

## بررسی پارامتر های جنبش زمین در سد میجران

مهدی ملکی<sup>1\*</sup>، زهره سادات ریاضی راد<sup>2</sup>، ستار رحیم مشائی<sup>3</sup>

1- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک دانشگاه آزاد اسلامی چالوس

2- استادیار گروه ژئوفیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

3- دانشجوی کارشناسی ارشد موسسه صنعتی مازندران

Mehdi.Malaki63@gmail.com

### چکیده

سدها به دلیل کاربردهای گوناگونی از جمله، ذخیره آب مورد نیاز کشاورزی، تامین آب شرب، تولید نیروی برقآبی، مهار سیل و ... جزء سازه های مهم بشمار آمده و از اهمیت بالایی برخوردارند. از آنجایی که کشورمان ایران، کشوری لرزه خیز می باشد، این سازه ها همواره در معرض خطر بوده و به عنوان سرمایه های ملی در این زمینه نیاز به توجه ویژه ای دارند. سد میجران در سال 1382 ساخته شده و در 20 کیلومتری محدوده شهری رامسر قرار دارد. تقریباً مدت 10 سال از عمر این سازه می گذرد، اما تاکنون در زمینه خطر پذیری لرزه ای مورد مطالعه و بررسی قرار نگرفته است. در این پژوهش تمامی گسل های اطراف سد شناسایی شده و طول و فاصله این گسل ها از سد و همچنین تاثیری که هر گسل می تواند بر روی سد داشته باشد، مشخص گردید. از بین گسل های خزر، الموت رود و بنان که نزدیکترین فاصله را به سد میجران دارند، گسل الموت رود با طول تقریبی 80 کیلومتر، کمترین فاصله را از ساختگاه داشته و می تواند زمین لرزه ای به بزرگای 7 در مقیاس امواج سطحی ایجاد کند و می تواند خطراتی را برای ساختگاه و سازه سد داشته باشد.

