

استفاده از رگرسیون متعامد جهت تبدیل مقیاسهای مختلف زلزله به یکدیگر

داود راشدزاده^{۱*}، یحیی رحیمی^۲، علیرضا فیوض^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر، davood.rashedzadeh@gmail.com

۲- مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر، rahimi.yahya@gmail.com

۳- استاد یار دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر، alireza_fiouz@yahoo.com

چکیده

همگن سازی کاتالوگ زلزله‌ها یکی از پیش نیازهای مطالعات تحلیل خطر لرزه ای یک منطقه می باشد که نیازمند به روابط تبدیل مقیاس های مختلف زلزله در منطقه هست. به دلیل وجود خطا در هر دو متغیر مستقل و وابسته، تحلیل رگرسیون استاندارد مناسب نیست و باید از روشی مانند تحلیل رگرسیون متعامد که خطای متغیرها را در نظر گرفته است استفاده کرد.

در این مطالعه سعی شده است با استفاده از رگرسیون متعامد و روابط موجود، رابطه ای مناسب برای تبدیل مقیاس های مختلف زلزله به یکدیگر تهیه شود برای انجام این تحلیل از کاتالوگ لرزه ای مرکز بین المللی زلزله شناسی ISC و کاتالوگ زلزله میرزایی و همکاران استفاده شده است.

منطقه مورد مطالعه در جنوب ایران و در شعاع ۲۰۰ کیلومتر از ساختگاه سد خائیز تنگستان است. رکورد های زلزله هایی که در محدوده عرض جغرافیایی بین ۲۵٫۹۵-۳۱٫۷۱ درجه شمالی و طول جغرافیایی بین ۴۹٫۶-۵۳٫۲ درجه شرقی رخ داده جمع آوری شده است. و با استفاده از رگرسیون متعامد روابطی برای تبدیل مقیاس های مختلف بزرگا های زلزله ((MB-MW), (MS-MW), (MB-ML), (MB-MS)) بدست آمده است.

واژه‌های کلیدی: زلزله، همگن سازی کاتالوگ، تبدیل مقیاس های زلزله، رگرسیون متعامد، سد خائیز تنگستان

۱- مقدمه

برای توصیف لرزه خیزی یک منطقه و برای مقایسه فعالیت های لرزه ای که در مناطق مختلف رخ داده است اغلب از بزرگای زلزله استفاده میگردد و به طور معمول از بزرگای محلی (ML) یا از بزرگای ریشتر که توسط ریشتر (۱۹۳۵) تعریف شده است استفاده میشود که رابطه خطی آن با لگاریتم مقادیر فیزیکی مشخصه های زلزله (انرژی لرزه ای ، گشتاور لرزه ای) آن را به یک ابزار مناسب برای حل مسائل مهم متعدد نظریه های علمی تبدیل کرده است. همچنین چند نوع دیگر از بزرگاها مانند MS, MB و MW وجود دارند که به طور گسترده در انواع کاتالوگ های لرزه ای دیده میشوند. [1]

در این دوره از زمان ، لرزه نگارهای جدید ساخته شده اند و انواع مختلف موج با فواصل مختلف ثبت شده است. از این موج ها برای برآورد بزرگا استفاده میشود و منجر به تعریف مقیاس های بزرگای جدید شده است. از این رو گوتنبرگ (a

۱۹۴۵) مقیاس بزرگای امواج سطحی MS را با استفاده از دامنه امواج سطحی زمین با دوره ۱۷-۲۳ ثانیه که در فواصل رومرکزی ۱۵-۱۳۰ درجه اندازه گیری شده را تعریف کرد. این بزرگا را میتوان با فرمول زیر محاسبه کرد: [3][2]

$$MS = \log A + 1.656 \log \Delta + 1.818 \quad (1)$$

که در این رابطه، A دامنه زمین بر حسب μm ، و Δ نیز فاصله رومرکزی بر حسب درجه است. MB یک مقیاس جهانی است که با حداکثر دامنه چند ثانیه اول (معمولا حدود یک ثانیه) موج های P با دوره کوتاه روی مولفه قائم شتابنگاشت ها تعیین میشود. MS از دامنه امواج سطحی (معمولا امواج ریلی) با یک دوره حدود ۲۰ ثانیه ای تعیین شده است. در میان مقیاس های مختلف، بزرگای MB در محدوده ۶ و بزرگای MS در محدوده ۸ به حد ماکزیمم میرسند. بنابراین حتی برای رویداد های بسیار بزرگ به ندرت پیش می آید که MB از ۷ و MS از ۸٫۵ بالاتر برود. واضح است که مناسب ترین مقیاس بزرگا برای استفاده در بسیاری از جنبه های مطالعات لرزه ای، بزرگای گشتاوری (MW) است که از طریق گشتاور لرزه ای عددی، M_0 ، با اندازه زلزله مقیاس گذاری شده است. این بزرگا مشکل به حد ماکزیمم رسیدن را ندارد و دارای یک زمینه و پایه فیزیکی عمیق است. در میان مقیاس های بزرگا، MS بیشترین همپوشانی در زیر خط حد ماکزیمم را با MW دارد و پیشنهاد میشود که برای انجام مطالعات لرزه ای از بزرگای MW استفاده گردد. [4]

اولین گام مهم در تحلیل خطر زلزله همگن سازی کاتالوگ لرزه ای مورد استفاده است. داده های لرزه ای ممکن است از منابع مختلف داده ای و در زمان های متفاوت گردآوری شده باشد که هرکدام از این منابع از روش های مختلفی برای گزارش زلزله استفاده کرده باشد و مقیاس های مختلفی مانند MW, MS, MB, ML ارائه داده باشند.

