کد مقاله: ۱۱۵-A-۲

پهنه بندی ضریب بزرگنمایی شتاب در شهر بندر عباس

علی بیت اللهی[۱]، امید عباسی*[۲]، علیرضا کاظمی[۳]، لطیف دوستی[٤]

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهر تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد مهندسی ژئوتکنیک، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران

۳- کارشناس ارشد مهندسی زلزله، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهر سازی، تهران، ایران

٤- دانشجوی دکتری مهندسی زلزله، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران

چکیده

امروزه وجود بانک های اطلاعاتی جامع از داده های ژئوتکنیک به عنوان یک ابزار قوی در اجرای ایمن و سازگار با محیط پروژه های عمرانی و نیز در برنامه ریزی کاربری زمین در مقیاس شهری نقش به سزایی دارد. به همین خاطر، در بسیاری از کشورها اهتمام ویژه ای در تهیه این قبیل بانک ها صورت گرفته است. در کشور ما نیز همگام با پیشرفت های حاصل در کشورهای دیگر، تلاش هایی در این جهت شده است که تحقیق حاضر در شهر بندرعباس نمونه ای از این تلاش ها است. مطالعات پهنه بندی ضریب بزرگنمایی شتاب برای مهندسین، طراحان و دست اندرکاران طرح های توسعه شهری و پروژه های ساختمانی، این امکان را به وجود می آورد، تا تصویری کلی از ویژگی های ژئوتکنیکی سطحی و زیر سطحی محدوده ی پروژه به دست آورده، از محدوده های مکانی پدیده های خطرزا آگاه شده و بر پایه این اطلاعات در مورد طرح های خود تصمیم گیری نمایند. در تحقیق حاضر با بررسی و تحلیل دینامیکی ۱۵٤ گمانه و اطلاعات ژئوتکنیکی موجود پهنه بندی ضریب بزرگنمایی شتاب شهر بندر عباس بدست آمده است. همچنین با تقسیم شهر به پنج ناحیه به بررسی ساخت ساختمان های جدید با سیستم های مختلف سازه ای به منظور پرهیز از نزدیک شدن پریود سازه و آبرفت و جلوگیری خرابی های ناشی از پدیده تشدید پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: پهنه بندی، ضریب بزرگنمایی، سرعت موج برشی، آزمایش نفوذ استاندارد

۱- مقدمه

سرزمین ما ایران یکی از لرزه خیزترین کشورهای جهان است. وقوع زلزله های ویرانگر نیم قرن گذشته، از جمله بوئین زهرا (۱۳٤۵)، طبس (۱۳۵۷)، منجیل (۱۳٦۹)، آوج (۱۳۸۱)، بم (۱۳۸۲) و نیز ثبت بیشمار زلزله های دستگاهی کوچک و متوسط طی یک دهه گذشته کافی است تا همگان را متقاعد سازد، که کاهش آسیب پذیری و نیز مدیریت خطرپذیری ناشی از زلزله با محوریت حفظ جان انسان ها، از مهمترین چالش های پیشرو برای توسعه پایدار کشورمان است. اکنون قریب چهار دهه است که کشورهای لرزه خیز دنیا، مطالعات پهنه بندی ژئوتکنیک لرزه ای را به عنوان گامی مهم در برنامه جامع مدیریت خطرپذیری و کاهش آسیب ها و خسارات احتمالی ناشی از زلزله مورد توجه قرار داده اند. نتایج این

*نویسنده مسئول: امید عباسی، omid.geotech@gmail.com

مطالعات که در قالب نقشه هایی چون تعیین نوع زمین، توزیع بیشینه شتاب (و سرعت) سطح زمین، پریود طبیعی، پریود دینامیکی و پتانسیل خطرات ژئوتکنیک لرزه ای ارائه می گردد، می تواند در برنامه ریزی کلان ساخت و ساز شهری، شامل تعیین کاربری اراضی، تدقیق فرایند طراحی مقاوم سازه ها در برابر زلزله، برآورد آسیب پذیری لرزه ای شهر، برنامه ریزی عملیات بهسازی لرزه ای شهر و همچنین تدوین و تدقیق طرح های جامع، توسعه و مدیریت خطرپذیری و بحران شهر بکار گرفته شود. یافتن پریودهای طبیعی ساختگاه به ما این امکان را می‌دهد که با اجتناب از ساخت سازه‌هایی با پریود طبیعی نزدیک به پریود طبیعی ساختگاه از بوجود آمدن تشدید تا حد زیادی جلوگیری کنیم. علاوه بر این اگر محتوای فرکانسی شتاب نگاشت نزدیک به یکی از پریودهای طبیعی ساختگاه باشد، باعث تشدید شدید شتاب در خاک شده و ناپایداری بوجود خواهد آمد.

۲- اهمیت شهر بندرعباس

بندرعباس یکی از بندرهای جنوب ایران است و اکنون بزرگترین بندر ایران می باشد. درصد بسیار بالایی از ترانزیت کالا از طریق بنادر این شهر صورت می‌گیرد. شهرستان بندرعباس، در سرشماری عمومی ۲۰۱۱، دارای ٤٤٨٨٦١ نفر جمعیت بوده است، که از این شمار ۲۲۹٤۹۹ نفر مرد و ۲۱۹۳٦۲ نفر زن بوده‌اند. شهرستان بندرعباس مرکز استان هرمزگان بوده و با پهنای حدود ۲۷۳۱٦ کیلومتر مربع، در شمال تنگه هرمز و متوسط بلندی آن از سطح دریا در حدود ٦ متر است. استان هرمزگان در جنوب ایران و در ساحل آب‌های دریای عمان و خلیج فارس واقع شده و دارای ١٤ جزیره بزرگ و مسکونی است، که از دیدگاه‌های مختلف جهانگردی، اقتصادی و سیاسی این منطقه را دارای اهمیت کرده است. استان هرمزگان به‌لحاظ اقتصادی، سیاسی و ترانزیتی یکی از مهم‌ترین مناطق ایران است که از نظر گردشگری نیز دارای اهمیت بسیار می باشد.

