

## پهنه بندی خطر روانگرایی در جزیره قشم و ریزپهنه بندی آن در شهرهای قشم و درگهان

فرج الله عسگری<sup>۱</sup>؛ هادی گریوانی<sup>۱\*</sup>؛ ابراهیم حق شناس<sup>۱</sup>

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۳/۵

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۱۱/۶

### چکیده

مقاله حاضر نتایج مطالعات انجام گرفته در زمینه بررسی خطر روانگرایی در دو مقیاس کلان برای کل جزیره قشم و ریزپهنه بندی آن در محدوده دو شهر مهم این جزیره، یعنی قشم و درگهان، را ارائه می دهد. این مطالعات در چهارچوب مطالعات گسترده تر پهنه بندی خطر زمین لرزه و پهنه بندی مخاطرات ژئوتکنیک لرزه ای جزیره قشم در پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله به سفارش سازمان منطقه آزاد قشم انجام گردیده است. طی این مطالعه، در مرحله نخست، پهنه بندی خطر روانگرایی در کل جزیره قشم در مقیاس درجه ۲ مطابق با طبقه بندی راهنمای پهنه بندی خطرات ژئوتکنیک لرزه ای (TC4) با مبنا قرار دادن نقشه زمین شناسی مهندسی تهیه شده در بخش های دیگر پروژه مد نظر قرار گرفت و سپس در مرحله بعد، ریزپهنه بندی خطر این پدیده در شهرهای قشم و درگهان در مقیاس درجه ۳ مطابق با راهنمای مذکور به انجام رسید. در این بخش از مطالعه استعداد روانگرایی بر مبنای تهیه پروفیل های ژئوتکنیکی نماینده و تحلیل آنها برآورد گردیده است. بررسی ها نشان داد، شهر قشم با توجه به وجود لایه ای سنگی کربناته به صورت پادگانه های دریایی در سطح زمین و نوع پروفیل زمین شناسی زیر این لایه ها چه در وضع موجود تراز آب زیرزمینی و چه در صورت افزایش آن، از نظر خطر روانگرایی ایمن است. در شهر درگهان اگرچه در تراز آب موجود خطر روانگرایی پایین است اما افزایش تراز آب می تواند در بخش هایی از این شهر به افزایش شدید خطر روانگرایی منجر گردد.

**کلید واژه ها:** پهنه بندی، ریزپهنه بندی، روانگرایی، قشم، خطر

۱. پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله h.grivani@iiees.ac.ir

\* مسئول مکاتبات

## مقدمه

پدیده روانگرایی یکی از مهم‌ترین رخدادهایی است که در هنگام زمین‌لرزه، خسارات شدیدی را به ساختمان‌ها و شریان‌های حیاتی موجود بر روی آبرفت‌های ماسه‌ای جوان وارد می‌کند. پهنه‌بندی خطر روانگرایی ابزاری برای شناسایی مناطق دارای خطر بیشتر است و لذا امکان برنامه‌ریزی جهت تعیین کاربری اراضی و تبیین ضرورت انجام مطالعات روانگرایی دقیق‌تر در محل سازه‌های واقع در مناطق پرخطر را فراهم می‌سازد. آئین نامه‌های معتبر دنیا روش‌های مختلفی جهت طبقه‌بندی انواع نقشه‌های خطر روانگرایی ارائه داده‌اند که از مهمترین آنها می‌توان به راهنمای کالیفرنیا (California Geology Survey, 2005 and 2008)، راهنمای پهنه‌بندی خطرات ژئوتکنیک لرزه‌ای (The Technical Committee for Earthquake Geotechnical Engineering, TC4, 1999) و راهنمای بریتیش کلمبیا (Klohn-Crippen Consultants Ltd, 1994) اشاره نمود. مطالعات موردی متعددی نیز در جهان و ایران در این خصوص انجام شده است که در ایران به ریز پهنه‌بندی خطر روانگرایی در تهران (کمالیان و همکاران، ۱۳۸۰؛ عسکری و گریوانی، ۱۳۸۷؛ میرمحمدحسینی و همکاران، ۱۳۷۸؛ صالح‌زاده و همکاران، ۱۳۸۲؛ کمک پناه و همکاران، ۱۳۸۰ و JICA, 2000) و پهنه‌بندی خطر روانگرایی در سواحل جنوبی کشور (حق‌شناس و همکاران، ۱۳۸۹) که اخیراً به انجام رسیده است می‌توان اشاره نمود.

زلزله ۱۳۸۴/۹/۶ جزیره قشم با بزرگای ۵/۶ با وارد کردن خسارات مالی فراوان و برجای گذاشتن ۱۰ کشته (حق‌شناس و مهدویفر، ۱۳۸۴)، آسیب‌پذیری منطقه قشم در مقابل زلزله و پدیده‌های مرتبط و ضرورت انجام مطالعه‌ای جامع در این خصوص را آشکار نمود. از این‌رو در سال ۱۳۸۵ بنا به درخواست سازمان منطقه آزاد قشم، مطالعاتی جامع از سوی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله در زمینه پهنه‌بندی مخاطرات ژئوتکنیک لرزه‌ای جزیره قشم آغاز گردید. مقاله حاضر نتایج مطالعات پهنه‌بندی روانگرایی در

جزیره قشم و ریزپهنه‌بندی آن در شهرهای قشم و درگهان طی این پروژه است.

