های زهکشی دارای گسل، مقدار فرسایش سنگ بسیار بیش‌تر از حوضه‌های فاقد گسل است. به عنوان مثال در انتهای شمال غربی طاقدیس (زون ۵)، با وجود شیب ساختمانی تقریباً یکسان دو حوضه شماره ۵۶ و ۵۷، مقدار پارامتر Rva در حوضه‌ی گسلی شماره ۵۷ (۱۲,۶۶) نسبت به حوضه‌ی غیرگسلی شماره ۵۶ (۳,۹۷) بسیار بیش‌تر است. هم‌چنین حوضه‌های گسلی شماره ۲۵، ۳۱، ۷۲ و ۷۶ به ترتیب در زون‌های ۳، ۴، ۶ و ۷، دارای بالاترین مقدار پارامتر Rva در هر زون هستند. به عبارتی دیگر، در هر زون، بالاترین مقدار پارامتر Rva مربوط به حوضه‌های دارای گسل می‌باشد. به‌طور کلی بررسی داده‌ها بیانگر این نکته است که مقدار فرسایش سنگ در زون‌های تکتونیکی طاقدیس دانه خشک متاثر از شیب و عرض پهلو طاقدیس و هم‌چنین موقعیت گسل‌های منطقه می‌باشد.

جدول شماره ۲- میانگین پارامترهای کمی دره‌ها در ۹ زون تکتونیکی طاقدیس دانه خشک

شماره زون	تعداد حوضه	A	S	Ve	Rva
1	(5 تا 1) دره شماره 5	0.3411	9.2	893240	2.25
2	(20 تا 6) دره شماره 21	0.4546	17.2	1756307	2.97
3	(29 تا 21) دره شماره 9	0.8203	39.11	12059500	11.53
4	(43 تا 30) دره شماره 16	0.4976	25.29	4585343	7.3
5	(59 تا 44) دره شماره 16	0.6448	23.6	5239313	4.76
6	(72 تا 60) دره شماره 9	1.0542	61.5	17424669.2	12.56
7	(79 تا 73) دره شماره 10	0.7454	17	8013329	8.05
8	(85 تا 80) دره شماره 10	3.8099	10.75	34718033.3	10.16
9	(90 تا 86) دره شماره 6	1.3803	8	6920020	4.45





شکل ۴- رابطه خطی و ضریب همبستگی بین میانگین مساحت حوضه‌ها و حجم فرسایش سنگ (A)، میانگین شیب ساختمانی (S) و میانگین Rva در زون‌های تکتونیکی کل طاق‌دیس (B)، دامنه‌ی شمال شرقی (C) و دامنه‌ی جنوب غربی (D) طاق‌دیس دانه خشک

## ۵ - نتیجه‌گیری

عواملی مانند لیتولوژی، اقلیم و تکتونیک، نقش مهمی در حجم فرسایش سنگ در یک منطقه جغرافیایی ایفا می‌کنند. طاق‌دیس دانه خشک نمونه یک طاق‌دیس در حال بالا آمدگی است که دارای تفاوت‌های محلی زیادی از نظر تکتونیکی است. وجود لیتولوژی یکسان (آهک آسماری) در تمامی طاق‌دیس دانه خشک و هم‌چنین عدم وجود اختلاف ارتفاع و اقلیم در آن، باعث شد تا منطقه مذکور جهت بررسی حجم فرسایش سنگ و ارتباط آن با تکتونیک انتخاب گردد. در این تحقیق، محدوده ۹۰ حوضه‌ی زهکشی در دامنه طاق‌دیس بر اساس تصاویر ماهواره‌ای Quickbird و داده‌های ارتفاعی SRTM مشخص گردید. بعد از بازسازی سطوح قدیمی ژئومورفیک (قبل از فرسایش)، DEM اولیه‌ی منطقه تهیه شد. سپس DEM واقعی منطقه تهیه و با کم کردن حجم DEM واقعی از حجم DEM اولیه (قبل از فرسایش) حجم فرسایش سنگ در هر دره محاسبه گردید. با استفاده از شیب لایه‌ها و عرض طاق‌دیس، منطقه‌ی مطالعاتی به ۹ زون تکتونیکی تقسیم شد و میانگین پارامترهای  $V_e$ ،  $S$ ،  $A$  و  $Rva$  در هر زون به دست آمد (جدول ۲). بررسی داده‌ها نشان می‌دهد که در دامنه‌ی جنوب غربی طاق‌دیس (زون‌های ۶ تا ۹) با میانگین شیب ساختمانی بیش‌تر (۳۳ درجه) مجموع حجم فرسایش سنگ ( $V_e$ ) ۵۲۵۵۲۲۳۰۰ متر مکعب است. مجموع حجم فرسایش سنگ در دامنه شمال شرقی طاق‌دیس با میانگین شیب ساختمانی ۲۳٫۵ درجه، ۲۸۷۳۷۰۱۰۰ متر مکعب است. میانگین پارامتر  $Rva$  در حوضه‌های دامنه‌ی جنوب غربی طاق‌دیس ۹٫۷۷ و در دامنه شمال شرقی ۵٫۶۶ می‌باشد که نشان دهنده نقش افزایش شیب ساختمانی در افزایش فرسایش سنگ است. میانگین مساحت حوضه‌ها در دامنه جنوب غربی و شمال شرقی به ترتیب ۱٫۵۷ و ۰٫۵۶ کیلومتر مربع است. بررسی مساحت حوضه‌ها و فرسایش سنگ بیانگر این نکته است که

