The Scientific Quarterly Journal of Research in Social Studies Education

Teaching morphotectonic indicators to geography students using GIS and Google earth

M. Motamedi Rad*, 1, M. rabiei Gask 2, E. Amiri3
1 -Department of Geography Education, Farhangian University,Tehran, Iran.
2 -Department of Geography Education, Farhangian University,Tehran, Iran.
3 -Department of Geography Education, Farhangian University,Tehran, Iran.

ABSTRACT

Keywords:
. Education
. index
. Index Of relative active tectonic
. orphotectonics

1 .Corresponding author
m.motamedirad@cfu.ac.i

Background and Objectives: Most of the landforms on the earth's surface evolve slowly over thousands or millions of years, and these landform changes are not detectable in the scale of human lifetime, and the possibility of accessing ancient seismic data in many places. The world does not exist and also some methods of determining active tectonics are very expensive, therefore, the use of morphotectonic indicators in the evaluation of tectonic activities is a useful and reliable tool. On the other hand, by teaching these indicators, it provides the basis for identifying tectonic areas and helps us in planning as well as possible. Therefore, this research was conducted with the aim of teaching morphotectonic indicators to geography students using GIS and Google earth.**Methods:** In the present study, parameters such as basin Asymmetry Factor (AF), basin shape (BS), Ratio of valley – floor with to valley height (Vf), hypsometric integral (Hi) were studied and calculated in three classes (Class 1) = active, class 2 = semi-active and class 3 = Quiet) were classified. After calculating the mentioned indices, the amount of tectonic activities in the basins was evaluated using Index Of relative active tectonic (Iat) **Findings:** After calculating the mentioned indices, the amount of tectonic activity in the basin was evaluated using Of Index relative active tectonic (Iat) , based on which the Sadkharv basin was evaluated as having a high tectonic activity. **Conclusion:** It can be said that the parameters used in this research show the sensitivity of these indicators against active tectonic movements, which can be reliable evidence to prove the existence of neotectonic movements.

ISSN (Online): **DOI:**

Received: 1402/12/28 Reviewed: 1403/03/14
Accepted: 1403/03/30 .PP: 24

Citation (APA): MotamediRad. M (2023). Teaching morphotectonic indicators to geography students using GIS and Google earth.
The scientific quarterly Journal Of Research social studie education , *6*(1), 119-142.

https://doi.org/10.12345/tej.12.10.112

آموزش شاخص‌های مورفوتکتونیک به دانشجویان جغرافیا بااستفاده از GIS و Google earth

مقاله پژوهشی

محمد معتمدی‌راد*[۱]، مریم ربیعی گسک[۲]، ابراهیم امیری[۳]

۱. گروه آموزش جغرافیا، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، ایمیل: m.motamedirad@cfu.ac.ir

۲. گروه آموزش جغرافیا، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، ایمیل: m.rabiei@cfu.ac.ir

۳. گروه آموزش جغرافیا، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، ایمیل: Dr.amiri@cfu.ac.ir

چکیده

پیشینه و اهداف: اغلب لندفرم‌های سطح زمین بـه آرامـی و طـی هـزاران یـا میلیـون‌هـا سـال تکامـل مـی‌یابنـد و این تغییـرات لنـدفرم‌هـا در مقیـاس عمـر بشـر قابـل‌تشـخیص نمـی‌باشـند و امکان دسترسی به داده‌های دیرین لرزه‌ای در بسـیاری از نقاط دنیا وجود نداشـته و همچنین برخی روشـهای تعیین تکتونیک فعال بسـیار پر هزینه می‌باشـد، بنابراین اسـتفاده از شـاخص‌های مورفوتکتونیکی در ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی ابزاری مفید و قابل اطمینـان هسـتند. از طرفی با آموزش این شـاخص‌ها، زمینه شـناسـایی مناطق تکتونیکی فراهم و ما را در برنامه‌ریزی هر چه بهتر یاری می‌رسـاند. لذا این پژوهش با هدف آموزش شـاخص‌های مورفوتکتونیک به دانشـجویان جغرافیا با اسـتفاده از GIS و Google earth انجام شـده اسـت. **روش‌ها:** در پژوهش حاضـر پارامترهایی نظیر شاخص عدم تقارن حوضه (AF)، نسبت شکل حوضه (BS)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، انتگرال هیپسـومتری (Hi) جهت بررسـی تاثیر تکتونیک مورد آموزش و محاسـبه و در سـه کلاس(کلاس۱ = فعال، کلاس ۲= نیمه فعال و کلاس۳= آرام) طبقه‌بندی گردید. پس از محاسبه شاخص‌های مذکور، با استفاده از شـاخص ارزیابی نسـبی فعالیت‌های تکتونیک(Iat) میزان فعالیت زمین‌سـاختی در حوضـه‌ها ارزیابی شـد. **یافته‌ها:** پس از محاسـبه شـاخص‌های مذکور، با اسـتفاده از شـاخص ارزیابی نسـبی فعالیت‌های تکتونیک(Iat) میزان فعالیت زمین‌سـاختی در حوضه ارزیابی‌شد که بر اساس آن حوضه صدخرو دارای فعالیت زمین ساختی زیاد ارزیابی گردید. **نتیجه‌گیری:** می‌توان‌گفت پارامترهای به‌کاررفته در این پژوهش نشـان از حسـاسـیت این شـاخص‌ها در برابر حرکات تکتونیکی فعال می‌باشـد که می‌تواند شـواهد و مدارک قابل اسـتنادی برای اثبات وجود حرکات نئوتکتونیکی باشد.

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI:

واژه‌های کلیدی:

. آموزش

. تکتونیک

. شاخص

. مورفوتکتونیک

۱. نویسنده مسئول

m.motamedirad@cfu.ac.i

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸

تاریخ بازنگری:۱۴۰۳/۰۳/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۳

شماره صفحات: ۲۴

مقدمه

از گذشته تعلیم و تربیت به جهت تأثیر مستقیم بر آیندگان، امر مهمی برای جوامع به حساب می آمده است و نظام‌های آموزشی همواره به دنبال یافتن روش‌ها و راهکارهایی جهت بهبود و تسهیل و نوآوری در امر آموزش بودند. از جمله این روش‌ها بکارگرفتن فناوری در امر آموزش است (Salehizadeh and Asadi, 2012; Soleymannejad et al.2023).

می‌توان‌گفت فناوری اطلاعات و ارتباطات، آموزش و جامعه را متحول‌کرده است. با پیشرفت تکنولوژی در جهان، فنون جدیدی در حال تولید و ارائه به عرصه‌های آموزش و پژوهش است. توسعه همه‌جانبه ماهواره‌های تحقیقاتی و نرم‌افزارهای مختلف، یکی از پیشرفت‌هایی بوده که توانسته کمک شایانی به پژوهش‌های مختلف از جمله تحقیقات جغرافیایی نماید و علاوه بر کاهش هزینه‌ها، محدوده‌های وسیع‌تری را به صورت دقیق و لحظه‌ای مورد مطالعه و پایش قرار دهد. یکی از این فنون، سنجش ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی است که در کشور ما مورد توجه فراوان قرار گرفته و توسعه آن به قدری چشم‌گیر بوده که در کتاب‌های جغرافیایی مدارس نیز ورود پیدا کرده است. آموزش عملی این فنون به دانشجو معلمان، می‌تواند علاوه بر افزایش یادگیری و انگیزه پژوهشی آنان و شکوفا نمودن ذهن خلاق و پویای آنان سبب پیشگیری از حوادث و مخاطرات، کسب آمادگی برای مقابله با آنان، رفع مشکلات جامعه و انتقال این اطلاعات و راهکارهای آن به دانش‌آموزان و نهایتا خانواده‌ها و جامعه شود.

یکی از مباحثی که در رشته جغرافیا نیز مطرح‌می‌گردد تکتونیک[1] است. تکتونیک به مطالعه تغییر شکل پوسته زمین بر اثر تنش‌ها و کرنش‌های وارده در طول دوران‌های مختلف زمین‌شناسی می‌پردازد. هدف اصلی این رشته توجیه هندسه و نحوه پیدایش سازه‌ها و ساختارهای زمین‌شناسی مانند طاقدیس‌ها، گسل‌ها، درزه‌ها و ناودیس‌ها است. از سوی دیگر، تکتونیک یا زمین‌ساخت به مطالعه ساختار درونیِ زمین، چگونگی تشکیل رشته کوه‌ها، اقیانوس‌ها، زمین‌لرزه‌ها و دیگر رخدادهای سطح زمین می‌پردازد. دانش آموزان در درس چهارم کتاب جغرافیای یازدهم با عنوان ناهمواری‌ها و اشکال زمین و دانشجومعلمان جغرافیا دروسی نظیر زمین‌شناسی برای جغرافیا و ژئومورفولوژی ایران را که در طول دوران تحصیل خود می‌گذرانند، با اصطلاح تکتونیک سر و کار داشته لذا شایسته است با این مفهوم آشنایی داشته باشند.