## ۱- روش تحقیق

در راهنمای پهنه‌بندی مخاطرات ژئوتکنیک لرزه‌ای ژاپن TC4، با توجه به میزان اطلاعات مورد استفاده، مقیاس مطالعه و در نتیجه دقت مطالعه، روش‌های پهنه‌بندی را به سه درجه یک، دو و سه تقسیم نموده که به ترتیب، دقت و مقیاس آنها افزایش می‌یابد. مطالعه حاضر با انجام اصلاحاتی در دستورالعمل فوق، شامل دو بخش اصلی است:

الف) بخش نخست که در آن به پهنه‌بندی جزیره قشم در برابر خطر روانگرایی پرداخته شده و از نظر مقیاس و دقت مطالعه با پهنه بندی درجه ۲ از راهنمای TC4 قابل مقایسه است، نقشه زمین شناسی مهندسی جزیره قشم (گریوانی و حق‌شناس، ۱۳۸۶) به عنوان مبنا مورد استناد و استفاده قرار گرفته و احتمال روانگرا شدن برای هر یک از واحدهای زمین‌شناسی مهندسی موجود در این نقشه بر اساس سه معیار دانه‌بندی، تراکم و اشباع بودن تخمین زده شده است.

ب) بخش دوم مطالعه که در آن به ریزپهنه بندی شهرهای قشم و درگهان در برابر روانگرایی پرداخته شده و از نظر دقت و روش مطالعه قابل مقایسه با پهنه‌بندی درجه ۳ از راهنمای TC4 است. در این بخش ابتدا منطقه مورد مطالعه شبکه‌بندی شده و براساس اطلاعات ژئوتکنیکی و ژئوفیزیکی در دسترس، پروفیل‌های نمونه ژئوتکنیکی برای این شبکه‌ها تهیه شده و سپس براساس روش توصیه شده توسط انستیتو ملی استانداردها و تکنولوژی آمریکا (۱۹۹۹) برای سرعت موج برشی و روش سید و ادريس (۱۹۷۱) برای SPT، استعداد روانگرایی برای این پروفیل‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است.

در ادامه ابتدا نتایج پهنه‌بندی روانگرایی در جزیره قشم با درجه ۲ و سپس نتایج ریزپهنه‌بندی شهرهای قشم و درگهان با درجه ۳ ارائه خواهد شد.

### ۱-۱- پهنه بندی روانگرایی در جزیره قشم

بررسی نقشه زمین‌شناسی جزیره قشم و بازدیدهای صحرائی از گسترش رسوبات ماسه‌ای و سیلتی در سرتاسر جزیره حکایت دارد که به دلیل توپوگرافی پست دشت‌های ساحلی و مجاورت آنها با دریا انتظار می‌رود در اعماق نه چندان زیاد به حالت اشباع درآیند. رخداد زلزله‌هایی با بزرگای ۵ تا ۶ ریشتر در سالیان اخیر و سابقه تاریخی منطقه حاکی از لرزه خیزی بالای منطقه است، لذا شرایط لازم برای وقوع روانگرایی مهیا بوده و در یک نگاه کلی می‌توان جزیره را مستعد روانگرایی دانست.

وجود سابقه رخداد پدیده روانگرایی در یک منطقه طی زلزله‌های گذشته، بیانگر آن است که در زلزله‌های آتی نیز وقوع این پدیده محتمل است. طی زلزله آذر ماه ۱۳۸۴ به بزرگای  $ML=5.6$ ، در منطقه دیرستان جزیره قشم چند مورد گسیختگی زمین مشاهده شده است که ممکن است ناشی از روان شدن خاک در لایه‌های زیرین باشد (حق‌شناس و مهدویفر، ۱۳۸۴).

طی این مطالعه سعی شده است براساس اطلاعات موجود جزیره قشم از نظر خطر روانگرایی پهنه‌بندی گردد. به این منظور ابتدا کلیه اطلاعات موجود گردآوری و پردازش شد و با انجام بازدیدهای محلی تکمیل شدند. در نهایت با استفاده از این اطلاعات و نقشه زمین‌شناسی منطقه، نقشه زمین‌شناسی مهندسی جزیره تهیه شده است.

### ۱-۲- نقشه زمین‌شناسی مهندسی جزیره قشم

نقشه زمین‌شناسی مهندسی که طی این مطالعات تهیه گردید (گریوانی و حق‌شناس، ۱۳۸۶)، آبرفت‌های موجود در گستره جزیره را براساس ضخامت آبرفت، نوع خاک، لایه‌بندی و مقاومت، طبقه‌بندی نموده است که مبنایی مناسب جهت ارزیابی استعداد روانگرایی به شمار می‌آید. این نقشه براساس اطلاعات ژئوتکنیکی حاصل از ۴۶ گزارش ژئوتکنیکی، بازدیدهای صحرائی به خصوص از چاه‌ها و ترانشه‌های موجود در جزیره، نقشه‌های زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای

تهیه شده است. در نقشه زمین‌شناسی مهندسی مجموع رخنمون‌های سطحی جزیره به دو رده خاکی و سنگی تفکیک شده است. خاک‌ها بر اساس جنس به چهار رده ماسه‌ای، ماسه‌ای-سیلتی، سیلتی-رسی و سنی-ماسه‌ای تقسیم شده و سپس با دخالت دادن سایر عوامل مثل ضخامت آبرفت و حدود تراکم، خاکهای جزیره به ۱۱ واحد و برونزدگی‌های سنگی به ۶ واحد زمین‌شناسی مهندسی تقسیم شده‌اند (شکل ۱).