**کلمات کلیدی:** سد میجران، گسل الموت رود، خطر پذیری لرزه ای، رامسر

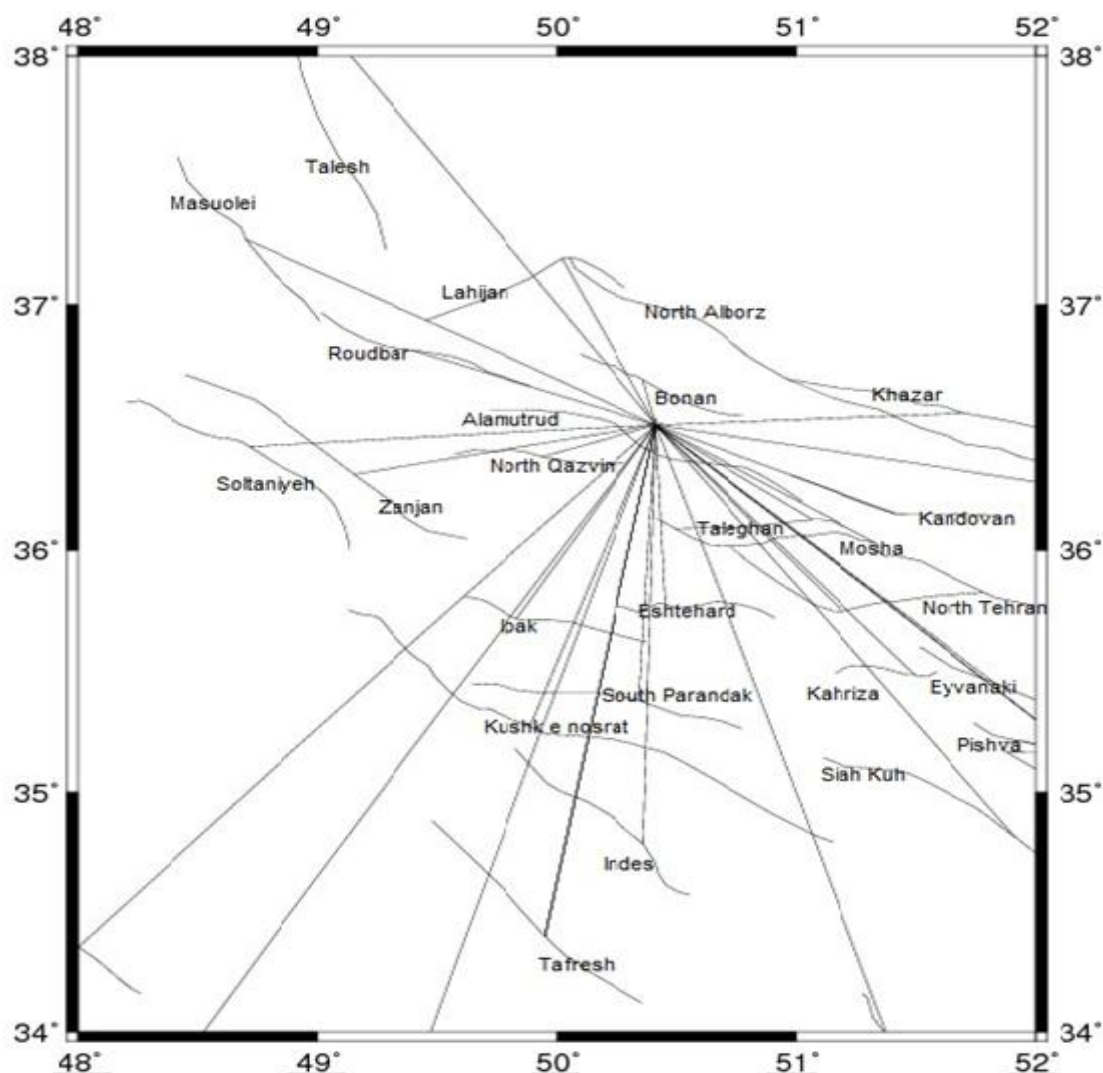
### 1- مقدمه

کشور ایران به دلیل واقع شدن بر روی یکی از کمربندهای زلزله خیز جهان (آلپ- هیمالیا) جز کشورهای زلزله خیز می باشد که با توجه به زلزله های اتفاق افتاده در قرن اخیر میتوان ابراز نمود که هیچ نقطه ای از این سرزمین مصون زلزله نمی باشد. صدها سد کوچک و بزرگ در نقاط مختلف جهان در معرض تکان های شدید زمین و احيانا جابجایی های مستقیم در امتداد گسل ها در محدوده ساختگاه قرار گرفته اند. بررسی لرزه خیزی یکی از مهمترین بخشها در طراحی بدنه سد و همچنین مقاومت سازی سد میباشد. با توجه به این که سد میجران در مدت زمان کمتر از ده سال (1382) ساخته شده است، این پژوهش برای اولین بار در جهت بررسی خطر لرزه پذیری آن صورت می گیرد. سد میجران، سدی خاکی با هسته بتن آسفالتی می باشد و در 20 کیلومتری رامسر و در طول جغرافیایی  $41^{\circ}50'$  و عرض جغرافیایی  $51^{\circ}36'$  بر روی رودخانه نسا رود واقع شده است. برای اینکه این سازه ها را از جهت لرزه ای مورد بررسی قرار دهیم، نیاز است که ساختگاه آنها را از لحاظ لرزه ای مورد مطالعه قرار دهیم. زمینلرزه هایی که بوقوع می پیونددند به صورت چشمه های طبیعی یا مصنوعی می باشند. از جمله آنها، چشمه های مصنوعی لرزه ای ایجاد شده در سدها می باشند که باعث ایجاد زمینلرزه های القایی می گردد. جمع شدن آب در مخازن بزرگ پشت سدها می تواند فعالیت لرزه ای منتطقه را دگرگون سازد و موجب بروز زمینلرزه یا افزایش لرزه خیزی ناحیه گردد.