۳- ویژگی های زمین شناسی منطقه

استان هرمزگان از جمله استان‌های استثنائی کشور است که فعالیت‌ها و رخدادهای زمین‌شناسی آن درخور توجه می‌باشد. استان هرمزگان بر اساس تقسیم‌بندی زمین‌شناسی- ساختاری ایران، گستره‌ای است که از شمال به زون ایران مرکزی، از غرب و شمال‌غرب به واحد ساختاری زاگرس مرتفع، از شرق به واحد ساختاری زاگرس چین‌خورده، از جنوب‌شرق به واحد ساختاری مکران و از جنوب به خلیج فارس محدود می‌گردد. نیمه غربی استان، به‌عنوان بخشی از ارتفاعات پهنه ساختاری رسوبی زاگرس، از جمله مناطق نفت‌خیز کشور است که مطالعه آن توسط شرکت ملی نفت ایران، البته در مقیاس‌های گوناگون، صورت گرفته است. در حالی‌که نیمه شرقی استان هرمزگان، به‌عنوان بخشی از پهنه ساختاری رسوبی مکران، از جمله مناطق کوهزایی ایران است که از نظر زمین‌شناسی و معدنی مورد توجه سازمان زمین‌شناسی بوده است، به‌همین دلیل مطالعات زمین‌شناسی- اکتشافی گسترده‌ای در این بخش (شرق) استان هرمزگان صورت گرفته است. هرمزگان از لحاظ زمین‌شناسی دارای وضعیت پیچیده ساختمانی رسوبی است و این امر موجب گردیده تا واحدهای ساختمانی با خصوصیات و ویژگی‌های متفاوت خود در سطح استان گسترش یابند. جایگاه جغرافیایی این استان و قرارگیری آن در فصل مشترک سه پهنه ساختاری-رسوبی زاگرس، مکران و ایران مرکزی سبب گردیده تا استان هرمزگان جایگاه زمین‌شناسی و خاصه‌های ساختاری ویژه‌ای داشته باشد.

با توجه به موقعیت منطقه مورد مطالعه در نزدیکی مرز صفحات پوسته‌ای، وجود گسل‌های فعال و لرزه‌زای فراوان در منطقه، فراوانی گنبدهای نمکی و وقوع زلزله‌های کوچک و بزرگ متعدد در منطقه، توان لرزه‌خیزی و تکتونیسم منطقه در حد بالا و فعالی به‌نظر می‌رسد. نکته مهم و قابل توجه در نقشه‌های زمین‌شناسی و گسل‌های منطقه این است که علی‌رغم وجود گسل‌های فراوان در شرق استان، به‌دلیل وجود گنبدهای نمکی و

فعالیت الاستیک آن‌ها در برابر تکان‌های زمین، تعداد زلزله‌های رخ داده در غرب استان بسیار بیشتر از شرق بوده و شهر بندرعباس نیز در فاصله نه‌چندان زیادی از گنبدهای نمکی قرار داشته و بنابراین در معرض خطر بالایی قرار می‌گیرد. نکته مهم دیگر تاثیر احتمالی اثر ساختگاه در حین رخداد زلزله در منطقه به‌دلیل وجود رسوبات دانه‌ریز و سطح آب زیرزمینی بالا در سطح شهر می‌باشد، که می‌بایست به‌دقت مورد مطالعه قرار گرفته و پهنه‌بندی دقیق در سطح شهر انجام شود.

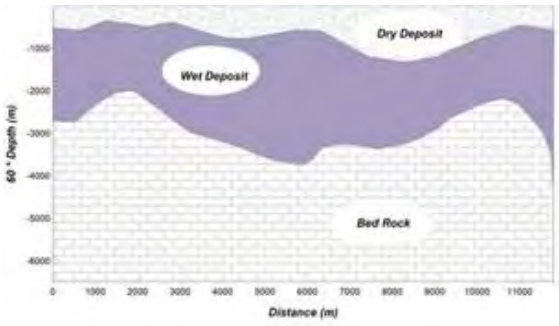
مطالعات ژئوالکتریکی با هدف تهیه ساختار زمین شناسی، شناسایی گسله های نهان و همچنین تعیین سطح ایستابی آب های زیرزمینی صورت پذیرفت. پس از بازدیدهای میدانی و همچنین بررسی نقشه های ماهواره ای، سه پروفیل برای اجرای مطالعات در نظر گرفته شد. پروفیل ها مشتمل بر ۱۰۰ سونداژ و در سه ضلع شرقی (Pe)، شمالی (Pn) و غربی (Pw) شهر بندرعباس به اجرا در آمد. در شکل ۱ مسیر انجام مطالعات ژئوالکتریکی به تصویر کشیده شده است. عملیات میدانی و برداشت داده ها توسط گروه مطالعات ژئوفیزیک به انجام رسید. همانطور که از شکل ۱ مشاهده می شود پروفیل های برداشت شده عبارتند از پروفیل شمالی مشتمل بر ٦٠ سونداژ در راستای غربی- شرقی ، پروفیل غربی مشتمل بر ۲۰ سونداژ در راستای شمالی- جنوبی و پروفیل شرقی مشتمل بر ۲۰ سونداژ در راستای شمالی- جنوبی.

معمولا مقطع زمین‌شناسی پس از تفسیر ژئوالکتریکی منحنی‌های سونداژ پروفیل ها و با در نظرگرفتن وضعیت زمین شناسی منطقه، اعداد مقاومت تفسیرشده، روند تغییرات مقاومت الکتریکی در طول عمق، تغییرات توپوگرافی در طول پروفیل ها، شیب سطح ایستابی، لحاظ کردن عوامل تکتونیکی، اطلاعات صحرایی شامل اطلاعات لاگ چاه های موجود، نقشه‌های زمین‌شناسی و پیزومترهای موجود در سطح دشت ها و همچنین مطالعات صحرایی در منطقه به دست می آید.