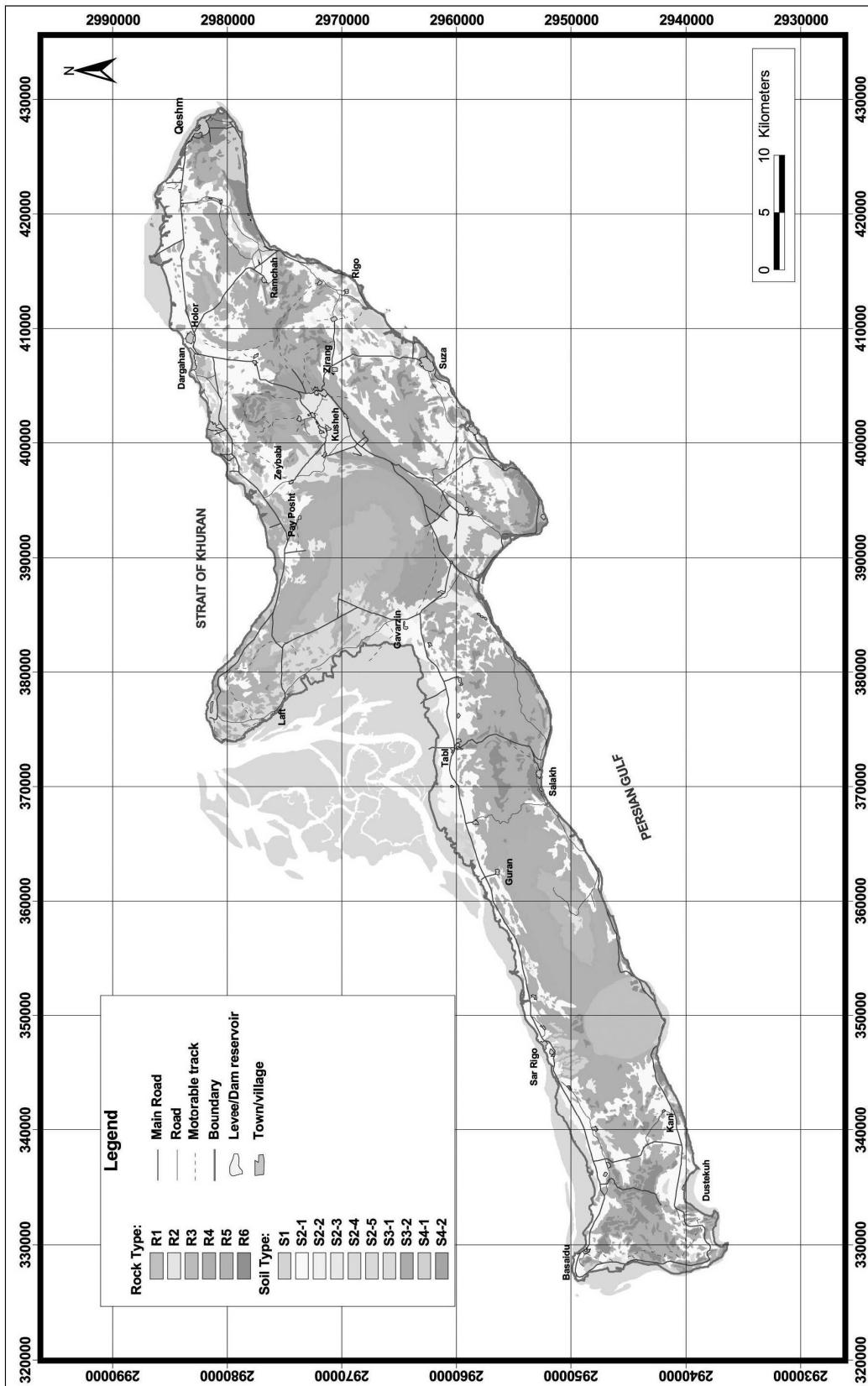
### ۱-۳- واحدبندی جزیره قشم از نظر روانگرایی و وزن دهی

#### به واحدها

با استفاده از اطلاعات مورد بحث به خصوص نقشه زمین‌شناسی مهندسی می‌توان زمین‌های جزیره قشم را از منظر روانگرایی به ۱۱ واحد تقسیم نمود. این واحدها براساس جنس و تراکم خاک و عمق آب زیرزمینی تفکیک شده‌اند.

در مطالعه حاضر با در نظر گرفتن این واقعیت که واحدهای ماسه‌ای و سیلتی اشباع با تراکم کم بیشترین احتمال روانگرایی را دارا بوده و با تغییر دانه‌بندی و افزایش تراکم، احتمال روانگرایی کاهش می‌یابد، احتمال روانگرایی برای این واحدها در سه رده احتمال متوسط تا زیاد، احتمال کم و غیرمحتمل تخمین زده شده است. مشخصات این واحدها و احتمال روانگرایی آنها در جدول ۱ ارائه شده است.

واحد R سنگی بوده و لذا امکان روانگرایی در آن وجود ندارد. واحد SI سنی-ماسه‌ای بوده و با توجه به بافت درشت آن، دانه‌بندی مناسبی برای روانگرا شدن ندارد. البته این احتمال وجود دارد که لزه‌های ماسه‌ای در درون چنین نهشته‌هایی شکل گیرد. اما از آنجایی که عمق آب در این بخش زیاد بوده و تراکم خاک در این واحد نیز نسبتاً زیاد برآورد شده است، استعداد روانگرایی در آن غیرمحتمل تخمین زده می‌شود.



شکل ۱: نقشه زمین شناسی مهندسی جزیره قشم (گریوانی و حق شناس، ۱۳۸۶ - حق شناس و همکاران، ۱۳۸۶).