آثار مختلف برجای ملنده روی زمین بیانگر فعالیت‌های تکتونیکی در نقاط مختلف جهان است. گسل‌ها، کوهها، دره‌های ساختمانی و ... شواهدی برتسلط فرم‌زایی تکنونیک در دوران گذشته زمین‌شناسی می‌باشد. قرارگیری ایران در کمربند کوهزایی آلپ- هیمالیا بیانگر این موضوع است که بخش اعظم آن تحت تاثیر تکتونیک‌های فعال قرار دارد و از شواهد این امر می‌توان وجود زلزله‌های

1- Tectonics

مخرب، گسل‌ها و شکستگی‌های مختلف را نام برد. در سطح کره زمین تقریبا هیچ ناحیه‌ای را نمی‌توان یافت که تحت تاثیر فعالیت‌های تکتونیکی قرار نگرفته باشد و در واقع تکتونیک فعال در حال تغییر شکل سطح زمین می‌باشد (Abbasi et al., 2013). ماهیت پویای فرآیندهای تکتونیکی، لزوم اندازه‌گیری آن‌ها را در مقیاس زمانی متفاوت موجب می‌شود. ریخت‌سنجی چشم‌اندازهای ایجاد شده در کمربندهای کوهزایی، روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری و ثبت میزان تحرک‌پذیری آن‌ها ایجاد نموده است (Arfania, 2011). مورفومتری، اندازه‌گیری اشکال و فرم‌های چشم‌اندازهای روی زمین است که می‌تواند در ساده‌ترین سطح هر لندفرم و در غالب پارامترهایی چون اندازه، ارتفاع (بیشترین، کمترین و متوسط) و شیب اندازه‌گیری شود (Seyf and Khosravi, 2011). اگر چه تکتونیک فعال گسستگی آرام پوسته زمین است که امکان دارد به سازه‌های انسانی صدمه بزند ولی بیشتر فرآیندهای تکتونیکی فعالی که قادر هستند رویدادهای ناگهانی به وجود آورند اهمیت دارند. بنابراین با شناخت تکتونیک فعال در یک منطقه می‌توان خطرات ناشی از وقوع رویدادهای ناگهانی مانند زمین‌لرزه را کاهش داد (Keller and Pinter,2002-). ماهیت پویای فرآیندهای تکتونیکی، لزوم اندازه‌گیری آن‌ها را در مقیاس زمانی متفاوت موجب می‌شود. ریخت‌سنجی چشم‌اندازهای ایجاد شده در کمربندهای کوهزایی، روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری و ثبت میزان تحرک‌پذیری آن‌ها ایجاد نموده است (Arfania, 2011). مورفومتری، اندازه‌گیری اشکال و فرم‌های چشم‌اندازهای روی زمین است که می‌تواند در ساده‌ترین سطح هر لندفرم و در غالب پارامترهایی چون اندازه، ارتفاع (بیشترین، کمترین و متوسط) و شیب اندازه‌گیری شود (Seyf and Khosravi, 2011).

می‌توان گفت امکان دسترسی به داده‌های دیرین لرزه‌ای در بسیاری از نقاط دنیا وجود ندارد و داده‌های ثبت زلزله‌ها، توسط زلزله‌نگارها حداکثر مربوط به صد سال اخیر هستند، و از طرفی دیگر بعضی از روش‌های تعیین تکتونیک‌های فعال (روش‌های لرزه‌نگاری) بسیار هزینه بر هستند، بنابراین استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی در ارزیابی فعالیتهای تکتونیکی و موارد مرتبط با آنها ابزاری مفید و قابل‌اطمینان هستند (Guarnieri and Pirrotta, 2008؛Karami,2009). بنابراین یکی از روش‌های جدید جهت مشاهده حرکات زمین ساختی و زمین‌لرزه‌ها استفاده از دانش مورفوتکتونیک می‌باشد(Sohrabi and Beygi, 2016). شاخص‌های مورفوتکتونیک ابزار مفیدی برای ارزیابی تکتونیک فعال هستند، زیرا با استفاده از آنها می‌توان مناطق ویژه‌ای را که تحت‌تأثیر حرکت‌های نسبتاً سریع یا حتی آهسته تکتونیک قرار دارند را مشخص کرد (Keller,1986؛ Ramirrez-Herrera,1998). به عبارتی از طریق شاخص های مورفوتکتونیکی می‌توان مناطقی را که فعالیت‌های سریع و یا حتی کند زمین ساختی را پشت سر گذاشته‌اند، شناسایی کرد (Khayyam and Mokhtari, 2003). به طورکلی، می‌توان‌گفت که شاخص‌های مورفوتکتونیک به طور ویژه به منظور ارزیابی حرکت‌های تکتونیک فعال مورداستتفاده قرار می‌گیرند (Burbank and Anderson, 2001; Mansouri and Sarbazi, 2016) . از مهمترین ویژگی‌ها و محاسن استفاده از شاخص‌های مورفومتریک می‌توان به سادگی نسبی در روش

محاسبه، سرعت عمل بالا در بکارگیری شاخص‌ها برای بررسی میزان فعالیت‌ها تکتونیکی مناطق به‌ویژه مناطق بزرگ، تعیین درجه نسبی فعالیت‌های تکتونیکی مناطق مختلف، ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی مناطق در زمان کوتاه، آسان‌تر کردن مقایسه منطقی و معقول لندفرم‌ها در مطالعات ژئومورفولوژی، تعیین نرخ لغرش به‌ویژه نرخ فرایش بر روی مناطق مورد مطالعه و به حداقل رساندن سلایق نظرات شخصی در مطالعات اشاره کرد (Habibolahian and Ramesht,2012). باتوجه به این که دانشجومعلمان جغرافیا دروسی نظیر زمین‌شناسی برای جغرافیا و ژئومورفولوژی ایران و ... را در دوره دانشگاهی خود می‌گذرانند و در این دروس با تکتونیک و فعالیتهای مختلف تکتونیکی آشنا می‌شوند بهتر است آشنایی و مهارت لازم برای محاسبه شاخص‌های موفوتکتونیک جهت ارزیابی فعالیتهای تکتونیکی را نیز کسب نمایند تا بتوانند علاوه بر انتقال اطلاعات به فراگیران خود، تحلیل و ارزیابی دقیقی از فعالیتهای تکتونیکی داشته و پیش‌بینی و انجام اقدامات اولیه برای مقابله با آن را داشته باشند و با در اختیار گذاشتن اطلاعات به برنامه‌ریزان جامعه از این طریق برخی مسائل و مشکلات جامعه را رفع نمایند

پیشینه پژوهش

در رابطه بااستفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیک جهت بررسی وضعیت تکتونیک حوضه‌های آبریز، مطالعات زیادی در ایران و جهان انجام گرفته است که از جمله می توان به موارد ذیل اشاره نمود:
Malik et al (2006) به مطالعه تاثیر تکتونیک در تکامل شبکه زهکشی و چشم‌اندازها با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک در هیمالیا Bagha et al(2014) در مقاله‌ای به ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه‌های تهران، البرز مرکزی و شمال ایران، Sarp (2014) تکامل فعالیت نئوتکتونیک سیستم گسلی شرق آناتولی (EAFS)، Giaconia et al (2016) شواهد ژئومورفیک تکتونیک فعال را در منطقه سیراآلهامینا در جنوب شرق اسپانیا، Pradeep and Alexander(2020) به الگوی تغییرشکل تکتونیکی فعال در سراسر منطقه رانش چورچاندپور-مائو تپه های مانیپور، محدوده هندو- میانمار، شمال شرقی هند بااستفاده از شاخص‌های موفوتکتونیک نظیر شیب طول آبراهه (SL)، عدم تقارن حوضه زهکشی (AF)، انتگرال هیپسومتری (Hi)، نسبت عرض بستر دره به ارتفاع آن (Vf)، شکل حوضه زهکشی (Bs) و سینوسی جبهه کوهستان (Smf) پرداختند.

در ایران نیز Zolfaghari et al(2004) با پژوهش در نیمه جنوبی حوضه آبریز حاج علیقلی (جنوب شرقی دامغان)، Zargarzadeh et al (2008) پهنه‌بندی تکتونیک فعال در زون زاگرس، Shafiee et al(2009)وضعیت تکتونیکی رشته‌کوه بینالود، Abdideh et al (2011) ارزیابی نسبی زمین‌ساخت فعال حوضه آبریز رودخانه دز، Karami et al (2012) بررسی و تحلیل شواهد ژئومورفولوژیک و تکتونیک فعال در حوضه‌های شمالی شهرچای میانه، Parhizgar et al(2017) در تحلیل مورفومتری

تاقدیس‌های بابا کوهی و کفترک و ارتباط آن با تکتونیکهای فعال، Abdulahi and Haji Ali Beygi (2019) به پهنه‌بندی تکتونیک فعال در گستره ساوه و پیرامون، جنوب غرب تهران با استفاده از برخی از شاخص‌های ریخت زمین ساختی از جمله Hi ، Re، Bs، AF، Vf، Vc، V، SL، Smf و Iat پرداختند.