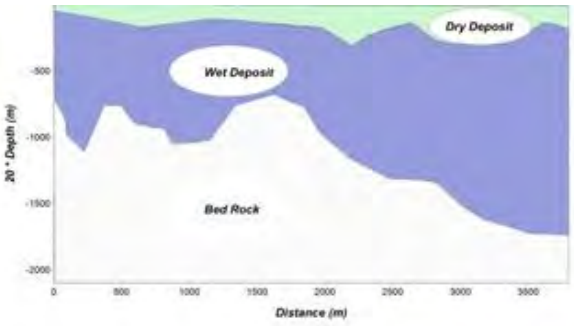
شکل۱: مسیر سه پروفیل ژئوالکتریکی در محدوده شهر بندرعباس (پروفیل شمالی: Pn ، پروفیل شرقی: Pe و پروفیل غربی: Pw)

با بررسی کلی مقاطع زمین شناسی مربوط به سه پروفیل وجود سه لایه اصلی رسوبی مشهود است. با توجه به مشاهدات میدانی، وجود لایه سطحی ریزدانه شامل رس فشرده باعث افت شدید مقاومت الکتریکی در این لایه ها می شود. همان طور که در شکل های ۲ تا ٤ دیده می شود، ضخامت این لایه سطحی در بیشترین حالت تا ۱۰ متر می رسد. با افزایش عمق تجسس کاهش مقدار مقاومت ادامه پیدا می کند، به طوری که مقدار آن به کمتر از ۱ اهم متر نیز می رسد. این امر را می توان به رطوبت موجود در لایه های زیرین که دارای ساختار ریزدانه نیز هستند، نسبت داد. سطح ایستابی آب نیز با توجه به مقاطع، بین ۵ تا ۱۵ متر در پروفیل های مختلف متغیر است. بدیهی است که با توجه به شیب موجود، با حرکت از شمال به سمت جنوب و نزدیکی به دریا سطح آب های زیرزمینی نیز به لایه های سطحی نزدیک تر می شود. ضخامت لایه آبدار نیز با توجه به توپوگرافی سنگ کف در نقاط مختلف متفاوت می باشد. با توجه به شواهد موجود و نتایج به دست آمده، می توان گفت سنگ کف نیز از

نوع مارن و شیل است. در پروفیل شمالی همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود، عمق سنگ کف بین ۳۰ تا ۵۰ متر متغیر است. در پروفیل شرقی در کمترین حالت در حدود ۳۰ متری و در بیشترین حالت در ۸۰ متری به سنگ کف ژئوالکتریکی برخورد می کنیم (شکل ۳). وضعیت در پروفیل غربی از لحاظ عمق دسترسی به سنگ کف کاملا مشابه پروفیل شرقی می باشد (شکل ٤).

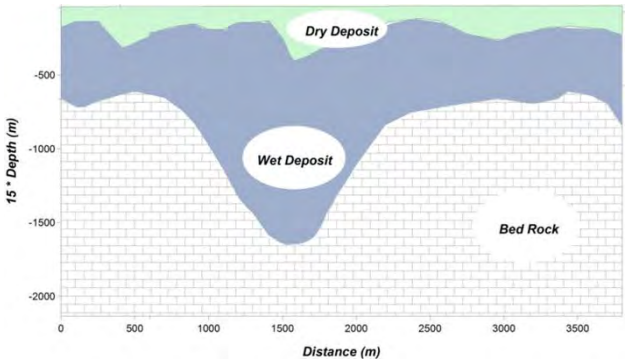


شکل۲: مقطع زمین شناسی پروفیل شمالی



شکل۳: مقطع زمین شناسی پروفیل شرقی

سازندهای متعدد زمین شناسی در منطقه رخنمون دارند، اما شهر بندرعباس عمدتا بر روی نهشته های کواترنر و سازند مارن و ماسه سنگی آغاجاری بنا شده است. به طور کلی در محدوده سطحی خاک انتظار می رود که به سمت پایین دست ذرات دانه ریز شوند و در نزدیکی ساحل دریا به ماسه های ساحلی برخورد شود. بدیهی است تغییرات سطح آب دریا باعث جابه جایی خط ساحلی و در نتیجه پراکندگی ماسه های شسته و تمیز و جورشده ساحلی می گردد. تقریبا نواحی زیادی از محدوده مسکونی شهر نیز روی این رسوبات مستقر بوده و سایر نواحی روی سازند آغاجاری متشکل از مارن و ماسه سنگ بنا شده اند.



شکل٤: مقطع زمین شناسی پروفیل غربی

از نظر دانه بندی با توجه به زمین شناسی انتظار می رود بیشتر سطح منطقه با رسوبات ماسه با جورشدگی بد و از نظر مهندسی عمران با دانه بندی خوب (SM) پوشیده شده باشد. پس از این رده رسوبات ریزدانه رسی (CL) و گاهی گراول ها را می توان مشاهده نمود. سطح زمین و لایه های سطحی با توجه به مشاهدات میدانی و وجود ترانشه های مختلف در اطراف شهر شامل رسوبات دریایی ریزدانه و فشرده می باشد و این وضعیت برای تمام نقاط برداشت شده صادق است. به جز در چند نقطه که به علت عملیات عمرانی و وجود خاک های دستی و نخاله ها مقاومت

بالایی مشاهده شد، در بقیه نقاط مقاومت این لایه سطحی بین ۵ تا ۵۰ اهم متر اندازه گیری شده است. ضخامت این لایه را به طور کلی می توان کمتر از ۱۰ متر در نظر گرفت. سست بودن خاک سطحی می بایست در امر احداث سازه ها مهم تلقی شود. سطح ایستابی احتمالی منطقه بین ۵ تا ۱٦متر متغیر می باشد و می تواند برای احداث پی عمیق برخی سازه ها مشکل ساز گردد. در بسیاری نقاط جنوبی به علت نزدیکی به دریا سطح آب بالاتر بوده و انجام زهکشی برای حل مشکل احداث پی ضروری می باشد.

در این مطالعه، با توجه به اینکه شرایط لایه‌های خاک ساختگاه بر خصوصیات حرکت سطحی زمین موثر می‌باشد، ضمن ارائه اطلاعات خاک جمع‌آوری شده، روند تحلیل و تاثیر ساختگاه بر امواج زلزله احتمالی بررسی شده و نهایتا ضریبی به‌نام ضریب تقویت امواج برای شهر بندرعباس ارائه شده است. این ضریب که با ضرب آن در حداکثر شتاب حرکت بر روی سنگ‌بستر می‌توان حداکثر شتاب را در سطح زمین (شالوده سازه‌ها) به‌دست آورد، به‌عنوان معیاری برای تاثیر شرایط ساختگاهی پهنه شهر بندرعباس بر حرکت نیرومند زمین در سطح در نظر گرفته شده است.