### 2- زمین ساخت گستره طرح

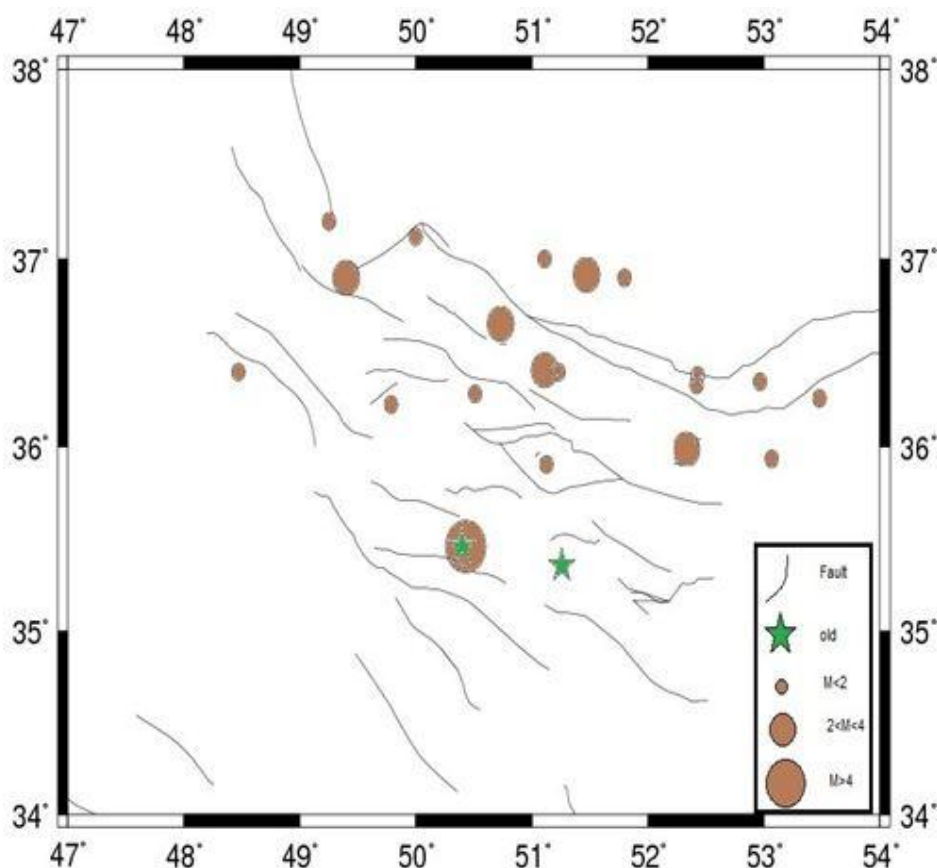
محدوده ورقه رامسر در شمال خاوری چهار گوش زمین شناسی 250000 : 1 قزوین \_ رشت در بر می گیرد و از دیدگاه ساختاری بخش شمالی آن در منطقه گرگان- رشت و بخش جنوبی در منطقه البرز مرکزی واقع می گردد. در بخش شمالی

رسوبات دریایی و آبرفتی حاصل از دریای خزر و رودهای منتهی به آن غالب می باشد اما در بخش های جنوبی سنگ های پر کامبرین، پالئوزویک، مزوزویک و سنگ های آذرین سنوزویک رخنمون دارند ورقه رامسر در بخش شمالی البرز مرکزی جای گرفته است و راستای عمومی ساختمانهای زمین شناسی منطقه، شمال باختر، جنوب خاور است. این ساختمان ها به وسیله انبوهی از گسلش هایی که اکثراً از نوع راندگی و چین خوردگی به وجود آمده است. گسل ها مهم ترین عامل سازنده ساختمان های زمین شناسی و ریخت شناسی منطقه هستند. تراکم سامانه (system) گسل های منطقه بسیار زیاد است و عمدتاً از نوع ورق های راندگی هستند که از شمال به جنوب حرکت کرده اند و شاخه هایی از آن ها در اثر تکرار راندگی جهت رانش بسمت شمال پیدا کرده اند و بصورت گسل های پس راندگی جلوه گر شده اند. با رسم کردن نقشه گسل های منطقه توسط نرم افزار GMT، نزدیکترین و دورترین گسل ها و گسل هایی که موجب بزرگترین زمینلرزه و بیشترین شتاب در سد میجران می شود شناسایی گردید. (شکل 1)



