

## زلزله ۲۹ آبانماه سال ۱۳۶۸ گلباف کرمان و پس لرزه‌های آن

جلیل‌الدین فاطمی\*، بهرام عکاشه\*\*، سلیمان سلطانیان\*\* و گودرز حمیدی\*\*

### چکیده

زلزله ۲۹ آبانماه سال ۱۳۶۸ (برابر با ۲۰ نوامبر ۱۹۸۹) با بزرگی ۵/۷ درجه در مقیاس امواج سطحی به شهر گلباف کرمان بیشترین خسارت را وارد کرد. به منظور بررسی این زلزله و مطالعه پس لرزه‌های آن در چارچوب یک طرح پژوهشی بین بخش فیزیک دانشگاه کرمان و مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، شبکه موقت زلزله‌نگاری در منطقه گلباف نصب گردید. طی ۴۰ روز رکوردگیری متجاوز از ۲۵۰۰ پس لرزه ثبت شد که از آن میان تعداد ۳۹۴ زلزله تعیین محل شدند. رومرکز زلزله‌ها در امتداد گسله‌های منطقه در نواری با عرض ۲۰ کیلومتر و بطول ۵۰ کیلومتر قرار دارند که بیشتر در عمق ۵ تا ۲۵ کیلومتر توزیع شده‌اند. مکانیسم زلزله اصلی و همچنین مکانیسم اشتراکی تعدادی از پس لرزه‌ها حاکی از رورانندگی است که در آن سطح گسلش دارای امتداد شمال - شمال غرب - جنوب - جنوب شرق با شیب ۷۰ درجه بسمت جنوب غرب است و قطعه شرق گسله بزیر قسمت غرب رانده شده است.

### کلیدواژه‌ها: زلزله گلباف، مکانیسم، شبکه موقت زلزله‌نگاری

### ۱ مقدمه

در منطقه کرمان بوقوع پیوسته‌اند. زلزله‌های سال‌های ۱۹۲۳، ۱۹۳۳ و همچنین ۱۹۷۷ (عکاشه و عشقی، ۱۹۷۹) شدت تا شش درجه مرکالی به شهر گلباف اعمال کرده‌اند. زلزله‌های ۱۱ ژوئن و ۲۸ ژوئیه ۱۹۸۱ در قرن جاری از همه زلزله‌های منطقه مخرب‌تر بوده‌اند. این دو زلزله را افراد متعددی از دیدگاه‌های مختلف (مشاهدات صحرائی، پیچیدگی کانون و غیره) بررسی کرده‌اند (معین‌فر و اعتمادی عیدگاهی، ۱۳۶۰؛ بربریان و همکاران، ۱۹۸۴؛ و قیطانچی، ۱۹۹۲).

زلزله ۱۱ ژوئن ۱۹۸۱ با بزرگی ۶/۷ در مقیاس امواج سطحی شدت (IX<sup>-</sup>) درجه مرکالی به گلباف اعمال کرده و شتاب افقی معادل حدود ۰/۴۴ شتاب ثقل زمین و شتاب قائم ۰/۱۳ بر گلباف وارد کرده است. زلزله ۲۸ ژوئیه را به فعالیت گسله سیرج نسبت می‌دهند بزرگی این زلزله ۷/۱ در مقیاس امواج سطحی بوده و توانسته شدت VII<sup>+</sup> درجه مرکالی و شتاب افقی ۰/۲ به گلباف اعمال نماید (فاطمی و همکاران،

ساعت حدود ۷ و ۵۰ دقیقه صبح روز ۲۹ آبانماه سال ۱۳۶۸ زلزله‌ای با بزرگی متوسط منطقه گلباف کرمان رابلرزه درآورد. رجوع به فهرست زلزله‌های پهنه ایران مؤید این واقعیت است که در قرون گذشته بکرات در مناطق مختلف کرمان زلزله بوقوع پیوسته است. زلزله نوامبر ۱۸۵۴ میلادی با بزرگی ۵/۸ (در مقیاس امواج سطحی) شدت پنج درجه مرکالی را به گلباف اعمال کرده است و زلزله ژانویه ۱۸۶۴ با بزرگی ۶ درجه ریشتر نیز همین میزان شدت را به گلباف وارد کرده است. زلزله‌های ماه اوت ۱۸۷۱، ماه مه ۱۸۷۵ با بزرگی ۶ و زلزله سال ۱۸۷۷ با بزرگی ۵/۶ و بالاخره زلزله‌های سال ۱۸۹۷ تمامی شواهدی هستند دال بر اینکه از دیدگاه تاریخی (قبل از سال ۱۹۰۰ میلادی) زلزله‌های توانمند در منطقه حادث شده است (آمبرسیس و ملویل، ۱۹۸۲؛ فاطمی و همکاران، ۱۳۷۱).