جدول ۱: واحدهای رسوبی مختلف در جزیره قشم و وضعیت روانگرایی در آنها

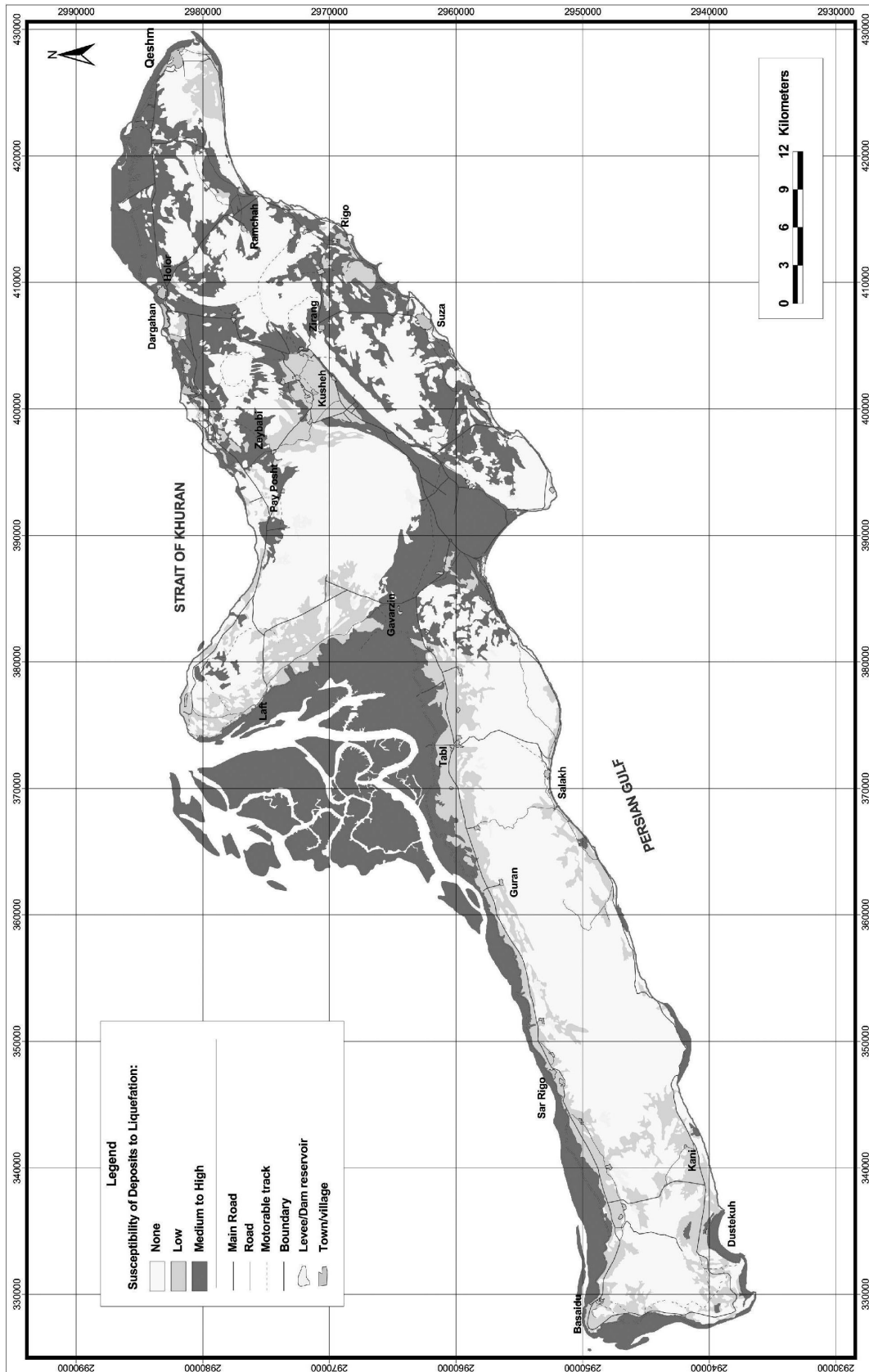
شماره	نام واحد	جنس	تراکم	ضخامت تقریبی خاک (متر)	عمق میانگین آب زیرزمینی (متر)	احتمال روانگرایی	
۱	R	سنگ	زیاد	-	۲۰ <	غیر محتمل	
۲	S1	شن و ماسه	زیاد	۱۰ >	۱۰ <	غیر محتمل	
۳	S2	ماسه و سیلت	کم	۱۰ >	۱۰ >	متوسط تا زیاد	
۴		ماسه و سیلت	متوسط	۳۰ <	۱۰ >	متوسط تا زیاد	
۵		ماسه و سیلت	زیاد	۲۰ <	۲۰ <	کم	
۶		ماسه و سیلت مارنی	زیاد	۱۰ >	۱۰ >	کم	
۷		ماسه و سیلت مستغرق	کم	۱۰ >	صفر	متوسط تا زیاد	
۸		S3	رس و سیلت با ضخامت کمتر از ۵ متر بر روی ماسه و سیلت	کم	۱۰ >	۱۰ >	متوسط تا زیاد
۹			رس و سیلت با ضخامت کمتر از ۵ متر بر روی ماسه و سیلت	کم	۳۰ <	۱۰ >	متوسط تا زیاد
۱۰	S4	ماسه	متوسط	۱۰ >	۱۰ <	کم	
۱۱		ماسه	متوسط	۳۰ <	۱۰ <	متوسط تا زیاد	

بوده و لذا احتمال روانگرا شدن آن کم تخمین زده شده است.

واحدهای S2-1، S2-2، S2-5 و S4-2 به علت جنس ماسه‌ای و سیلتی، تراکم کم تا متوسط و اشباع بودن، شرایط وقوع رخداد روانگرایی را دارا بوده و استعداد روانگرا شدن در آنها متوسط تا زیاد تخمین زده شده است. واحدهای S3 در سطح زمین از نوع سیلتی-رسی هستند، اما لایه زیرین آنها ماسه‌ای-سیلتی بوده و با توجه به احراز سایر شرایط، احتمال روانگرایی در آنها متوسط تا زیاد ارزیابی شده است. شکل ۲ نقشه استعداد روانگرایی در جزیره قشم را نشان می‌دهد.

واحد S2-3 ماسه‌ای-سیلتی بوده و در حال حاضر عمق آب در این بخش پایین بوده و تراکم خاک نیز بالاست، اما مطالعات نشان داده است که در این واحد (دشت توریان) آب زیرزمینی به صورت سفره محلی بوده و می‌تواند در دوره‌های ترسالی و خشکسالی نوسان قابل توجهی داشته باشد. در مجموع احتمال روانگرایی در این واحد کم برآورد شده است.

