Archive of SID

جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سـال ۲۵، پیـاپی ۵۵، شـماره ۳، پـاییز ۱۳۹۳

پیش بینی بزرگای احتمالی زلزله با استفاده از روش ارگودیسیتی
مطالعه موردی استان یزد

ســـیدعلی المدرســـی: اسـتادیار ژئومورفولـوژی، دانشـگاه آزاد اسـلامی واحـد یـزد، یـزد، ایـران*
احســان امــام جمعــه: کارشـناس ارشـد عمـران، دانشـگاه آزاد اسـلامی واحـد یـزد، یـزد، ایـران

وصـول: ۱۳۹۱/۱/۱۸ پـذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲۱، صص ۱۰۴-۸۹

چکیده

استان یزد، در مرکز کشور و در زون ایران مرکزی واقع شده است. این زون یکی از واحدهای اصلی و عمده ای است که به شکل مثلث در مرکز ایران قرارگرفته و جزء بزرگترین و پیچیده ترین واحـدهای زمین شـناسـی به‌شـمار می‌رود.منطقه مذکور، بر اثر حرکات کوهزایی، شدیداً دگرگون شده و در بر گیرنده گسلهای مهم مانند (گسـل دهشـیر، گسـل انـار، گسـل پشت بادام، شهربابک و. .....) است. مطالعات پیش بینی بزرگای زلزله احتمالی در استان یزد می تواند گام مؤثری در شـناخت بهتر منطقه به منظور ارائه طرحهای آمایشی و پهنه‌بندی مناطق خطرآفرین و نیز اتخاذ تدابیر حفـاظتی در سـازه‌هـای احـداثی باشد. در این مقاله رفتار گسل‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش شبیه سازی عددی (ارگودیسیتی) مورد بررسی قرار می‌گیرد. ارگودیسیتی مدل سیر تحولات وتغییرات تاریخی یک پدیده است، بطوریکه بتوان این تغییرات را در فازهای فضایی طبقه بندی نمود. مهمترین ویژگی این تقسیم بندی، مبنا قرارگرفتن متوسط‌های یکسان میزان تغییـرات فضـایی، در طـول هـر مقطع زمانی از دوره تکوین است. متریک نوسان سازی (TM) تیرو مالای – مانتین یکی از متدهای قابل استفاده در پیش بینی سیستمهای غیرخطی طبیعی است. که تعادل یا عدم تعادل سیستمی را با استفاده از کمیت گـذاری گسـل (کمیـت فضـایی – زمانی) مورد بررسی قرار می دهد و با یافتن فازهای زمانی میانگین تحولات رخداده آن را معادل میانگین تحول فضـایی کـه در اینجا بزرگای زلزله است فرض می نماید این روش فرصتی ارزنده در اختیار ما قرار داد تا عملکرد و بـرآورد تـوان لـرزه زایی گسل‌های طبیعی به وسیله پارامترهای آماری گسلهای منطقه را مورد بررسی قرار دهیم. بر اساس یافته‌های این پـژوهش معلوم گردید که احتمال وقوع زلزله‌های با بزرگای بیشتر از $m \geq ۳$ در استان یزد وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: استان یزد، ارگودیسیتی، روش تیرو مالای - مانتین، گسل، بزرگای زلزله

مقدمه

از دیرباز پروسه گسل زایی در پوسـته زمـین یکـی از عوامل پیچیده در بررسـی عملکـرد درونـی زمـین، در مقیاسهای متفاوت به شمار می‌رود. بـه عبـارت سـاده گسلها در اثر تغییر شکل در لایه‌های پوسـته زمـین بـا ایجاد تنشـهای موضـعی و گسـیختگی در سـنگها بـه وجود می‌آیند)ولمن،۱۹۷۸(، که یکـی از اصـلی تـرین آثار آنها، لغزش به موازات صفحه گسـیختگی و بـروز خطراتی از قبیل ایجاد قابلیت لـزره خیـزی در منطقـه می‌باشد. این لغزش‌ها می‌تواند بصورت آرام یا ناگهانی باشد. لغزش‌های ناگهانی اغلب عامل ایجـاد زلزلـه‌هـا هستند که بستگی به مشخصه ودینامیـک گسـلها دارد.

*نویسنده مسؤول: E-mail: almodaresi@iauyazd.ac.ir

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014

از این رو درک فیزیک گسل‌ها برای پیاده سازی متدهای پیش بینی زمین لرزه‌ها ضروری است. شبکه‌های گسل و زمین لرزه زیر مجموعه ای از سیستم‌های غیر خطی طبیعی، سیستم‌های آستانه ای رانشی می‌باشد(فرگوسن وهمکاران، ۱۹۹٦. کی سی و همکاران، ۱۹٦۱. وایت و همکاران، ۱۹٦۵). برای پیش بینی چگونگی عملکرد گسلها می‌توان از روش شبیه سازی عددی (. ارگودیسیتی[1]) استفاده کرد. ارگو[2] در زبان یونانی به معنای کار یا انرژی و هودوس[3] به معنای راه است (پین[4]، ۱۹۸۵). به عبارت ساده ارگودیسیتی عبارتست ازمدل سیر تحولات وتغییرات تاریخی یک پدیده بطوریکه بتوان این تغییرات را در فازهای مختلفی طبقه بندی نمود. مهمترین ویژگی این تقسیم بندی مبنا قرارگرفتن متوسط‌های یکسان میزان تغییرات، در طول هر مقطع از دوره تکوین است(ورنات و همکاران، ۲۰۰٦).

بولتزمن[5] برای اولین بار ایده ارگودیسیتی را فرموله نموده و ازلغت ارگودیک[6] استفاده کرد، البته برخی از ابعاد این تئوری به سال ۱۷۱۳ و قانون برنولی[7] اعداد بزرگ باز می گردد، (براون[8] ۱۹۷٦،۵٦).ساویگر[9](۵٤، ۱۹۵۲) ارگودیسیتی وجایگزینی مکان بجای زمان را در مطالعات مرتبط با روند تکامل شیب در امتداد بخشی از ساحل جنوب والز[10] مورد بررسی قرار داد. پس از قرن هفدهم توصیف عددی سیستم‌های فیزیکی معمول گردید.) ولدنبرگ،۱۹٦۸(. این پارامترهای عددی به ویژگی‌های هندسی، دینامیکی و گرمایی ماده مربوط می‌باشند. اگر سیستم‌ها به حال خود رها شوند مقادیر پارامترهای خود را آن قدر تغییر می‌دهند تا به حالت تعادل برسند و دیگر تغییری را نمی توان مشاهده کرد.)ولدنبرگ،۱۹۷۲(. نکته دیگر آنکه این میل خودبخودی به تعادل، فرآیندی است که از لحاظ زمانی نامتقارن است)ولدنبرگ،۱۹٦٦((تیامپو و همکاران، ۲۰۰۳). مثلاً، سیستم‌های غیر خطی رانشی آن قدر تغییر می‌کنند تا یکنواخت شوند. فرآیند« یکنواخت سازی » در مورد (گسل‌های طبیعی) نیز روی می‌دهد. اولین بار در سال ۱۹۹۳ ایده ارگودیک در سیستم‌های غیر خطی رانشی (گسل طبیعی) توسط متریک نوسان سازی[11](TM) تیرو مالای – مانتین[12] فرمول گذاری شد. بر اساس تئوری متریک (TM)، فرگوسن و همکاران[13]براساس مشاهدات موجود عملکرد چندین سیستم گسل طبیعی (کالیفرنیا[14] بین سال‌های ۱۹۳۲ و ۲۰۰٤ در منطقه عرض جغرافیایی ۳۲ تا ٤۰ درجه و طول جغرافیایی ۱۱۵- تا ۱۲۵-، شبه جزیره ایبرین[15]و شمال غربی آمریکا در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ٤۵ درجه شمال و بین طول جغرافیایی ۵ درجه تا ۱۵- درجه و شرق کانادا[16]در منطقه عرض جغرافیایی ٤۲ تا ۵۱ درجه طول جغرافیایی ٦۰- تا ۸۵- درجه) را با استفاده از داده‌های مرکز زمین لرزه کالیفرنیای جنوبی[17] (SCEC) و شبکه لرزه نگاری شمال کالیفرنیا[18] (NCSN) مورد بررسی قرار دادند این