شکل 1- نقشه گسل های منطقه مورد مطالعه به همراه ساختمانگاه سد میجران

این گسل‌ها، باعث زمینلرزه‌های زیادی در منطقه در ادوار مختلف شده است که در شکل 2 زمینلرزه‌های بزرگ به همراه بزرگی و همچنین فاصله از ساختگاه مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل 2- نقشه گسل‌ها به همراه زمینلرزه‌های تاریخی و دستگاهی که زمینلرزه‌های تاریخی با ستاره و بقیه زمینلرزه‌ها بر اساس بزرگی با دایره نشان داده شده است

### 3- گسل‌های زمینلرزه‌ای

در بخش بیشتر ایران، لرزه‌خیزی در ارتباط مستقیم با تجدید فعالیت گسل‌هاست و بیشترین تکاپوی لرزه‌خیزی در امتداد گسل‌های فعال روی داده‌است. گسل زمینلرزه‌ای نوعی شکستگی زمین است که در اثر زمین لرزه کم ژرفا تولید شده باشد و به طور کلی با تجدید حرکت دوباره گسل‌های پیشین همراه هستند. اینگونه گسل‌ها می‌توانند دوباره سازوکار و رهاسازی انرژی لرزه‌ای در طی زمین و نیز تنش‌های ناحیه اطلاعات لازم را بدهند. بیشتر گسل‌های زمینلرزه‌ای شناخته شده در این منطقه، طولی بیشتر از ۴۰ کیلومتر دارند و همه آنها با زلزله‌های مخرب با بزرگی بیشتر از ۷ همراه‌اند. نام و بعضی ویژگی‌های گسل‌های منطقه با پیشینه لرزه‌خیزی در جدول 1 خلاصه شده است.

جدول ۱- نام و ویژگی های گسل های منطقه با پیشینه لرزه خیزی

| نام                     | موقعیت جغرافیایی           | درازا (KM) | امتداد | شیب   | تاریخچه لرزه خیزی  |
|-------------------------|----------------------------|------------|--------|-------|--|
| گسل فشارشی الموت        | پهلوی جنوبی دره الموت      | ۵۲         | NW-SE  | ۳۰ SW | ۱۶۰۸/۴/۲۰ (Ms-۷.۶)<br>۱۸۰۸/۱۲/۱۶ (Ms-۵.۹)                          |
| گسل فشارشی ایبک         | جنوب بونین زهرا            | ۸۵         | E-W    | N     | ۱۹۶۲/۰۹/۱ (Ms-۷.۲)   |
| گسل فشارشی طالقان       | جنوب طالقان                | ۶۴         | E-W    | S     | ۱۹۶۶/۱۲/۰۸ (Mb-۵.۰)<br>۱۸۰۸/۱۲/۱۶ (Ms-۵.۹)                         |
| گسل فشارشی خزر          | جنوب دشت کرانه ای مازندران | ۶۰۰        | E-W    | S     | ۸۴۷ (Ms-۶.۵)<br>۱۹۹۴/۰۴/۰۵ (Mb-۵.۲)                                |
| گسل فشارشی شمال البرز   | دامنه شمالی البرز          | ۳۰۰        | E-W    | S     | ۱۱۲۷ (Ms-۶.۸)  |
| گسل شمال تهران          | بلا فصل شمال تهران         | ۹۰         | E-W    | N     | ۱۸۰۸/۰۵/۱۸ (Ms-۷.۰۷)<br>۱۹۷۰/۱۲/۲۴ (Ms-۷.۲)<br>۱۹۸۹/۱۰/۲۶ (Ms-۴.۱) |
| گسل فشارشی شمال قزوین   | شمال قزوین                 | ۶۰         | E-W    |       | ۱۱۱۹/۱۲/۱۰ (Ms-۶.۵)  |
| راندگی قزل اوزن (منجیل) |                            | ۶۵         | NW-SE  | N-NW  | ۱۹۶۸/۰۸/۰۲ (Ms--)<br>۱۹۸۳/۰۶/۲۲ (Ms--)                             |
| گسل فشارشی مشا          |                            | ۲۰۰        | NW-SE  | N-NE  | ۱۶۶۵ (Ms-۶.۵)<br>۱۸۳۰/۰۳/۲۷ (Ms-۷.۱)<br>۱۹۳۰/۱۰/۰۲ (Ms-۵.۲)        |

