1. **اهمیت و ضرورت طرح**

وجود صنایع بالادستی و پایین دستی نفت و گاز در حال توسعه، نیروگاه اتمی بوشهر و توسعه آن، خطوط انتقال نیرو و انرژی، و توزیع جمعیت در حریم گسل های فعال در استان بوشهر، وجود پتانسیل بالای ریسک مخاطرات لرزه­ای و عواقب جبران ناپذیر مادی و معنوی آن را نمایان می­کند. وقوع زمین لرزه­های سال­های اخیر زنگ خطری است جدی، برای مدیران، برای اندیشیدن تدابیر لازم، برای اجرای پروژه­هایی به منظور بازتعریف توسعه پایدار بر مبنای محاسبه ریسک وقوع زمین لرزه و تاب آوری وضعیت موجود این پهنه.

زلزله، نظیر آتشفشان، سیل، توفان، سونامی و… از پدیده های طبیعی و هویتی کره زمین است و تفکر کنترل آنها در شرایط کنونی دور از انتظار است. آنچه باید انجام داد ایجاد شرایط سازگاری با این رویدادهاست که در فرایند مدیریت کاهش ریسک باید مورد توجه قرار گیرد. در تعریف مدیریت کاهش ریسک هر پدیده مخربی، باید به دنبال پاسخ این سؤال بود: چه کاری، در چه زمانی و چگونه باید انجام داد تا جامعه با کمترین آسیب ممکن مواجه شود؟ بخشی از این سؤال باید توسط دانشمندان پاسخ داده شود و بخش اجرائی آن به همسویی مدیران و اعتماد به روش های مبتنی بر علم و فناوری مربوط می­شود. شناسایی و تعریف نقش و مسئولیت سازمان­ها و نهادهای درگیر به صورت یک شبکه مکانی و زمانی، تدوین یک پروتکل روزآمد با قابلیت اجرائی و الزام آور، از مقدمات مقابله یا سازگاری با هر رویداد مخرب محسوب می شود. ازینرو و با توجه به اهمیت مطالعات زمین­شناختی و لرزه­خیزی در مطالعات ایمنی هسته­ای و مدیریت بحران نیروگاه اتمی بوشهر، بررسی لرزه­خیزی این منطقه و گسل­های مسبب زمین­لرزه در اطراف آن بسیار پر اهمیت می­باشد. در این پروژه، از داده­های به ثبت رسیده توسط شبکه لرزه­نگاری محلی در اطراف نیروگاه در مدت سه سال، استفاده شده است. حجم و توزیع داده مورد استفاده، بخوبی منطقه مورد مطالعه را پوشش داده و مقاطع بدست آمده از لرزه خیزی در کنار نتایج توموگرافی محلی زمین لرزه­ها، بخوبی هندسه گسل ها، المان­های سرعتی و زمین­شناسی نزدیک به سطح را نمایان کرد. همچنین محاسبه ساختار سرعتی سه بعدی در پوسته بالایی و میانی که برای نخستین بار در این منطقه به انجام رسید، کمک بسیار زیادی در تفسیر نتایج لرزه زمین ساختی منطقه داشته است.

1. **استفاده از منابع و مراجع معتبر بروز در پژوهش**

در تمام فصول مطالعه انجام شده، سعی و تاکید پژوهشگر بر استفاده از روش های نوین در حوزه­های مختلف زلزله­شناسی به وضوح دیده می­شود. در مبحث محاسبه ساختار سرعتی از بروزترین روش موجود که توسط خود پژوهشگر در سالیان اخیر توسعه یافته و در مجلات معتبر با نمایه ISI نیز به چاپ رسیده، استفاده شده است. همچنین در فصول چهار و پنج پژوهش، از روش­های بروز شده، بر پایه آخرین یافته های علمی روز دنیا، بمنظور محاسبه ساختار سرعتی سه بعدی و مکان­یابی زمین­لرزه­ها استفاده شده که اثر مثبت آنها در بخش تفسیر نتایج، کاملاً محسوس می­باشد.