در تحلیل خطر لرزه ای برای محاسباتی مانند مقادیر گوتنبرگ ریشتر، توزیع فراوانی-بزرگا و روابط کاهندگی حرکت زمین که به طور مستقیم از مقیاس های بزرگی زلزله استفاده میشود نیاز به تبدیل مقیاس های مختلف به یک مقیاس واحد داریم زیرا تحت تاثیر مقیاس های مختلف، نتایج اشتباهی را ارائه خواهند داد. [8][7][6][5]

مطالعات زیادی برای تهیه روابط تجربی بین انواع مقیاس بزرگا در مناطق مختلف انجام شده است. Ulusay et al. (2004) یک تحلیل رگرسیون بر روی ۲۲۱ زلزله از ترکیه انجام داد و روابطی برای تبدیل بزرگاهای مختلف به بزرگای گشتاوری ارائه کرد. این روابط با استفاده از روش تحلیل رگرسیون استاندارد حداقل مربعات بدست آمده است که در این روش از تحلیل، فرض میشود که متغیر مستقل (هر مقیاس بزرگایی که قصد داریم به مقیاس دیگری تبدیل کنیم) فاقد خطای اندازه گیری است و یا در مقایسه با خطای اندازه گیری متغیر وابسته ناچیز است و فقط یک خطای تصادفی برای متغیر وابسته (MW) یا در حالت کلی مقیاس هدف تبدیل) در نظر گرفته شده است. [9]

اما به دلیل پیچیدگی زلزله و تغییرات در انتشار مشخصه های امواج لرزه ای در فواصل مختلف رومرکزی، بیشتر بزرگاهای تعیین شده دارای خطای اندازه گیری هستند [1] و در متغیر مستقل هم نوعی خطا وجود دارد. از این رو فرضیات رگرسیون حداقل مربعات کلاسیک به دلیل اینکه ممکن است منجر به نتایج اشتباه گردد رد میشود و قابل استفاده در این نوع از تحلیل ها نیست پس باید از یک روش آماری دیگری که خطای متغیر های مستقل و وابسته را در نظر گرفته باشد استفاده کرد. یکی از این روش ها، رگرسیون متعامد (orthogonal regression) است که در آن نسبت بین واریانس خطاها در بزرگا ها دیده شده است. [15][14][13][12][11][10]

۲- گردآوری داده ها

هدف از این مطالعه یافتن روابط بین مقیاس های بزرگا MS-MW, MB-MW, MS-MW و MB-ML و MB-MS در ناحیه جنوب ایران در شعاع ۲۰۰ کیلومتر از ساختمان سد خائیز تنگستان است که با استفاده از روش رگرسیون متعامد انجام میگردد. برای این کار زلزله های رخ داده شده در محدوده عرض جغرافیایی بین ۲۵٫۹۵-۳۱٫۷۱ درجه شمالی و طول جغرافیایی بین ۴۹٫۶ - ۵۳٫۲ درجه شرقی جمع آوری شده است.



تصویر ۱: محدوده منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه از کاتالوگ داده‌های لرزه‌ای میرزایی و همکاران [۱۶] و همچنین از داده‌های لرزه‌ای مرکز زلزله‌شناسی بین‌المللی (International Seismological Center (ISC)) [17] استفاده شده است و لیست زلزله‌هایی که در محدوده مورد مطالعه روی داده‌ها جمع‌آوری شده‌اند، رکورد‌هایی که در آن هر دو نوع مقیاس بزرگا (مثل MS و MW) مشخص شده باشد را انتخاب و در گروه‌های جداگانه لیست می‌شود سپس بعد از بررسی، زلزله‌های تکراری که از منابع مختلف جمع‌آوری شده حذف می‌گردد. از بین این رکورد‌ها برای مقیاس MB-MW تعداد ۵۱ رکورد از (ISC) و ۳۳ رکورد از میرزایی و همکاران، برای مقیاس MS-MW تعداد ۴۵ رکورد از (ISC) و ۳۳ رکورد از میرزایی و همکاران، برای مقیاس MB-MS تعداد ۵۲۰ رکورد از (ISC) و همچنین برای مقیاس MB-ML تعداد ۸۶۳ رکورد از (ISC) انتخاب گردید.