#### 4- مطالعه ساختگاه

میزان جابجایی گسل، شناخت نوع گسل و یا جهت حرکت نسبی و همچنین پهنای پهنه گسلش از داده های لازم برای ارزیابی خطر گسل محسوب می گردد. تعیین اوج شتاب افقی به وجود آمده در ساختگاه و کانون زلزله بر اثر فعالیت گسل های فعال برای تعیین حداکثر شتاب افقی زمین در محل کانون، ابتدا از فرمول (1)

$$I_0 = 1.3M_s + 0.09 \quad (1)$$

که در آن  $M_s$  مقدار بزرگی می باشد و  $I_0$  مقدار شتاب نسبی را در محل کانون بدست می آوریم. در مرحله بعدی با استفاده از رابطه دمز و مور، فرمول (2) که بر پایه زمین لرزه های ایران است.

$$a = \frac{1080 \times e^{0.58M_s}}{(R + 25)^{-1.32}} \quad (2)$$

$a$  مقدار حداکثر شتاب افقی در ساختمان را بدست می آوریم را بدست می آوریم. که در آن  $R$  فاصله سازه از گسل برحسب کیلومتر می باشد. برای بدست آوردن پارامترهای سرعت، شتاب و جابجا شدگی از دستورهایی تجربی تریفوناک و بریدی (1975) استفاده نموده ایم.

$$\log A_h = -0.041 + 0.3I_0 \quad (3)$$

$$\log A_v = -0.18 + 0.3I_0 \quad (4)$$

که  $I_0$  مقدار شتاب نسبی در کانون است و  $A_h$  و  $A_v$  به ترتیب حداکثر شتاب افقی و عمودی می باشد. از فرمول های (5) و (6) برای بدست آوردن پارامتر سرعت استفاده می کنیم.

$$\log V_h = 0.63 + 0.25I_0 \quad (5)$$

$$\log V_v = -1.1 + 0.28I_0 \quad (6)$$

که  $V_h$  و  $V_v$  به ترتیب حداکثر سرعت افقی و عمودی می باشند. و در نهایت از دو فرمول (7) و (8) برای بدست آوردن جابجا شدگی استفاده می کنیم.

$$\log D_h = -0.53 + 0.19I_0 \quad (7)$$

$$\log D_v = -1.13 + 0.24I_0 \quad (8)$$

که  $D_h$  و  $D_v$  حداکثر جابجا شدگی در راستای افقی و عمودی می باشند. در نهایت با توجه به بدست آوردن پارامترهای فوق می توانیم جدول پتانسیل لرزه ای زیر را داشته باشیم.