٤- جمع آوری اطلاعات گمانه های موجود

اطلاعات جمع‌آوری شده در مورد شرایط ساختگاهی در شهر بندرعباس به دو صورت دریافت اطلاعات لاگ گمانه‌های موجود در ادارات و بازدید میدانی بدست آمد، و اطلاعات لاگ گمانه‌های موجود به‌منظور مدلسازی پروفیل خاک مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اطلاعات گمانه‌ها از طریق منابع مختلفی از جمله مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی واحد بندرعباس در اختیار پروژه قرار گرفت.

شکل۵: جانمایی گمانه‌ها در سطح شهر بندرعباس

در مجموع تعداد ١٥٤ لاگ گمانه به‌همراه جانمایی آن‌ها از شرکت‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به جانمایی گمانه‌ها، گمانه‌های مورد استفاده قرار گرفته از پراکندگی مناسبی در سطح شهر برخوردار بوده (شکل ۵) و می‌توان شرایط ساختگاهی شهر بندرعباس را با تکیه بر اطلاعات آن‌ها بیان نموده و در محاسبات ضریب بزرگنمایی مورد استفاده قرار داد.

۵- مدلسازی گمانه ها

به‌منظور بدست آوردن ضریب تقویت ساختگاه در هر نقطه مورد مطالعه با در نظر گرفتن اطلاعات موجود برای هر گمانه پروفیل خاک در برنامه SHAKE مدل شده و خصوصیات هر لایه خاک به آن نسبت داده شد. در آنالیز عبور امواج از یک لایه خاک علاوه بر ضخامت لایه، دو پارامتر وزن مخصوص و سرعت موج برشی در آن لایه خاک نیز مورد نیاز می‌باشد که با وارد کردن این پارامترها از لاگ گمانه‌ها می‌توان پروفیل خاک را مدل کرد.

٦- تعیین سرعت موج برشی در لایه ها

سرعت موج برشی یکی ازمهم‌ترین پارامترهای کنترل‌کننده پاسخ دینامیکی خاک به‌شمار می‌رود، بنابراین برای ارزیابی اثرات ساختگاهی با استفاده از روش‌های تئوریک تحلیل پاسخ زمین و تعیین ضرایب بزرگنمایی لرزه‌ای خاک در زلزله باید پروفیل سرعت موج برشی رسوبات (V_s) را تا سنگ‌بستر لرزه‌ای بدست آورد. سرعت موج برشی پروفیل معمولا در محل و با به‌کارگیری روش‌های ژئوفیزیک لرزه‌ای متداول همانند روش‌های انعکاسی، انکساری و درون‌چاهی تعیین می‌شود. یکی دیگر از روش‌های تعیین پروفیل V_s در محل، استفاده از روش‌های ژئوتکنیکی همانند انجام آزمایشات SPT یا CPT و استفاده از روابط تجربی بین مقادیر V_s و عدد SPT یا CPT می‌باشد.

بدلیل عدم انجام اندازه‌گیری‌های درون‌چاهی به‌منظور تعیین سرعت موج برشی و با توجه به این‌که سرعت موج برشی از روی عدد نفوذ استاندارد قابل تقریب است، لذا این پارامتر با استفاده از اعداد نفوذ استاندارد موجود در لاگ گمانه‌ها برای هر لایه خاک تعیین شده‌اند. به این-صورت که با تعیین مشخصات خاک از روی گمانه‌ها در لایه‌های مختلف و با انتخاب روابط مناسب بین سرعت موج برشی و عدد SPT، سرعت موج برشی برای هر لایه تخمین زده شده است. روابط مورد استفاده به قرار جدول ٤-١ می‌باشد.

جدول ١: نمونه‌هایی از روابط سرعت موج برشی و SPT ارائه شده برای خاک‌های مختلف

Jafari et al.(2002)	CLAY	$V_s = 27N^{0.73}$
Hasancebi and Ulusay (2006)	CLAY	$V_s = 97.89N^{0.269}$
Dikmen (2009)	CLAY	$V_s = 44N^{0.48}$
Jafari et al.(2002)	SILT	$V_s = 22N^{0.77}$
Dikmen (2009)	SILT	$V_s = 60N^{0.36}$
Dikmen (2009)	SAND	$V_s = 58\ N^{0.39}$
Hasancebi and Ulusay (2006)	SAND	$V_s = 90.82N^{0.319}$
Seed and Idriss (1981)	All Soils	$V_s = 61.4N^{0.5}$
Jafari et al.(1997)	All Soils	$V_s = 22N^{0.85}$

٧- تعیین نوع شتاب نگاشت ها

در این مطالعه ١٠ رکورد زلزله، که دارای ویژگی‌های مشابه زمین‌لرزه‌های دارای اثرات جهت‌پذیری بودند، مورد مطالعه قرار گرفت و از بین آنها ٤ رکورد میدان‌نزدیک زلزله‌های بم، طبس، لوماپریتا و کیپ موندینو برای محاسبه ضریب یزرگنمایی شتاب شهر بندرعباس مناسب دیده شد. در جدول ٢ اطلاعات این رکوردها مشاهده می‌شود.

جدول ٢: زلزله‌های میدان‌نزدیک با اثر جهت‌پذیری رو به‌جلو مورد استفاده برای آنالیز مدل خاک

Year	Earthquake	MW	Mech	Station	N.F. Comp.	Site Class	PGA g	PGV cm/sec	PGD cm
1989	Loma Prieta	7.1	Oblique	LGPC	00	Stiff soil	0.56	94.81	-
1992	Cape Mendocino	7.0	Thrust	Petrolia	90	Stiff soil	0.66	90.16	-

1978	Tabas	7.4	Thrust	TABAS	T		0.85	121	95
2003	Bam	6.6	SS	BAM	L		0.79	119.3	88

پس از انجام آنالیز، پارامترهای مورد نیاز در سطح هر لایه مدل و در سطح زمین بدست خواهند آمد و می‌توان آن‌ها را با هم مقایسه نمود. به‌عنوان مثال می‌توان پارامتر شتاب در سطح سنگ‌بستر و سطح زمین را با هم مقایسه نموده و ضریب تقویت ساختگاه را در نقطه مورد نظر به‌دست آورد.