در زمینه آموزش مفاهیم در رشته‌های مختلف پژوهش‌هایی نیز انجام‌شده است که در ذیل به آن اشاره می‌گردد:

Seyfi and Rashidi (2022) در پژوهشی به بررسی و آموزش ساده خواص تناوبی عناصر در جدول دوره‌ای به کمک بازی به دانش آموزان پایه دهم پرداختند. هدف این پژوهش استفاده از بازی و روش‌های ساده برای آموزش خواصّ تناوبی جدول دوره‌ای عنصرها به دانش آموزان پایه‌ی دهم است تا مشکلات یادگیری دانش‌آموزان به میزان زیادی مرتفع شود. بررسی میدانی از دانش‌آموزان پایه دهم دو مدرسه در تهران و ارومیه به روش و نمونه‌گیری هدفمند، چهار کلاس ۳۰ نفری که در سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در رشته‌ی علوم تجربی در حال تحصیل بودند، به عنوان نمونه انتخاب شدند. ابزار مورد استفاده در این پژوهش، ارزشیابی پیشرفت تحصیلی بود. نتایج پژوهش حاکی از آن بود که آموزش بازی محور در یادگیری دانش‌آموزان بسیار مؤثر است و کمک بزرگی به یادگیری عمیق می‌کند. فعّالیت‌های گروهی توأم با نظارت دبیر، دانش‌آموزان را برای رقابت‌های دوستانه و سالم بسیار علاقه‌مند می‌کند و در جهت یادگیری عمیق بسیار کاربردی است. در این مقاله سعی شده با روش‌های بسیار ساده، بخشی از معضلات و مشکلات یادگیری جدول تناوبی در دانش آموزان را مرتفع شود.

Ramezanian et al (2023) به پژوهشی باعنوان یادگیری مبتنی بر آزمایش در درس شیمی پرداختند. هدف از این پژوهش، بررسی تاثیر انجام آزمایش بر یادگیری واکنش‌پذیری عناصر شیمیایی در درس شیمی دانش‌آموزان پایه یازدهم بود. پژوهش به صورت نیمه تجربی با دو گروه کنترل و آزمایش با اجرای پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام گرفته است. جامعه آماری پژوهش را ۱۷۰ نفر از دانش آموزان دختر دبیرستان های شهرستان باخرز در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ تشکیل داده که ۳۰ دانش آموز انتخاب شدند. پس از همسان‌سازی، دانش‌آموزان بر اساس نمرات شیمی ترم قبل آنها به صورت تصادفی به دو گروه کنترل و آزمایش تقسیم شدند. گروه آزمایش به مدت ۸ هفته در درس شیمی با روش انجام آزمایش و گروه کنترل با روش تدریس سنتی آموزش داده شده‌اند. پس از این مدت از هر دو گروه آزمون به عمل آمد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آماری آزمون t انجام شد. نتایج تحقیق به طور کلی نشان‌داد که در سطح اطمینان ۹۵٪ میانگین نمرات پیشرفت تحصیلی آزمون گروه آزمایش و کنترل با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارد و میزان یادگیری دانش‌آموزان در روش مبتنی بر آزمایش، بیشتر است.

باید اذعان‌نمود در زمینه آموزش مفاهیم و اطلاعات جغرافیایی و زمین‌شناسی مطالعات بسیار محدودی نیز صورت گرفته است:

Sheikhi (2018) در پژوهشی به راهنمای آموزش تکتونیک صفحه‌ای برای دبیران پرداخت که در آن به تکتونیک صفحه‌ای، لایه‌های زمین، اشتغال قاره‌ها، احیای فرضیه اشتغال قاره‌ها، آزمون فرضیه گسترش بستر اقیانوس، فرورانش، انواع صفحات متحرک و نحوه آموزش آن به دبیران پرداخت. Moradi et al (2021) در بررسی نقش سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در آموزش جغرافیا و ارتقای سطح علمی و پژوهشی دانش‌آموزان در مدارس با روش کتابخانه‌ای، میدانی و سنجش از دور، به معرفی برخی از این فنون شامل بررسی نوسانات پوشش گیاهی و پهنه‌های آبی طی سال‌های مختلف، تحلیل گسترش فضای شهری در دهه‌های گذشته، محاسبه جابجایی تپه‌های ماسه‌ای در دوره‌های زمانی مختلف، محاسبه میزان فرونشست زمین، بازدید میدانی و استفاده از پهپاد برای عکس‌برداری و سه‌بُعدی‌سازی لندفرم‌ها پرداخته و اذعان نمودند که لزوم بکارگیری این فنون نیازمند وجود دبیران جغرافیای کارآزموده و متخصص در این زمینه است که بتوانند با دیدگاه سیستمی، روابط متقابل بین عوامل مختلف محیطی را تبیین کرده و به دانش‌آموزان انتقال دهند. Yosefi Roshan (2022) به آموزش تهیه نقشه توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاع در آموزش درس نقشه خوانی و کارتوگرافی با استفاده از گوگل ارث و GIS پرداخت و با تولید نقشه، فنون مختلف نقشه خوانی، موقعیت نقاط بر اساس نقشه، مقیاس نقشه، مفهوم خطوط تراز، ترسیم نیمرخ و غیره را به صورت عملی به دانشجویان آموزش داد.

از آن جا که فرآیندهای تکتونیکی فعال در بسیاری از فعالیتهای بشری همچون طراحی و احداث شهرها، نیروگاه‌ها، سدها، تأسیسات صنعتی، ساخت مجتمعهای مسکونی و ... نقش به سزایی دارند و از طرفی با توجه به اهمیت آموزش شاخص های مورفومتری مطالعه‌ای صورت نگرفته است، این پژوهش، به بررسی و آموزش شاخص‌های مورفوتکتونیک به دانشجویان جغرافیا با استفاده از GIS و Google earth در حوضه صدخرو در دامنه‌جنوبی کوه‌های جغتای می‌پردازد که در آن شاخص‌های نسبت شکل حوضه (BS)، عدم تقارن حوضه (AF)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (VF)، انتگرال هیپسومتری (Hi) موردبررسی قرارگرفت و نتایج حاصل از این شاخص‌ها به صورت شاخص ارزیابی نسبی فعالیتهای تکتونیکی (Iat) بیان‌شد که مطالب آن برای درک بهتر مفاهیم مهمی چون تکتونیک در دروسی نظیر زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی ایران، برای دانشجویان جغرافیا مفید خواهد بود و آنان می‌توانند با کسب مهارت محاسبه این شاخص‌هاپژوهش‌هایی را در این زمینه انجام دهند.

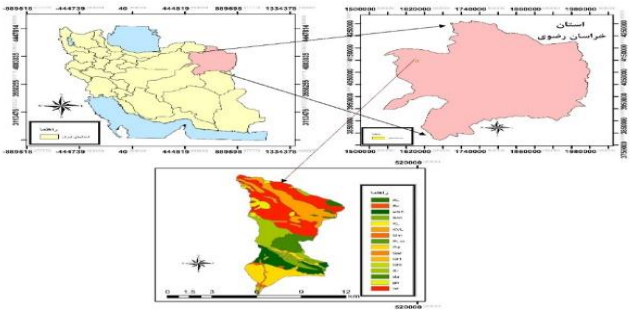
روش

منطقه مورد مطالعه

ابتدا از طریق Google Earth حوضه صدخرو در دامنه جنوبی کوه‌های جغتای شناسایی گردید. سپس اطلاعات توپوگرافی مانند سطوح ارتفاعی و شیب توپوگرافی، بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ استخراج گردید. همچنین جهت استخراج اطلاعات زمین‌شناسی منطقه از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه استفاده شد.

این حوضه در استان خراسان رضوی و در ۵۵ کیلومتری غرب شهرستان سبزوار واقع شده است. حوضه مطالعاتی در محدوده جغرافیایی ″ ۵۹ ′ ۲۰ ° ۳۶ تا ″ ۲۰ ′ ۲۹ ° ۳۶ درجه عرض شمالی و ″ ۳۱ ′ ۰۵ ° ۵۷ تا ″ ۱۰ ′ ۱۰ ° ۵۷ درجه طول شرقی) در دامنه جنوبی ارتفاعات جغتای واقع گردیده و از شمال به حوضه آبخیز زرقان، از جنوب به روستاهای صدخرو و مهر، از شرق به حوضه آبخیز بهنگر و از غرب به حوضه آبخیز کمیز محدود می‌گردد. وسعت این حوضه ۵۶/۱۸ کیلومتر مربع می‌باشد. حوضه مزبور متعلق به بخش مرکزی شهرستان داورزن در استان خراسان رضوی در شرق کشور می‌باشد. تشکیلات موجود در حوضه آبخیز صدخرو شامل واحدهای رسوبی ائوسن و کواترنری و واحدهای اولترامافیکی است.