۳- تحلیل رگرسیون متعامد

در تحلیل‌های آماری به طور کلی برای تشخیص رابطه بین دو متغیر از تحلیل رگرسیون استفاده می‌شود. از این روش در مطالعات زلزله‌شناسی و برای یکنواخت کردن انواع مقیاس‌های مختلف بزرگای زلزله (MB, ML, MS, MW) که در کاتالوگ‌های لرزه‌ای ارائه شده است استفاده می‌گردد. در برخی از مطالعات که در زمینه تبدیل مقیاس بزرگای زلزله‌ها و یکنواخت‌سازی کاتالوگ‌ها انجام شده از روش رگرسیون حداقل مربعات استفاده شده است که این روش توسط محققان بسیاری (Stromeyer et al., 2004; Castellaro et al., 2006, 2007; Thingbaijam et al., 2008; Ristau, 2009) اعلام شده و تحلیل رگرسیون متعامد را پیشنهاد کرده‌اند. زیرا متغیر مستقل (MX) و متغیر وابسته (MY) (داده‌های لرزه‌ای) هر دو دارای خطای اندازه‌گیری هستند اما طبق فرضیات رگرسیون حداقل مربعات متغیر مستقل فاقد خطای اندازه‌گیری است و فقط برای متغیر وابسته خطا در نظر گرفته می‌شود که این منجر به نتایج اشتباه می‌گردد. این مشکل در رگرسیون متعامد برطرف شده است و خطاهای اندازه‌گیری هر دو متغیر در روابط لحاظ می‌شود. [18][19][20][21] شرح مختصری از رگرسیون متعامد در ادامه ارائه شده است:

فرض کنید که دو متغیر M_y و M_x دارای رابطه خطی هستند و خطای اندازه‌گیری آنها ε و δ متغیرهای مستقل نرمال با واریانس‌های σ_ε^2 و σ_δ^2 هستند بنابراین می‌توان نوشت:

$$m_y = M_y + \varepsilon \quad (2)$$

$$m_x = M_x + \delta \quad (3)$$

و مدل خط رگرسیون

$$M_y = \alpha + \beta M_x + \hat{\varepsilon} \quad (4)$$

$$\hat{\varepsilon} = \varepsilon + \delta \quad (5)$$

و نسبت واریانس خطا

$$\eta = \frac{\sigma_{\varepsilon}^2}{\sigma_{\delta}^2} \quad (6)$$

رگرسیون متعامد عمومی اغلب به عنوان حالتی که $\eta=1$ است تعریف می‌گردد. محاسبه رگرسیون متعامد عمومی از طریق حداقل کردن رابطه زیر در مجهولات که α و β و M_{xi} است بدست می‌آید:

$$\sum_{i=1}^n \left[\frac{(m_{yi} - \alpha - \beta M_{xi})^2}{\eta} + (m_{xi} - M_{xi})^2 \right] \quad (7)$$

برای $\eta=1$ ما مربع فاصله اقلیدسی نقطه (m_{xi}, m_{yi}) از خط $(M_{xi}, \alpha + \beta M_{xi})$ را داریم اگر $\eta \neq 1$ آنوقت معادله γ نشان دهنده یک فاصله قائم وزنی است.

رابطه شیب متعامد عمومی به صورت زیر است :

$$\hat{\beta} = \frac{s_{my}^2 - \eta s_{mx}^2 + \sqrt{(s_{my}^2 - \eta s_{mx}^2)^2 + 4\eta s_{mxy}^2}}{2s_{mxy}} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(m_{yi} - \alpha - \beta M_{xi})^2}{\eta} + (m_{xi} - M_{xi})^2 \right] \quad (8)$$

که در آن s_{my}^2 و s_{mx}^2 و s_{mxy} به ترتیب نشان دهنده واریانس نمونه M_y و M_x و کوواریانس نمونه هستند همچنین عرض از مبدا آن برابر:

$$\hat{\alpha} = \bar{m}_y - \hat{\beta} \bar{m}_x \quad (9)$$

که \bar{m}_x و \bar{m}_y نشان دهنده میانگین مقادیر هستند. [11][10]

همانطور که در [22] Fuller.(1987) اشاره شده است خطاهای پارامترهای رگرسیون به صورت زیر خواهد بود:

$$\hat{\sigma}_{\beta} = \frac{\hat{\sigma}_{mx}(n-1)(n+\hat{\beta}^2)\hat{\sigma}_{\delta} + (\sigma_{\delta})^2(n-1)(n+\beta^2)^2 - (n-2)(-\hat{\beta}\hat{\sigma}_{\delta})^2}{(n-2)(-1)\sigma_{my}^2} \quad (10)$$

$$\hat{\sigma}_{\alpha}^2 = \frac{(n-2)(\eta+\hat{\beta}^2)\hat{\sigma}_{\delta}}{n(n-2)} + \frac{-2}{m_x} \hat{\sigma}_{\beta}^2 \quad (11)$$

$$\hat{\sigma}_{mx} = \frac{\sqrt{(s_{my}^2 - \eta s_{mx}^2)^2 + 4\eta s_{mxy}^2} - (s_{my}^2 - \eta s_{mx}^2)}{2\eta} \quad (12)$$