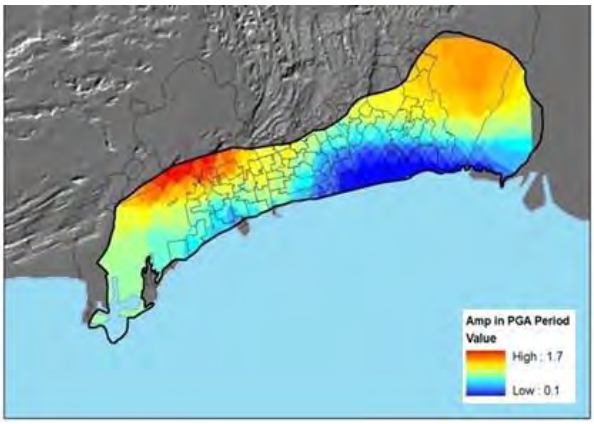
در واقع برای انتقال شتاب‌نگاشت از سطح سنگ‌بستر به سطح زمین از تابع انتقال استفاده می‌شود. بدین ترتیب که با بردن شتاب‌نگاشت ورودی به حوزه فرکانس به کمک تبدیل فوریه، تابع شتاب‌نگاشت، که شامل مقادیر شتاب زمین روی سنگ‌بستر بر حسب زمان می‌باشد، تبدیل به تابعی بر حسب فرکانس می‌شود. این تابع فرکانسی در برگیرنده اطلاعات مهمی درباره محتوای فرکانسی، فرکانس غالب و دیگر پارامترهای مهم می‌باشد. همچنین تابع انتقال، که وظیفه آن حصول شتاب‌نگاشت بر روی سطح زمین می‌باشد، نیز با تکیه بر روابط تئوریک انتقال امواج در محیط چندلایه غیرالاستیک نیمه بی‌نهایت، بر حسب مقادیر فرکانس به‌دست می‌آید. حصول تابع انتقال با استفاده از پارامترهای ورودی برای نوع خاک و خصوصیات آن می‌باشد و بستگی به مدل پروفیل خاک داشته و در حالت خطی مستقل از شتاب‌نگاشت ورودی می‌باشد.

با ضرب مقادیر تبدیل فوریه شتاب‌نگاشت ورودی در مقادیر متناظر آن‌ها در فرکانس‌های مختلف، تابعی در حوزه فرکانس به‌دست می‌آید، که معرف مقادیر شتاب در سطح زمین در حوزه فرکانس می‌باشد. با استفاده از تبدیل فوریه معکوس می‌توان این تابع فرکانسی را به حوزه زمان برده و شتاب‌نگاشت و یا رکورد شتاب در سطح زمین را به‌دست آورد. نهایتا با استفاده از تابع زمانی شتاب در سطح زمین، طیف‌های پاسخ زلزله روی سطح زمین قابل حصول خواهد بود.

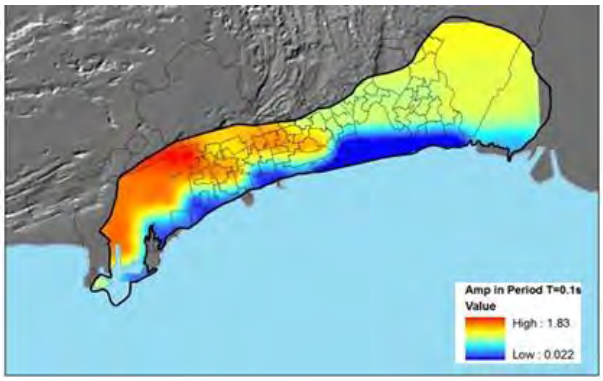
۸- ضرایب بزرگنمایی اثرات ساختگاه

با محاسبه ضریب بزرگنمایی در محل هر گمانه و با به‌هم بستن مقادیر این ضریب، منحنی‌های پهنه‌بندی ضریب بزرگنمایی به‌دست می‌آید که در واقع اثر ساختگاه را در گستره شهر بندرعباس نشان می‌دهد. با محاسبه مقادیر بزرگنمایی و تخصیص آن به هر زون، لایه اطلاعاتی مربوط به شرایط ساختگاهی در محاسبات ضریب بزرگنمایی شتاب زلزله شهر بندرعباس تکمیل می‌گردد. در شکل‌های ۷ الی ١٤ تغییرات ضریب بزرگنمایی خاک به‌ازای پریودهای مختلف نشان داده شده است. همانطور که از شکل های ۷ الی ١٤ مشاهده می شود، حداکثر ضریب بزرگنمایی شتاب در پریودهای PGA ، ۰/۱ ، ۰/۳ ، ۰/۵ ، ۱ ، ۱/٦ ، ۲ و ۲/٦ ثانیه به ترتیب برابر ۱/۷ ، ۱/۸۳ ، ۱/٦۹ ، ۱/۷۳ ، ۱/۸۹ ، ۱/٦ ، ۱/۳٤ و ۱/۱۸ می باشد.

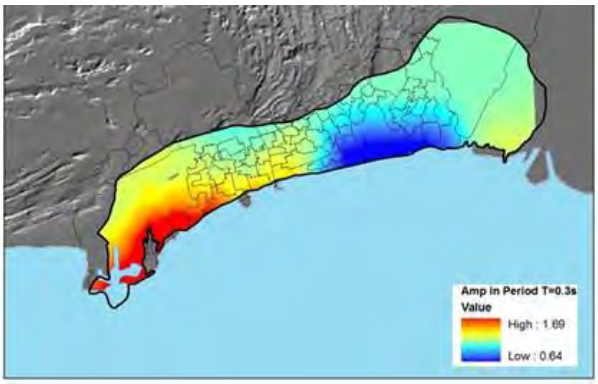
یافتن پریودهای طبیعی ساختگاه به ما این امکان را می‌دهد که با اجتناب از ساخت سازه‌هایی با پریود طبیعی نزدیک به پریود طبیعی ساختگاه از بوجود آمدن تشدید تا حد زیادی جلوگیری کنیم. علاوه بر این اگر محتوای فرکانسی شتاب نگاشت نزدیک به یکی از پریودهای طبیعی ساختگاه باشد، باعث تشدید شدید شتاب در خاک شده و ناپایداری بوجود خواهد آمد. در این راستا، با استفاده از ضرایب بزرگنمایی شتاب بدست آمده در پریود های مختلف برای شهر بندرعباس می توان با ناحیه بندی شهر، تیپ بندی سازه ای مناسبی در محدوده شهر بندرعباس توصیه نمود. هر سازه ای با توجه به سیستم سازه ای و ارتفاع خود دارای پریود ارتعاش آزاد متفاوتی می باشد.