1 Ergodicity
2 Ergo
3 hodos
4 Pain
5 Bultzman
6 Ergodic
7 Bernoulli
8 Brown
9 Savigear
10 Wales

11 fluctuation metric
12 Thirumalai-Mountain (TM)
13 Ferguson et al
14 California
15 Iberian peninsula
16 Eastern Canada
17 Southern California Earthquake Center
18 Northern California Seismic Network

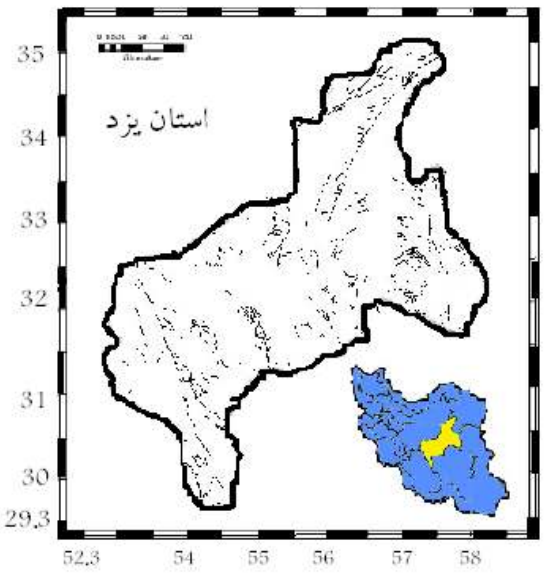
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014

نتیجه حاصل شد که سیستم‌های گسل طبیعی برای دوره‌های طولانی زمانی برای بزرگی $m\geq 4$ ارگودیک می‌باشند، و رویدادهای زمین لرزه ای بزرگ که می‌تواند به طور مستقیم سیستم را از ارگودیسیتی خارج سازد شناسایی کرد این رویدادهای خیلی بزرگ سیستم را برای یک دوره از زمان از تعادل خارج می‌سازند که بعد از آن، حالت شبه تعادلی ایجاد می‌شود. این حالت را به عنوان تعادل برجسته شده یا نوسانی نامیده می‌شود (فرگوسن و همکاران،۲۰۰۳) .

هدف مقاله حاضر بررسی آستانه‌های ارگودیکی در سیستم گسل‌های استان یزد وتشخیص وجود تعادل نشان دار بر اساس ویژگی فرایند زمین لرزه است که تابعی از حدها و دقت داده‌ها و کاتالوگ‌های لرزه شناسی است، می‌باشد البته تست کردن فرضیه اخیر روش ارگودیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد، روشی که به عنوان متریک (TM) تیرومالای –مانتین مشهور است.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

موقعیت جغرافیایی منطقه

استان یزد در مرکز کشور بین طولهای جغرافیایی' ٤٨ ° ٥٢ و '٢٣ ° ٥٦ شرقی و عرضهای' ٢٩ ° ٣٦ و '٢٢ °٣٣ شمالی قرار دارد (شکل۱). بر اساس آخرین تقسیمات کشوری(پایان اسفند ماه ۱۳۷۹) این استان دارای ۹ شهرستان، ۱۹ شهر، ۱۷ بخش و ٤٣ دهستان می باشد. مساحت این استان ٧٣٤٦٧ کیلومتر مربع است. مرکز استان شهر یزد می باشد که ارتفاع آن از سطح دریا ۱۲۳۰ متر است.و دارای جمعیت ٨٢٨٤٠١ نفر می‌باشد.شهرهای مهم استان شامل ابرکوه، اردکان، بافق، تفت، خاتم, صدوق, طبس, مهریز، میبد و یزد است و به لحاظ همسایگی استان یزد از شمال به استانهای سمنان و اصفهان؛ ازجنوب به استان کرمان؛ از شرق به استان‌های خراسان جنوبی و خراسان رضوی و از غرب به استانهای اصفهان و فارس محدود است.

گسلهای استان یزد

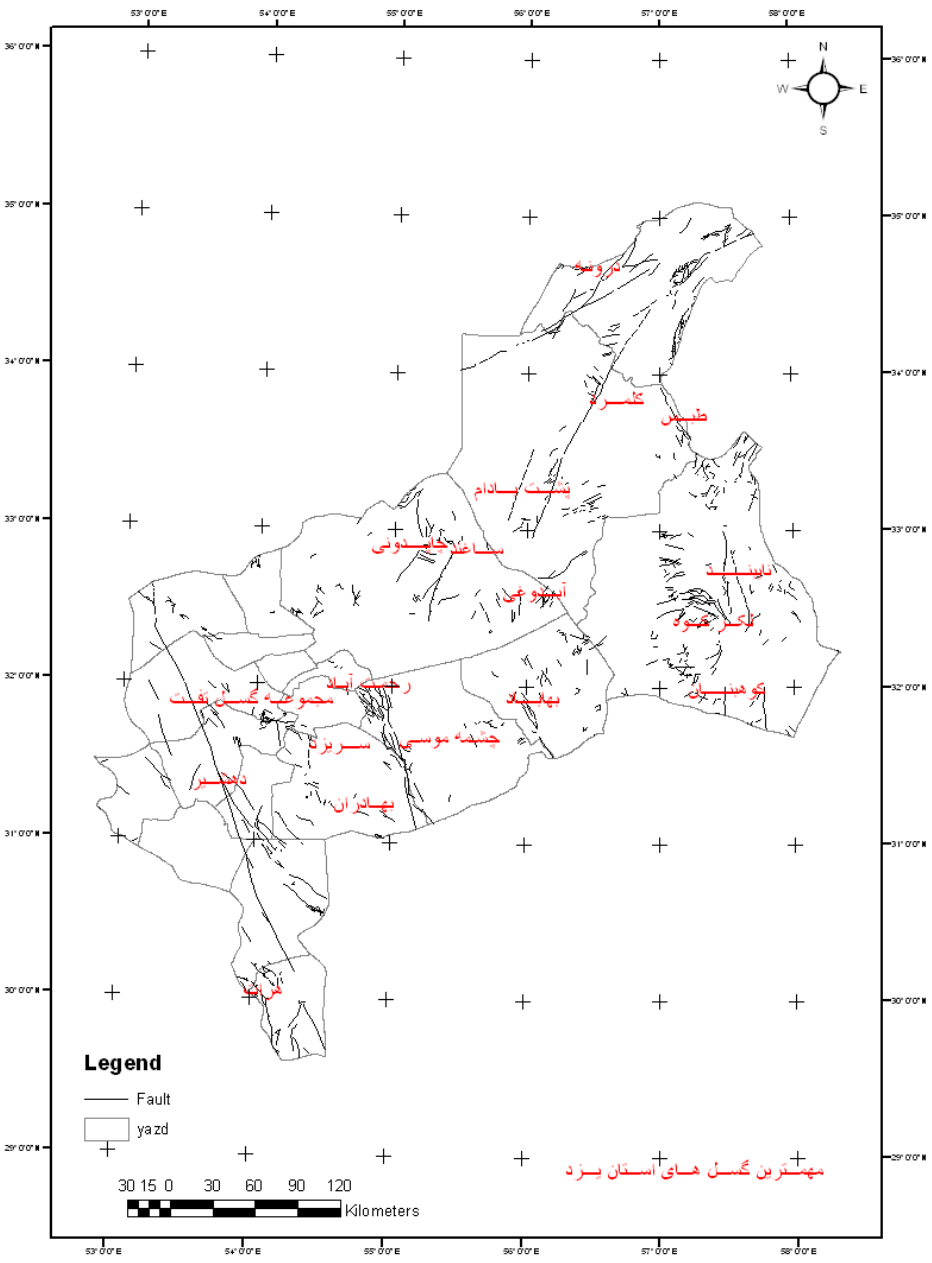
بیش از ۸۰ گسل مهم در ایران شناسایی شده اند که در حدود ۳۵ مورد از آنها همراه با پیشینه لرزه خیزی هستند. بررسی‌های زمین شناسی سطح الارضی نشانگر آن است که شهر یزد بر روی گسل چندان خطرناکی واقع نشده است. گرچه وجود گسلهای کوچکتر و کم خطرتری در این ناحیه محرز گردیده است و از سوی دیگر چندین گسل مهم نیز در محدوده استان یزد وجود دارد که از آن جمله می توان گسلهای دهشیر، بافت، پشت بادام، شهربابک و بخش شمالی نای بند را نام برد. (شکل ۲)