در طول قرن جاری میلادی نیز زلزله‌هایی قوی و مخرب

\* گروه فیزیک دانشگاه شهید باهنر کرمان.  
\*\* مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، صندوق پستی ۶۴۶۱-۱۴۱۵۵، تهران.

(۱۳۷۱).

موقعیت جغرافیائی پایگاهها بر روی شکل ۱ نشان داده شده است. رکوردگیری از روز ۱۶ ژانویه تا ۲۴ فوریه ۱۹۹۰ انجام شد که بعلمت وضعیت جوی فصل زمستان ادامه کار رکوردگیری پس از ۴۰ روز ثبت پس لرزهها متوقف شد.

در مدت استقرار شبکه در منطقه گلباف در مجموع تعداد ۲۵۶۵ زلزله ثبت شد که با توجه به اهداف نصب شبکه موقت تنها زلزلههای مربوط به گسلههای منطقه گلباف قرائت شدند. نظر باینکه برای تعیین محل یک زلزله حداقل ثبت امواج زلزله در سه پایگاه لازم است و همچنین بدلیل کیفیت ثبتها تنها تعیین مکان ۳۹۴ زلزله انجام گردید. توزیع جغرافیائی پس لرزهها در شکل ۱ آمده است. برای تعیین مختصات رومرکز زلزله، عمق و زمان وقوع از برنامه متداول HYPO71 و با آزمایش مدل‌های مختلف برای پوسته و بالاخره انتخاب مدل پوسته سه لایه‌ای، استفاده شد. حد انحراف استاندارد در انتخاب پس لرزههای تعیین محل شده نیز طبق روال متداول برای چنین مطالعات بوده است بطوریکه تجزیه و تحلیل زمینساخت خدشه‌دار نشود. حداکثر بزرگی پس لرزهها ۴/۲ بر اساس امواج حجمی بوده است. بطوریکه در شکل ۱ دیده می‌شود رومرکزها در نواری بطول ۵۰ کیلومتر در راستای شمال غرب - جنوب شرق گسترده شده‌اند که عرض این نوار حدود ۲۰ کیلومتر می‌باشد. راستای گستردگی این نوار با امتداد گسلههای منطقه همخوانی دارد. در شکل ۲ مقاطع شمال-جنوب و نیز شرق-غرب نشان داده شده است. تمرکز کانون پس لرزهها در عمق ۵ تا ۲۵ کیلومتر مشهود می‌باشد. احتمالاً شیب توزیع کانون پس لرزهها حدود ۳۰ درجه بسمت شرق در مقطع شرق-غرب قابل ردگیری است.

