

## محاسبه تنش تاقدیس دشتک شهرستان کازرون

مریم مشکل گشا<sup>1</sup>، کورس یزدجردی<sup>2</sup>، قدرت الله فرهودی<sup>3</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

۲- گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

۳- گروه زمین شناسی، دانشگاه شیراز

Email: maryam\_moshkelgosha@yahoo.com

### چکیده

تاقدیس دشتک در جنوب باختری شهرستان شیراز و شمال خاوری شهرستان کازرون قرار گرفته است و قسمتی از کمربند کوهزایی زاگرس محسوب می‌شود. در این پژوهش 20 داده لغزش گسلی نا همگن و ساخت خطی مربوط به آن از منطقه مورد مطالعه برداشت شده است. گسل های برداشت شده از منطقه، روند شمال خاور- جنوب باختر را نشان می‌دهد و شیب عمومی آنها که 40 تا 90 درجه است را نمایان می‌سازد که نشان‌دهنده مولفه‌های راستالغز محسوس در منطقه می‌باشد. با استفاده از توالی سازندهای موجود در منطقه می‌توان به این نتایج رسید که نخست تمام زمین ساخت (تکتونیک) منطقه از پلیوستسن به بعد می‌باشد و پس از آن باتوجه به اینکه روند چین خوردگی تغییری نکرده است منطقه هم اکنون از نظر زمین ساختی فعال می‌باشد و به دلیل ساختارهای اتو مانند (Flat Iron) و دیگر ساختارهای پلاتژ می‌باشد. از این روش می‌توان تعیین زمان چین خوردگی و مقارن بودن آن با گسلش را نیز تعیین کرد.

**کلمات کلیدی:** کازرون، تاقدیس دشتک، گسل، راستالغز، زمین ساخت، ساختارهای اتو مانند

### ۱- مقدمه

تاقدیس دشتک در جنوب باختری شیراز و شمال خاوری کازرون قرار گرفته است و قسمتی از کمربند کوهزایی زاگرس محسوب می‌شود. فاصله این ناحیه از شهر شیراز از محور شیراز - کازرون حدود 120 کیلومتر می‌باشد. این منطقه در فاصله طول‌های جغرافیایی  $51^{\circ} 30' 00''$  تا  $52^{\circ} 00'$  و عرض‌های جغرافیایی  $29^{\circ} 30' 00''$  تا  $30^{\circ} 00'$  واقع شده است. حداکثر و حداقل ارتفاع منطقه به ترتیب 3626 و 1142 متر از سطح دریا می‌باشد. شهرستان کازرون از خاور و شمال خاوری به شیراز، از جنوب خاوری به شهرستان فیروزآباد، از باختر و شمال باختری به نورآباد ممسنی و از جنوب و جنوب باختری به شهرستان برازجان منتهی می‌شود.

شهرستان کازرون یکی از شهرستان‌های استان فارس در کشور ایران است که در باختر این استان قرار دارد. شهرستان کازرون آب و هوایی نسبتاً گرم دارد. دریاچه پریشان که یکی از مهم‌ترین دریاچه‌های آب شیرین کشور است در جنوب خاوری آن قرار دارد. شهرستان کازرون از خاور به شهرستان شیراز، از شمال به شهرستان ممسنی و از باختر به جنوب به استان بوشهر و از جنوب خاوری به شهرستان فرشبند محدود می‌شود.

سازندهای موجود در تاقدیس دشتک مورد بررسی‌های سنگ‌شناسی و فسیل‌شناسی قرار گرفتند تا با اطمینان از نوع سازندها، ایستگاه‌های برداشت اطلاعات بر روی سازندهای مختلف پراکندگی لازم را داشته باشند.