1. **بکارگیری صحیح جداول نمودارها و مدل ها در گزارش نهایی و استفاده از متن روان در توضیح مبانی علمی**

با توجه به موضوع پژوهش انجام شده و نیاز به درک بصری از مفاهیم و نتایج بدست آمده، بخش بسیار زیادی از دستاوردها و نتایج، در قالب نمودار، جداول، هیستوگرام و نقشه­های زلزله­شناسی و زمین­شناسی نشان داده شده است. تمامی تصاویر در متن پژوهش، خروجی برنامه­های تخصصی در حوزه زلزله­شناسی بوده و با کیفیت و دقت بسیار بالایی آماده شده­اند. متن نویسنده بسیار روان، قابل فهم و گیرا می­باشد و عموماً مطالب علمی و تخصصی در حوزه زلزله شناسی بگونه­ای کاملاً شفاف و قابل فهم ارائه شده است.

1. **میزان تاثیر و کاربرد نتایج بدست آمده در سطح سازمان**

تحلیل و طراحی لرزه­ای یک نیروگاه هسته­ای، با ارزیابی خطر لرزه­ای و مطالعه حرکت زمین در حوزه دور و نزدیک، شروع می­شود. در بخش ارزیابی خطر لرزه­ای که خود شامل قسمت­های مختلفی می­باشد، تحلیل و توسعه مدل­های لرزه­زمین­ساختی، تا شعاع مشخصی از سایت مورد نظر از مهمترین موارد مورد بحث به شمار می­رود. به منظور ارائه یک تحلیل درست و ارتقاء مدل­های قبلی، استفاده از نتایج بدست آمده از مطالعات لرزه­خیزی و بررسی ساختار سرعتی منطقه، نقش بسیار مهمی ایفا می­کند. پژوهش انجام شده، به لطف استفاده از داده­های به ثبت رسیده در شبکه لرزه­نگاری متراکم نیروگاه اتمی بوشهر به مدت سه سال، بطور کامل به مطالعه لرزه­خیزی و ساختار سرعتی سه بعدی این گستره پرداخته و نتایج بسیار قابل توجهی را در حوزه زلزله­شناسی و زمین­شناختی منطقه، بیان می­کند. قطعاً نتایج بدست آمده در این مطالعه به عنوان اطلاعات پایه­ای در حوزه­های مرتبط، سبب افزایش دقت و اطمینان نتایج، بخصوص در مطالعات ارزیابی خطر لرزه­ای پیرامون سایت نیروگاه اتمی بوشهر خواهد شد.

1. **میزان اعتبار و روایی نتایج بدست آمده از پژوهش**

در مطالعه انجام شده، در هر قسمت و بر اساس استاندارهای تعریف شده در حوزه زلزله­شناسی مانند استفاده از معیار برآورد خطا، انجام آزمایش­های مصنوعی و انطباق نتایج با داده­های زمین­شناسی، اعتبار و صحت نتایج به درستی و با دقت بسیار بالایی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. ضمناً بهره­مندی از اطلاعات دقیق ثبت شده در شبکه لرزه­نگاری متراکم نیروگاه اتمی، موجب افزایش دوچندان دقت و صحت نتایج نهایی شده است.

1. **میزان تاثیرگزاری و نتایج حاصل از طرح درخودکفایی و خوداتکایی در سطح کشور**

پیش از شروع مطالعات اخیر سازمان در حوزه زلزله­شناسی که توسط متخصصان عزیز کشورمان در حال انجام است، در فاز یک نیروگاه اتمی بوشهر، مطالعات مشابهی توسط یک تیم متخصص از کشور روسیه به انجام رسیده است. مقایسه کیفیت پژوهش انجام شده در مقایسه با آنچه توسط تیم روسی به انجام رسیده است، نشان از برابری و حتی در مواردی، برتری قابل توجه کار انجام گرفته توسط محققین داخلی دارد و ضمن برطرف کردن نیاز کشور به صرف هزینه­های گزاف، مطالعه انجام شده بخوبی توانسته است به لحاظ علمی، بخش زیادی از نیازهای مورد انتظار در حوزه تخصصی زلزله­شناسی را مرتفع سازد. پژوهش حاضر در مقایسه با پروژه­های مشابه انجام شده در سایر نقاط کشور هم به لحاظ کیفی از سطح بسیار بالایی برخوردار است.