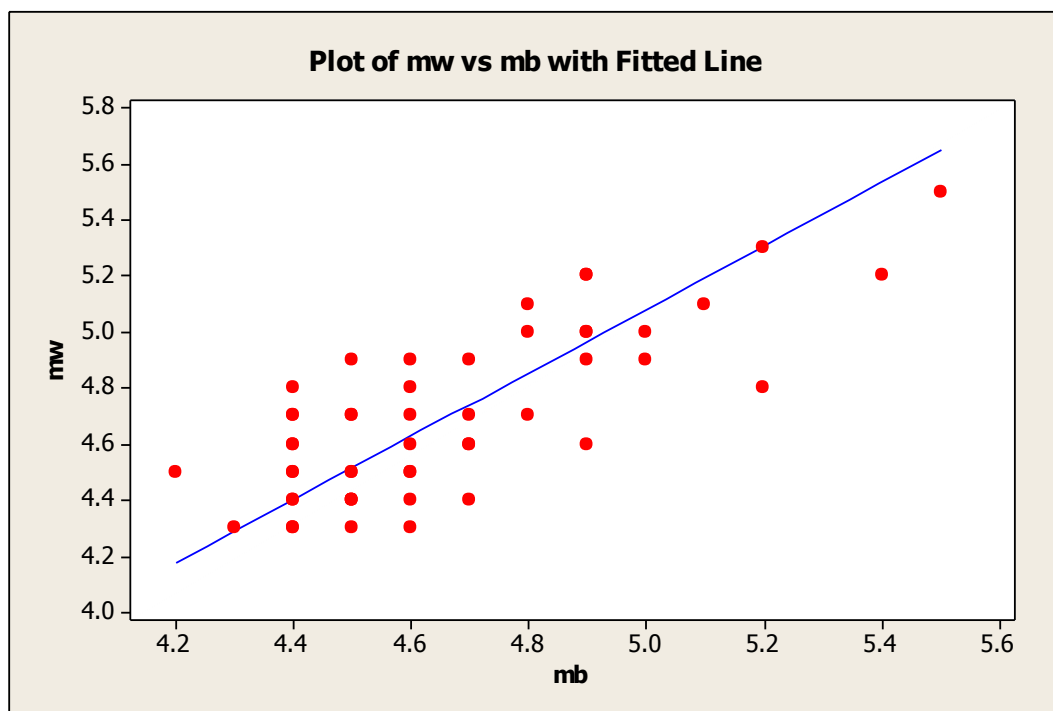
$$\hat{\sigma}_{\delta} = \frac{(s_{my}^2 + \eta s_{mx}^2) - \sqrt{(s_{my}^2 - \eta s_{mx}^2)^2 + 4\eta s_{mxy}^2}}{2\eta} \quad (13)$$

در اغلب موارد اتفاق می‌افتد که نسبت بین خطاهای متغیرهای مستقل و وابسته مشخص نیستند در این موارد فرض میشود که خطاها در هر دو برابر هستند و به عبارت دیگر $\eta=1$ در نظر گرفته میشود. در خیلی از موارد این فرضیه قابل توجه است و نتایج آن خیلی دور از واقعیت نیست و در (castallero et al. 2006) اثرات این فرضیه در زمانی که $\eta \neq 1$ است بررسی شد. و یک مجموعه داده با $\eta=0.25$ را با فرض اینکه $\eta=1$ مورد تحلیل قرار دادند و مشاهده کردند هر چند در مقایسه با حالتی که از η اصلی استفاده شده نتایج ضعیف تری نشان داده اما نسبت به رگرسیون استاندارد عملکرد بهتری ارائه داده است.

۳-۱- تبدیل مقیاس MB به مقیاس MW

در این مطالعه ۵۱ رکورد زلزله از پایگاه داده ای ISC و ۳۳ رکورد از کاتالوگ لرزه ای میرزایی و همکاران که در آنها هر دو بزرگای MB, MW ثبت شده است جمع آوری شده است. با استفاده از تحلیل رگرسیون متعامد رابطه تبدیل MB به MW برای رکورد های پایگاه ISC بدست آمده و نتایج آن به وسیله رکورد های زلزله میرزایی و همکاران مورد سنجش قرار گرفته است (جدول ۱). همچنین ۴۶ رکورد زلزله از ISC که مقادیر بزرگای MB, MW, MS آنها ثبت شده بود استخراج گردید و به کمک روابط موجود مقدار η محاسبه شد.