پس از محاسبه مساحت، محیط، ارتفاع حداکثر، حداقل و همچنین ارتفاع متوسط حوضه‌ها، پارامترهایی نظیر شاخص عدم تقارن حوضه (AF)، نسبت شکل حوضه (BS)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، انتگرال هیپسومتری (Hi) جهت بررسی تاثیر تکتونیک مورد محاسبه و در سه کلاس(کلاس ۱ = فعال، کلاس ۲= نیمه فعال و کلاس۳= آرام) طبقه‌بندی گردید. پس از محاسبه شاخص‌های مذکور، با استفاده از شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیک(Iat) میزان فعالیت زمین‌ساختی در حوضه‌ها ارزیابی شد. شکل ۱ موقعیت حوضه مطالعاتی را همراه با سازندهای زمین شناسی حوضه مورد مطالعه نشان‌می‌دهد. مشخصات کمی حوضه آبخیز مورد مطالعه نیز در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- موقعیت حوضه مطالعاتی

جدول (۱) مشخصات کمی حوضه آبخیز مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

نام حوضه	مساحت km^2	محیط km	حداکثر ارتفاع m	حداقل ارتفاع m	شیب متوسط (درصد)	طول آبراهه اصلی km
صدخرو	۵۶/۱۸۳۵	۴۴/۷۴۸۳	۲۵۰۰	۱۱۸۰	۳۱	۱۶/۵۷

یافته‌های پژوهش

در این تحقیق سعی شده است تا به آموزش شاخص‌های مورفوتکتونیک به دانشجویان پرداخته شود تا دانشجویان آگاهی و مهارت لازم جهت تشخیص، ارزیابی و تحلیل فعالیت‌های تکتونیکی به دست آورده و بدین منظور جهت آموزش بهتر یک حوضه زهکشی در شمال شرق ایران در دامنه جنوبی کوههای جغتای انتخاب شد. پس از انتخاب حوضه و تهیه لایه‌های مختلف اطلاعاتی شاخص‌های مختلف مورفوتکتونیک را محاسبه و بررسی نمودیم. با توجه به اهمیت شاخص‌های ژئومورفیک لازم است در اینجا به توضیحات مربوط به شاخص‌های مورد مطالعه، نحوه انجام و یافته‌های آن اشاره گردد:

- **شاخص نسبت شکل حوضه (Bs)**[1]

حوضه‌های فعال تکتونیکی، شکل کشیده‌ای دارند. شکل حوضه در طول زمان با توقف میزان بالاآمدگی، به تدریج دایره می‌شود(Burbank and Anderson,2001). نسبت شکل حوضه با رابطه (۱) بیان می‌گردد:

$$BS = Bl / Bw \quad (۱)$$

که در آن BS= شاخص شکل حوضه Bl= اندازه طول حوضه از انتهایی‌ترین مقسم آب تا خروجی حوضه Bw= پهنای حوضه در پهن‌ترین قسمت(Bahrami,2013؛Karami,2012).

مقادیر بالای این شاخص مربوط به حوضه‌های کشیده در نواحی فعال زمین‌ساختی است، یعنی جایی که جریان به صورت ابتدایی بستر خود را حفر می‌کند. در حالی که مقادیر کم آن در حوضه‌های دایره‌ای شکل، نواحی غیرفعال را نشان می‌دهد. (Dehbozorgi,2010؛Ramirez-Herrera,1998). هر اندازه شکل حوضه، به دایره شبیه باشد مقدار عددی این شاخص ۱ یا نزدیک به ۱ خواهد بود.

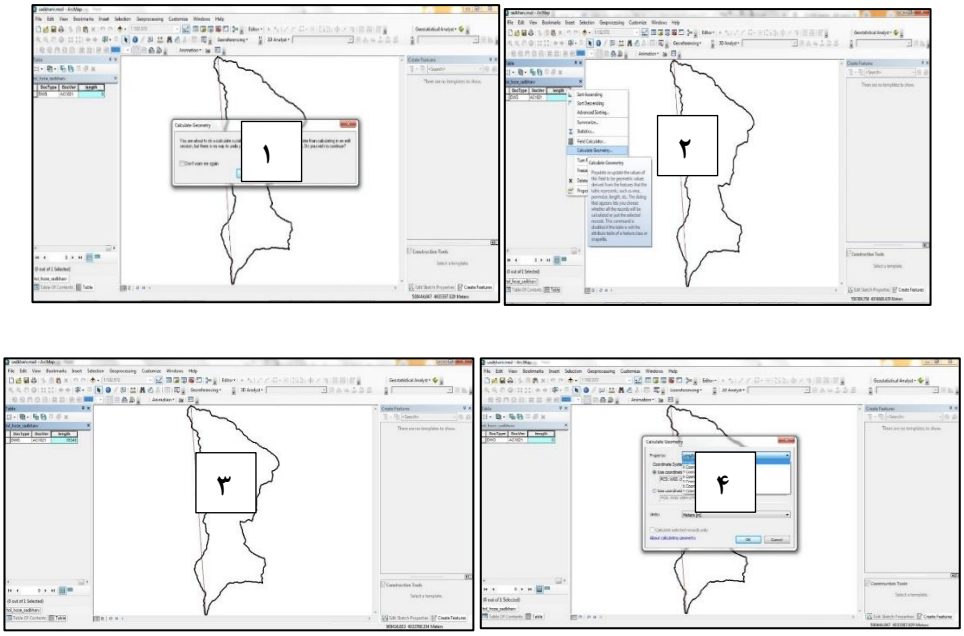
نحوه انجام آن در GIS بدین گونه است که ابتدا مرز حوضه را در GIS فراخوانی نموده و شیپ فایل خطی(polyline) جهت ترسیم طول حوضه ایجاد و شروع به ترسیم طول حوضه از انتهایی‌ترین مقسم آب تا خروجی حوضه می‌نماییم و سپس جدول شیپ فایل را باز نموده و ستونی

1 - basin shape

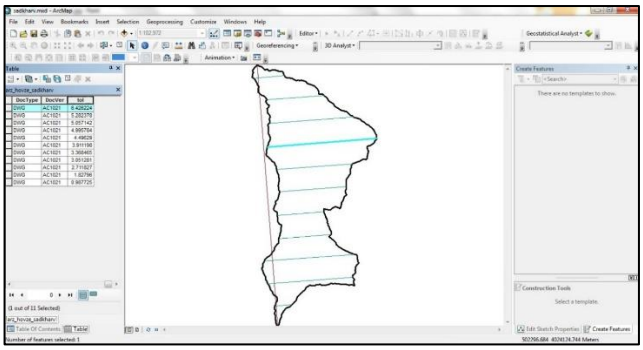
را برای جدول جهت اندازه‌گیری طول ایجاد می‌نماییم. سپس میزان طول حوضه از انتهایی‌ترین مقسم آب تا خروجی را محاسبه می‌کنیم (شکل ۲).

در مرحله بعدی اندازه‌گیری و محاسبه پهنای حوضه در پهن‌ترین قسمت (Bw) می‌باشد. بدین منظور باید عریض‌ترین پهنای حوضه که عمود بر Bl می‌باشد را باید اندازه‌گیری نمود که میزان طول آن را مانند مرحله قبلی باید انجام داد.(شکل ۳) نحوه ترسیم و اندازه‌گیری پهنای حوضه در پهن‌ترین قسمت (Bw) را نشان می‌دهد.

مقادیر شاخص BS در حوضه شماره مذکور برابر با ۲.۴۶۹ محاسبه گردید. بر اساس این شاخص حوضه تقریبا دارای شکل کشیده‌ای می‌باشد و در کلاس فعالیت تکتونیکی ۳ (آرام) قرار می‌گیرد. مقادیر این شاخص در جدول ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: نحوه ترسیم و اندازه‌گیری اندازه طول حوضه از انتهایی‌ترین مقسم آب تا خروجی حوضه(Bl)(مراحل ۱، ۲، ۳ و ۴)



شکل ۳: نحوه ترسیم و اندازه‌گیری پهنای حوضه در پهن‌ترین قسمت (Bw)

جدول۲: مقادیر شاخص BS در حوضه مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

شاخص	مقادیرشاخص	کلاس فعالیت
BS	۲.۴۶۹	۳

- **شاخص عدم تقارن حوضه آبریز (AF)**[1]

شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی، کج شدگی جانبی حوضه را نسبت به مسیر رودخانه اصلی در اثر نیروهای تکتونیکی نشـــان می‌دهد(Guarnieri and pirrotta,2008). فاکتور عدم تقارن به منظور تشخیص جهت عرضی تقارن تکتونیکی نسب به جریان در زهکشی حوضه یا مقیاس بزرگ‌تر توسعه داده شـد (Dhanya and Tiruvanatpuram, 2014). شـاخص AF بر اسـاس رابطه (۲) محاسـبه می‌گردد(Shafiei et al.2010):