## ۲- روش انجام کار

با توجه ویژگی‌های شکننده محدوده و وجود سطوح شکستگی و برشی فراوان می‌توان از نظر پویایی، منطقه را مورد بررسی قرار داد. لذا تحلیل تنش دیرینه می‌تواند کمک شایانی در پی بردن به نحوه تشکیل ساختارها باشد. شناسایی جهت تنش از تحلیل پویایی است که بن مایه تحلیل جنبشی (سینماتیک) را تشکیل می‌دهد. محاسبه تنش در زمین شناسی ساختاری بخش بزرگی از پژوهش‌های انجام شده در ساختارهای شکننده را شامل می‌شود. اطلاعات پایه برای انجام چنین کاری، استفاده از صفحه‌های گسلی و خط‌خس‌های مربوط است. با اندازه‌گیری این عناصر خطی و صفحه‌ای در یک پهنه گسلی، می‌توان به جهت تنش دست یافت که در شکل‌گیری یک پهنه گسلی کارساز بوده است. چنانچه بتوان نیروهای وارد بر هر صفحه از یک سامانه گسلی، که در یک تنش مشخص به همه سامانه وارد شده است، را در جهت‌های مختلف تعیین کرد، به تنسور تنش دست یافته ایم. در این روش فرض بر این است که خط‌خس‌های روی صفحه گسلی جهت حداکثر نیروی برشی را نشان می‌دهند. پس در این صورت با عکس کردن این پدیده می‌توان به جهت تنش دست یافت که مسبب صفحه گسلی و خط‌خس‌های آن شده است. برای شناخت و بررسی آرایش محورهای تنش دیرینه در این پژوهش، برداشت‌های ساختاری به شیوه مستقیم صحرایی صورت پذیرفته‌اند، برداشت‌ها در برگیرنده صفحات گسلی، سطوح لغزش گسلی مزدوج، سطوح گسلی موازی یا متقاطع نسبت به لایه بندی، درزهای کششی، سطوح لایه بندی و خط‌خس‌ها هستند. در هر ایستگاه ابتدا مشخصات صفحه گسلی برداشت شده و پس از تشخیص خطوط خط‌خس و برداشت مشخصات آنها، سوی لغزش مشخص شده است. در بیشتر ایستگاه‌ها، داده‌ها به صورت ناهمگن دیده می‌شود که نشان دهنده وضعیت‌های متفاوت دیرینه تنش هستند که می‌توانند مربوط به رژیم کششی، فشارشی و یا راست‌الغز باشند. در برخی ایستگاه‌ها گسل‌های برداشت شده دارای چندین جهت خطوط خط‌خس هستند که نشان دهنده تغییر جهت لغزش در طی زمان است.

حدود 20 گسل خط‌دار در منطقه مورد بررسی در ابتدا برداشت شد. که از مفروضات اولیه تحلیل تنش دیرین تبعیت می‌کردند و از نظر کیفیت هم در شرایط بهینه‌ای بودند استخراج شد. این مفروضات بیان می‌دارد که توزیع نمونه‌ها بایستی همگن باشد و حرکت یک گسل تأثیری روی گسل‌های دیگر نداشته باشد، میدان تنش نیز در حین فعالیت گسل‌ها یکنواخت باشد. با توجه به اینکه در بهترین شرایط عملی همواره اندازه‌گیری‌ها دارای کمی خطا است و امکان دارد خط‌خس اندازه‌گیری شده دقیقاً روی صفحه گسل قرار نگیرد.

برای به دست آوردن وضعیت تنش دیرین در منطقه مورد نظر از روش معکوس سازی چند مرتبه‌ای (YaMaji, 2005) استفاده شده است. این روش نیز همانند روش‌های معکوس سازی دیگر مبنی بر فرضیات و محدودیت‌هایی می‌باشد. از جمله آن که ما مسیر لغزش روی گسل‌ها را در جهت ماکزیمم تنش برشی روی صفحه گسلی فرض می‌کنیم (Bott and Wallac, 1959). همچنین فرض کردیم که لغزش روی یک گسل تأثیری بر لغزش دیگر گسل‌ها ندارد. اما می‌توان از محدودیت‌های دیگر از جمله همگن بودن میدان تنش به دلیل کوچک بودن منطقه مورد مطالعه و صفحه‌ای بودن سطوح گسلی به جهت برداشت گسل‌ها در مقیاس قابل مشاهده (Mesoscale) چشم‌پوشی کرد. در این روش داده‌های مورد استفاده برای معکوس سازی شامل موقعیت گسل، خط‌خس مربوط به آن و سوی حرکت می‌باشد که پس از محاسبه با نرم افزار (YaMaji, 2005)، تفکیک فازهای تنش در یک فضای چهاربعدی مرکب از سه موقعیت محورهای اصلی تنش و شکل میدان صورت می‌گیرد که فازهای غالب به صورت