از نظر تکتونیکی گسل‌های دهشیر ـ بافت، پشت بادام و شهربابک گسل‌های مؤثر در این استان می باشد، به طوری که ژئومورفولوژی استان متاثر از آنها است(www.ngdir.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی گسلهای استان یزد

روش مطالعه رفتار سنجی (ارگودیسیتی) در شبکه‌های گسل طبیعی:

با این روش توان آزاد سازی انرژی توسط گسلهای منطقه را با استفاده از متد متریک نوسان سازی TM تیرو مالای – مانتین با توجه به تعداد رویدادهای زمین لرزه ای با بزرگی خاص یا بزرگتر برای یک دوره زمانی، کمیت گذاری و تاثیر آن را روی ویژگی‌های ارگودیک حادث شده در منطقه ی مورد تحقیق،

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014

بررسی می‌شود. متریک نوسان $\Omega_e(t)$ ، مطرح شده توسط تیرو مالای و مانتین براساس رابطه ذیل می‌باشد(تیرومالای و مانتین، ۱۹۹۳) و(هولمز و همکاران، ۱۹۹۶).

رابطه (۱)

$$\Omega_e(t) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}[\varepsilon_i(t) - \bar{\varepsilon}(t)]^2,$$

به طور یکه

رابطه (۲)

$$\varepsilon_i(t) = \frac{1}{t}\int_0^t E_i(t')dt'$$

متوسط زمانی، در خصوص اندازه متغیر $E_i(t)$ می باشد

رابطه ۳

$$\bar{\varepsilon}(t) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\varepsilon_i(t)$$

رابطه (۳) متوسط مشابه مربوط به میانگین متوسط زمانی در کل سیستم می‌باشدکه در رابطه (۱) $\Omega_e(t)$ مقدار متریک (TM) محاسبه شده در زمان (t) قرارداده می‌شود. شروع کاتالوگ مطابق با زمان اولیه $t = 0$ که $E_i(t)$ مقدار انرژی ذره در زمان t و N تعداد رویدادها در طول دوره زمانی با بزرگی خاص یا بزرگتر می‌باشد. اگر سیستم در زمان‌های طولانی به طور موثر ارگودیک باشد $\Omega e(t) = \frac{De}{t}$ ، است. به طوریکه De پارامتر انتشار ارگودیسیتی مرتبط به مکانی است که مورد تحقیق قرار داده می‌شود و $\frac{1}{\Omega e(t)} = \frac{t}{De}$ با معکوس مقیاس زمان لازم برای رسیدن به ارگودیک تناسب دارد. به طور خاص برای هر منطقه یا منطقه فرعی تحت بررسی، کاتالوگهایی تهیه شد تا رویدادهای زمین لرزه ای با توجه به موقعیت‌های مختلف مکانی (i) مورد بررسی قرار گیرد. بر همین اساس تعداد زمین لرزه‌هایی که دارای بزرگی خاص یا بزرگتر را مشخص و میزان $N(t)$ را برای یک دوره زمانی خاص، بر اساس قانون گوتنبرگ – ریشتر محاسبه گردید.

قانون گوتنبرگ ریشتر براساس رابطه ذیل می‌باشد:

رابطه ۵

$$N(t) = a10^{-bm},$$

رابطه ٦

$$\text{or } \log N(t) = a - bm,$$

بطوریکه $b \approx 1.0$ و a یک عدد ثابت در منطقه مورد نظر است

رابطه۷

$$E(t) = 10^{cm}10^{d},$$

همینطور در رابطه (۷) $E(t)$میزان انرژی برای بزرگی یک زلزله خاص m (بر اساس ژول) با پارامترهای ثابت $c \approx 1.44$ ، $d \approx 5.24$می باشد.

بنابراین

رابطه ۸

$$m = \frac{\log E(t) - d}{c}.$$

با جایگزین سازی داریم:

رابطه ۹

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014

$$\log N(t) = a - \frac{b(\log E(t) - d)}{c} = a' - b' \log E(t),$$

و

رابطه ۱۰

$$N(t) = 10^{a'} E(t)^{-b'},$$

در رابطه (۱۰) a' و b' نیز ثابت‌هایی می‌باشند که به منطقه و دوره زمانی مورد توجه بستگی دارند. به طور خاص b تقریبا نزدیک به عدد ۱ می‌باشد.و نیز پارامتر a میزان لرزه نگاری با بزرگی مشخص را برای منطقه خاص نشان می‌دهد. در متریک (TM)، $E_i(t) \equiv N_i(t)$ است که $N_i(t)$ تعداد رویدادهای بزرگتر از بزرگی m محاسبه شده برای هر سال در مکان i می‌باشد که بجای $E_i(t)$ در معادله (۲) فوق جایگزین می‌شود. اندازه جعبه‌ها (محدوده انتخابی درگسلها با طول و عرض جغرافیایی مشخص) متفاوت است که برای هر جعبه تاثیرات تعداد رویدادهای زمین لرزه ای که در طول دوره زمانی برای هر سال رخ داده، روی ویژگی‌های ارگودیک حادث شده منطقه ی مورد تحقیق، بررسی می‌گردد. (کاناموری و همکاران، ۱۹۷۷)و (کاناموری و همکاران، ۱۹۸۱) و(توروکوته، ۱۹۹۷) و (آدامز و باشام، ۱۹۸۹). ضمنا کلیه محاسبات مربوطه برای گسلهای استان یزد انجام گرفت که بدلیل طولانی بودن موارد امکان ذکر انها نیست لاکن علاقه مندان می‌توانند با مراجعه به مرجع استفاده نمایند.)امام جمعه،۱۳۸۹(