$$MW = -0.593 + 1.135 MB, \quad \eta = 0.62 \quad (14)$$



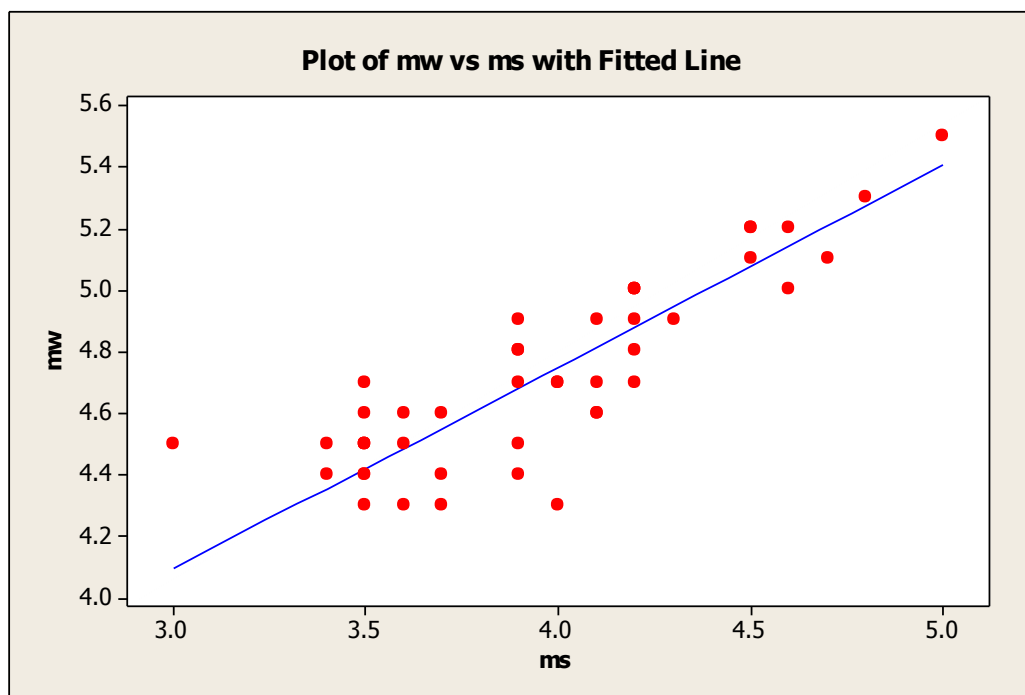
نمودار ۱: نمودار رابطه بین مقیاس بزرگای MB, MW

۳-۲- تبدیل مقیاس MS به مقیاس MW

در این بخش ۴۵ رکورد زلزله از پایگاه داده ای ISC و ۳۳ رکورد از کاتالوگ لرزه ای میرزایی و همکاران که در آنها هر دو بزرگای MB, MW ثبت شده است جمع آوری شده و با استفاده از تحلیل رگرسیون متعامد رابطه تبدیل MB به MW برای رکورد های پایگاه ISC بدست آمده و نتایج آن به وسیله رکورد های زلزله میرزایی و همکاران مورد سنجش قرار گرفته است (جدول ۲).

$$MW = 2.126 + 0.655 MS, \quad \eta = 0.89$$

(15)



نمودار ۲: نمودار رابطه بین مقیاس بزرگای MS, MW

جدول ۱: مقایسه MW هایی که با استفاده از رابطه تبدیل MB-MW رگرسیون متعامد به دست آمده (MW*) با تعدادی

از MW های اصلی از کانالوک میرزایی و همکاران

| ردیف | MB | مقادیر اصلی MW | مقادیر بدست آمده MW* | اختلاف MW-MW* |
|------|-----|-------------------|-------------------------|------------------|
| ۱ | ۵ | ۵,۲ | ۵,۰۸ | ۰,۱۲ |
| ۲ | ۵,۵ | ۵,۲ | ۵,۶۵ | -۰,۴۵ |
| ۳ | ۵,۱ | ۵,۴ | ۵,۲ | ۰,۲۰ |
| ۴ | ۵,۲ | ۵,۱ | ۵,۳۱ | -۰,۲۱ |
| ۵ | ۵,۳ | ۵,۵ | ۵,۵۴ | -۰,۰۴ |
| ۶ | ۵,۴ | ۵,۷ | ۵,۸۸ | -۰,۱۸ |
| ۷ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۵۴ | -۰,۱۴ |
| ۸ | ۵,۴ | ۵,۹ | ۵,۵۴ | ۰,۳۴ |
| ۹ | ۵,۴ | ۵,۸ | ۵,۵۴ | ۰,۲۴ |
| ۱۰ | ۵,۶ | ۶ | ۵,۷۶ | ۰,۲۴ |
| ۱۱ | ۵,۷ | ۵,۱ | ۴,۹۷ | ۰,۱۳ |
| ۱۲ | ۵,۸ | ۵,۹ | ۵,۶۵ | ۰,۲۵ |
| ۱۳ | ۵ | ۵,۲ | ۵,۰۸ | ۰,۱۲ |
| ۱۴ | ۵,۶ | ۶ | ۵,۷۶ | ۰,۲۴ |
| ۱۵ | ۵,۳ | ۵,۷ | ۵,۴۲ | ۰,۲۸ |
| ۱۶ | ۵,۳ | ۵,۶ | ۵,۴۲ | ۰,۱۸ |
| ۱۷ | ۵ | ۵,۱ | ۵,۰۸ | ۰,۰۲ |
| ۱۸ | ۵,۱ | ۵,۳ | ۵,۲۰ | ۰,۱ |
| ۱۹ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۵۴ | -۰,۱۴ |
| ۲۰ | ۵ | ۵,۱ | ۵,۰۸ | ۰,۰۲ |
| ۲۱ | ۴,۹ | ۵,۲ | ۴,۹۷ | ۰,۲۳ |
| ۲۲ | ۵,۴ | ۵,۳ | ۵,۵۴ | -۰,۲۴ |
| ۲۳ | ۵,۱ | ۵ | ۵,۲۰ | -۰,۲۰ |
| ۲۴ | ۵,۸ | ۶ | ۵,۹۹ | ۰,۰۱ |
| ۲۸ | ۵,۳ | ۵,۱ | ۵,۴۲ | -۰,۳۲ |
| ۲۶ | ۵,۳ | ۵,۴ | ۵,۴۲ | -۰,۰۲ |
| ۲۷ | ۵ | ۵,۲ | ۵,۰۸ | ۰,۱۲ |
| ۲۸ | ۵,۸ | ۵,۹ | ۵,۹۹ | -۰,۰۹ |
| ۲۹ | ۵,۱ | ۵,۳ | ۵,۲۰ | ۰,۱۰ |
| ۳۰ | ۵,۳ | ۵,۲ | ۵,۴۲ | -۰,۲۲ |
| ۳۱ | ۴,۹ | ۵,۲ | ۴,۹۷ | ۰,۲۳ |
| ۳۲ | ۵,۱ | ۵,۱ | ۵,۲۰ | -۰,۱۰ |
| ۳۳ | ۵,۲ | ۵,۲ | ۵,۳۱ | -۰,۱۱ |