تجمعی از این نقاط محاسبه شده، خوشه‌ها را می‌سازند. طریقه محاسبه تنسور تنش در این نرم افزار روش جستجوی شبکه ای (Grid Search Method) می‌باشد که تنسور عمومی تنش را که بیشترین هماهنگی را با داده‌ها دارد به نمایش می‌گذارد. سپس تنش برشی محاسبه شده به واسطه این تنسور ( $\tau$ ) با مسیر لغزش هر یک از گسل‌ها ( $S$ ) مقایسه می‌گردد و زوایای بین آنها ( $\Delta$ ) تحت عنوان زاویه عدم تناسب (Misfit Angle) معرفی می‌شود. تعیین آستانه برای این زاویه اختیاری است. از دید ریاضی این زاویه در حالت کلی محدوده ای از  $0^\circ$  تا  $180^\circ$  را شامل می‌شود اما غالباً با توجه به ساز و کار گسلش آن را  $0^\circ$  تا  $30^\circ$  در نظر می‌گیرند. در این پژوهش 39 داده لغزش گسلی ناهمگن و خطواره مربوط به آن از منطقه مورد مطالعه برداشت شده است. گسل‌های برداشت شده از منطقه روند NE-SW را نشان می‌دهند و شیب عمومی آنها  $40^\circ$  تا  $90^\circ$  می‌باشد. خطواره‌های لغزشی آنها غالباً میل کمتر از  $60^\circ$  را نمایان می‌سازند که خود مبین مؤلفه‌های راستالغز محسوس در منطقه می‌باشد. داده‌های برداشت شده از منطقه را به منظور تحلیل معکوس سازی چند مرتبه ای با روش آزمون و خطا پایدار می‌نماییم. به این منظور تعدادی از گسل‌ها را آنقدر کم و زیاد می‌کنیم تا تغییرات پارامترهای ذکر شده (موقعیت محورها و شکل میدان) به حداقل ممکن برسد و سپس برای هر دسته پارامتر  $K (3 \leq K \leq 8)$  مناسب در فضای چهاربعدی را به نحوی که دسته‌ها قابل شناسایی باشند به دست می‌آوریم که برای تحلیل داده‌های مورد مطالعه  $k = 5$  در نظر گرفته شده است (این پارامتر درجه خوشه ای شدن را از نظر آماری مشخص می‌نماید). تعداد راه حل‌های ممکن محاسبه شده توسط نرم افزار از فرمول زیر به دست می‌آید:

فرمول (1)

$$CK = N!/K(N-K)!$$

C تعداد زیر مجموعه‌ها، N تعداد کل داده لغزش گسلی و K تعداد گسل‌ها در هر زیرمجموعه، برای معکوس سازی می‌باشد.

با محاسبه تنسور تنش کاهش یافته، مسیر لغزش تئوری هر دسته را محاسبه و با داده‌های لغزشی گسل‌ها مقایسه نموده و با توجه به زوایای عدم تناسب فازهای مختلف را تفکیک می‌کنیم. شاهد بر دوباره فعال شدن صفحات گسلی یا همان وجود چند فاز عمل کرده بر منطقه، گسل‌های با موقعیت مشابه ولی لغزش‌های متفاوت یا چندین مجموعه استیلولیت و ترک‌های کششی متداول که سازگار با یک تنسور تنش نیستند می‌باشد. با استفاده از این روش، تنسورهای تنش سازگار با لغزش‌های گسلی محاسبه شده و آنها به صورت نقاطی در فضای چهاربعدی نمایش داده می‌شوند که تجمع آنها خوشه‌ها را می‌سازند و خوشه‌ها یا دسته‌هایی با رنگ یکسان و موقعیت محوره‌های یکسان یک فاز تلقی می‌گردند. بر این اساس منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت که شامل مجموعه داده‌های لغزش گسلی ناهمگن می‌باشد. پس از پردازش داده‌های هر دسته، خوشه‌ها نمایان می‌شوند و با توجه به شکل منطقی نمودار زاویه عدم تناسب، فازها در هر دسته تفکیک می‌گردند. در این روش که توسط YaMiaji 2005 مطرح شده است، در کمرندهای چین و راندگی که برای تحلیل تنش پیچیدگی‌هایی وجود دارد، می‌توان از مدل عددی Lisle 2003 بهره برد. لایه بندی پر شیبی که در کمرند چین و راندگی وجود دارد، یالهای چین که گسل خورده و در سطح آنها خش لغز بوجود آمده است را در وضعیت متفاوتی نسبت به زمان تشکیل قرار می‌دهند. ما می‌توانیم با چرخاندن لایه بندی طی مراحل مختلف آنرا به حالت اولیه خود بازگردانیم، تا در نهایت به وضعیت افقی لایه بندی برسیم، در هر مرحله برای خش لغزها، تنش را محاسبه می‌کنیم، پس از محاسبه ی تنش، میزان پراکنندگی برای هر دسته داده برای زمانهای مختلف در طول زمان چین خوردگی بدست می‌آید. هنگامی که این پراکنندگی‌ها برای یک دسته ی مشخص به حداقل برسد، آن مرحله به عنوان زمان اصلی عملکرد تنش به صورت حرکات گسلی در منطقه در نظر گرفته می‌شود. داده‌ها پس از چین خوردگی از وضعیت اولیه خود پراکنده می‌شوند و