در واحد S2-4 تراز آب، نزدیک به سطح زمین است، اما وجود مارن به همراه ماسه و سیلت در ترکیب خاک و تراکم بالای لایه‌های خاک، احتمال روانگرایی را کاهش می‌دهد. واحد S4-1 تپه‌های ماسه بادی را شامل می‌شود که تراکم متوسطی دارند. تراز آب در این واحد به طور معمول پائین



شکل ۲: نقشه استعداد روانگرایی در گستره جزیره قشم

۲۰ متر قرار دارد و لذا از این نظر مستعد به نظر می‌رسند. با توجه به احتمال تغییرات سطح آب زیرزمینی، آنالیز روانگرایی در دو سطح، یکی سطح تراز گزارش شده در مطالعات ژئوفیزیکی و ژئوتکنیکی و دیگری در تراز بالاتر، انجام شده است. در حالت دوم در درگهان به جز در منطقه تپه‌های ماسه بادی و بخش‌های ساحلی قشم تراز آب در سطح زمین فرض شده و در سایر مناطق با قضاوت مهندسی برحسب وضعیت توپوگرافی و شرایط زمین شناسی تراز بالای آب تعیین شده که مقدار آن برای هر پروفیل متفاوت بوده و در پیوست مشخص شده است.

۵- تهیه پروفیل‌های نماینده خاک: براساس برداشت‌های ژئوفیزیکی، مطالعات زمین‌شناسی و اطلاعات ژئوتکنیکی در این مرحله تعداد ۲۲ پروفیل تعریف شده که مشخصات آنها در پیوست مقاله ارائه گردیده است.

۶- سه شرط اولیه برای وقوع روانگرایی لازم است: اشباع بودن، سست بودن و سیلنتی یا ماسه‌ای بودن خاک. بدین جهت در مقاطعی از پروفیل‌ها که در آنها لایه‌های زمین غیر از سیلنتی و ماسه‌ای بوده یا اشباع نبوده (بالاتر از سطح آب) و یا عدد SPT اصلاح شده بزرگ‌تر از ۳۰ و معادل آن سرعت موج برشی اصلاح شده بزرگ‌تر از ۲۱۵ m/sec بوده است، ضرورتی بر آنالیز روانگرایی وجود نداشته و لذا از ادامه مطالعه آنها صرف نظر شده است. لازم به ذکر است سرعت ۲۱۵ m/sec حداکثر سرعت موج برشی اصلاح شده برای وقوع روانگرایی است که توسط انستیتو ملی استانداردها و تکنولوژی آمریکا ارائه شده است (Ronald et al., 1999).

۷- مناطق سنگی و مناطقی با تراز آب پائین‌تر از ۲۰ متر بدون خطر روانگرایی و سایر پروفیل‌ها که عدد SPT و سرعت موج برشی بالا دارند با خطر روانگرایی کم مشخص شده‌اند. پروفیل‌های ۱ و ۷ در قشم و پروفیل‌های ۸ و ۹ در درگهان، مستعد روانگرایی تشخیص داده شده که در ادامه جهت تخمین استعداد روانگرایی مورد آنالیز قرار گرفته‌اند. تحلیل پروفیل‌های تهیه شده و ارزیابی استعداد روانگرایی آنها با توجه به نتایج آزمایش‌های SPT و نیز مقادیر اندازه‌گیری

### ۳- ریزپهنه‌بندی روانگرایی در شهرهای قشم و درگهان

جهت ریزپهنه‌بندی خطر روانگرایی در شهرهای قشم و درگهان از منابع اطلاعاتی زیر جهت شناسایی شرایط زیر سطحی بهره گرفته شده است:

- اطلاعات زمین‌شناختی موجود
- اطلاعات ژئوتکنیکی (شامل گزارش‌های ژئوتکنیکی موجود از ۱۹ ساختگاه)
- اندازه‌گیری‌های ژئوفیزیک انکساری در ۲۷ ایستگاه
- اندازه‌گیری‌های ژئوالکتریکی در ۲۵ ایستگاه
- بازدیدهای صحرائی از نقاط متعدد در گستره این دو شهر
- حفاری یک حلقه گمانه در قشم و یک حلقه در درگهان در مطالعه حاضر

### ۳-۱- تهیه پروفیل‌های نمونه روانگرایی و ارزیابی اولیه آنها

با بهره‌گیری از اطلاعات فوق‌الذکر پروفیل‌های نمونه برای بخش‌های مختلف این دو شهر طی مراحل زیر تهیه شده و ارزیابی اولیه روانگرایی برای آنها صورت گرفته است:

- ۱- پیاده کردن موقعیت گمانه‌ها و پروفیل‌های ژئوسایزیمیک و ژئوالکتریک بر روی نقشه (شکل ۳)
- ۲- شبکه بندی محدوده‌های مورد مطالعه: محدوده‌های مورد مطالعه به منظور سهولت در مطالعه به شبکه‌هایی با ابعاد ۵۰۰×۵۰۰ متر تقسیم شده‌اند.
- ۳- تفکیک مناطق سنگی: مناطق سنگی فاقد هر گونه استعداد روانگرایی محسوب می‌شوند لذا براساس نقشه زمین شناسی مهندسی، مناطق سنگی جدا شده‌اند.
- ۴- عمق سطح ایستابی در ایجاد خطر روانگرایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در اعماق زیاد تنش‌های مؤثر قائم خاک فراتر از حدی شوند که امکان روانگرا شدن وجود داشته باشد. در این مطالعه عمق ۲۰ متر به عنوان عمق نهائی بررسی‌های استعداد روانگرایی در نظر گرفته می‌شود (TC4, 1999 and Iwasaki et al., 1982). بر پایه مطالعات آب زیرزمینی در تمام مناطق مورد بررسی، آب در تراز بالاتر از