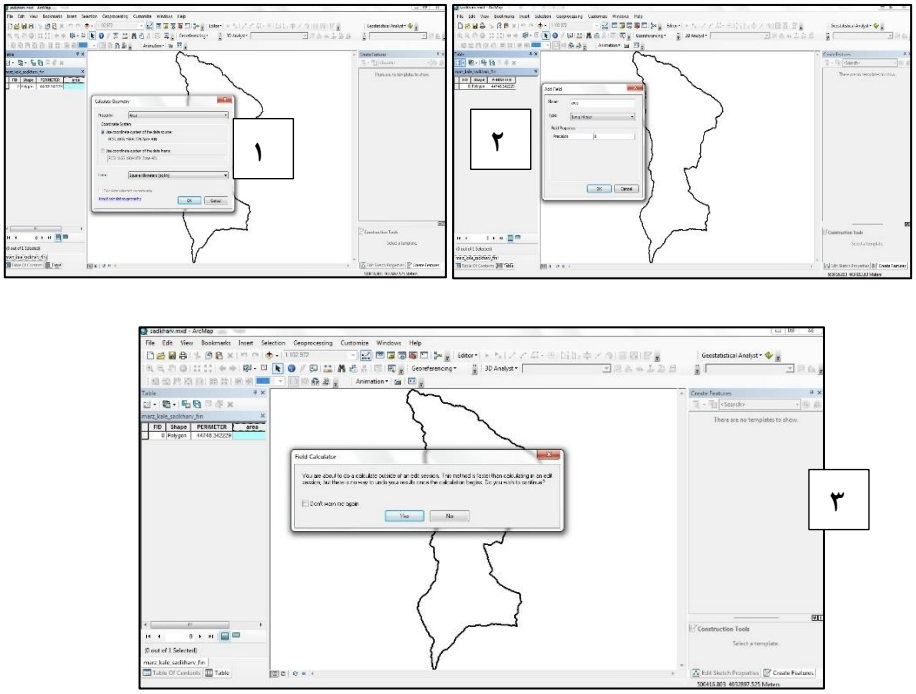
$$AF = (Ar / At) \times 100 \qquad (۲)$$

که در آن، Ar مساحت سمت راست حوضه (نگاه از بالا دست به پایین‌دست) جریان آبراهه اصلی و At مسـاحت کل حوضـه می‌باشـد(Clement and Brook,2008؛ Bahrami,2013؛ Sarp,2014). برای شبکه‌ی رودخانه‌ای که در موقعیتی ثابت تشکیل‌شده است و جریان مداومی دارد، AF باید در حدود ۵۰ باشد. مقدار AF نسبت به تاب‌برداشتگی عمود بر روند کانال اصلی رودخانه، حساس است. مقادیر AF بیشـتر یا کمتر از ۵۰ ممکن اسـت به‌دلیل تاب‌برداشـتگی باشـد. به عبارتی هر چه مقدار AF به عدد ۱۰۰ نزدیک شـود، نشان‌دهنده کج‌شـدگی حوضـه به سـمت چپ و هر چه به صـفر نزدیک شـود، نشان‌دهنده کج‌شدگی حوضه به سمت راست است. مقدار ۵۰ نیز حوضه‌های بدون کج‌شدگی را نشان می‌دهد و بیانگر وجود تقارن در دو سمت آبراهه اصلی و در نتیجه عدم فعالیت نو زمین‌ساختی است (Bahrami,2013).

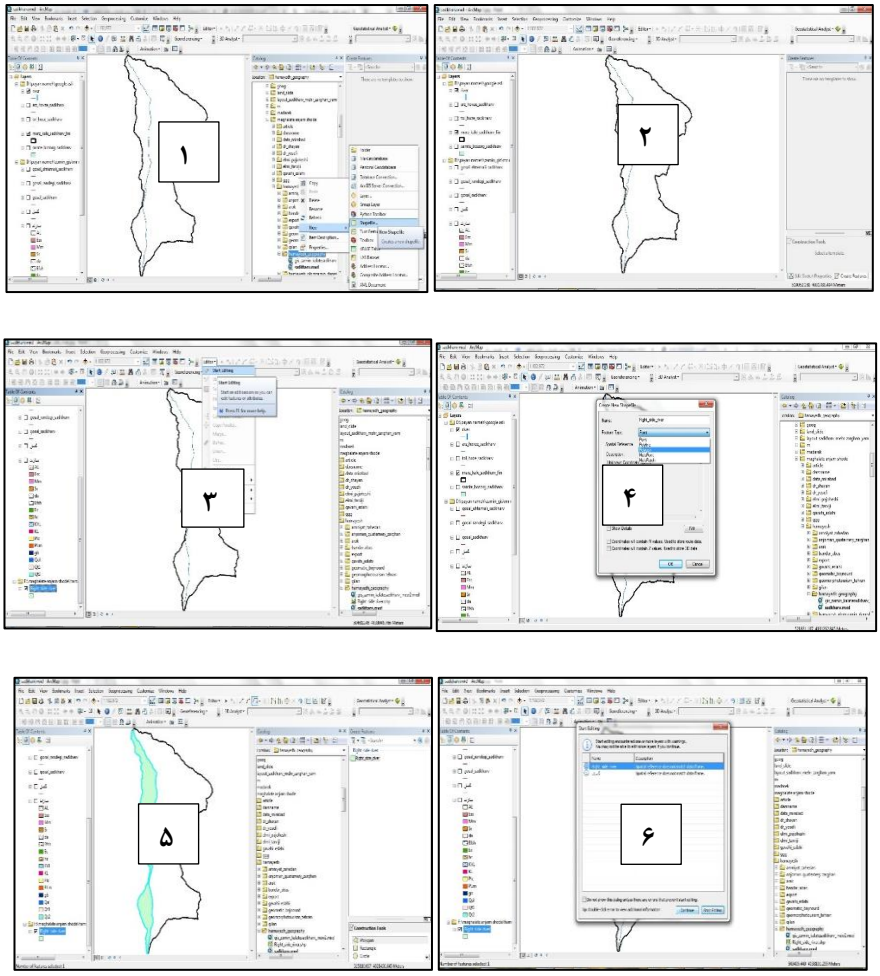
1 - Asymmetry Factor

نحوه انجام آن در GIS بدین‌گونه است که ابتدا در جدول توصیفی ستون مساحت را ایجاد و مساحت حوضه را باتوجه به شکل ۴ محاسبه می‌کنیم. بدین منظور در جدول توصیفی ستونی به نام مساحت را ایجاد و سپس اقدام به اندازه‌گیری مساحت آن می‌نماییم. مرحله بعدی مشخص کردن سمت راست حوضه با نگاه از بالا دست به پایین‌دست) و محاسبه مساحت آن و قراردادن مقادیر در رابطه کمی می‌باشد. ابتدا باید آبراهه اصلی حوضه را فراخوانی نموده و سپس شیپ فایل جدیدی ایجاد و با فعال نمودن Editor سمت راست حوضه را مشخص نمود (شکل ۵) و مساحت آن را همانطور که در شاخص خای قبلی توضیح داده شد، اندازه‌گیری نموده (شکل ۶) و در رابطه کمی(۲) قرار داد. شکل ۵ اندازه‌گیری AF را نشان‌می‌دهد.

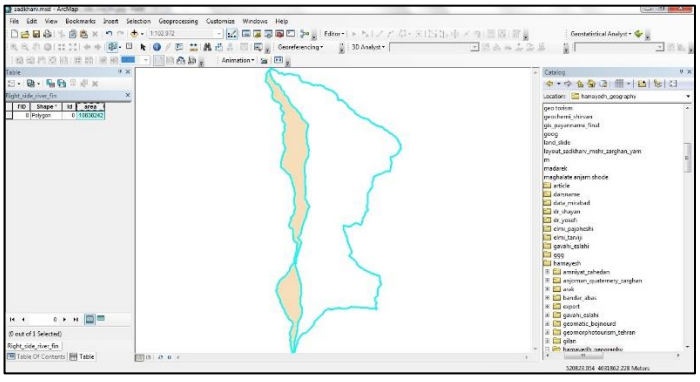
شاخص AF نیز در حوضه مطالعاتی موردمحاسبه و بررسی قرارگرفت. نتایج حاصل از محاسبه شاخص AF بیانگر وجود تقارن و کج شدکی بسیار کم حوضه به سمت راست بوده و برابر با ۱۹.۳۰ می‌باشد. مقدار و کلاس فعالیت شاخص مذکور برای حوضه مطالعاتی ۱ یعنی فعایت تکتونیکی فعال می‌باشد (جدول ۳).



شکل ۵: نحوه محاسبه مساحت حوضه مطالعاتی(مراحل ۱، ۲ و ۳)



شکل ۵: نحوه محاسبه AF در حوضه مطالعاتی(مراحل ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶)



شکل ۶: محاسبه مساحت حوضه مطالعاتی

جدول۳: مقادیر شاخص AF در حوضه مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

شاخص	مقادیرشاخص	کلاس فعالیت
AF	۱۹.۳۰۴	۱

- **شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)[1]:**

شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، دره‌های v شکلی را که در پاسخ به بالاآمدگی، پایین دست خود را حفر می‌کنند، از دره های U شکلی که در اثر ثبات سطح اساس و آرامش تکتونیکی، فرسایش کناری در آنها برتری دارد، متمایز می‌سازد. این شاخص توسط بول و مک فادن (۱۹۷۷)تعریف گردید و از طریق رابطه (۳) بیان می‌گردد(Karami,2009):

$$Vf = 2Vfw/ [(Eld – Esc)] + (Erd – Esc)] \quad (۳)$$

Vf= شاخص پهنای کف دره به ارتفاع آن؛ Erd = ارتفاع متوسط خط تقسیم آب در سمت راست دره؛ Eld = ارتفاع متوسط خط تقسیم آب در سمت چپ دره؛ Vfw= پهنای کف دره؛ Esc = ارتفاع متوسط کف دره از سطح آب های آزاد.