جدول ۲- نام گسل ها به همراه فاصله از ساختمان و پارامترهای جنبش زمین

| نام گسل         | طول گسل<br>(کیلومتر) | R(Km)  | Ms   | a         | I <sub>0</sub> | A <sub>h</sub> | A <sub>v</sub> | V <sub>h</sub> | V <sub>v</sub> | D <sub>h</sub> | D <sub>v</sub> |
|-----------------|----------------------|--------|------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Eyvanekay       | ۵۰۰۰                 | ۷۳.۹۰۰ | ۶.۸۰ | ۱۱۵۹۸۷.۴۶ | ۸.۹۳           | ۴۳۳.۷۱         | ۳۱۴.۹۲         | ۷۲۷.۵۰         | ۲۵۱.۰          | ۱۴.۶۶          | ۱۰.۲۹          |
| Siah Kuh        | ۱۵۰۰۰                | ۹۶.۷۳۰ | ۷.۲۸ | ۱۸۷۳۸۶.۷۴ | ۹.۵۵           | ۶۶۵.۶۹         | ۴۸۳.۳۶         | ۱۰۳۹.۶۷        | ۳۷.۴۴          | ۱۹.۲۳          | ۱۴.۵۰          |
| Pishva          | ۳۴۰۰                 | ۸۵.۵۳۲ | ۶.۶۳ | ۷۶۸۶۶.۳۱  | ۸.۷۱           | ۳۷۳.۱۴         | ۲۷۰.۹۴         | ۶۴۱.۷۹         | ۲۱.۸۱          | ۱۳.۳۳          | ۹.۱۳           |
| Tafresh         | ۹۵۰۰                 | ۹۹.۹۷۰ | ۷.۰۸ | ۱۳۲۳۰۱.۰۰ | ۹.۲۹           | ۵۵۷.۰۷         | ۴۰۴.۴۹         | ۸۹۶.۲۴         | ۳۱.۷۰          | ۱۷.۱۸          | ۱۲.۵۸          |
| Indes           | ۷۰۰۰۰                | ۸۰.۹۶۰ | ۷.۹۴ | ۶۴۷۶۴۷.۸۸ | ۱۰.۴۲          | ۱۲۱۳.۹۱        | ۸۸۱.۴۳         | ۱۷۱۵.۲۳        | ۶۵.۵۹          | ۲۸.۱۴          | ۲۳.۴۵          |
| Kushk e Nosrat  | ۱۲۰۰۰                | ۶۱.۶۴۰ | ۷.۱۸ | ۲۵۱۸۷۰.۴۱ | ۹.۴۲           | ۶۱۰.۲۱         | ۴۴۳.۰۸         | ۹۶۶.۹۴         | ۳۴.۵۲          | ۱۸.۲۰          | ۱۳.۵۳          |
| South Paranadak | ۸۰۰۰                 | ۵۳.۴۰۰ | ۷.۰۰ | ۲۱۷۵۸۹.۰۶ | ۹.۱۹           | ۵۲۰.۹۶         | ۳۷۸.۲۷         | ۸۴۷.۵۶         | ۲۹.۷۸          | ۱۶.۴۷          | ۱۱.۹۲          |
| ipak            | ۸۰۰۰                 | ۴۳.۴۰۰ | ۷.۰۰ | ۲۶۰۵۳۱.۴۸ | ۹.۱۹           | ۵۲۰.۹۶         | ۳۷۸.۲۷         | ۸۴۷.۵۶         | ۲۹.۷۸          | ۱۶.۴۷          | ۱۱.۹۲          |
| Eshtehard       | ۶۰۰۰                 | ۳۴.۳۸۰ | ۶.۸۸ | ۲۵۷۷۴۹.۶۵ | ۹.۰۳           | ۴۶۵.۶۷         | ۳۳۸.۱۳         | ۷۷۱.۹۱         | ۲۶.۸۲          | ۱۵.۳۴          | ۱۰.۹۰          |
| Soltaniyeh      | ۱۴۰۰۰                | ۶۴.۲۸۰ | ۷.۲۵ | ۲۶۹۰۹۶.۳۹ | ۹.۵۱           | ۶۴۸.۰۲         | ۴۷۰.۵۳         | ۱۰۱۶.۶۲        | ۳۶.۵۱          | ۱۸.۹۱          | ۱۴.۱۹          |
| Zanjan          | ۶۰۰۰                 | ۶۵.۹۰۰ | ۶.۸۸ | ۱۴۶۹۲۶.۰۵ | ۹.۰۳           | ۴۶۵.۶۷         | ۳۳۸.۱۳         | ۷۷۱.۹۱         | ۲۶.۸۲          | ۱۵.۳۴          | ۱۰.۹۰          |
| North Qazvin    | ۶۰۰۰                 | ۱۹.۵۸۰ | ۶.۸۸ | ۳۷۶۳۰۳.۵۰ | ۹.۰۳           | ۴۶۵.۶۷         | ۳۳۸.۱۳         | ۷۷۱.۹۱         | ۲۶.۸۲          | ۱۵.۳۴          | ۱۰.۹۰          |
| Roudbar         | ۸۰۰۰                 | ۳۹.۱۲۰ | ۷.۰۰ | ۲۸۳۷۲۸.۴۱ | ۹.۱۹           | ۵۲۰.۹۶         | ۳۷۸.۲۷         | ۸۴۷.۵۶         | ۲۹.۷۸          | ۱۶.۴۷          | ۱۱.۹۲          |