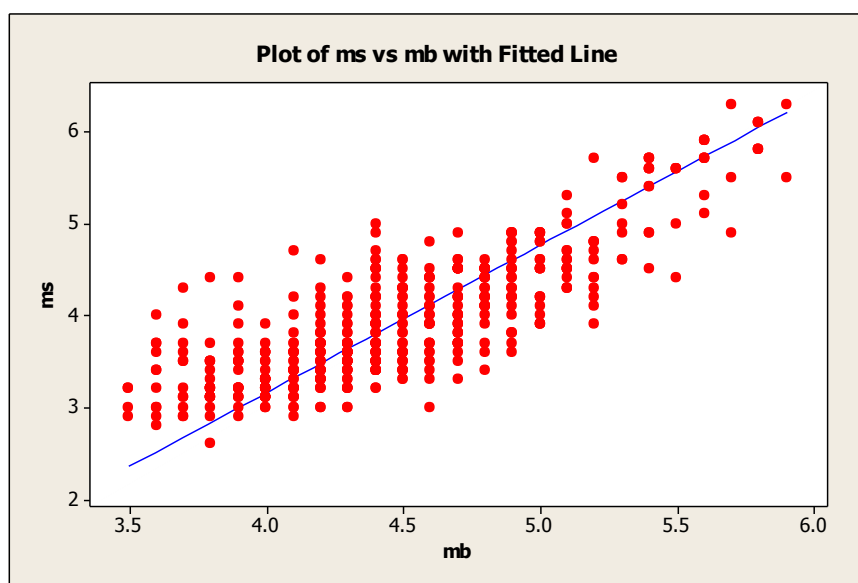
جدول 2: مقایسه MW هایی که با استفاده از رابطه تبدیل MS-MW رگرسیون متعامد به دست آمده است (MW*) با تعدادی از MW های اصلی از کانالوگ میرزایی و همکاران

| اختلاف MW-MW* | مقادیر بدست آمده MW* | مقادیر اصلی MW | MS | ردیف |
|------------------|-------------------------|-------------------|-----|------|
| -۰,۱۴ | ۵,۳۴ | ۵,۲ | ۴,۹ | ۱ |
| ۰,۱۹ | ۵,۰۱ | ۵,۲ | ۴,۴ | ۲ |
| -۰,۲۰ | ۵,۶۰ | ۵,۴ | ۵,۳ | ۳ |
| -۰,۰۴ | ۵,۱۴ | ۵,۱ | ۴,۶ | ۴ |
| -۰,۱۶ | ۵,۶۶ | ۵,۵ | ۵,۴ | ۵ |
| -۰,۰۳ | ۵,۷۳ | ۵,۷ | ۵,۵ | ۶ |
| -۰,۰۶ | ۵,۳۴ | ۵,۴ | ۴,۹ | ۷ |
| ۰,۰۴ | ۵,۸۶ | ۵,۹ | ۵,۷ | ۸ |
| ۰,۰۱ | ۵,۷۹ | ۵,۸ | ۵,۶ | ۹ |
| ۰,۰۱ | ۵,۹۹ | ۶ | ۵,۹ | ۱۰ |
| -۰,۱۰ | ۵,۲۰ | ۵,۱ | ۴,۷ | ۱۱ |
| ۰,۱۱ | ۵,۷۹ | ۵,۹ | ۵,۶ | ۱۲ |
| ۰,۰۶ | ۵,۱۴ | ۵,۲ | ۴,۶ | ۱۳ |
| ۰,۱۴ | ۵,۸۶ | ۶ | ۵,۷ | ۱۴ |
| -۰,۰۳ | ۵,۷۳ | ۵,۷ | ۵,۵ | ۱۵ |
| -۰,۱۳ | ۵,۷۳ | ۵,۶ | ۵,۵ | ۱۶ |
| -۰,۱۷ | ۵,۲۷ | ۵,۱ | ۴,۸ | ۱۷ |
| -۰,۱۰ | ۵,۴ | ۵,۳ | ۵ | ۱۸ |
| -۰,۲۶ | ۵,۶۶ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۱۹ |
| -۰,۲۴ | ۵,۳۴ | ۵,۱ | ۴,۹ | ۲۰ |
| -۰,۰۷ | ۵,۲۷ | ۵,۲ | ۴,۸ | ۲۱ |
| -۰,۰۴ | ۵,۳۴ | ۵,۳ | ۴,۹ | ۲۲ |
| ۰,۰۶ | ۴,۹۴ | ۵ | ۴,۳ | ۲۳ |
| -۰,۱۲ | ۶,۱۲ | ۶ | ۶,۱ | ۲۴ |
| -۰,۰۴ | ۵,۱۴ | ۵,۱ | ۴,۶ | ۲۸ |
| -۰,۱۳ | ۵,۵۳ | ۵,۴ | ۵,۲ | ۲۶ |
| -۰,۱۴ | ۵,۳۴ | ۵,۲ | ۴,۹ | ۲۷ |
| -۰,۰۲ | ۵,۹۳ | ۵,۹ | ۵,۸ | ۲۸ |
| -۰,۱۰ | ۵,۴۰ | ۵,۳ | ۵ | ۲۹ |
| -۰,۱۱ | ۵,۳۱ | ۵,۲ | ۴,۹ | ۳۰ |
| -۰,۱۴ | ۵,۳۴ | ۵,۲ | ۴,۹ | ۳۱ |
| -۰,۰۴ | ۲,۱۴ | ۵,۱ | ۴,۶ | ۳۲ |
| ۰,۰۰ | ۵,۲۰ | ۵,۲ | ۴,۷ | ۳۳ |