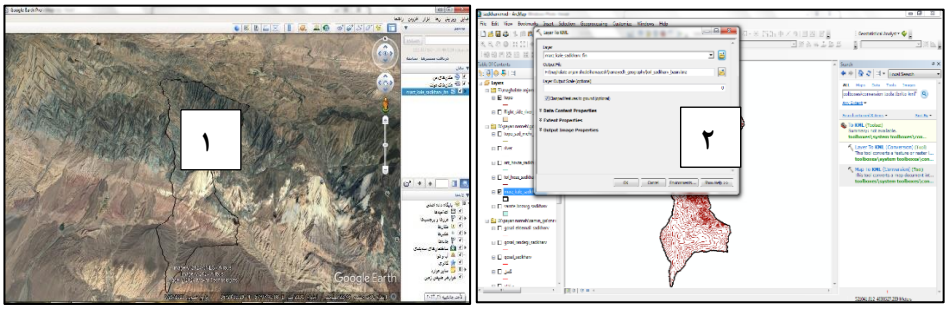
مقادیر کم این نسبت منعکس‌کننده دره های عمیق با جریان‌هایی است، که معمولاً قدرت برش آنها زیاد بوده است و نشانگر بالاآمدگی در طول مدت کوتاه می باشد. حالت این دره‌ها بیشتر شکل V است. بالا آمدگی کند سبب می‌شود که جریان فرصت کافی برای پهن نمودن بستر دره را در طول زمان در اختیار داشته باشد. شاخص (vf) را معمولاً در فاصله یک کیلومتری از جبهه کوهستان به طرف بالادست آبراهه اندازه گیری می‌کنند. دره‌های عمیق V شکل (vf<1) نشان دهنده برش پایین رونده آب‌های جاری در پاسخ به فرآیندهای تکتونیکی فعال است. در حالی که دره‌های U شکل (vf>1) نشان دهنده فرسایش جانبی آب‌های جاری در پاسخ به کم‌شدن شدت فرآیندهای تکتونیکی است (Keller and Pinter,2002). پهنای کف دره باندازه حوضه آبریز، فرسایش پذیری نوع سنگ و کاهش آهنگ بالا آمدگی، افزایش می‌یابد.

نحوه محاسبه این شاخص نیز به صورت ذیل می‌باشد:

در ابتدا حوضه مطالعاتی را با فرمت kml در Google earth فراخوانی نموده (شکل ۷) و در قسمت انتهایی و نزدیک به خروجی حوضه نسبت به مشخص نمودن فاکتورهای شاخص Vf اقدام و بر اساس رابطه (۳) محاسبه می‌نماییم. شکل ۸ مراحل مشخص نمودن فاکتورهای شاخص مذکور را نشان می‌دهد.

1 - Ratio of valley – floor with to valley height

این شاخص نیز در حوضه مطالعاتی موردمحاسبه قرارگرفت. این شاخص دره‌ها را بر اساس نسبت پهنای بستر به ارتفاع آن به صورت دره‌های U شکل با کف نسبتاً پهن و دره‌های V شکل از همدیگر متمایز می‌سازد (Hamdouni et al,2008). مقادیر این شاخص در حوضه صدخرو برابر با ۰.۲۶۵ می‌باشد (جدول ۴). مقادیر کم این نسبت در حوضه منعکس‌کننده دره های عمیق با جریانهایی است، که معمولاً قدرت برش آنها زیاد بوده است و نشانگر بالاآمدگی در طول مدت کوتاه می باشد و بر این اساس در کلاس۱(فعال) قرار می‌گیرد.



شکل ۷: نحوه تبدیل به kml و فراخوانی در Google earth (مراحل ۱ و ۲)

شکل ۸: نحوه محاسبه فاکتورهای شاخص Vf در Google earth

جدول۴: مقادیر شاخص Vf در حوضه مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

شاخص	مقادیرشاخص	کلاس فعالیت
Vf	۰.۲۶۵	۱

- شاخص انتگرال هیپسومتری (Hi)[1]

تجزیه و تحلیل هیپسومتریک به عنوان یک ابزار قدرتمند برای تفکیک مناطق و نواحی فعال و غیرفعال از نظر زمین ساختی دارای اهمیت جایگاه خاصی می‌باشند. یکی از ساده‌ترین راهها برای توصیف شکل منحنی هیپسومتریک یک حوضه زهکشی مشخص، محاسبه انتگرال هیپسومتریک آن

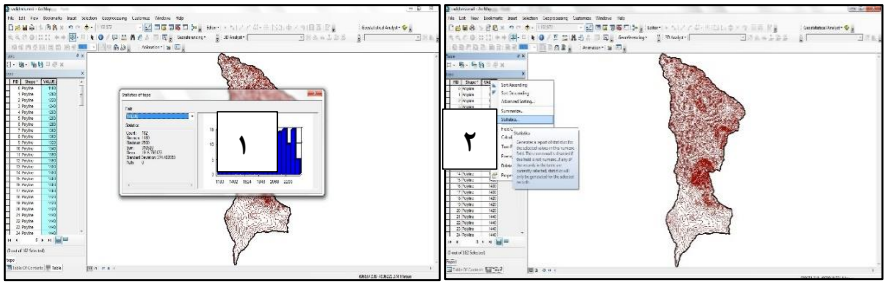
1 - Hypsometric integral

حوضـه می‌باشـد (HajiKarimi et al,2020).اگر چه انتگرال هیپسـومتری (Hi) ارتباط مسـتقیمی با فعالیتهای تکتونیکی ندارد ولی به صورت غیر مستقیم وضعیت سطوح مختلف حوضه و فعالیت‌های تکتونیکی را منعکس می‌کنند که مقادیر بالای آن بیانکر نقاط مرتفع با بریدگیهای عمیق و مقادیر پایین آن بیانگر مناطق کم ارتفاع و فرسوده می‌باشد (Seyf and Khosravi, 2010). این شاخص که بیانگر توزیع مسـاحت ارتفاعات متفاوت اسـت از رابطه (۴) محاسـبه می‌گردد (Keller and Hamdouni et al,2008؛Pinter,2002):

$$Hi = (\bar{A}\text{-min})/(\text{max-min}) \qquad (۴)$$

$\bar{A}$= ارتفاع متوسط min= حداقل ا رتفاعmax = حداکثر ارتفاع

برای انجام این شاخص در GIS باید در ابتدا شیپ فایل توپوگرافی ایجاد شده را در فراخوانی نمود و در آن ارتفاع متوسط حوضه، ارتفاع حداقل و حداکثر را بر اساس شکل ۹ مشخص نمود و در رابطه کمی (۴) قرار داد و شاخص مذکور را محاسبه نمود. مقادیر بالای شاخص انتگرال هیپسومتری (Hi) بیانگر توپوگرافی جوان و مقادیر میانه و متوسط انتگرال بیانگر مرحله بلوغ می‌باشد (Gourabi,2007). مقادیر این شاخص در حوضه مربوطه برابر با ۰.۵۵۸ می‌باشد که بر اساس این شاخص به صورت غیر مستقیم، میزان فعایت تکتونیکی زیاد این حوضه را نشان و در کلاس ۱ یعنی فعال قرارگرفته و بیانکر نقاط مرتفع با بریدگیهای عمیق می‌باشـد. جدول۵ مقادیر شـاخص مذکور در حوضـه مورد مطالعه را نشان‌می‌دهد.



شکل ۹: نحوه محاسبه ارتفاع متوسط، ارتفاع حداقل و حداکثر(مراحل ۱ و ۲)

جدول ۵: مقادیر شاخص Hi در حوضه مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

شاخص	مقادیرشاخص	کلاس فعالیت
Hi	۰.۲۶۵	۱

- **شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیک(Iat)**[1]

1 - Index Of relative active tectonic

شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیک نیز از طریق رابطه (۵) بیان می‌گردد (Hamdouniet al,2008؛ Karami,2009):

(۵)

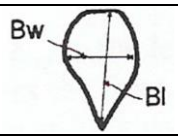
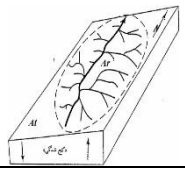
$$Iat = S/ N$$

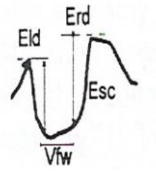
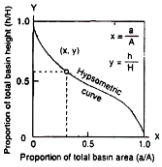
Iat= شاخص ارزیابی نسبی فعالیت تکتونیک؛ S= مجموع کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه شده و N= تعدادشاخص‌های محاسبه شده در نهایت پس از محاسبه شاخص‌های مذکور ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی بر اساس شاخص Iat انجام شد. این شاخص به ۴ طبقه قابل تفکیک است: $1 \leq Iat < 1.5$ فعالیت‌های زمین ساختی شدید؛ $1.5 \leq Iat < 2$ فعالیت‌های زمین ساختی زیاد؛ $2 \leq Iat < 2.5$ فعالیت‌های زمین ساختی متوسط؛ $Iat \geq 2.5$ فعالیت‌های زمین ساختی کم و ناچیز می‌باشد. برای ارزیابی فعالیت تکتونیکی حوضه مطالعاتی ۵ شاخص مورد استفاده قرار گرفته است که بر اساس این شاخص‌ها حوضه مورد نظر دارای فعالیت تکتونیکی زیاد (جدول ۶). جدول (۷) نیز نحوه محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک را نشان می‌دهد (Hamdouni et al,2008؛ Karami,2009).