ادامه جدول شماره 2

| نام گسل         | طول گسل<br>(کیلومتر) | R(Km) | Ms   | a         | I <sub>s</sub> | Ah      | Av     | Vh      | Vv    | Dh    | Dv    |
|-----------------|----------------------|-------|------|-----------|----------------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|
| Eyvanekay       | ۵۰.۰۰                | ۷۳.۹۰ | ۶.۸۰ | ۱۱۵۹۸۷.۴۶ | ۸.۹۳           | ۴۳۳.۷۱  | ۳۱۴.۹۲ | ۷۳۷.۵۰  | ۲۵.۱۰ | ۱۴.۶۶ | ۱۰.۲۹ |
| Siah Kuh        | ۱۵۰.۰۰               | ۹۶.۷۳ | ۷.۲۸ | ۱۸۷۳۸۶.۷۴ | ۹.۵۵           | ۶۶۵.۶۹  | ۴۸۳.۳۶ | ۱۰۳۹.۶۷ | ۳۷.۴۴ | ۱۹.۲۳ | ۱۴.۵۰ |
| Pishva          | ۳۴.۰۰                | ۸۵.۵۳ | ۶.۶۳ | ۷۶۸۶۶.۳۱  | ۸.۷۱           | ۳۷۳.۱۴  | ۲۷۰.۹۴ | ۶۴۱.۷۹  | ۲۱.۸۱ | ۱۳.۳۳ | ۹.۱۳  |
| Tafresh         | ۹۵.۰۰                | ۹۹.۹۷ | ۷.۰۸ | ۱۳۳۳۰۱.۰۰ | ۹.۲۹           | ۵۵۷.۰۷  | ۴۰۴.۴۹ | ۸۹۶.۲۴  | ۳۱.۷۰ | ۱۷.۱۸ | ۱۲.۵۸ |
| Indes           | ۷۰۰.۰۰               | ۸۰.۹۶ | ۷.۹۴ | ۶۴۷۶۴۷.۸۸ | ۱۰.۴۲          | ۱۲۱۳.۹۱ | ۸۸۱.۴۳ | ۱۷۱۵.۲۳ | ۶۵.۵۹ | ۲۸.۱۴ | ۲۳.۴۵ |
| Kushk e Nosrat  | ۱۲۰.۰۰               | ۶۱.۶۴ | ۷.۱۸ | ۲۵۱۸۷۰.۴۱ | ۹.۴۲           | ۶۱۰.۲۱  | ۴۴۳.۰۸ | ۹۶۶.۹۴  | ۳۴.۵۲ | ۱۸.۲۰ | ۱۳.۵۳ |
| South Paranadak | ۸۰.۰۰                | ۵۳.۴۰ | ۷.۰۰ | ۲۱۷۵۸۹.۰۶ | ۹.۱۹           | ۵۲۰.۹۶  | ۳۷۸.۲۷ | ۸۴۷.۵۶  | ۲۹.۷۸ | ۱۶.۴۷ | ۱۱.۹۲ |
| ipak            | ۸۰.۰۰                | ۴۳.۴۰ | ۷.۰۰ | ۲۶۰۵۳۱.۴۸ | ۹.۱۹           | ۵۲۰.۹۶  | ۳۷۸.۲۷ | ۸۴۷.۵۶  | ۲۹.۷۸ | ۱۶.۴۷ | ۱۱.۹۲ |
| Eshtehard       | ۶۰.۰۰                | ۳۴.۳۸ | ۶.۸۸ | ۲۵۷۷۴۹.۶۵ | ۹.۰۳           | ۴۶۵.۶۷  | ۳۳۸.۱۳ | ۷۷۱.۹۱  | ۲۶.۸۲ | ۱۵.۳۴ | ۱۰.۹۰ |
| Soltaniyeh      | ۱۴۰.۰۰               | ۶۴.۲۸ | ۷.۲۵ | ۲۶۹۰۹۶.۳۹ | ۹.۵۱           | ۶۴۸.۰۲  | ۴۷۰.۵۳ | ۱۰۱۶.۶۲ | ۳۶.۵۱ | ۱۸.۹۱ | ۱۴.۱۹ |
| Zanjan          | ۶۰.۰۰                | ۶۵.۹۰ | ۶.۸۸ | ۱۴۶۹۲۶.۰۵ | ۹.۰۳           | ۴۶۵.۶۷  | ۳۳۸.۱۳ | ۷۷۱.۹۱  | ۲۶.۸۲ | ۱۵.۳۴ | ۱۰.۹۰ |
| North Qazvin    | ۶۰.۰۰                | ۱۹.۵۸ | ۶.۸۸ | ۳۷۶۳۰۳.۵۰ | ۹.۰۳           | ۴۶۵.۶۷  | ۳۳۸.۱۳ | ۷۷۱.۹۱  | ۲۶.۸۲ | ۱۵.۳۴ | ۱۰.۹۰ |
| Roudbar         | ۸۰.۰۰                | ۳۹.۱۳ | ۷.۰۰ | ۲۸۳۷۲۸.۴۱ | ۹.۱۹           | ۵۲۰.۹۶  | ۳۷۸.۲۷ | ۸۴۷.۵۶  | ۲۹.۷۸ | ۱۶.۴۷ | ۱۱.۹۲ |