تحلیل گسل‌های استان یزد به روش ارگودیسیتی:

در این پژوهش به منظور رفتارشناسی گسل‌های استان یزد(گسل دهشیر، گسل انار، گسل پشت بادام، شهربابک و. .....) و بررسی توان لرزه زایی بر اساس شواهد یا توزیع آماری رویدادها در طول دوره زمانی مشخص از اطلاعات(سازمان ژئوفیزیک و پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله (IIEES) ,و سازمان زلزله شناسی مرکز روسیه)(ISC) استفاده شد. و به همین جهت کاتالوگهایی از محدوده و مشخصات گسلها تهیه گردید، که هر کدام برای بررسی و احتمال ارگودیک در منطقه بر اساس تعداد رویدادهایی که در یک دوره زمانی با بزرگی خاص یا بزرگتر $m \geq 3, \ldots, m \geq 2$ بوقوع پیوسته است، استفاده شد. و با کمیت گذاری گسلها (زمانی – فضایی) و بررسی توسط متد متریک نوسان (TM) تیرو مالای – مانتین منطقه مورد تحلیل قرار گرفت.ابتدا به وسیله کاتالوگ و قانون گوتنبرگ – ریشتر مقدار پارامتر لرزه ای (a ,b) منطقه محاسبه ومقدار $N(t)$ درهرسال محاسبه شد. سپس با استفاده از کاتالوگهای تهیه شده، نمودارهایی از تعداد رویداد در هر سال بر اساس بزرگیهای متفاوت تهیه و مقدار (TM) معکوس محاسبه گردید. برای محاسبه متوسط زمانی گسل‌ها از فرمول(۲) استفاده شد، که با انتخاب بازه‌های یک ساله افزایشی برای انتگرال گیری با جاگذاری اندازه رویدادها $N(t)$ در هر سال، متوسط زمانی در طول دوره برای بزرگیهای خاص $M \geq m$ بدست آمد. و متوسط مشابه در کل سیستم نیز از فرمول(۳) که مربوط به میانگین متوسط زمانی برای

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014

طول دوره می‌باشد محاسبه گردید. بر همین اساس مقادیر محاسبه شده توسط فرمولهای مذکور در فرمول (۱) جاگذاری و مقدار متریک (TM) و معکوس آن برای هر سال محاسبه و نمودار آن بر اساس طول دوره زمانی برای بزرگیهای m≥3, m≥2 ,…. رسم شد. در نتیجه بر اساس نمودارهای مذکور احتمال ارگودیک و پیش بینی بزرگای زلزله احتمالی منطقه قابل بررسی گردید.

برای بررسی منطقه از کاتالوگ یکی از این گسلها (دهشیر ـ بافت، پشت بادام و شهربابک) استفاده شد که در ادامه ذکر می‌شود.

داده‌های لرزه نگاری:

محاسبه پارامترهای منطقه ای با استفاده از قانون گوتنبرگ – ریشتر:

به منظور محاسبه پارامترهای لرزه ای (a ,b) در استان یزد از قانون گوتنبرگ – ریشتر استفاده شد. بدین منظور از اطلاعات ومشخصات کاتالوگ‌های زمین لرزه ای با بزرگی خاص(m≥3, m≥2) برای محدوده شعاعی ۲۰۰ کیلومتری از موقعیت جغرافیایی مرکزی استان (31.896, 54.368) استفاده شد. بدین ترتیب رویدادها براساس بزرگا دسته بندی شدند و سپس فراوانی و فراوانی تجمعی هر دسته محاسبه گردید.(جدول ۱)

جدول ۱: نتایج داده‌های کاتلوگ یزد برای برازش خطی (b-line)

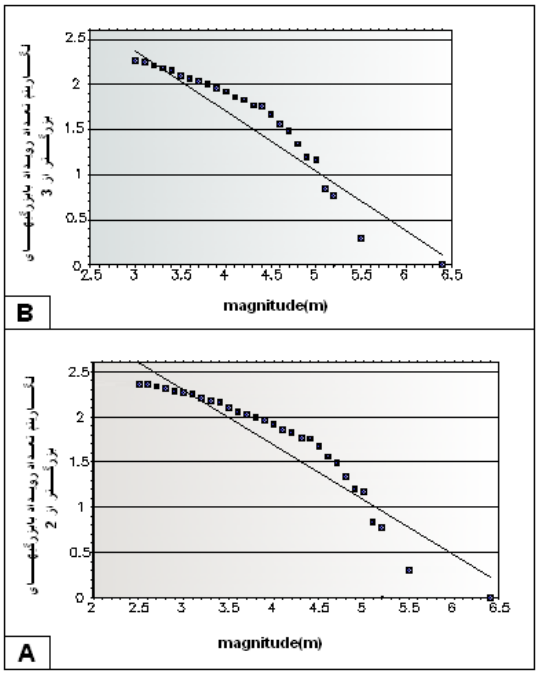
m	N(m)	Log n(m)
2.5	237	2.374748346
2.6	227	2.356025857
2.7	220	2.342422681
2.8	210	2.322219295
2.9	194	2.28780173
3	188	2.274157849
3.1	179	2.252853031
3.2	163	2.212187604
3.3	151	2.178976947
3.4	143	2.155336037
3.5	125	2.096910013
3.6	115	2.06069784
3.7	109	2.037426498
3.8	99	1.995635195
3.9	92	1.963787827
4	84	1.924279286
4.1	73	1.86332286
4.2	67	1.826074803
4.3	59	1.770852012
4.4	57	1.755874856
4.5	47	1.672097858
4.6	36	1.5563025
4.7	31	1.491361694
4.8	22	1.342422681
4.9	16	1.204119983
5	15	1.176091259
5.1	7	0.84509804
5.2	6	0.77815125
5.5	2	0.301029995
6.4	1	0

شکل ۳: با استفاده از مقادیر بدست آمده در جدول(۱)، نمودار (b-line) گوتنبرگ – ریشتر با توجه به بزرگی‌های A:m≥2 و B :m≥3 بصورت زیر ترسیم گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014



شکل ۳: نمودار (b-line) گوتنبرگ ریشتر (B: m≥3 و A: m≥2)

سپس از رابطه (۵) برای بدست آوردن میزان پارامتر زمین لرزه ای (a ,b) منطقه یزد با بزرگی خاص m≥2 و m≥3 , و دوره زمانی ۱۹۲۷ تا ۲۰۱۰ استفاده شد.

Gutenberg-Richter relationship: Log(N(m)) = a - bM

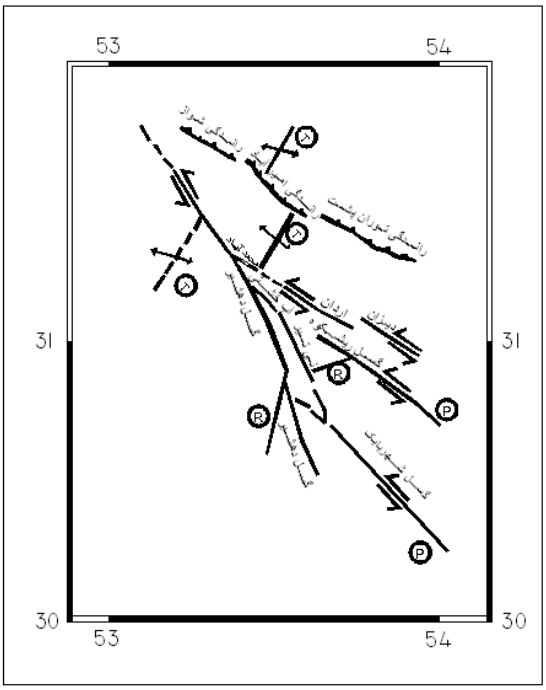
۳/۸۹۷۰۲۲۹۲٦a=

۰/٦۰۸۹۰۹۸۳۲b=

با داشتن پارامترهای لرزه ای منطقه مورد نظر، میتوان مقدار $N(t)$ برای رویدادها در هر سال را بدست آورده و مقدار آن را به جای $E_i(t)$ در فرمول (۲) جایگزین نمود.