جدول۶: مقادیر شاخص Iat و کلاس فعالیت تکتونیکی در حوضه‌مورد مطالعه(منبع: نگارندگان)

حوضه	شاخص BS	شاخص AF	شاخص Vf	شاخص Hi	شاخص Iat	کلاس فعالیت
صدخرو	۳	۱	۱	۱	۱.۵	زیاد

جدول(۷): شاخص‌های ژئومورفیک مورد استفاده برای ارزیابی تکتونیک فعال در حوضه مطالعاتی(Hamdouni et al,2008؛ Karami,2009).

شاخص‌ها	منبع	معادله	روش اندازه گیری	آستانه(کلاس ۱ = فعال، کلاس ۲ = نیمه فعال، کلاس ۳ = آرام)
نسبت شکل حوضه(BS)	همدونی و همکاران ۲۰۰۸،	Bs = Bl /Bw		Bs > 4 (1 Bs :3-4 (2 Bs < 3 (3
شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی(Af)	گوارینری و پیروتا ۲۰۰۸	AF = 100(Ar /At)		(Af≥65 or Af < 35) (1 57≤ AF<65) (2 (35≤Af≤43 or (43≤AF<57) (3

نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)	سیلوا و همکاران ۲۰۰۳، گارنیری و پیروتا ۲۰۰۸	Vf = 2 Vfw / [(Eld– Esc)+(Erd – Esc)]		Vf <0.5 (1 Vf : 0.5-1 (2 Vf >1 (3
انتگرال هیپسومتری (Hi)	همدونی و همکاران، ۲۰۰۸	Hi = (Ā-min)/(max-min)		Hi ≥0.5 (1 Hi:0.4-0.5 (2 Hi ≤ 0.4 (3
ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی (Iat)	همدونی و همکاران، ۲۰۰۸	Iat = S / n	.....	1.5>Iat≥1 (1 بسیار زیاد 2> Iat ≥ 1.5 (2 زیاد 2≤ Iat <2.5 (3 متوسط 2.5≥ Iat (4 کم و ناچیز

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به این که دانشجویان جغرافیا دروسی نظیر زمین‌شناسی برای جغرافیا و ژئومورفولوژی ایران و ... را در دوره دانشگاهی خود می‌گذرانند و در این دروس با تکتونیک و فعالیتهای مختلف تکتونیکی آشنا می‌شوند بهتر است آشنایی و مهارت لازم برای محاسبه شاخص‌های موفوتکتونیک جهت ارزیابی فعالیتهای تکتونیکی را نیز کسب نمایند. بدین منظور جهت آموزش هر چه بهتر ارزیابی کمی فعالیتهای تکتونیکی، یک حوضه زهکشی در دامنه جنوبی کوههای جغتای در شمال شرق ایران به نام حوضه صدخرو انتخاب شد و شاخص‌های مختلفی نظیر نسبت شکل حوضه (BS)، عدم تقارن حوضه (AF)، پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، انتگرال هیپسومتری (Hi) با تصاویر از مراحل مختلف انجام، مورد محاسبه قرار گرفت. همان‌طور که بیان شد شاخص‌های مورفوتکتونیک ابزار مفیدی برای ارزیابی تکتونیک فعال هستند که از مهمترین ویژگی‌ها و محاسن استفاده از شاخص‌های مورفومتریک می‌توان به سادگی نسبی در روش محاسبه، سرعت عمل بالا در به‌کارگیری شاخص‌ها برای بررسی میزان فعالیت‌ها تکتونیکی مناطق به‌ویژه مناطق بزرگ، تعیین درجه نسبی فعالیت‌های تکتونیکی مناطق مختلف، ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی مناطق در زمان کوتاه و بسیاری مسائل دیگر اشاره کرد. در این پژوهش نیز مشخص گردید که چگونه و با راحتی می‌توان این شاخص‌ها را با این گونه آموزش‌ها به دانشجویان آموزش داد و دانشجویان بتوانند به راحتی آن را فرا گرفته و مورد

استفاده قرار دهند. در این آموزش جهت ملموس شدن نحوه محاسبه این شاخص‌ها حوضه صدخرو انتخاب و شاخص‌های مورد نظر محاسبه گردید.

نتایج حاصل از شاخص شکل حوضه (BS) بیانگر کشیدگی متوسط حوضه صدخرو می‌باشد. اما بر اساس این شاخص و جدول شماره ۲ حوضه مطالعاتی در کلاس ۳ (آرام) قرار گرفت. سپس شاخص عدم تقارن حوضه (AF) که یکی از شاخص‌های مهم برای تعیین کج‌شدگی تکتونیکی حوضه‌های زهکشی است مورد محاسبه قرار گرفت. در مناطق دارای تکتونیک فعال، به دلیل ظاهر شدن اثر این حرکات بر توپوگرافی محل، در یک سوی منطقه بالا آمدگی و در سوی دیگر فرونشست ایجاد می‌گردد. بنابراین، طول آبراهه‌های فرعی در سوی فرایش یافته و به دنبال آن مساحت دربرگیرنده این آبراهه ها در سمت فرایش یافته منطقه، بیشتر از همین طول در سمت مقابل خواهد بود. مقادیر حاصل از این شاخص حاکی از کج شدگی به سمت راست در حوضه مورد نظر می‌باشد.

شاخص پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf) نیز نشان از جوان و V شکل بودن دره‌ها که حاصل فعالیتهای تکتونیکی می‌باشد، دارد. مقادیر این شاخص در در حوضه برابر (۰.۲۶۵) می باشد. بر اساس این شاخص هر چه مقادیر محاسبه شده کمتر باشد نشان از دره‌های عمیق تر با قدرت برشی بیشتر می‌باشد. لذا می‌توان گفت حوضه‌های صدخرو دارای دره‌های عمیق تر بوده و در کلاس ۱(فعال) قرار می‌گیرند.

انتگرال هیپسومتری (Hi) که به صورت غیر مستقیم فعالیت‌های تکتونیکی را منعکس می‌کنند مورد محاسبه قرار گرفت که مطالعاتی در کلاس۱ قرار گرفت. در نهایت پس از محاسبه شاخص‌های مذکور، با استفاده از شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیک (Iat) میزان فعالیت زمین‌ساختی در حوضه ارزیابی شد. که بر اساس آن حوضه صدخرو دارای فعالیت زمین ساختی زیاد ارزیابی گردید. به طور کلی می‌توان گفت با توجه به این که ارتفاعات جغتای، قسمتی از زون البرز است که آن را بخشی از ناحیه چین‌خورده ایران مرکزی می‌دانند و باتوجه با ارتباط ایران مرکزی و البرز مشخص می‌شود که فشار صفحه ایران مرکزی به شرق البرز بیشتر بوده است. لذا البرز، در کوههای جغتای به وسیله صفحه ایران مرکزی به شدت تکتونیزه شده است و به توده های افیولیت - رادیولاریت مربوط به کرتاسه بالایی- پالئوسن با عرض بیشتر از ۱۰۰ کیلومتر به جنوب متصل می‌شود. روند گسل‌های راندگی حوضه‌های مطالعاتی، عمدتا شمال‌غربی غرب- جنوب‌شرقی شرق می‌باشد. بررسی‌های صحرایی نشان می‌دهد که جوانترین گسل راندگی متعلق به کواترنر است که احتمالاً از نظر زمین‌ساختی و لرزه‌ای در عهد حاضر نیز فعال بوده است. می‌توان گفت پارامترهای به کار رفته در این پژوهش نشان از حساسیت این شاخص‌ها در برابر حرکات تکتونیکی فعال، می‌باشد که می‌تواند شواهد و مدارک قابل استنادی برای اثبات وجود حرکات نئوتکتونیکی باشد شناسایی مناطق فعال تکتونیکی می‌تواند جهت استفاده برنامه‌ریزان برای بسیاری از فعالیت‌های بشری همچون طراحی و

احداث ســدها، شــهرها، نیروگاهها و ... قرارگیرد. بطوری که حرکات تکتونیکی باعث تحریک حرکات دامنه‌ای، تاثیر بر پروژه‌های عمرانی و ایمنی آنها و ... می‌گردد که می‌توان بااســـتفاده از برنامه‌ریزی ســاده و منســجم، خطرات ناشــی از آن را کاهش و به حداقل رســاند. امیدواریم با این گونه آموزش‌ها بتوانیم مهارت دانشجویان را در ارزیابی تکتونیک افزایش دهیم.