به منظور ارزیابی استعداد روانگرایی با استفاده از سرعت موج برشی، مقاومت برشی تناوبی (CSR) توده خاک با استفاده از رابطه اندروس و همکاران که توسط انستیتو ملی استانداردها و تکنولوژی آمریکا (National Institute of Standard and Technology, NIST) در سال ۱۹۹۹ تعمیم یافته (Andrus et al., 1999)، تعیین شده است. اما در ارزیابی روانگرایی با استفاده از عدد نفوذ استاندارد، با توجه به اینکه خاک‌های دانه‌ای موجود در منطقه به طور غالب ماسه‌ای بوده‌اند از طرح ساده شده سید و ادريس (۱۹۷۱) بهره گرفته شده است. در این مطالعه تنش برشی تناوبی ایجاد شده بر اثر وقوع زلزله در یک عمق مورد نظر با استفاده از رابطه سید و ادريس (Seed and Idris, 1971) به دست آمده است. مقاومت برشی خاک که بر اساس روش‌های فوق الذکر به دست می‌آید، برای زلزله‌ای با بزرگای ۷/۵ ریشتر است. برای زلزله‌هایی با بزرگای متفاوت لازم است مقاومت برشی با اعمال ضریبی متناسب با بزرگای محتمل اصلاح گردد. در این مطالعه، بزرگای محتمل برای دوره بازگشت‌های ۲۴۷۵ و ۴۷۵ سال به ترتیب ۶/۹ و ۶/۶ می‌باشد که طی مطالعات تحلیل خطر در خلال این پروژه به دست آمده‌اند.

### ۳-۳- تخمین استعداد روانگرایی توده خاک

جهت برآورد استعداد روانگرایی از رابطه ارائه شده توسط ایواساکی و همکاران (Iwasaki et al., 1982) استفاده شده است: رابطه (۲)

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L)(10 - 0.5z) dz$$

در این رابطه  $P_L$  شاخص استعداد روانگرایی،  $F_L$  ضریب اطمینان در برابر روانگرایی و عمق متوسط لایه مورد نظر برحسب متر می‌باشد. ایواساکی و همکارانش نشان دادند که در مناطق دارای  $P_L > 15$  استعداد روانگرایی زیاد بوده و در مناطقی که  $P_L < 5$  باشد استعداد روانگرایی به حداقل می‌رسد. جدول ۲ توصیف استعداد روانگرایی را با توجه به شاخص استعداد روانگرایی به چهار گروه طبقه‌بندی می‌کند.

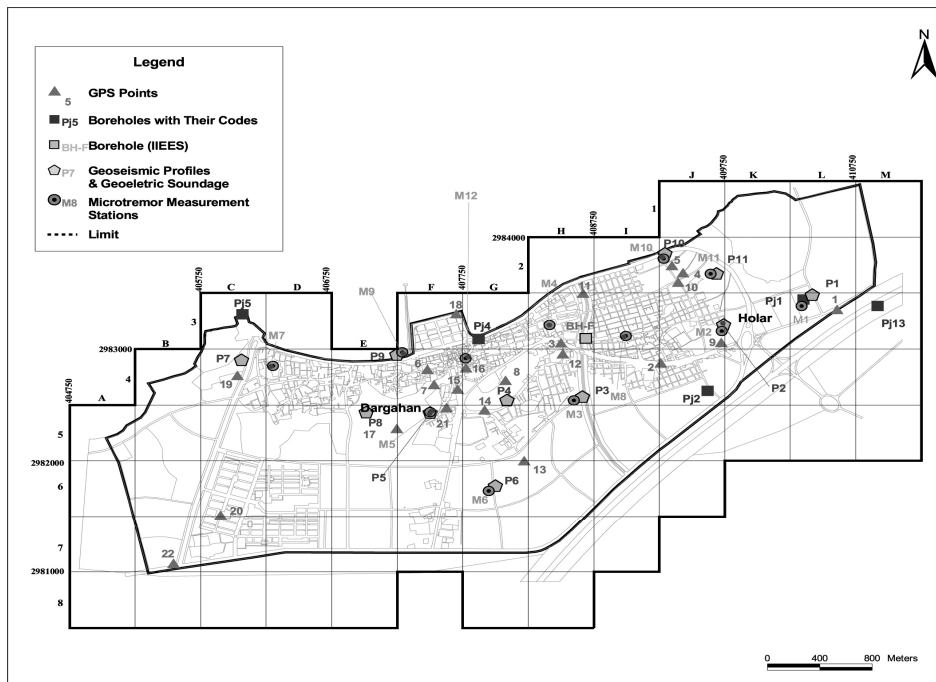
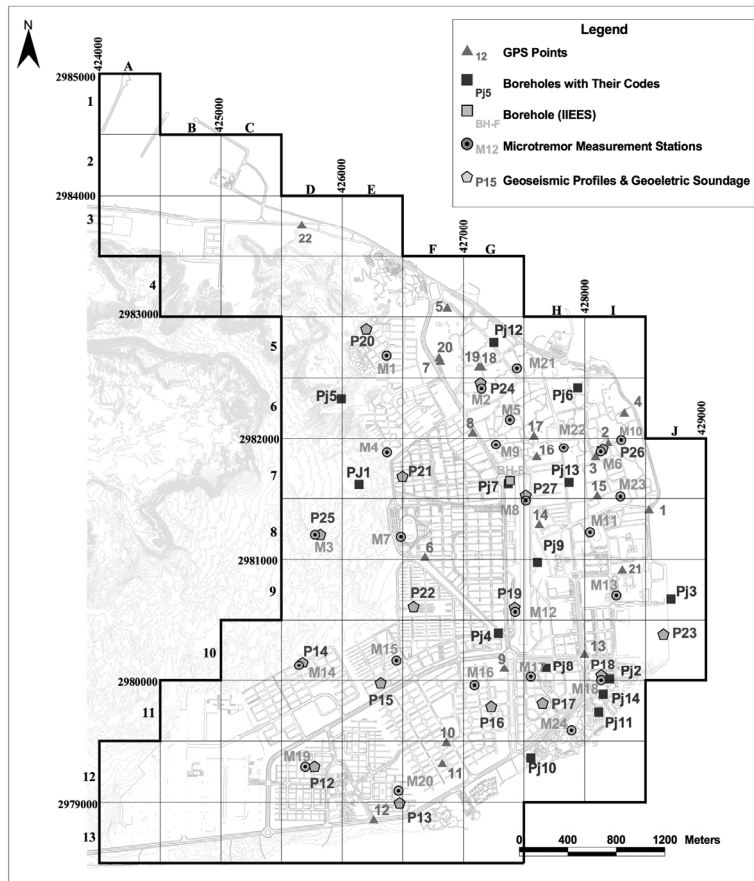
شده سرعت موج برشی صورت گرفته است. با توجه به اینکه تعداد نسبتاً قابل توجهی برداشت‌های ژئوسایز میک طی این پروژه در شهرهای قشم و درگهان انجام شده است، مبنای اصلی تحلیل استعداد روانگرایی سرعت موج برشی قرار داده شده و در مناطقی که عدد SPT قابل اعتماد وجود داشته، تحلیل براساس هر دو روش انجام شده است.