### ۳ مکانیسم زلزله ۲۹ آبانماه ۱۳۶۸ و مکانیسم ترکیبی پس لرزهها

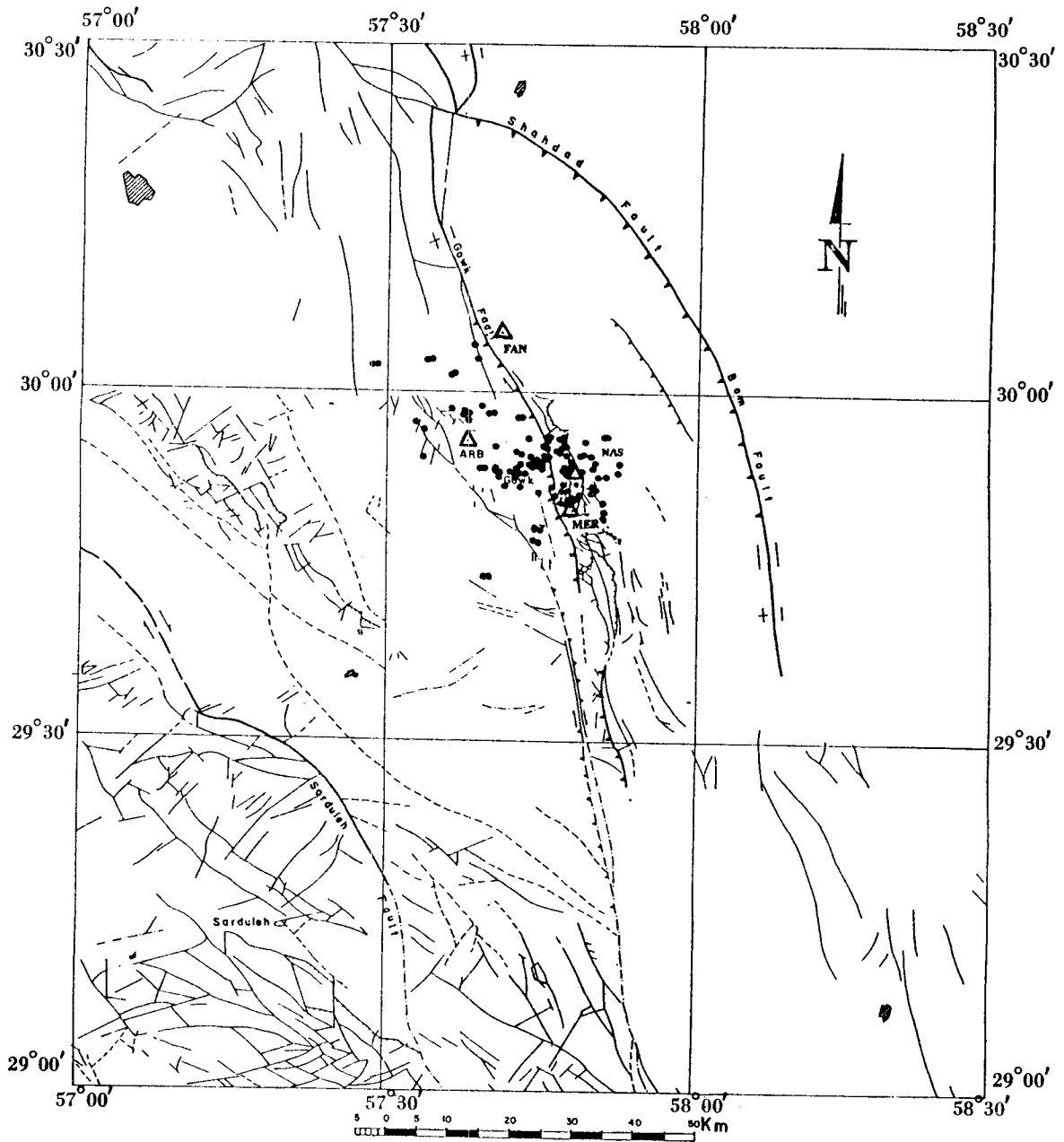
برای تعیین مکانیسم زلزله ۲۹ آبانماه ۱۳۶۸ از قرائت پلاریزاسیون موج P ثبت شده در شبکه کشوری و نیز داده‌های موج P منتشر شده در بولتنها با بکارگیری نیمکره جنوبی کره ۲ کانونی و نحوه تصویر شمیت استفاده شده است. در شکل ۳ مکانیسم زلزله اصلی بنمایش گذاشته شده است. سطح گره دارای راستای شمال شمال غرب - جنوب جنوب شرق یکی

از آنجا که پدیده زلزله تکراری است از این رو می‌توان انتظار داشت که در آینده نیز این گونه زلزلههای قوی در منطقه بوقوع خواهند پیوست. مصلحت ایجاب می‌کند مسئله زلزله بعنوان طرح ملی حیاتی مطرح شود و ضمن اقدام در گسترش شبکه زلزله‌نگاری کشور و استانی، گسله‌های مناطق مختلف پهنه ایران با نصب شبکه‌های موقت بررسی دقیق‌تری شود. با این دید و هدف و در راستای بازسازی منطقه و شناخت بهتر این زلزله اقدام به نصب یک شبکه زلزله‌نگاری موقت در منطقه گلباف شد.