یافتن مکان دقیقی برای میانگین داده‌ها مشکل به نظر می‌رسد، اما اگر لایه بندی را به صورت افقی بازگردانیم، پراکندگی بسیار کمتر خواهد شد. این نشان دهنده این است که داده‌ها در یک زمان و با یک تنش در زمان افقی بودن لایه‌ها بوجود آمده‌اند، سپس در طول زمان در فاز چین خوردگی شرکت کرده و هر یک از آنها در شرایط متفاوتی قرار گرفته‌اند که تداعی کننده نوعی ناهمگنی در داده‌ها است. بر این اساس می‌توان داده‌های تنش  $\sigma$  موجود در منطقه را که در این استریوتنها مشخص می‌باشد، بیشتر تفسیر کرد.

محاسبه تنش در روش برگشتی در نرم افزار رایانه ای (Yamaji 2005) را می‌توان به موارد زیر خلاصه کرد:

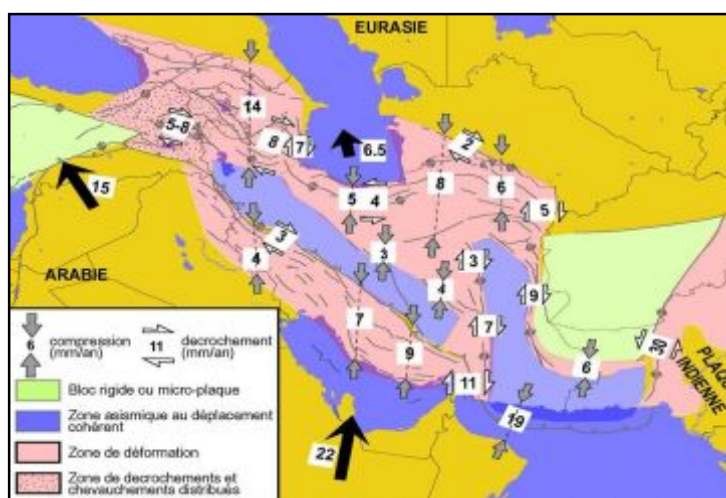
1. تبدیل داده‌های زمین شناختی شامل راستای صفحه گسل، شیب صفحه گسل و زاویه افتادگی خط خش در یک سیستم مختصاتی جغرافیایی؛

2. کمینه کردن زاویه ناهمخوانی (زاویه میان خط خش اندازه گیری شده و خط خش محاسباتی)؛

3. محاسبه یک تنسور مناسب (محاسبه بردار تنش برشی  $\tau$ ، بر روی صفحه اصلی گسلش و محاسبه شکل بیضوی تنش،  $R$ )؛  
برای به دست آوردن وضعیت تنش دیرین در منطقه مورد نظر از روش معکوس سازی چند مرتبه ای استفاده شده است. این روش نیز همانند روش های معکوس سازی دیگر مبنی بر فرضیات و محدودیت هایی می‌باشد. از جمله آن که ما مسیر لغزش روی گسل ها را در جهت بیشینه تنش برشی روی صفحه گسلی فرض می‌کنیم. همچنین فرض کردیم که لغزش روی یک گسل تاثیری بر لغزش دیگر گسل ها ندارد. اما می‌توان از محدودیت های دیگر از جمله همگن بودن میدان تنش به دلیل کوچک بودن منطقه مورد مطالعه و صفحه ای بودن سطوح گسلی به جهت برداشت گسل ها در مقیاس قابل مشاهده چشم پوشی کرد.

در این پژوهش 20 داده لغزش گسلی ناهمگن و ساخت خطی مربوط به آن از منطقه مورد

مطالعه برداشت شده است. گسل های برداشت شده از منطقه روند شمال خاور - جنوب باختر را نشان می‌دهد و شیب عمومی آنها 40 تا 90 درجه است را نمایان می‌سازد که نشان دهنده مولفه‌های راستا لغز محسوس در منطقه می‌باشد. داده های برداشت شده از منطقه را به منظور واکاوی معکوس سازی چند مرتبه ای با روش آزمون و خطا پایدار می‌نمایم.