گسل دهشیر:

گسل دهشیر ـ بافت از نظر گسترش آمیزه رنگی[1] اهمیت زیادی داشته و روند آن همان روند گسل زاگرس است. این گسل در غرب استان یزد قرار دارد و گسلی است با راستای شمال غرب ـ جنوب شرق، شیب نزدیک به قائم و از نوع امتداد لغز راستگرد[2] است، طول گسل حدود ۳۵۰ کیلومتر است که از جنوب غربی نائین شروع شده، از دهشیر می گذرد و تاشهر بافت ادامه و در محدوده عرض جغرافیایی ۵۳.٤۷ تا ٥٤.۳ درجه و طول جغرافیایی ۳۱.۹ تا ۳۰.۱۷ درجه قرار دارد. فعالیت هیدروترمال در اوایل کواترنر احتمالا به خاطر دوباره فعال شدن گسل تحت حرکات کوه زایی بعد از پاسادنین را بیان می‌کند(مهرنهاد وهمکاران،۱۳۷۸).



شکل ٤: امتداد و نحوه حرکت گسلهای منطقه دهشیر

داده‌های لرزه شناسی مورد استفاده در آنالیز از مشاهدات موجود در منطقه یزد. بر اساس اطلاعات لرزه ای سازمان ژئوفیزیک و پژوهشگاه بین المللی

[1] afiolitmelange

[2] Right slip fault

www.SID.ir

Archive of SID

زلزلـه شناسـی و مهندسـی زلزلـه International Institute of Earthquake IIEES) و مرکز بین المللی زلزلـه شناسـی، انگلسـتان International Seismological Centre,UK برای دوره زمـانی ۱۹۹٦ تا ۲۰۱۰ تعیین گردید.

شکل ۵ جزئیات توزیع فضایی زمـین لـرزه‌هـا در منطقـه یـزد بـرای دوره زمـانی ۱۹۹٦ تـا ۲۰۱۰ بطوریکه افزایش اندازه دایره نیز افزایش بزرگی را نشان می‌دهد.)

(www.geophysics.ut.ac.ir),(www.iiees.ac.ir).(,

جدول۲ مشخصات گسلهای فرعی مرتبط با گسل دهشیر (مهر نهاد و همکاران،۱۳۷۸)

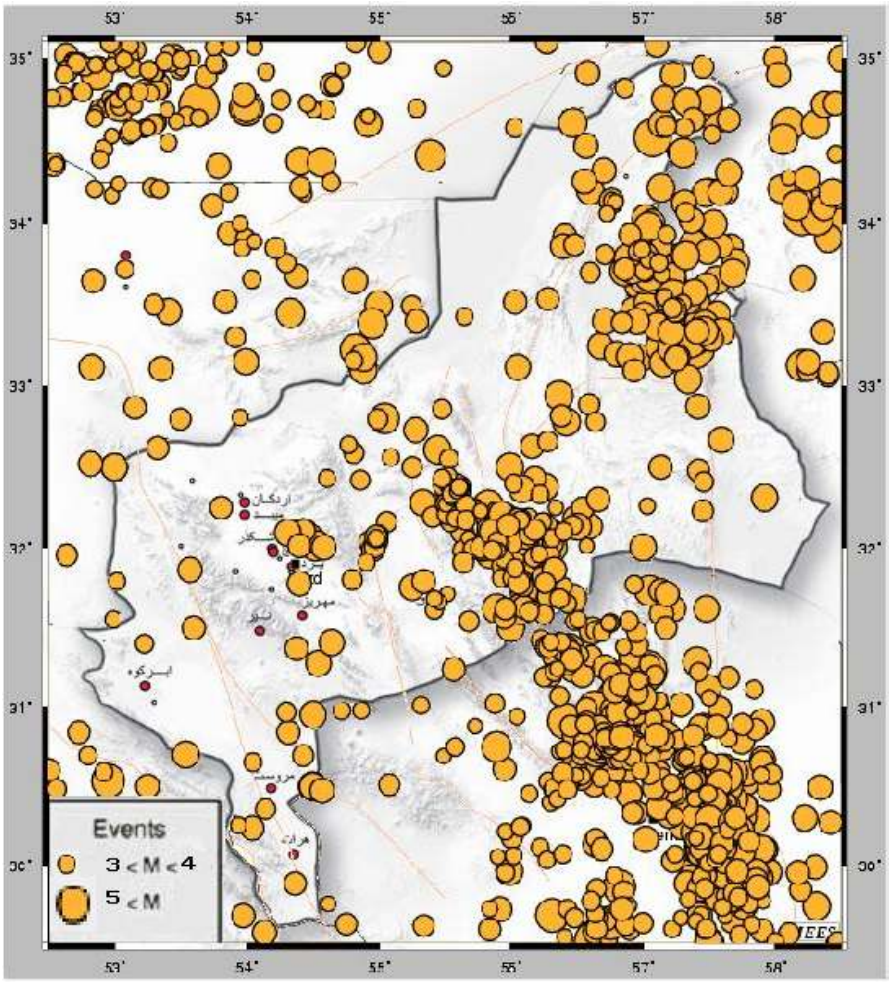
نام گسل	طول (KM)	شیب	روند	سازوکار	لرزه خیز بودن	فعالیت در کواترنر	زمان آخرین فعالیت
دهشیر	۲۸۰	قائم	N۱٦۰	فشارشی و امتداد لغز راستگرد	+	+	کواترنر
شهربابک	٦۵	قائم	N۱۳۵	امتداد لغز راستگرد	–	+	کواترنر
شواز	٤۰	NE	N۱۳۰	فشارشی	–	+	کواترنر
امیرآباد	۱۵	NE	N۱۳۵	فشارشی	–	+	کواترنر
محمد آباد	۵	٤۵NE	N۱۳۵	فشارشی	–	+	کواترنر
دره زرشک	۱۰	NE	۱۲۵NS,N	فشارشی	–	+	کواترنر
توران پشت	۱۷	NE	N۱۲۰	فشارشی	–	+	کواترنر
دیزان	٦	قائم	N۱۱۵	امتداد لغز راستگرد	–	+	کواترنر
اردان	۱۰	قائم	N۱۲۰	امتداد لغز راستگرد	–	+	کواترنر
نی تیر	۵	قائم	N۱٦۰	امتداد لغز راستگرد	–	+	کواترنر
ریشکوه	۳۰	قائم	N۱۳۵	امتداد لغز راستگرد	–	+	کواترنر
آب خشتی	٤	قائم	N۱۳۰	امتداد لغز راستگرد	–	+	کواترنر