۳-۲- آنالیز پروفیل‌های نمونه جهت ارزیابی استعداد روانگرایی استفاده از پارامترهای مقاومت نفوذ استاندارد (SPT) و سرعت موج برشی ( $V_s$ ) جهت ارزیابی استعداد روانگرایی مستلزم اصلاح مقادیر این پارامترها می‌باشد. این اصلاح عمدتاً به دلیل تأثیر تنش همه جانبه بر روی نتایج این آزمایش‌ها صورت می‌پذیرد. در واقع در دو نقطه از توده خاک، اگر به جز تنش همه جانبه، همه خصوصیات دیگر یکسان باشد، نتایج حاصل از آزمایش‌های صحرائی SPT و همچنین سرعت  $V_s$  متفاوت می‌گردد. بدین لحاظ و جهت امکان مقایسه خصوصیات خاک در نقاط مختلف، نتایج آزمون‌های صحرائی مذکور همواره برای یک تنش همه جانبه یکسان کالیبره می‌شوند. با توجه به آنچه گفته شد، در اولین گام نسبت به اصلاح عدد نفوذ استاندارد با ضریب اصلاح فشار سربار و سرعت موج برشی بامعادله پیشنهادی انستیتو ملی استانداردها و تکنولوژی آمریکا اقدام شده است (Ronald et al., 1999). ارزیابی استعداد روانگرایی در حالت کلی با تعیین مقاومت برشی (Cyclic Resistant Ratio, CRR) و تنش برشی توده خاک (Cyclic Stress Ratio, CSR) صورت پذیرفته و ضریب اطمینان در برابر روانگرایی برای لایه‌ای مشخص از خاک با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$F_L = \frac{CRR}{CSR} \quad \text{رابطه (۱)}$$

اگر مقدار ضریب اطمینان کوچک‌تر از یک باشد، در آن صورت احتمال وقوع روانگرایی در عمق مورد مطالعه وجود دارد. اگر مقدار ضریب اطمینان  $F_L$  بزرگ‌تر از یک باشد در آن صورت، عمق مورد مطالعه روانگرا نمی‌باشد (TC4, 1999 and California Geology Survey, 2008)





شکل ۳: نقشه‌های توزیع اطلاعات موجود در قشم و درگهان

جدول ۲: تخمین استعداد روانگرایی با استفاده از شاخص

استعداد روانگرایی  $P_L$  (Iwasaki et al., 1982)

$P_L = 0$	خطر روانگرایی خیلی کم است و عموماً نیاز به تحقیقات و مطالعات دقیق نمی باشد.
$0 < P_L \leq 5$	خطر روانگرایی کم است، با این حال نیاز به تحقیقات و مطالعات دقیق برای سازه‌های مهم می باشد.
$5 < P_L \leq 15$	خطر روانگرایی زیاد است و نیاز به تحقیقات و مطالعات دقیق برای انواع سازه‌ها می باشد. استفاده از روش‌های کاهش مخاطرات روانگرایی معمولاً ضرورت دارد.
$P_L > 15$	خطر روانگرایی خیلی زیاد است و نیاز به تحقیقات و مطالعات دقیق می باشد. استفاده از روش‌های کاهش مخاطرات روانگرایی ضروری است.

همان‌طوری که پیشتر عنوان شد، در بررسی‌های اولیه پروفیل‌های ۷ و ۸ در قشم و پروفیل‌های ۸ و ۹ در درگهان مستعد روانگرایی تشخیص داده شدند. در این مرحله با در نظر گرفتن دو تراز آب مختلف مورد تحلیل روانگرایی قرار گرفته‌اند.