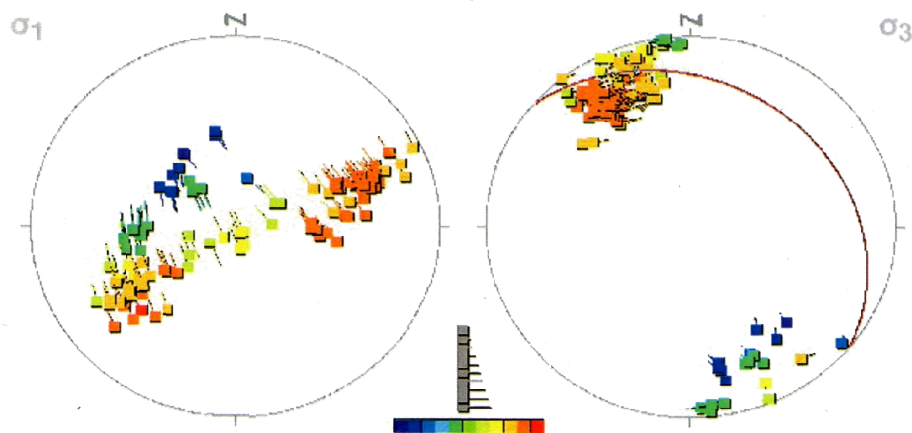
شکل 1- نرخ کوتاه شدگی در بخش های مختلف ایران با استفاده از اندازه گیری های GPS. نرخ کوتاه شدگی در ایران از غرب به شرق رو به افزایش است



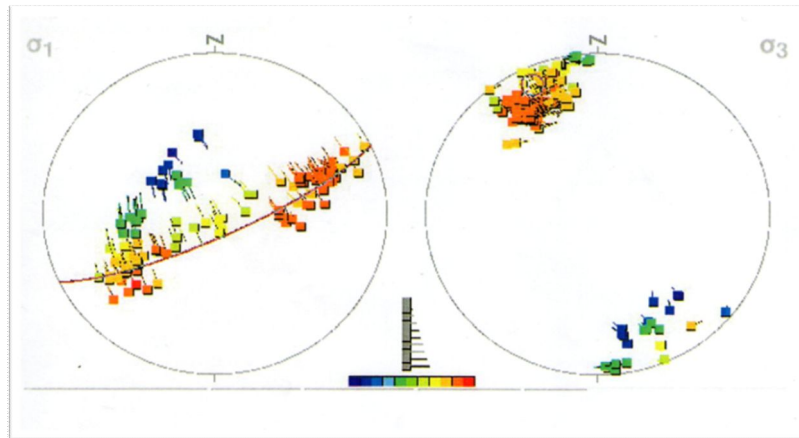
شکل 2- نمایی از خش لغز و شکستگیهای موجود در منطقه



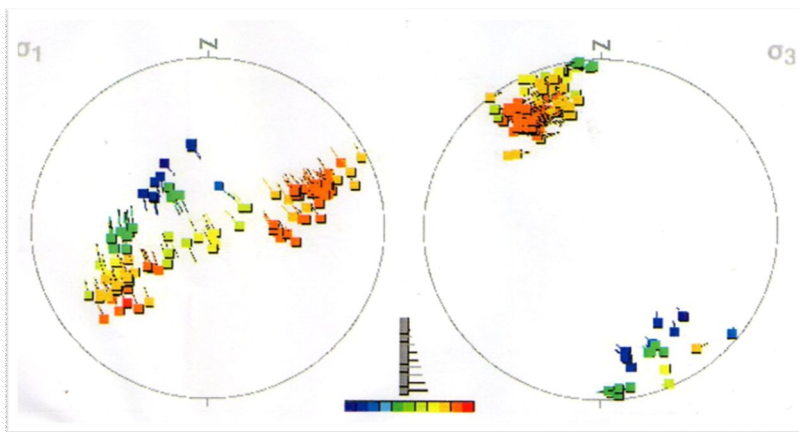
شکل 3- گسل خوردگی در یال شمال شرقی تاقدیس دشتک