۳-۳- تبدیل مقیاس MB به مقیاس MS

در این بخش ۵۲۰ رکورد زلزله از پایگاه داده ای ISC که در آنها هر دو بزرگای MB, MW ثبت شده است جمع آوری شده و با استفاده از تحلیل رگرسیون متعامد رابطه تبدیل MB به MS بدست آمده است.

$$MS = -3.276 + 1.608MB, \quad \eta = 0.36 \quad (16)$$

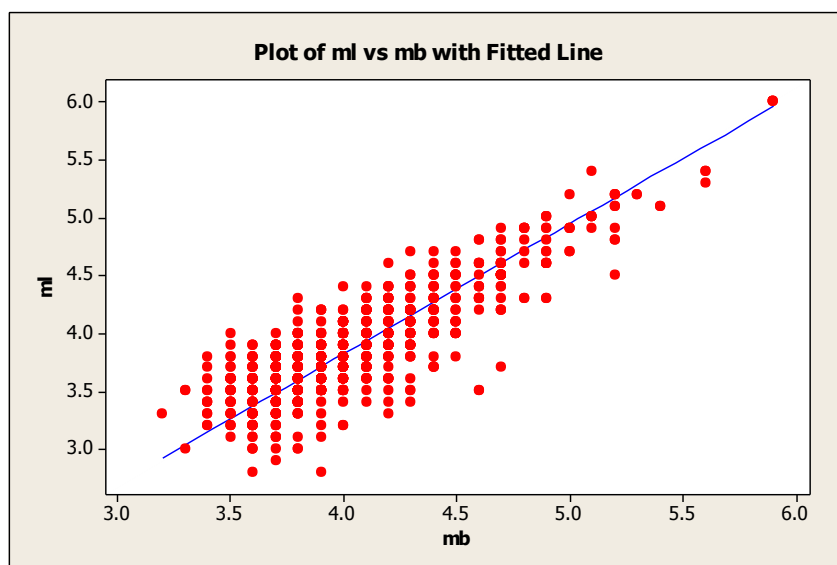


نمودار ۳: نمودار رابطه بین مقیاس بزرگای MB, MS

۳-۴- تبدیل مقیاس MB به مقیاس ML

در این بخش ۸۶۳ رکورد زلزله از پایگاه داده ای ISC که در آنها هر دو بزرگای MB, MW ثبت شده است جمع آوری شده و با استفاده از تحلیل رگرسیون متعامد رابطه تبدیل MB به ML بدست آمده است.

$$ML = -0.662 + 1.122 MB, \quad \eta = 0.9 \quad (17)$$



نمودار ۴: نمودار رابطه بین مقیاس بزرگای MB, ML

۴- نتیجه گیری

یکی از پیش نیازهای تحلیل خطر لرزه ای، یکنواخت سازی مقیاس های زلزله های در دسترس است. پیشنهاد می گردد به دلیل ویژگی های برتر MW، در مطالعات لرزه ای از این مقیاس استفاده شود و همه مقیاس ها به مقیاس MW تبدیل گردد. به دلیل وجود خطاهای اندازه گیری در بزرگ‌های زلزله، میتوان از روش رگرسیون متعامد استفاده کرد که خطاها را در روابط لحاظ کرده است. روابط تبدیل مقیاس های به دست آمده به شرح زیر است:

$$MW = -0.593 + 1.135MB, \quad \eta = 0.62$$

$$MW = 2.126 + 0.655MS, \quad \eta = 0.89$$

$$MS = -3.276 + 1.608MB, \quad \eta = 0.36$$

$$ML = -0.662 + 1.122 MB, \quad \eta = 0.9$$

همانطور که در جدول های ۱ و ۲ مشاهده میگردد روابط ۱۴ و ۱۵ که از طریق تحلیل رگرسیون متعامد به دست آمده است با کمک رکورد هایی از کاتالوگ زلزله ی میرزایی و همکاران مورد سنجش قرار گرفت و اختلاف کم مقادیر به دست آمده با مقادیر اصلی در کاتالوگ نشان دهنده ی صحت روابط است. اما به علت کم بودن تعداد رکورد های در دسترس، این روابط با خطاهایی همراه است که نیاز به مطالعات بیشتر و دقیق تر را ایجاد میکند.