1. **میزان صرفه جویی اقتصادی و کاهش وابستگی ناشی از اجرای این پژوهش**

گرچه به منظور گردآوری داده های مورد استفاده در این پژوهش هزینه نسبتاً زیاد و زمان قابل توجهی صرف شده است، اما پژوهش حاضر در قالب پروژه کسر خدمت بوده و بنابراین هیچگونه هزینه­ای اضافی برای شرکت تولید و توسعه نیروگاه اتمی بوشهر در پی نداشته است. ذکر این نکته ضروری است که نمونه مشابه داخلی یا خارجی مطالعه صورت پذیرفته، نیازمند صرف هزینه­های قابل توجه برای سازمان درخواست کننده می­باشد.

1. **نو و بدیع بودن موضوع طرح**

بحث مکان­یابی زمین­لرزه­های محلی ثبت شده توسط شبکه­های لرزه­نگاری محلی، با بهرگیری از مدل سرعتی سه­بعدی پوسته، برای نخستین­بار در کشور و در گستره مورد مطالعه به انجام رسیده است. غالب مطالعات لرزه خیزی انجام گرفته در کشور بر پایه استفاده از مدل های سرعتی یک بعدی استوار است. در منطقه نیروگاه اتمی بوشهر تا کنون هیچ­گونه اطلاعاتی از ساختار سرعتی سه بعدی پوسته و تدقیق گسل­ها با دقت بسیار بالا، وجود نداشته است و لذا نتایج تحقیق حاضر از این حیث بسیار جدید و ارزنده می­باشد.

1. **موفقیت در دستیابی به یک فناوری مهم، یا موفقیت در ساخت نمونه آزمایشگاهی، یا موفقیت در ساخت نمونه نیمه صنعتی، یا موفقیت در ساخت نمونه صنعتی-تولیدی، یا موفقیت در دستیابی به یک مدل مفهومی**

مدل سه بعدی ساختار سرعتی پوسته در منطقه نیروگاه اتمی بوشهر با دقت بسیار بالایی بدست آمده است. مدل حاصل، ضمن آشکارسازی لایه­های رسوبی مختلف در پوسته، بخوبی حرکات گسل­های منطقه را نشان می­دهد. همچنین الگوی لرزه­خیزی بدست آمده وضعیت فعلی لرزه­زمین­ساخت گستره مورد مطالعه را بیش از پیش آشکار کرده است.

1. **انتشار نتایج پژوهش بصورت مقاله در پایگاه های اسنادی داخلی و خارجی**

با توجه به سوابق و تجربه تیم نگارنده، تحقیق حاضر براحتی قادر به چاپ در مجلات معتبر بین المللی (ISI) می­باشد ولیکن به دلیل حساسیت نتایج کسب شده و رعایت ملاحضات امنیتی، از انتشار هرگونه نتیجه بجز گزارش حاضر که در اختیار شرکت تولید و توسعه انرژی اتمی ایران قرار گرفته، پرهیز شده است.

1. **رضایتمندی استاد راهنما/ناظر**

با توجه به کیفیت بالای پژوهش انجام شده که به جرات می­توان آنرا در زمره مطالعات ارزشمنده انجام شده در حوزه مطالعات زلزله­شناسی سالهای اخیر قرار داد، رضایت کامل خود را از این پژوهش اعلام میکنم. جایگاه علمی مطالعه انجام شده به راحتی با سطح یک رساله دکتری در دانشگاه­ها و پژوهشگاه­های ممتاز کشور برابری می­کند و از این حیث ارزش علمی و معنوی والایی دارا می­باشد.

چکیده طرح (حاوی ضرورت اهمیت و کاربرد آن در صنعت هسته ای)