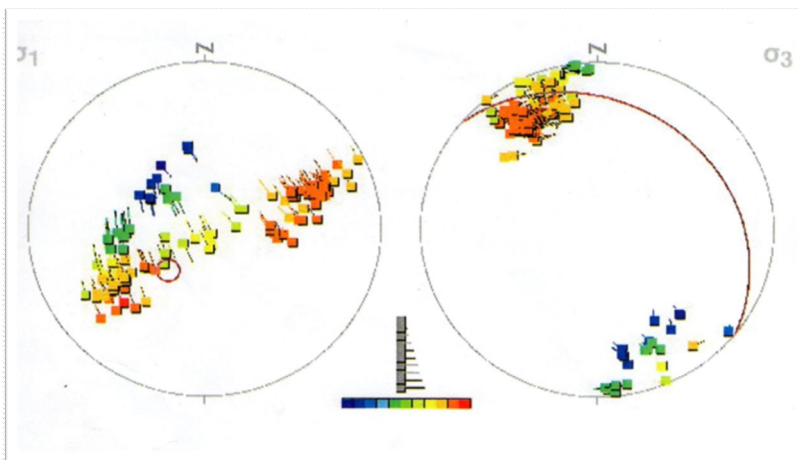
شکل 4- تنش بیشینه ( $\sigma_1$ ) مربوط به زمانی که لایه بندی شیب نداشته است.



شکل 5- تنش بیشینه ( $\sigma_3$ ) مربوط به زمانی که لایه بندی شیب نداشته است.



شکل 6- نتیجه تحلیل تنش با میزان 25% چین خوردگی



شکل 7- نتیجه واکاوی تنش فشاری بیشینه  $\sigma_1$  با میزان 25% چین خوردگی

### 3- نتیجه گیری و پیشنهادات

- 1- تحلیل برگشتی تنش این امکان را به وجود آورد تا وضعیت تنش تکتونیکی منطقه را با استفاده از داده های لغزش گسلی تعیین کرد نتایج بدست آمده از تحلیل های انجام شده در منطقه به قرار زیر است :  
با استفاده از روش معکوس سازی چند مرتبه ای (برگردان شیب لایه بندی) تعیین سن تنش در سیستم های ناهمگن در دوره هایی که با تغییر شیب لایه بندی همراه بوده است امکان پذیر می باشد. این روش نشان دهنده این است که چین خوردگی در این منطقه بعد از گسلش بوده است و چین خوردگی اصلی همزمان با گسلش رخ داده است .
- 2- جهت تنش اصلی  $\sigma$  را هم از طریق روش معکوس سازی چند مرتبه ای (برگردان شیب لایه بندی) و هم از طریق افقی کردن لایه ها در منطقه N65E می توان تعیین کرد از روند اصلی تنش ناحیه ای زاگرس که NW40° SE می باشد تبعیت می کند .
- 3- با استفاده از توالی سازندهای موجود در منطقه می توان به این نتایج رسید که نخست تمام زمین ساخت (تکتونیک) منطقه از پلیوستسن به بعد می باشد و پس از آن باتوجه به اینکه روند چین خوردگی تغییری نکرده است منطقه هم اکنون از نظر زمین ساختی فعال می باشد و به دلیل ساختارهای اتو مانند (Flat Iron) و دیگر ساختارها پلانژ می باشد. از این روش می توان تعیین زمان چین خوردگی و مقارن بودن آن با گسلش را نیز تعیین کرد.

### منابع

- 1- درویش زاده، ع. 1382، زمین شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر، 901 صفحه.
- 2- پدرامی، م. (1366)، بازنگری در چینه شناسی زمانی نئوژن-کواترنر، سازمان زمین شناسی ایران
- 3- آبشیرینی، ا.، رنگزن، ک.، و ورشوساز، م. (1383)، مقایسه میزان دقت روش درون یابی IDW و Kriging در تهیه مدل رقومی ارتفاع، سی و پنجمین کنفرانس ریاضی، اهواز.
- 4- رنگزن، ک.، زرگرزاده، م.، چرچی، ع.، آبشیرینی، ا. (1386). کاربرد علوم سنجش از دور و GIS در پهنه بندی تئوتکتونیک کوههای زاگرس با استفاده از شاخص های ژئومورفیک، یازدهمین انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.

4- Adams, j., (1980), Contemporary uplift and erosion of the Southern Alps, New Zealand: Geological Society of America Bulletin, Part II, v. 91, p. 1-114.

5- Ambraseys, N.N. and Melville, C.P., (1928). A History of Iranian Earthquakes. Cambridge, 219 pp.

6- Berberian, M., (1976), Contribution to the seismotectonics of Iran (part II). Geol. Surv. Iran 39, 518pp