مراجع

- [1] Das R, Wason H.R, Sharma M.L. Magnitude conversion to unified moment magnitude using orthogonal regression relation. Journal of Asian Earth Sciences 50:2, 44-51. 2012.
- [2] Gutenberg B. Amplitudes of surface waves and magnitudes of shallow earthquakes, Bull. Seism. Soc. Am. 35, 3-12, 1945.
- [3] Scordilis E.M. Empirical global relations converting MS and mb to moment magnitude, J. Seismol., 10, 225-236. 2006.
- [4] Mousavi-Bafrouei S.H, Mirzaei N, Shabani E. A declustered earthquake catalog for the Iranian Plateau. University of Tehran, Institute of Geophysics, Department of Earth Physics, Tehran, Iran. 2014.
- [5] Aykut Deniz M. Semih Yucemen. Magnitude conversion problem for the Turkish earthquake data. Nat Hazards (2010) 55:333-352. DOI 10.1007/s11069-010-9531-8. 2010
- [6] Das R, Wason H.R. Sharma M.L. Homogenization of Earthquake Catalog in terms of Magnitude using General Orthogonal Regression. Earthquake Engineering Department, Indian Institute of Technology Roorkee, India. 2012.
- [7] Cabanas L, rivas-medina a, marti ´nez-solares j.m, gaspar-escribano b, benito r, anto ´n, ruiz-barajas S. Relationships Between Mw and Other Earthquake Size Parameters in the Spanish IGN Seismic Catalog. Pure Appl. Geophys. Springer Basel. 2015.
- [8] Dutta P, Naskar M, Mishra O.P. South Asia Earthquake Catalog Magnitude Data Regression Analysis. Research India Publications. International Journal of Statistics and Analysis. ISSN 2248-9959 Volume 1, Number 2 (2011), pp. 161-170. 2012.
- [9] YenierÖ E, Erdoğan E, Akkar S. Empirical relationships for magnitude and source-to-site distance conversions using recently compiled turkish strong-ground motion database. the 14th world conference on earthquake engineering, beijing, china. 2008.
- [10]Castellaro S, Mulargia F, Kagan Y.Y. Regression problems for magnitudes. Geophysical Journal International 165. 2006.
- [11]Das R, Wason H.R, Sharma M.L. Global regression relations for conversion of surface wave and body wave magnitudes to moment magnitude. Natural Hazards 59:2, 801-810. 2011.



- [12] Das R, Wason H.R, Sharma M.L. Magnitude conversion problem using general orthogonal regression. Earthquake Engineering Department, Indian Institute of Technology Roorkee, Roorkee 247667, India. Geophys. J. Int. 190, 1091–1096. 2012.
- [13] Castellaro S, Bormann P. Performance of different regression procedures on the magnitude conversion problem, B. Seismol. Soc. Am., 97, 1167-1175. 2007.
- [14] Das R, Wason H.R, Sharma M.L. General Orthogonal Regression Relations between BodyWave and Moment Magnitudes, Seismol. Res. Lett., 84, 219-224. 2013.
- [15] Das R, Wason H.R, Sharma M.L, Gupta S. General orthogonal regression in magnitude conversion for dehradun and adjoining region. Indian Society of Earthquake Technology, Department of Earthquake Engineering Building ,IIT Roorkee, Roorkee. 2012.
- [۱۶] پارامترهای مبنایی زمین لرزه های ایران، نوربخش میرزائی، محمد رضا قیطانچی، سعید ناصریه ، محمد رئیسی، زویا ظریفی و سید قاسم طبائی، دانش نگار، زمستان ۱۳۸۱.
- [17] International seismological centre (isc). <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/catalogue/>
- [18] Kagan Y.Y. Accuracy of modern global earthquake catalogs. Physics of the Earth and Planetary Interiors 135 (2–3), 173–209. 2003.
- [19] Gupta s, Kumar s, Wason H.R, Das R. A Statistical Analysis of Completeness of Earthquake Data around Dehradun city and its Implications for Seismicity Evaluation. Department of Earthquake Engineering, Indian Institute of Technology Roorkee, Roorkee, India. 2012.
- [20] Gasperini P, Lolli B, Vannucci G, Boschi E. A comparison of moment magnitude estimates for the European-Mediterranean and Italian regions, Geophys. J. Int., 190, 1733-1745; doi:10.1111/j.1365-246X.2012.05575.x. 2012.
- [21] Lolli B, Gasperini P. A comparison among general orthogonal regression methods applied to earthquake magnitude conversions. Geophys. J. Int. doi: 10.1111/j.1365-246X.2012.05530.x. 2012.
- [22] Fuller W.A. Measurement Error Models. Wiley, New York. 1987.