نظر باینکه یک پایگاه زلزله‌نگاری مؤسسه ژئوفیزیک (از شبکه ملی زلزله‌نگاری کشوری) در شهر کرمان واقع می‌باشد و همکاری بین مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و بخش فیزیک دانشگاه شهید باهنر کرمان از مدتها پیش از وقوع زلزله وجود داشته از این رو در چارچوب یک طرح پژوهشی بین این دو واحد مطالعه زمین‌شناسی، لرزه‌خیزی و توان زلزله زائی گسله‌های منطقه گلباف (گوک) و همچنین تخمین خطر زلزله و بررسی زلزله ۲۹ آبانماه ۱۳۶۸ و پس لرزه‌های آن انجام شد و گزارش طرح ارائه گردید (فاطمی و همکاران، ۱۳۷۱). در اینجا تنها به مکانیسم زلزله اصلی، ثبت پس لرزه‌ها و مکانیسم اشتراکی پس لرزه‌ها و تجزیه و تحلیل آنها پرداخته می‌شود.

### ۲ ثبت پس لرزه‌های زلزله ۲۹ آبانماه ۱۳۶۸ و تجزیه و تحلیل آنها

در روز ۲۹ آبانماه ۱۳۶۸ (۲۰ نوامبر ۱۹۸۹) زلزله‌ای با بزرگی ۵/۷ در مقیاس امواج سطحی بوقوع پیوست که بیشترین خسارت به شهر گلباف وارد آمد. زمان وقوع زلزله ساعت ۴ و ۱۹ دقیقه و ۴/۶ ثانیه بوقت جهانی با مختصات ۲۹/۸۹۲ درجه عرض شمالی و ۵۷/۷۱۸ درجه طول شرقی در عمق ۱۸ کیلومتر (استخراج از کاتالوگ USCGS) بوده است. همانگونه که در مقدمه اشاره شد مؤسسه ژئوفیزیک با همکاری بخش فیزیک دانشگاه شهید باهنر اقدام به نصب یک شبکه موقت در منطقه حادثه نمودند. شبکه موقت مرکب از چهار دستگاه زلزله‌نگاری پرید کوتاه بود که در مکان‌های دره نسک، روستای فندقاق، کوه مرگو و عرب‌آباد نصب شدند.

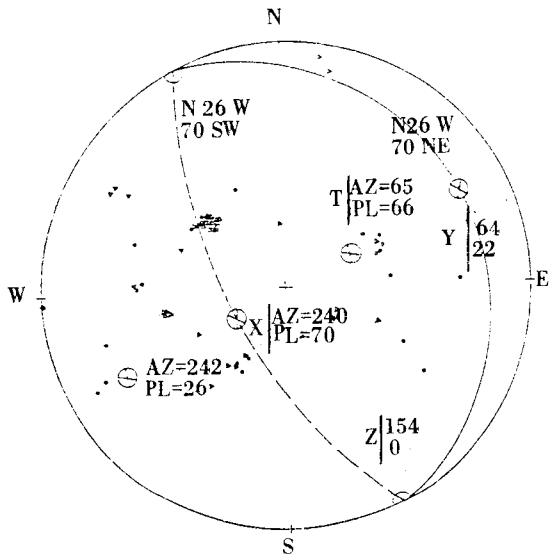


شکل ۱. توزیع جغرافیائی رو مرکز پس لرزه های گلیاب (۱۶ ژانویه - ۲۴ فوریه ۱۹۹۰ میلادی) و شبکه موقت زلزله نگاری مرکب از ایستگاههای فندقاع (FAN)، عرب آباد (ARB)، نسک (NAS) و مرگو (MER).