در حوضه‌های بزرگ‌تر، فرسایش سنگ افزایش می‌یابد به طوری که میانگین مقدار  $V_e$  در زون ۸، با حوضه‌هایی با میانگین مساحت بزرگ‌تر، بسیار بیش‌تر از دیگر زون‌ها است. انطباق داده‌های مربوط به فرسایش سنگ با موقعیت گسل‌های منطقه، بیانگر آن است که گسل‌ها نیز نقش مهمی در افزایش فرسایش سنگ در حوضه‌ها ایفا می‌نمایند. در زون‌های مورد مطالعه، بالاترین مقدار پارامتر  $R_{va}$  مربوط به دره‌های گسلی است. در زون‌های ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷، بالاترین مقدار  $R_{va}$  به ترتیب مربوط به دره‌های گسلی شماره ۲۵، ۳۱، ۵۷، ۷۲ و ۷۶ می‌باشد (جدول ۱). نکته جالب توجه در مورد مقدار پارامتر  $R_{va}$  آن است که بالاترین مقدار پارامتر مذکور در منطقه مورد مطالعه در حوضه‌های با بالاترین شیب ساختمانی قرار ندارد، بلکه در یک حوضه دارای گسل عرضی (حوضه شماره ۷۲) قرار دارد. مقدار فرسایش سنگ در این حوضه ۳۵،۲۳ متر مکعب در متر مربع است. وجود گسل‌های عرضی در طاقدیس دانه خشک باعث تشدید فرسایش و خارج شدن حجم زیادی از سنگ آهک آسماری از آن شده است.

در مرکز طاقدیس بعلت بالآمدگی و شیب ساختمانی بیش‌تر، مقدار فرسایش بسیار بیش‌تر از فرودهای محوری شمال غربی و جنوب شرقی طاقدیس است. همانگونه که شکل ۵ نشان می‌دهد، فرسایش سنگ بستر در حوضه شماره ۳۳ (در مرکز طاقدیس و با شیب ساختمانی بیش‌تر) نسبت به حوضه شماره ۹ (در انتهای فرود محوری جنوب شرقی طاقدیس با شیب ساختمانی ملایم) بسیار بیش‌تر است. به‌طور کلی تحقیق حاضر نشان می‌دهد که حجم فرسایش سنگ در طاقدیس دانه خشک کاملاً متأثر از شیب و عرض پهلوی طاقدیس، مساحت حوضه‌ها و هم‌چنین موقعیت گسل‌ها می‌باشد.