مشارکت نویسندگان

تشکر و قدردانی

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

COPYRIGHTS
©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

References

Abbasi, M., Jafari Aghdam, M., Rezaali, Gh., & Mohammadi, A.. *(2013**). Active tectonic survey of northwest zagros by using river drainage network analysis, geomorphic indices, and gps data case study of asemanabad river basin***. journal of physical geography, 5(18), 59-70. (In Persian)

Abdideh, M., Qureshi, M., Rangzan, K., & Aryan, M.. *(2011). **Assessment of relative active tectonics using morphometric analysis**, case study of dez river (southwestern, iran).* geosciences, 20(80), 33-46. (In Persian)

Abdollahi, M., & Hajialibeigi, H.. *(2019). **Active tectonics zonation in saveh area, sw tehran. iranian*** **journal of geology**, 13(49), 117-134. (In Persian)

Arfania, R.. *(2011). Active tectonics in eghlid area, application of digital terrain model in morphotectonics***. journal of geotechnical geology (applied geology),** 6(4), 245-256.*(* In Persian)

Bagha, N, Arian, M, Ghorashi, M, Pourkermani, M, Hamdouni, R El, Solgi, A (2014), ***Evaluation of relative tectonic activity in the Tehran basin, central Alborz, northern Iran***, Geomorphology, Volume 213, Pages 66-87.

Bahrami, S., *(2013).* Introducing a quantitative method to investigate the hierarchical anomaly of the drainage network and its relationship with tectonics. *Case study: 6 Zagros watershed".* The 20th National Geomatics Conference. May 9-11. Tehran. **National mapping agency**. pp. 1-10. (In Persian)

Bahrami,s.,(2013), ***Analyzing the drainage system anomaly of Zagros basins: Implications for active tectonics,*** To appear in: Tectonophysics, Reference: TECTO 125988, pp. 1-48

Burbank, D.W., Anderson, R.S.(2001). ***Tectonic Geomorphology***, Blackwell Science, Massachusetts

Clement, A.J.H and Brook, M.S., (2008), ***Tilting of active folds and drainage asymmetry on the Manawatu Anticlines, New Zealand****: a preliminary investigation.* Earth Surface Processes and Landforms, Vol, 33, pp. 1787–1795.

Dehbozorgi ,M.. Pourkermani , M ,. Arian, M.,. Matkan, A.A,. Motamedi H.. Hosseinias, H(2010). ***Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area,central Zagros****, Iran*, GEOMOR-03284; No of Pages 13,0169-555X/$ – see front matter © 2010 Published by Elsevier B.V. eomorphology,doi:10.1016/j.geomorph.2010.05.002

Giaconia, F. Booth-Rea, G. Martínez-Martínez , J.M. Miguel Azañón, J. Pérez-Peña ,J.V. Pérez-Romero, J. Villegas , I. ,(2016),***Geomorphic evidence of active tectonics in the Sierra Alhamilla*** *(eastern Betics, SE Spain)*. Geomorphology, Vol. 145–146 pp. 90–106.

Gourabi, A.A.GH., & Nouhegar, A.. *(2007).* ***Geomorphic indices of active tectonics in darakeh basin***. geographical research quarterly, 39(60), 177-196. (In Persian)

Guarnieri, P., Pirrotta, C., (2008), ***The Response of Drainage Basins to the Late Quaternary Tectonics in the Sicilian Side of the Messina Strait (NE Sicily),*** Geomorphology, 95, 260-273.

Habibolahian, M, & Ramesht, M. H. *(2012).* ***The application of assessment indicators of active tectonic in estimating tectonic status in upper zayandehroud***. geography and development, 10(26), 27-29. (In Persian)

Hajikarimi, Z., Shayan, S., & Khoshraftar, R.,*(2020).* ***Assessment of active tectonics in the karganroud basin in the eastern slope of the talesh (baghrodagh), by using geomorphic indices***. quantitative geomorphological researches, 9(1), 217-236. (In Persian)

Hamdouni, R.El. Iriggaray, C. Fernandez, T. Chacon, J. Keller, E.A (2008). ***Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain) .Geomorphology****. 96, 150-173*

Karami, F, Bayati Khatibi, M, Nikjo, M. R, & Mokhtari, D. *(2013).* ***Analysis of active tectonic in the north basins of shaharchai (mianeh)***. geographic space, 13(42), 33-53. (In Persian)

Karami, F. *(2009).* ***Geomorphic assessment of active tectonic in the saeedabad-chai drainage baisn*** *(north slope of sa hand mountain).* physical geography research quarterly, -(69), 67-82. (In Persian)

Karami, F. *(2012).* ***Relative assessment of active tectonic by morphometric methods in north and east basins of sahand mountain***. geographic space, 12(37), 1-18. (In Persian)

Keller Edward, A, and Nicholas Pinter (2002). ***Active Tectonics Earthquake, Uplift, and Landscape***; Prentice Hall publisher. New, Jersey, 362p

Keller, E. A. (1986): ***'Investigation of Active Tectonics: Use of Surficial Earth Processes',***
in Wallace, R. E. (Ed.), ***Active Tectonics, Studies in Geophysics***, National Academy Press,Washington, DC, 136–147Khayyam, M., & Mokhtary Koshky, D.*(2003).* ***Alluvial fans morphology as a factor for tectonic activities assessment, the case study: alluvial fans of northern slope of misho- dagh mountain (azerbaijan- iran)***. geographical research quarterly, 35(44), 1-10. (In Persian)

Malik, J.Mahanty. C (2006). ***Active tectectonic influence on the evolution of Drainage and Landsca pe: Geomorphic signatares From Fronal and hinterl and areas along the Nortwesteren Himalaya***, Indi.Journal fasin.

Mansouri, R and Sarbazi, Z *(2016).* ***Investigating the active tectonic status of Taqdis Bankol (folded in Zagros) by using morphotectonic indicators and geomorphological evidence***. Natural Geography, 10(3 (series 37)), 125-142. (In Persian)

Moradi, M, Naderi, M, Naderi, F, Mahmoudabadi, M and Sistani Badoui, M *(2021).* ***The role of remote sensing (RS) and geographic information system (GIS) in teaching geography and improving the scientific and research level of students in schools***. Research in Social Studies Education, 3(4), 107-122. (In Persian)

Parhishkar, F, Hijazi. A and Khudaei Qashlaq, L.(*2017).* ***Morphometric analysis of Ababakohi and Kaftrak anticlines and its relationship with active tectonics***. Natural Geography, 11(41), 79-97. (In Persian)

Pradeep K.G.,Alexander S.K.,(2020). ***Pattern of active tectonic deformation across the Churachandpur-Mao thrust zone of Manipur Hills, Indo-Myanmar range, NE India: Inferences from geomorphic features and indices,*** **Quaternary International**,Volume 553, 10 July 2020, Pages 144-158

Ramirez-Herrera, M. A., (1998). ***Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt***. Earth Surface Processes and Landforms 23, 317-332.

Ramzanian, T, Golestane, M and Mousavi S.M *(2023).* ***Experiment-Based Chemistry Education,*** Journal of Research in Chemistry Education, volume 4, Pages 31-50. (In Persian)

Salehizadeh, M and Asadi, S *(2012).* ***The impact of multimedia education with a special perspective on the teaching of geography in the first year of middle***

school, the growth of geography education, the twenty-seventh period, number 4, pp. 12-17. (In Persian)

Sarp, Gulcan (2014), ***Tectonic controls of the North Anatolian Fault System (NAFS) on the geomorphic evolution of the alluvial fans and fan catchments in Erzincan pull-apart basin,*** Asian Earth Sciences, Volume 98, Pages 116–125

Seif, A., & Khosravi, Gh.. *(2011).* ***Investigation of active tectonics in zagros trusth belt farsan region.*** physical geography research quarterly, -(74), 125-146. (In Persian)

Seyfi, S, Rashidi, A, Amani, V, & Oula, E. *(2022).* ***Periodic table,learning meditation,high school chemistry,educational game,game-based education.*** research in chemistry education, 4(2), 14-24. (In Persian)

Shafiee, E., Alavi, A., & Naderi Mighan, N.. *(2010).* ***Active tectonic in binalud mountain with respect to morphotectonic***. physical geography research quarterly, -(70), 79-91. (In Persian)

Sheikhi, T, *(2018),* ***Plate Tectonics Teaching Guide for Teachers***, Journal of Developmental Geology, Volume 12, Number 3, Pages 44-51. (In Persian)

Sohrabi, Ar, & Beygi, S. *(2016).* ***Survey of geomorphic and morphotectonic indixes to assessmentactive tectonics in abdoughi area, north east of yazd, centraliran.*** journal of geographical sciences, 16(40), 0-0. (In Persian)

Solimannejad, M, Framarzi, N, Robatjazi, R, & Sadatifar, M. *(2023)****. Identifying and ranking effective teaching methods in geography education***. journal of research in social studies education, 4(4 (14)), 79-94. (In Persian)

Yousefi Roshan, M. R.. *(2022).* ***Training in preparing topographic maps and digital elevation models in teaching map reading and cartography lessons***. journal of research in social studies education, 4(2 (12)), 67-91. (In Persian)

Zargarzadeh, M, Rangzen, K, Cherchi, A and, Abshirini. E *(2008)****. The use of GIS and geomorphic indices in the active tectonic zoning of the Zagros zone***, Geomatic Conference, pp. 1-10. (In Persian)

Zolfaghari, M, Pirvan, H.R, Ghoumian, J and Boozari. S,,*(2004).* ***Investigating the role of active tectonics in the model of the waterway network of the southern half of the Haj Aliqli watershed (southeast of Damghan)***, 23rd Earth Sciences Conference. (In Persian)