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014



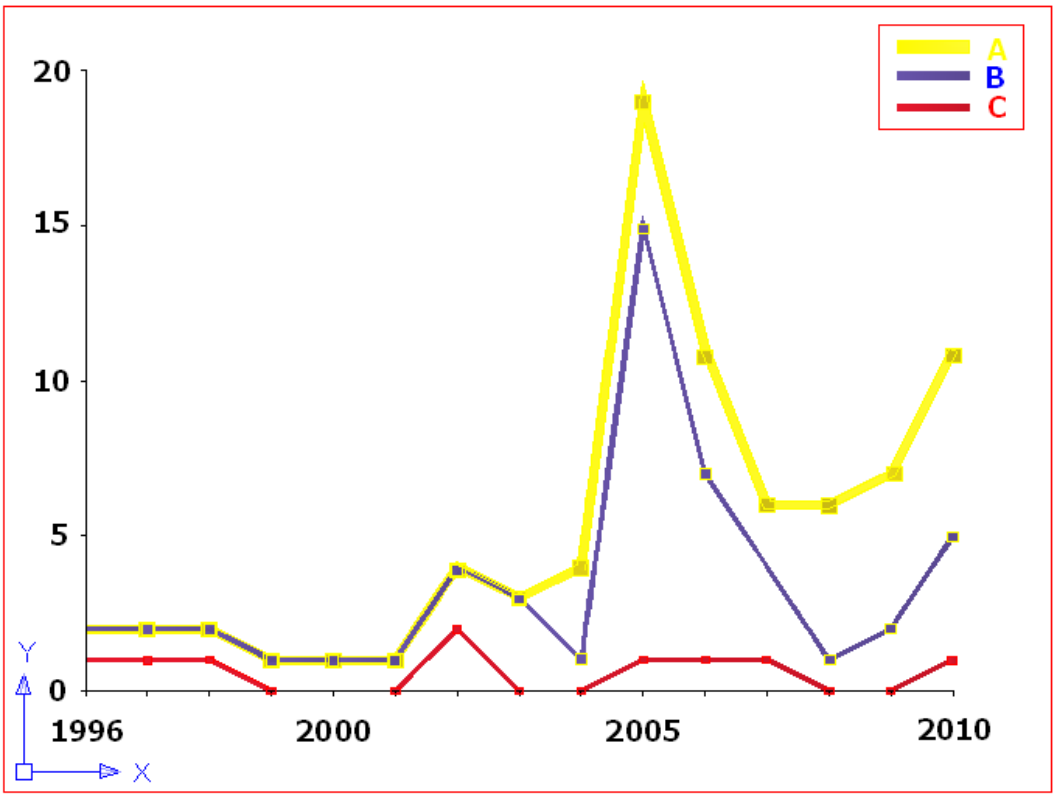
شکل ۵: جزئیات توزیع فضایی رویدادها

در شکل ٦ تعداد کلی رویدادهای زمین لرزه ای دهشیر با بزرگای (A:m≥2) , (B:m≥3) , (m≥4
در بازه زمانی ۱۹۹٦ تا ۲۰۱۰ برای کاتالوگ :C) نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014



شکل٦: تعداد کلی رویدادهای زمین لرزه ای گسل دهشیر با بزرگی (A:m≥2) , (B:m≥3) , (C: m≥4)

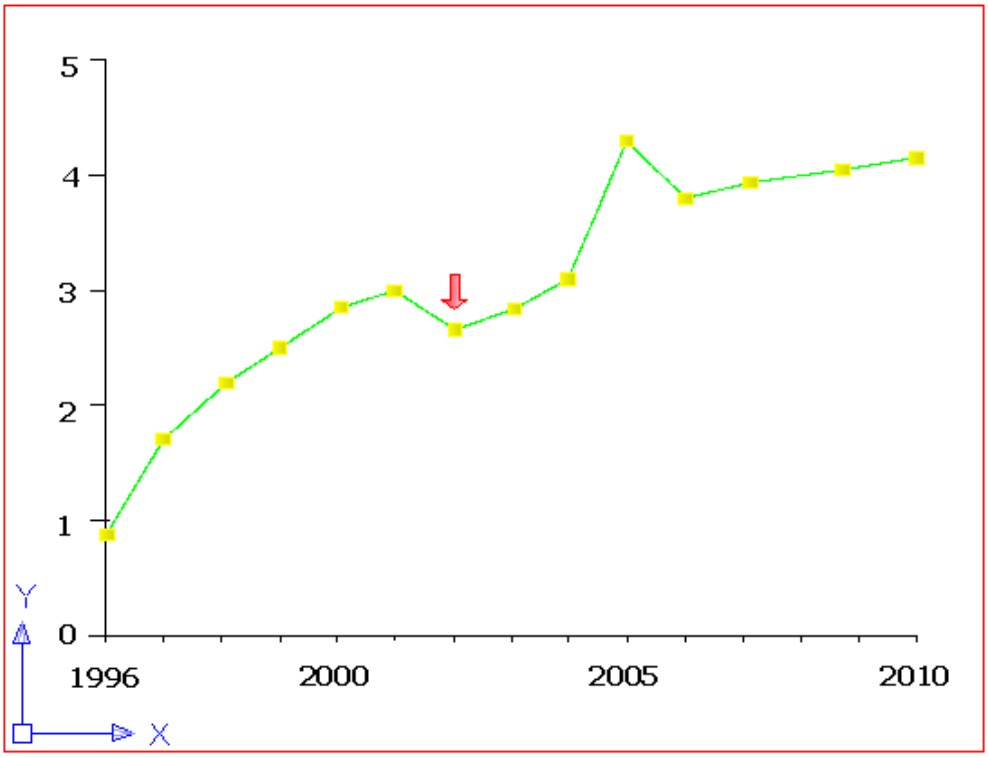
با عنایت در شکل مذکور معلوم می‌شود، با ایجاد ایستگاه و دستگاههای جدید ثبت رویدادها بادقت زیادتر برای کاتالوگ مشخصات رویدادها در سال ۲۰۰٤ به بعد در نمودار (A:m≥2) و(B:m≥3) تغییر قابل توجهی ایجاد شده. لذا با ایجاد شبکه‌های پیوسته و دقیق برای تمام مناطق لرزه زای ایران می‌توان در بررسی سیستم‌های تعادلی به نتیجه‌های دقیقتری دست یافت.

متریک (TM) معکوس را برای تعدادی از رویدادهای زمین لرزه ای با بزرگیm≥2 ازسال ۱۹۹٦ تا ۲۰۱۰ در شکل ۷ نشان داده شده است، همانطورکه مشاهده می‌شود. سیستم برای قبل از سال ۲۰۰۱ ارگودیک می‌باشد و سپس برای دوره‌های کوتاه از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ ارگودیک وسپس برای سالهای ۲۰۰٦ تا ۲۰۱۰ ارگودیک می‌باشد اما برای سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۲ و ۲۰۰۵ تا ۲۰۰٦ ارگودیک نمی باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014