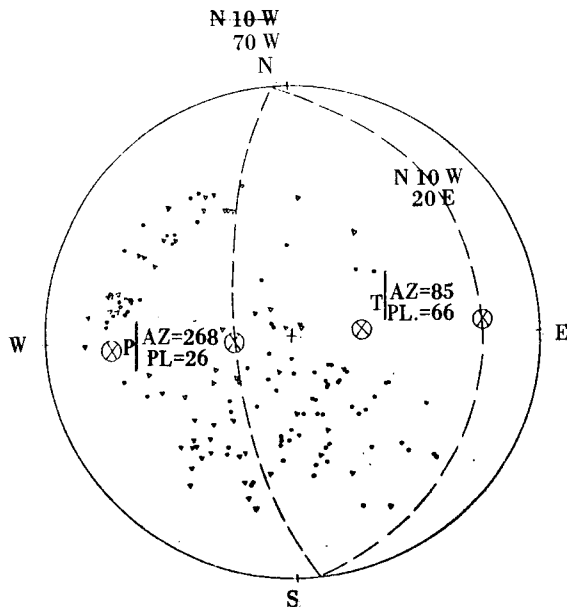
با شیب  $N26^{\circ}W$  و شیب  $70^{\circ}SW$  سطح گسلش است. بردار نیرو عمل کننده دارای آزیموت شمال شرق شرق-جنوب غرب غرب (آزیموت  $242^{\circ}$  درجه و شیب  $26^{\circ}$  درجه) می باشد که با

با شیب  $70^{\circ}$  درجه و دیگری با شیب  $20^{\circ}$  درجه در جهات مخالف هم می باشند. با مراجعه به نقشه زمینساخت منطقه می توان این احتمال را قوی دانست که سطح گره با راستای

جمعیت زیاد و نیز مراکز مهم صنعتی و اقتصادی از دیدگاه خطر زلزله مورد مطالعه دقیق‌تر قرار گیرند.



شکل ۳. مکانیسم زلزله ۱۳۶۸/۸/۲۹ گلباف کرمان (زلزله اصلی)



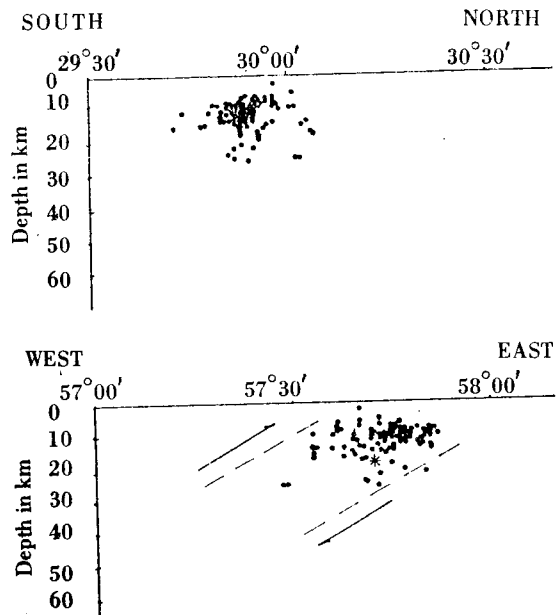
شکل ۴. مکانیسم اشتراکی پس‌لرزه‌های زلزله گلباف

تکتونیک منطقه همخوانی دارد.

همانگونه که اشاره شد شبکه زلزله‌نگاری موقت طی ۴۰ روز رکوردگیری بیش از ۲۵۰۰ زلزله را ثبت نمود که تعداد ۳۹۴ زلزله تعیین محل شدند. برای آن تعداد پس‌لرزه که مختصات کانونی کم و بیش نظیر هم دارند با توجه به فشاری یا کششی بودن موج اولیه ثبت شده در شبکه موقت و بکارگیری نیمکره شمالی کره کانونی و استفاده از نحوه تصویر به روش شمیت مکانیسم اشتراکی بدست آمد. با فرض سطح کره  $N10^{\circ}W$  با شیب  $70^{\circ}NE$  بعنوان سطح گسلش در اینصورت این مکانیسم اشتراکی با مکانیسم زلزله اصلی همخوانی نسبی خواهد داشت. در شکل ۴ یک مکانیسم اشتراکی گروهی از پس‌لرزه‌های زلزله ۲۹ آبانماه ۱۳۶۸ دیده می‌شود.