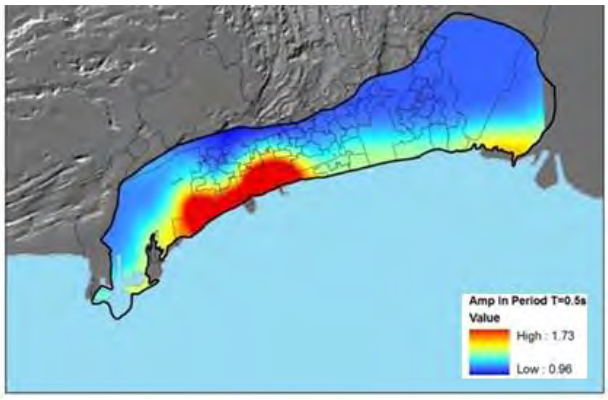
شکل۷: ضرایب بزرگنمایی در پریود PGA در گستره شهر بندرعباس



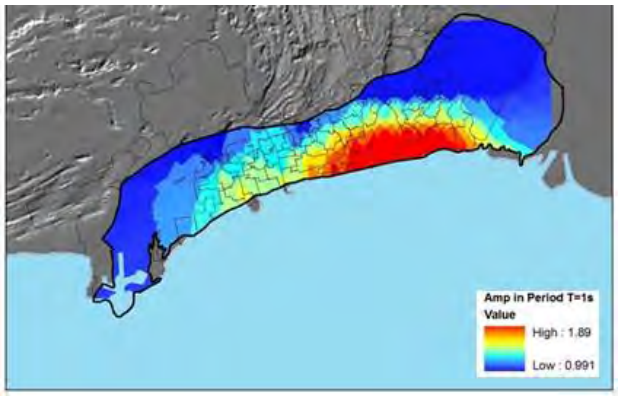
شکل۸: ضرایب بزرگنمایی در پریود ۰/۱ ثانیه در گستره شهر بندرعباس



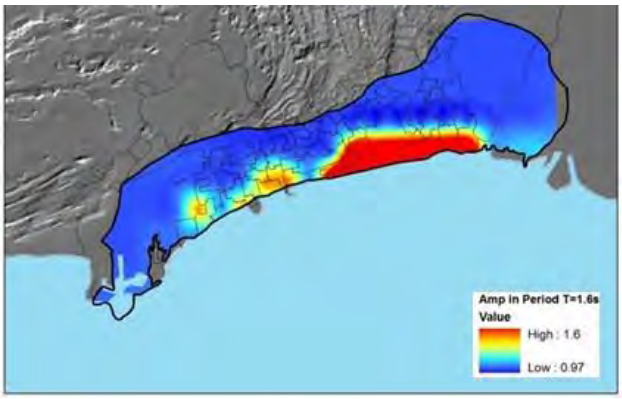
شکل۹: ضرایب بزرگنمایی در پریود ۰/۳ ثانیه در گستره شهر بندرعباس



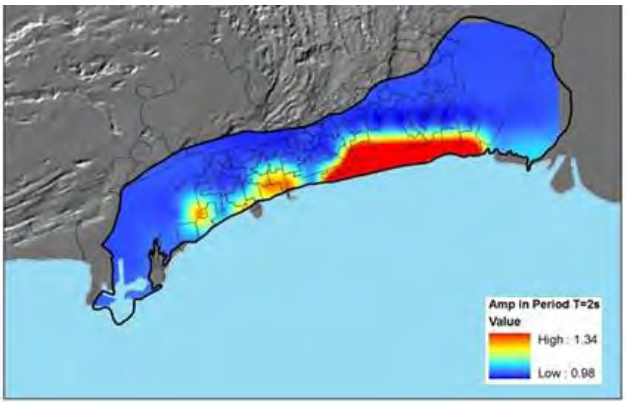
شکل۱۰: ضرایب بزرگنمایی در پریود ۰/۵ ثانیه در گستره شهر بندرعباس



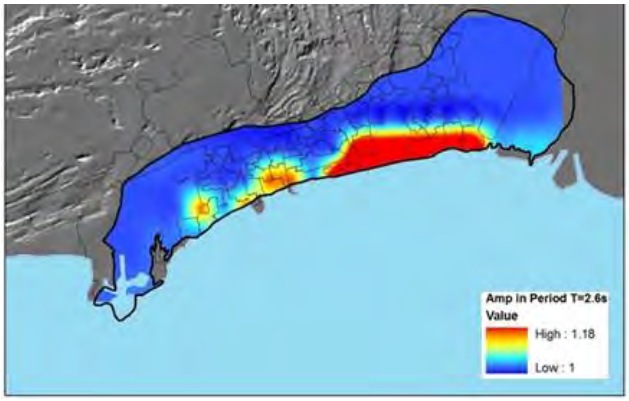
شکل۱۱: ضرایب بزرگنمایی در پریود ۱ ثانیه در گستره شهر بندرعباس