فلات ایران و به طور ویژه کشور ایران، با توجه به شرایط خاص زمین ساختی ناشی از هم گرایی صفحات عربی در جنوب-جنوب غرب و اوراسیا در شمال، از دیرباز با رویداد طبیعی زمین­لرزه بعضاً ویرانگر مواجه بوده و خواهد بود. این پدیده طبیعی که شوربختانه به علت عدم مواجهه صحیح مدیریتی به عنوان بلای طبیعی از آن یاد می شود، تقریبا تمامی پهنه ایران را تحت تاثیر قرار می دهد. کمتر از نیمی از تمرکز انرژی ناشی از هم گرایی ورقه های عربی و اوراسیا، در بخش شمال غرب تا جنوب غرب و جنوب ایران، موجب چین خوردگی و گسلش زاگرس با امتداد شمال غرب-جنوب شرق با طول حدود هزارو ۷۰۰ کیلومتر و پهنای ۲۵۰ تا ۳۰۰ کیلومتر شده است. ساختار چین خورده زاگرس از کردستان شروع می شود و تا تنگه هرمز ادامه می­یابد. چین خوردگی زاگرس در ادبیات زلزله شناسی به عنوان یک شاخه از کمربند لرزه خیز آلپ-هیمالیا شناخته می شود. این عارضه طبیعی به علت وجود تنوع ساختاری مورد توجه دانشمندان زلزله شناسی دنیاست. یکی از نظریاتی که امروزه مطرح است، آزادسازی انرژی لرزه­ای در ایران بعد از یک وقفه طولانی است، و به همین علت در چند سال اخیر شاهد تراکم زمانی زمین­لرزه­ها به ویژه در پهنه زاگرس هستیم، که زلزله ویرانگر کرمانشاه و زلزله­های متعاقب آن به همین موضوع نسبت داده می شود. داده­های لرزه­ای حکایت از مهاجرت تنش های مسبب زمین لرزه به سوی مرزهای جنوبی زاگرس دارند و چنانچه این برآورد درست باشد، وقوع زمین لرزه­های بیشتر در استان های واقع در جبهه غربی زاگرس را می توان انتظار داشت. زلزله بیستم فروردین ۱۳۹۲ کاکی با بزرگای 3/6 ، با ۳۷ قربانی، هزارو ۱۷۰ مجروح و ویرانی قریب به ۸۰ درصد منازل مسکونی روی داد و بیش از 2000 میلیارد ریال به تاسیسات زیربنایی خسارت وارد کرد. این زلزله­ و تعداد قابل توجهی از زلزله­های با بزرگای چهار تا پنج، به ویژه در جنوب استان بوشهر، همگی می­توانند شواهدی بر افزایش آهنگ فعالیت لرزه خیزی این منطقه بعد از یک دوره چند ده ساله باشند. وجود صنایع بالادستی و پایین دستی نفت و گاز در حال توسعه، نیروگاه اتمی بوشهر و توسعه آن، خطوط انتقال نیرو و انرژی، وجود پتانسیل بالای ریسک مخاطرات لرزه ای و عواقب جبران ناپذیر مادی و معنوی آن را نمایان می کند. وقوع زمین لرزه­های سال­های اخیر زنگ خطری است جدی، برای مدیران، برای اندیشیدن تدابیر لازم، برای اجرای پروژه­هایی به منظور بازتعریف توسعه پایدار بر مبنای محاسبه ریسک وقوع زمین لرزه و تاب آوری وضعیت موجود این استان.

با توجه به اهمیت مطالعات زمین­شناختی و لرزه­خیزی در مطالعات ایمنی هسته­ای و مدیریت بحران نیروگاه اتمی بوشهر، بررسی لرزه­خیزی این منطقه و گسل­های مسبب زمین­لرزه در اطراف آن بسیار پر اهمیت می­باشد. در این پروژه، از داده­های به ثبت رسیده توسط شبکه لرزه­نگاری محلی در اطراف نیروگاه بوشهر به مدت سه سال، استفاده شد. حجم و توزیع داده مورد استفاده بخوبی منطقه مورد مطالعه را پوشش داده و مقاطع بدست آمده از لرزه­خیزی در کنار نتایج توموگرافی محلی زمین­لرزه­ها، بخوبی هندسه گسل­ها، المان­های سرعتی و زمین­شناسی نزدیک به سطح زمین را شناسایی کرد. نتایج بدست آمده از این مطالعه با اطمینان بالایی می­تواند به عنوان اطلاعات پایه­ای و ورودی در مباحث طراحی لرزه­ای فازهای 2 و 3 نیروگاه اتمی بوشهر مورد استفاده قرار گیرد و سبب بروزرسانی مدل­های برآورد شده از تحلیل خطر سازهای مهم این سایت گردد.