شکل ۵- نمایی از مقدار بالای فرسایش سنگ بستر در حوضه شماره ۳۳ (در مرکز طاقدیس و با شیب ساختمانی بیش‌تر) نسبت به حوضه شماره ۹ (در انتهای فرود محوری جنوب شرقی طاقدیس با شیب ساختمانی ملایم)

## ۶- فهرست منابع و مآخذ

- (۱) شرکت ملی نفت ایران (۱۳۴۲). نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۲۵۰۰۰۰، شیت قصر شیرین.
- (۲) علائی طالقانی، محمود (۱۳۸۱). ژئومورفولوژی ایران، تهران: انتشارات قومس.
- (3) Amato, A., Aucelli, P.P.C., Cinque, A., 2003. *The long-term denudation rate in the Southern Apennines Chain (Italy) : a GIS-aided estimation of the rock volumes eroded since middle Pleistocene time*. *Quaternary International*, 101–102, 3–11.
- (4) Berberian, M., 1995. *Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: Active basement tectonics and surface morphotectonics*. *Tectonophysics*, 241, 193-224.
- (5) Blanc, E.J.P., Allen, M.B., Inger, S., Hassani, H., 2003. *Structural styles in the Zagros Simple Folded Zone, Iran*. *Journal of the Geological Society, London*, 160, 401-412.
- (6) Brozovic, N., Burbank, D.W., Fielding, E., Meigs, A.J., 1995. *The spatial and temporal topographic evolution of Wheeler ridge California: new insights from digital elevation data*. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, 27, p.396.
- (7) Frankel, K.L., and Pazzaglia, F.J., 2006. *Mountain fronts, base-level fall, and landscape evolution: Insights from the southern Rocky Mountains*. *Geological Society of America, Special Paper*, 398, 419-434
- (8) Hessami, K., Nilforoushan, F., Talbot, C.J., 2006. *Active deformation within the Zagros Mountains deduced from GPS measurements*. *Journal of the Geological Society, London*, 163, 143-148.
- (9) Hildenbrand, A., Gillot, P.Y., Marlin, C., 2008. *Geomorphological study of long-term erosion on a tropical volcanic ocean island: Tahiti-Nui (French Polynesia)*. *Geomorphology*, 93, 460–481
- (10) Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara., 2006. *Hole-filled seamless SRTM data, V3, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT)*.
- (11) Lifton, N and Chase, C.G., 1992. *Tectonic, climatic and lithologic influences on landscape fractal dimension and hypsometry: implications for landscape evolution in the San Gabriel Mountains, California*. *Geomorphology*, 5, 77-114
- (12) Mayer, L. 2000. *Application of Digital Elevation Models to macroscale tectonic geomorphology*. In: *Summerfield, M.A., (Eds), geomorphology and global tectonics*, John Wiley & Sons, Chichester, New York. pp. 15-28.
- (13) Mitchell, N. C., Dade, W.B., Masson, D.G., 2003. *Erosion of the submarine flanks of the Canary Islands*. *Journal of Geophysical Research*, 108, 1-11.
- (14) Montgomery, D. R., 1994. *Valley incision and the uplift of mountain peaks*, *Journal of Geophysical Research*, 99, 13,913–13,921.
- (15) Oberlander, T. M., 1985. *Origin of drainage transverse to structures in orogens*, in *Tectonic Geomorphology*, edited by M. Morisawa and J. T. Hack, Allen and Unwin, Boston. pp. 155 – 182.
- (16) Piraste, S., Pradhan, B., Rizvi, S.M., 2011. *Tectonic process analysis in Zagros Mountain with the aid of drainage networks and topography maps dated 1950–2001 in GIS*. *Arabian Journal of Geoscience*, 4 (1-2), 171-180.

- (17) Ramsey, L.A., Walker, R.T., Jackson, J., 2008. *Fold evolution and drainage development in the Zagros mountains of Fars province, SE Iran*. *Basin Research*, 20, 23-48.
- (18) Rangzan, K and Iqbaluddin., 1995. *Morpo- tectonic study of zagros structural belt of SW Iran using remote sensing techniques*. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 23, (4) , 211- 224.
- (19) Russ ,D.P., 1982. *Style and significance of surface deformation in the vicinity of New Madrid, Missouri, US*. *Geological Survey, Professional Paper*, 1236, 94–114
- (20) Small, E.E., and Anderson, R.S., 1998, *Pleistocene relief production in Laramide Mountain ranges, western United States*, *Geology*, 26, 123–126.
- (21) Strasser, A., Strasser, M. and Seyfried, H., 2010. *Quantifying erosion over timescales of one million years: A photogrammetric approach on the amount of Rhenish erosion in southwestern Germany*. *Geomorphology*, 122, 244–253.

Archive of SID