### 5- نتیجه گیری

بر اساس نقشه گسل ها در منطقه بزرگترین گسل در منطقه از سمت شرق به غرب کشیده است که تا ساختگاه فاصله ای کمتر از ۴۸ کیلومتر دارد. سایر گسل های موجود در منطقه به صورت کوچک و فواصل متفاوت با ساختگاه را دارند که دورترین گسل تقریباً فاصله ۱۰۰ کیلومتری از ساختگاه را ایجاد کرده است. گسل الموت رود با طول تقریبی ۸۰ کیلومتر کمترین فاصله را تا ساختگاه ایجاد کرده است. این گسل بزرگترین زمینلرزه ای را که می تواند ایجاد کند ۷ در مقیاس امواج سطحی می باشد. بنابر این احتمال می رود که حداکثر شتابی را که باعث تخریب سد شود را این گسل ایجاد می کند. هر چند گسل خزر نیز به علت فاصله کم از ساختگاه و طولانی بودن گسل می تواند خطر آفرین باشد.

### 6- منابع

آقاباتی ع.، (1383). زمین شناسی ایران، چاپ دوم، تهران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران.  
آقاباتی ع.، (1377). چینه شناسی ژوراسیک ایران، چاپ اول، تهران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران.  
آمبر ساینز ن.، ملویل ج.، (1370). تاریخ زمین لرزه های ایران، ترجمه ابوالحسن زاده، تهران، انتشارات نشر آگاه.  
کرامر ا.، (1376). ژئوتکنیک لرزه ای، ترجمه میرحسینی، چاپ دوم، تهران، انتشارات پژوهشگاه بین المللی زلزله و مهندسی زلزله  
مدنی ر.، سنایب ا.، (1378). توصیف چشمه های زمینلرزه ای گسترده ساختگاه سد کارون 4 با نگرشی به پدیده های ریخت زمین ساختی، چهارمین کنفرانس سد سازی ایران.



---

Abdel, g. and Elgamal, A.(1987). “Elasto-Plastic seismic response of 3-D earth Dams Theory”,ASCE ,Journal of the Geotechnical Engineering.