#### ۴ نتایج

در منطقه کرمان در طول تاریخ بکرات زلزله با توان متوسط و زیاد بوقوع پیوسته است و شدت بیش از VIII درجه مرکالی و شتاب متجاوز از  $0.3g$  شتاب ثقل زمین به تعدادی شهر اعمال شده است. در آینده نیز انتظار اعمال چنین شدت و شتاب وجود دارد. از این رو توصیه می‌شود شهرهای با تراکم



شکل ۲. مقاطع شمال-جنوب و شرق-غرب پس‌لرزه‌های گلباف

## منابع

- معین فر، ع.ا. و اعتمادی عیدگاهی، م.، ۱۳۶۰، گزارش مقدماتی از زلزله‌های گلباف و سیرج ۱۳۶۰ کرمان، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ۴۰.
- فاطمی، ج.، عکاشه، ب.، سلطانیان، س. و حمیدی، گ.، ۱۳۷۱، بررسی زلزله‌خیزی منطقه گلباف کرمان و تخمین خطر زلزله در منطقه بر اساس زلزله‌های قرن جاری و شبکه موقت، گزارش طرح، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و بخش فیزیک دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- Akasheh, B. and Eshghi, I., 1979, The Iran earthquake of December 19, 1977 (Bab-Tangal, Northwest Kerman). *J. Earth & Space Phys.* 8, 65-72.
- Ambraseys, N. and Melville, C.P., 1982, *A history of Persian Earthquakes*. Cambridge University Press.
- Berberian, M., Jackson, J.A., Ghoraiishi, M. and Kadjjar, M.H., 1984, Field and teleseismic observations of the 1981 Golbaf-Sirch earthquakes in SE Iran. *Geophys. J.R. astro. Soci.* 77, 809-838.
- Gheitanchi, M.R., 1992, Characteristics of destructive earthquakes in Iran, Ph.D. Thesis, the University of Tokyo.

پسلرزه‌های زلزله ۲۹ آبانماه ۱۳۶۸ بمدت حدود ۶ هفته با نصب یک شبکه موقت ثبت شده و با توجه به ابعاد شبکه و چگونگی و کیفیت ثبت داده‌ها از میان ۲۵۰۰ زلزله ثبت شده تنها ۳۹۴ زلزله تعیین محل شدند که رومرکز این زلزله‌ها در نواری بطول ۵۰ کیلومتر و عرض ۲۰ کیلومتر بموازات گسله‌های منطقه واقع بوده و کانون این پسلرزه‌ها عمدتاً در عمق ۵ تا ۲۵ کیلومتر قرار دارند.

مکانیسم زلزله اصلی و مکانیسم ترکیبی تعدادی پسلرزه‌ها با کانون‌های نزدیک بهم تعیین شدند با توجه به نقشه زمینساخت منطقه احتمالاً "سطح گره با راستای  $N26^{\circ}W$  با شیب  $70^{\circ}SW$  سطح گسلش زلزله اصلی است و بردار نیرو عمل کننده دارای آزمون شمال شرق شرق - جنوب غرب غرب است. مکانیسم اشتراکی حاصل از آن تعداد پسلرزه نیز با مکانیسم زلزله اصلی همخوانی نسبی دارد.

شرح و بحث و اطلاعات در ارتباط با زمین‌شناسی، تکتونیک، معرفی گسل‌های منطقه، توان گسل‌ها، فهرست زلزله‌های تاریخی (تا سال ۱۹۰۰ میلادی) و قرن جاری (تا سال ۱۹۹۰ میلادی) همراه با شرح زلزله‌های بزرگ، توانایی اعمال شدت و شتاب گسل‌ها بر شهر گلباف، روابط بکار گرفته شده شدت-شتاب، شدت-مسافت، مطالعه آماری زلزله‌های گستره گلباف (رابطه فراوانی-بزرگی)، تخمین خطر زلزله و بالاخره ضرایب زلزله برای عمر مفید ۱۰، ۱۵، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و یکصد سال، تمامی در گزارش طرح (فاطمی و همکاران، ۱۳۷۱) به تفصیل آمده‌اند.

## تشکر و قدردانی

از زحمات بی‌دریغ کارکنان سازمان زمین‌شناسی شعبه جنوب شرق ایران قدردانی می‌شود. همچنین مسئولین مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و فرد فرد اعضای بخش زلزله شناسی مؤسسه و بالاخص از مسئولین بخش فیزیک دانشگاه شهید باهنر کرمان تشکر می‌شود.