شکل۱۲: ضرایب بزرگنمایی در پریود ۱/٦ ثانیه در گستره شهر بندرعباس

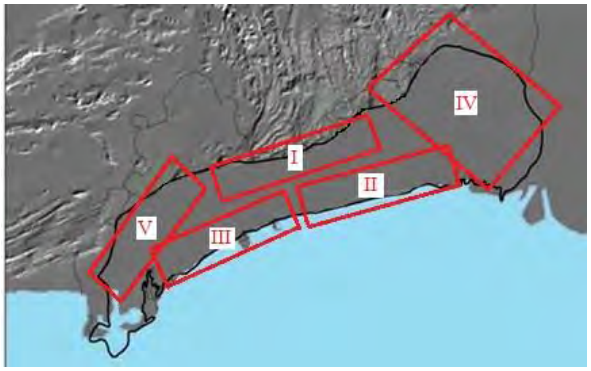


شکل۱۳: ضرایب بزرگنمایی در پریود ۲ ثانیه در گستره شهر بندرعباس



شکل۱٤: ضرایب بزرگنمایی در پریود ۲/٦ ثانیه در گستره شهر بندرعباس

در ادامه این تحقیق با تیپ بندی سازه های ساختمانی مختلف با توجه به آئین نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم و با توجه به ضرایب بزرگنمایی شتاب در پریودهای مختلف بدست آمده، شهر بندرعباس را به ۵ ناحیه تقسیم نموده و در هر ناحیه توصیه های لازم جهت ساخت سازه های ساختمانی با توجه به سیستم سازه ای و ارتفاع مناسب در راستای عدم نزدیک شدن پریود ارتعاش آزاد سازه به پریود آبرفت به منظور عدم ایجاد پدیده تشدید و خرابی در سازه های ساخته شده در این نواحی پرداخته شده است. برای این منظور با توجه به شکل ۱۵ شهر بندرعباس به ۵ ناحیه شمالی (I) ، ساحل شرقی (II) ، ساحل غربی (III) ، ناحیه شرقی (IV) و ناحیه غربی (V) تقسیم بندی شده است.



شکل۱۵: ناحیه بندی شهر بندرعباس

با توجه به ضرایب بزرگنمایی شتاب بدست آمده در شکل های ۷ الی ۱٤ و تقسیم بندی شهر بندرعباس به ۵ ناحیه در شکل ۱۵ جانمایی سازه های ساختمانی مختلف به منظور جلوگیری از پدیده تشدید و خرابی های گسترده انجام گرفته است. برای این منظور ساختمان ها را به سه گروه ساختمان های ۱ الی ۵ طبقه، ۵ الی ۱۰ طبقه و ۱۰ الی ۱۵ طبقه تقسیم بندی شده است (جدول ۳).

جدول۳: طبقه بندی ساختمان ها با توجه به سیستم سازه ای و ارتفاع در نواحی پنجگانه شهر بندرعباس

سیستم سازه	رابطه پریود ارتعاش آزاد	سازه های ۱ الی ۵ طبقه					سازه های ۵ الی ۱۰ طبقه					سازه های ۱۰ الی ۱۵ طبقه				
قاب خمشی فولادی	$T = 0.08H^{0.75}$	0.182-0.609 (sec)					0.609-1.025 (sec)					1.025-1.389 (sec)				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
		ok	ok	-	ok		ok	-	-	ok	ok	ok	-	-	ok	ok
قاب خمشی بتنی	$T = 0.05H^{0.9}$	0.134-0.572 (sec)					0.572-1.067 (sec)					1.067-1.537 (sec)				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
		ok	ok	-	ok		ok	-	-	ok	ok	ok	-	-	ok	ok
قاب های مهاربندی شده فولادی و بتنی	$T = 0.05H^{0.75}$	0.113-0.381 (sec)					0.381-0.641 (sec)					0.641-0.868 (sec)				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
		ok	ok	-	ok	-	ok	ok	-	ok	ok	ok	-	-	ok	ok

ساختمان های با سیستم سازه ای قاب خمشی فولادی ۱ الی ۵ طبقه دارای پریود ارتعاش آزاد ۰/۱۸۲ الی ۰/٦۰۹ ثانیه می باشند. برای ساختمان های با سیستم سازه ای قاب خمشی فولادی با پریود تا ۰/۳ ثانیه با توجه به شکل های ۸ و ۹ نواحی I ، II و IV مناسب برای احداث و نواحی III و V دارای ضریب بزرگنمایی شتاب بالا در این محدوده پریود می باشند و در صورت احداث ساختمان در این نواحی بدلیل نزدیک بودن پریود سازه با پریود آبرفت احتمال خرابی سازه ناشی از پدیده تشدید افزایش خواهد یافت.

برای ساختمان های با سیستم سازه ای قاب خمشی فولادی با پریود ۰/۳ الی ۰/٦۰۹ ثانیه نواحی I ، II ، IV و V مناسب و ناحیه III نامناسب می باشد. با توجه به شکل های ۱۰ الی ۱۲ برای ساختمان های با سیستم سازه ای قاب خمشی فولادی ۵ الی ۱۰ طبقه و ۱۰ الی ۱۵ طبقه دارای پریود ارتعاش آزاد ۰/٦۰۹ الی ۱/۰۲۵ ثانیه و ۱/۰۲۵ الی ۱/۳۸۹ ثانیه نواحی I ، IV و V مناسب و نواحی ساحلی II و III نامناسب برای احداث می باشند. مناطق نزدیک ساحل بدلیل نوع خاک شهر بندرعباس دارای آبرفت با پریود بالا می باشد و همین امر منجر به ایجاد تشدید و خرابی های فراوان در سازه های بلند مرتبه و دارای پریود ارتعاش آزاد بالا می شود. در نتیجه این مناطق ساحلی مناسب برای احداث سازه های بلند مرتبه با پریود بالا نمی باشند.

ساختمان های با سیستم سازه ای قاب خمشی بتنی ۱ الی ۵ طبقه دارای پریود ارتعاش آزاد ۰/۱۳٤ الی ۰/۵۷۲ ثانیه می باشند. برای ساختمان های با سیستم سازه ای قاب خمشی بتنی با پریود تا ۰/۳ ثانیه با توجه به شکل های ۸ و ۹ نواحی I ، II و IV مناسب برای احداث و نواحی III و V نامناسب می باشند. برای ساختمان های با سیستم سازه ای قاب خمشی بتنی با پریود ۰/۳ الی ۰/۵۷۲ ثانیه نواحی I ، II ، IV و V مناسب و

ناحیه III نامناسب می باشد. با توجه به شکل های ۱۰ الی ۱۲ برای ساختمان های با سیستم سازه ای قاب خمشی فولادی ۵ الی ۱۰ طبقه و ۱۰ الی ۱۵ طبقه دارای پریود ارتعاش آزاد ۰/۶۰۹ الی ۱/۰۲۵ ثانیه و ۱/۰۲۵ الی ۱/۳۸۹ ثانیه نواحی I ، IV و V مناسب و نواحی ساحلی II و III نامناسب برای احداث می باشند.