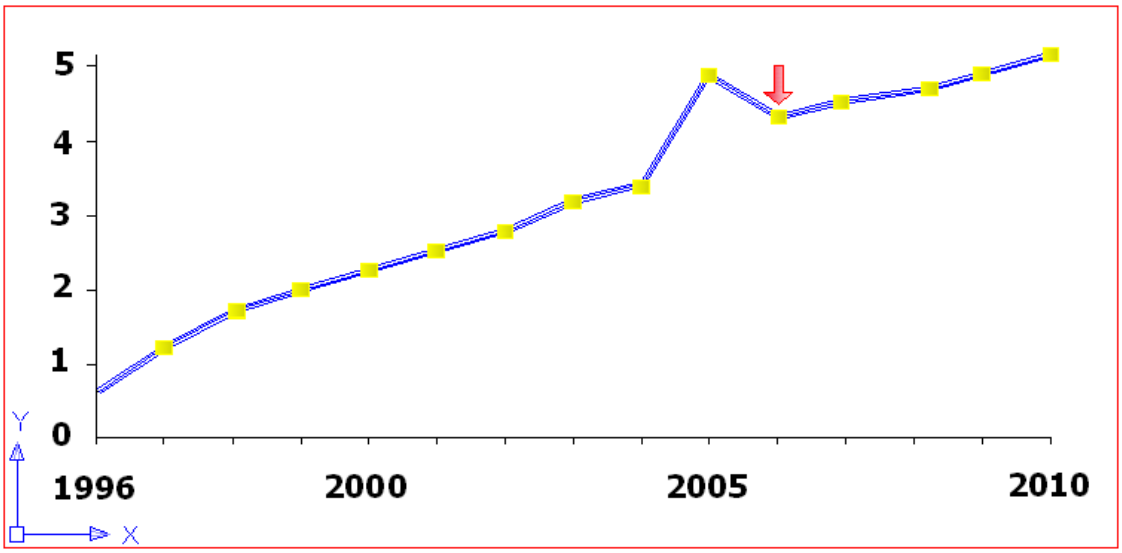
شکل۷: (TM) متریک معکوس برای رویدادهای زمین لرزه با بزرگی m≥2 از سال ۱۹۹٦ تا ۲۰۱۰

با دقت در شکل ۸ مشخص است که سیستم گسل دهشیر برای دوره زمان نسبتا طولانی از سال ۱۹۹٦ تا ۲۰۱۰ و رویدادهایی به بزرگی m≥3 به طور موثر ارگودیک بوده. این دوره‌های تعادلی با رخداد زمین لرزه‌های بزرگ همراه می‌باشند، که با فلش در شکل۸ نشان داده شده است. و شامل یک رویداد با بزرگی ٤/۹ در سال ۲۰۰٦ می‌باشد. این رویدادهای خیلی بزرگ سیستم را برای یک دوره زمانی از تعادل خارج می‌سازند که بعد از آن، حالت شبیه تعادلی ایجاد می‌شود. این حالت را به عنوان تعادل برجسته شده یا نوسانی نامیده می‌شود. در این بررسی بر اساس شکلهای(۷ و۸) و با توجه به اینکه تمام مناطق فضایی با احتمال یکسان نمونه گذاری شده است میتوان چنین نتیجه گرفت که با اضافه کردن رویدادهای کوچک، سیستم ممکن است ارگودیک تر شود، به عبارت دیگر ارگودیسیتی به طور مستقیم به تعداد رویدادها مربوط نمی شود.

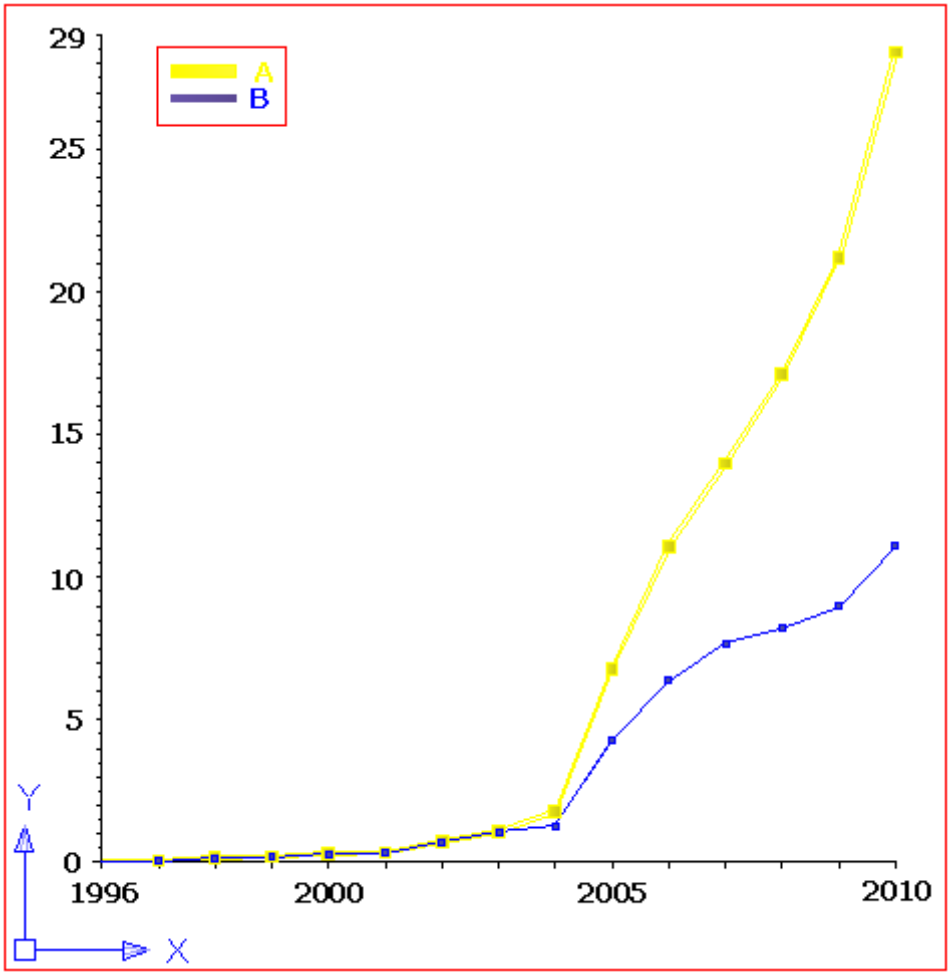
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014



شکل۸: TM متریک معکوس برای رویدادهای زمین لرزه با بزرگی m≥3 از سال ۱۹۹٦ تا ۲۰۱۰



شکل۹: واریانس فضایی گسل دهشیر برای رویدادهای زمین لرزه با بزرگی (A:m≥2) , (B:m≥3) از سال ۱۹۹٦ تا ۲۰۱۰