سایر سیستم های سازه ای مهار شده مانند ساختمان های بتنی با دیوار برشی و فولادی با مهاربند دارای ۱ الی ۵ طبقه دارای پریود ارتعاش آزاد ۰/۱۱۳ الی ۰/۳۸۱ ثانیه می باشند. با توجه به شکل های ۸ و ۹ برای اینگونه از سیستم های سازه ای نواحی I ، II و IV مناسب و نواحی III و V دارای ضریب بزرگنمایی شتاب بالا درنتیجه نامناسب برای احداث می باشند. همچنین برای ساختمان های ۵ الی ۱۰ طبقه که دارای پریود ارتعاش آزاد ۰/۳۸۱ الی ۰/۶۴۱ ثانیه می باشند با توجه به شکل های ۹ و ۱۰ نواحی I ، II ، IV و V مناسب و تنها ناحیه ساحلی III دارای ضریب بزرگنمایی بالا و نامناسب برای احداث اینگونه سازه های می باشد. برای ساختمان های ۱۰ الی ۱۵ طبقه با توجه به شکل های ۱۰ و ۱۱ نواحی I ، IV و V مناسب و نواحی ساحلی II و III نامناسب برای احداث ساختمان های با سیستم سازه ای مهارشده بتنی و فولادی با طبقات ذکر شده می باشد.

۹- نتیجه گیری

در این مطالعه باتوجه به اهمیت شهر بندرعباس به بررسی ضریب بزرگنمایی شتاب در محدوده این شهر پرداخته شده است. با استفاده از اطلاعات موجود زمین شناسی و گمانه های موجود و حفر شده در این شهر ضریب بزرگنمایی شتاب در پریود های مختلف PGA ، ۰/۱ ، ۰/۳ ، ۰/۵ ، ۱ ، ۱/۶ ، ۲ و ۲/۶ ثانیه بدست آمد و نقشه های پهنه بندی ضریب بزرگنمایی شتاب برای شهر بندرعباس بدست آمد. با توجه به این نقشه های بدست آمده با تقشیم بندی شهر به پنج ناحیه شمالی (I) ، ساحل شرقی (II) ، ساحل غربی (III) ، ناحیه شرقی (IV) و ناحیه غربی (V) نتایج زیر حاصل شده است:

- در پریودهای ۰/۵ ثانیه و بالاتر که پریود بسیاری از سازه‌های ساختمانی در این بازه قرار می‌گیرند، ضرایب بزرگنمایی خاک در نواحی جنوبی و ساحلی بسیار بیشتر از نواحی شمالی می‌باشد. بنابراین سازه‌های ساختمانی این ناحیه در معرض شتاب‌های بیشتری قرار خواهند گرفت.
- در پریودهای پایین و نزدیک به PGA مناطق شمالی شهر شتاب بیشتری را متحمل می‌شوند. در نواحی جنوبی و ساحلی با توجه به جنس لایه‌ها و میرایی خاک شتاب PGA در سطح زمین کمتر از سنگ‌بستر لرزه‌ای خواهد بود.
- با توجه به سیستم های سازه ای ذکر شده احداث ساختمان های با ارتفاع کم با تعداد طبقات ۱ الی ۵ طبقه در نواحی ساحلی II و III مناسب می باشد و احداث ساختمان های بلند مرتبه با تعداد طبقات بالای ۵ طبقه در این نواحی بدلیل وجود خاک نرم دارای پریود ارتعاش بالا و نزدیک به پریود سازه و ایجاد پدیده تشدید به هیچ وجه توصیه نمی شود.
- در پریودهای بالاتر از ۲/۶ ثانیه با توجه به محتوای فرکانسی زمین‌لرزه‌های منطقه، تفاوت ضرایب بزرگنمایی در بخش‌های مختلف شهر کاهش می‌یابد.
- با توجه به جنس لایه‌ها در نواحی جنوبی و ساحلی و همچنین سطح آب‌های زیرزمینی در این مناطق احتمال وقوع روانگرایی در این مناطق در صورت رخداد زمین‌لرزه بالا خواهد بود.

سپاسگزاری

نگارندگان مراتب تقدیر و تشکر خود را از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و بخصوص بخش زلزله شناسی مهندسی و خطر پذیری جهت فراهم نمودن بستر مناسب علمی تهیه این مقاله اعلام می دارند.

مراجع

[1] Dikmen U (2009) Statistical correlations of shear wave velocity and penetration resistance for soils, Journal of Geophysics and Engineering, 6, 61-72
[2] Hasancebi N and Ulusay R (2006) Empirical correlations between shear wave velocity and penetration resistance for ground shaking assessments, Bull Eng Geol Environ, 66, 203-213
[3] Jafari MK, Shafiee A and Ramzkhah A (2002) Dynamic properties of the fine grained soils in south of Tehran, J. Seismol. Earthq. Eng., 4, 25–35
[4] Jafari MK, Asghari A and Rahmani I (1997) Empirical correlation between shear wave velocity (Vs) and SPT-N value for south of Tehran soils, Proc. 4th Int. Conf. on Civil Engineering, Tehran, Iran, (in Persian)
[5] Seed, H.B., Idriss, I.M., (1970), Soil moduli and damping factors for dynamic response analyses, Earthquake Engineering Research Center, Report No. EERC 70-10, University of California, Berkeley, California.
[6] Seed H.B., Wong R.T., Idriss I.M., and Tokimatsu K., (1986), Moduli and damping factors for dynamic analyses of cohesionless soils, J. of Geotechnical Engineering, 112 (11): 1016-1032.
[7] Seed H.B., Wong R.T., Idriss I.M., and Tokimatsu K., (1986), Moduli and damping factors for dynamic analyses of cohesionless soils, J. of Geotechnical Engineering, 112 (11): 1016-1032.
[8] IS-2800. Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings. Building and Housing Research Center. 4rd edition. Tehran, Iran.