www.SID.ir

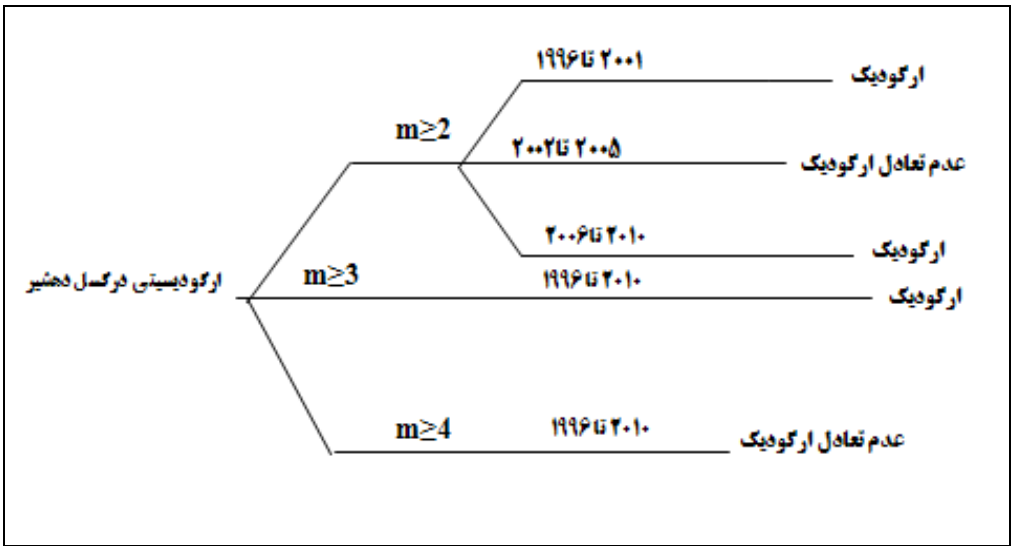
Archive of SID

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014

در شکل ۹، واریانس فضایی لرزه نگاری گسل دهشیر در بازه زمانی، از سال ۱۹۹٦ تا ۲۰۱۰ برای رویدادهای به بزرگی خاص (A:m≥2) , (B:m≥3) و جعبه ای به اندازه محدوده گسل نشان داده شده است. همانطور که مشخص است روند شیب نمودار واریانس فضایی از سال ۱۹۹٦ تا ۲۰۰٤ تقریبا ثابت بوده و از سال ۲۰۰٤ به بعد این روند با توجه به دیجیتال سازی وکیفیت ثبت لرزه نگاری (شکل٦ (A:m≥2) , (B:m≥3))، تغییر کرده، ولی برای فاصله زمانی ۲۰۰٤ تا ۲۰۱۰ مجددا روند نمودار ثابت بوده که میزان تغییر در روند واریانس در این ٦ سال تقریبا ده برابر بالاتر نسبت به ۹ سال اول می‌باشد، لذا چنین میتوان نتیجه گرفت که سیستم در ابعاد فضایی با اندازه بزرگ با دوره‌های زمانی متفاوت ایستایی دارد.

با توجه به مطالعات انجام گرفته به وسیله روش متریک تیرو مالای- مانتین برای نشانه گذاری و مشخص سازی وجود احتمال ارگودیک در سیستم گسل‌های منطقه(دهشیر، انار، پشت بادام، شهر بابک و شیرکوه)، با بهره گیری از مشخصات و داده‌های لرزه ای گسل دهشیر با استفاده از محدوده فضایی کامل از محدوده مختصاتی گسل دهشیر معلوم شد که رفتار ساختاری این گسل برای بزرگای m≥2 در سالهای ۱۹۹٦ تا ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ و ۲۰۰٦ تا ۲۰۱۰ و برای بزرگای m≥3 در کل دوره ۱۹۹٦ تا ۲۰۱۰ ارگودیک می‌باشد و به علت عدم پیوستگی زمانی برای بزرگای بزرگتر از m≥4 ارگودیک نمی باشد.(شکل ۱۰)

نتیجه گیری



شکل(۱۰) وضعیت تعادل ارگودیک در بزرگای مختلف زلزله

در حقیقت دینامیک‌های غیر خطی باعث ایجاد زمین لرزه‌های بزرگ می‌شود و سیستم از دینامیک مکانی خود خارج میشود تا به دینامیک مکانی جدیدی وارد شود که در این مقطع مجددا در حالت ارگودیک موثر قرار گیرد. در این بررسی با توجه به آنالیز و بررسی‌های رفتاری و تعادلی در منطقه بر اساس بزرگیهای مختلف می‌توان به این نتیجه دست یافت که احتمال و توان لرزه خیزی با بزرگی m=3 در منطقه

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014

برای گسلهای شیرکوه و پشت بادام نیز وجود دارد. در آنچه در این پژوهش انجام شد شناخت بهتر سیستمهای غیر خطی رانشی بود، لذا با ایجاد شبکه‌های پیوسته و گسترده وتهیه کاتالوگ‌های دقیق برای تمام شکلهای ایران می‌توان در رابطه با بررسی عملکرد سیستمهای آستانه ای رانشی (گسلها) در تعادل یا عدم تعادل به نتیجه‌های ارزشمندی دست یافت، تا بتوان تمامی رخ دادهای غیر قابل پیشبینی را بر اساس روش تیرومالای – مانتین در قالب‌های زمانی فضایی شبیه سازی نمود.

منابع

امام جمعه، احسان، ۱۳۸۹، مدلسازی لرزه شناختی استان یزد با استفاده از مدل ارگودیک،پایان نام کارشناسی ارشد، دانشگاه ازاد اسلامی یزد.

مهرنهاد.حمید ومهر شاهی.داریوش،۱۳۷۸،تحلیل ساختاری وسایز موتکتونیکی گسل دهشیر،۶۵۷

Adams. J.E, and Basham. P.W, Geoscience Canada, 16, n. 1, 3 (1989).

Brown 1976: Ergodic theory and topological Dynamics. New York: Academic Press.

Ferguson. C.D, Klein. W, and Rundle. J.B, Phys. Rev. E 60, 1359 (1999).

Holmes. P, Lumley. J.L, Berkooz. G, Turbulence, Coherent Structures, Dynamical Systems and Symmetries, (Cambridge University Press, Cambridge, 1996).

Kac. M, Uhlenbeck. G.E, and Hemmer. P.C, Math. J. Phys. 4, 216 (1961).

Kanamori. H, Geophys. J. Res. 82, 2981 (1977).

Kanamori. H, in Earthquake Prediction: An International Review, ed. by Simpson. D.W, II, and Richards. P.G (AGU, Washington, D.C., 1981), p. 1.

Klein. W, Ferguson. C, and Rundle. J.B, in Reduction and Predictability of Natural Disasters, ed. by Rundle. J.B, Turcotte. D.L, and Klein. W, SFI series in the science of complexity, XXV (Addison-Wesley, Reading, MA, 1996) p. 223.

Pain, A. D. M. 1985: "Ergodic" Reasoning In Geomorphology: Time for a Review of Term Prog. Phys. Geog.9.

Savigear, R.A.G. 1952: Some observations on slope development in South Wales. Transactions, Institute of British Geographers 18, 31-51.

Thirumalai. D, and Mountain. R.D, Phys. Rev. E 47, 479 (1993)

Tiampo. K. F ,Rundle. J. B ,Klein. W , Holliday. J ,Sá Martins. J.S & ,Ferguson. C. D Ergodicity In Natural Earthquake Fault Networks

Turcotte. D.L, Fractals and Chaos in Geology and Geophysics, 2nd ed .(Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1997.)

Tiampo, K. F., Rundle J. B., Klein W., Martins J.S., Ferguson C.D. 2003: Ergodic Dynamics in a Natural Threshold System. Physical Review Letters, Vol.91, N.23.

Vernat.P et al 2006, Mechanical modeling of oblique convergence in the zagros Iran. Geophys. J. (2006) p. 165.

White, J. F., and S. J. Gould. 1965. Interpretation of the coefficient in the allometric equation. Am. Nat. v.99 p. 5-18.

Woldenberg, 1972: The hydraulic geometry described for the derivation of equation 3 is an example of dynamic al- lometry p. 2-3.

Woldenberg, M.J. 1966: Horton's laws justified in terms of allometric growth and steady state in open systems. Geological Society of America Bulletin 77,431-34.

www.SID.ir

Archive of SID

Wolman, M.G. and Gerson, R. 1978: Relative scales of time and effectiveness of climate in watershed geomorphology. Earth Surface Processes 3, 189-208.© 1985.

Woldenberg, M.J. 1968: Speculations concerning paleohydrologic controls of terrestrial sedimentation. Geological Society of America Bulletin 79, 1573-88.

Downloaded from uijs.ui.ac.ir at 10:39 IRST on Monday September 29th 2014

www.SID.ir