### ۳-۳-۱- تحلیل روانگرایی برای تراز آب فعلی، مطابق با گزارشات موجود

پروفیل‌های ۷ و ۸ در قشم، سرعت موج برشی اصلاح شده بیش از ۲۱۵ متر بر ثانیه داشته و از این نظر فاقد استعداد روانگرایی‌اند اما مقادیر SPT اصلاح شده آنها کمتر از ۳۰ بوده و لذا با استفاده از روش سید و ادریس مورد تحلیل قرار گرفتند. براساس تحلیل‌های اثر ساختگاهی انجام شده برای زلزله‌هایی با دوره بازگشت ۴۷۵ سال طی این پروژه، شبکه‌هایی که با پروفیل ۱ نمایندگی می‌شوند، در سه رده شتاب شامل  $g(0.35-0.4)$ ،  $g(0.45-0.5)$  و بیش از  $g(0.5)$  قرار داشته و شبکه‌هایی که با پروفیل ۷ نمایندگی می‌شوند، در دو رده شتاب شامل  $g(0.35-0.4)$  و  $g(0.4-0.45)$  قرار گرفته‌اند و همین‌طور شتاب سطح زمین برای قشم در دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال  $g(0.55-0.6)$  تخمین زده شده لذا جهت تحلیل روانگرایی، میانگین محدوده هر شتاب محاسبه شده و هر یک از این پروفیل‌ها با این چهار شتاب میانگین

مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. در مورد شتاب‌های بیش از  $g(0.5)$  در زلزله‌های با دوره بازگشت ۴۷۵ سال  $g(0.5)$  مبنای محاسبات بوده است. نتایج تحلیل نشان می‌دهد شاخص استعداد روانگرایی در این دو پروفیل و در کلیه شتاب‌ها کمتر از ۵ بوده و لذا خطر روانگرایی کم خواهد بود (جدول ۳). پروفیل ۸ و ۹ درگهان در تراز آب فعلی غیر مساعد به شمار می‌آیند. شکل‌های ۴ و ۵ به ترتیب نقشه‌های خطر روانگرایی قشم و درگهان را در سطح آب موجود نشان می‌دهند. لازم به ذکر است پروفیل‌های سنگی در رده بدون خطر، پروفیل‌های دارای خاک مستعد که به دلیل عدم اشباع شدگی یا بالا بودن مقاومت خاک، شاخص استعداد روانگرایی کمتر از ۵ داشته‌اند در رده کم خطر قرار گرفته‌اند.

### ۳-۳-۲- تحلیل روانگرایی برای تراز آب بالا

پروفیل ۱ در قشم در این شرایط دارای SPT اصلاح شده کمتر از ۳۰ و پروفیل‌های ۸ و ۹ در درگهان دارای سرعت موج برشی اصلاح شده کمتر از ۲۱۵ متر بر ثانیه هستند که در این مرحله مورد آنالیز قرار گرفته‌اند. شتاب سطح زمین برای زلزله‌های با دوره بازگشت ۴۷۵ سال برای پروفیل ۱ در بخش قبل ذکر شد. برای این دوره بازگشت شبکه‌های مربوط به پروفیل ۸ دارای شتاب‌های  $g(0.45-0.5)$  و  $g(0.5-0.55)$  و شبکه‌های مربوط به پروفیل ۹ دارای شتاب  $g(0.5-0.55)$  هستند. در درگهان شتاب سطح زمین برای دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال  $g(0.6-0.55)$  بوده است، لذا در این شتابها مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. در پروفیل ۱ قشم در کلیه شتابها شاخص استعداد روانگرایی کمتر از ۵ محاسبه شده و در نتیجه خطر روانگرایی کم خواهد داشت. در پروفیل ۸ درگهان، برای هر سه شتاب موجود، شاخص روانگرایی در حدود ۱۴ محاسبه شده است که در نتیجه خطر روانگرایی زیاد خواهند داشت. در پروفیل ۹ درگهان، شاخص روانگرایی در هر دو شتاب بیش از ۱۵ بوده و لذا دارای خطر روانگرایی خیلی زیاد می‌باشد (جدول ۳). اشکال ۴ و ۶ به ترتیب نقشه‌های خطر روانگرایی قشم و درگهان را در سطح آب بالا آمده نشان می‌دهند.

جدول ۳: نتایج آنالیز روانگرایی در شتاب‌های مختلف

شاخص استاندارد روانگرایی PL	ضریب اطمینان FL	تشنش برشی تناوبی SSR	شتاب (g)	مقاومت برشی توده خاک CRR	عدد اصلاح شده SPT	سرعت موج برشی اصلاح شده	تراز پائین لایه (m)	تراز بالای لایه (m)	شماره پروفیل	مناطق و وضعیت‌های مختلف آب	
0	1.49	0.36	0.45-0.5	0.54	29	316	8.5	6.5	1	موجود - قشم - سطح آب ۴۷۵ ساله	
	1.12	0.38	0.45-0.5	0.43	27	305	10	8.5			
0	1.41	0.38	0.5<	0.54	29	316	8.5	6.5	1		
	1.06	0.40	0.5<	0.43	27	305	10	8.5			
0	1.40	0.37	0.35-0.4	0.52	28	576	10	8	7		
0	1.24	0.42	0.4-0.45	0.52	28	576	10	8	7		
1.01	1.06	0.43	0.55-0.57	0.50	29	316	8.5	6.5	1		دوره ۲۴۷۵ ساله - قشم - سطح آب موجود -
	1.06	0.45	0.55-0.57	0.40	27	305	10	8.5			
1.44	0.87	0.55	0.55-0.57	0.48	28	576	10	8	7		
0	1.43	0.36	0.45-0.5	0.52	29	316	8.5	6.5	1		آمده - قشم - سطح آب بالا ۴۷۵ ساله
	1.01	0.38	0.45-0.5	0.39	27	305	10	8.5			
0.24	1.36	0.38	0.5<	0.52	29	316	8.5	6.5	1		
	0.96	0.40	0.5<	0.39	27	305	10	8.5			
0	1.40	0.37	0.35-0.4	0.52	28	576	10	8	7		
0	1.24	0.42	0.4-0.45	0.52	28	576	10	8	7		
1.62	1.21	0.43	0.55-0.57	0.48	29	316	8.5	6.5	1	آمده - قشم - سطح آب بالا ۲۴۷۵ ساله	
	0.86	0.45	0.55-0.57	0.36	27	305	10	8.5			
1.45	0.87	0.55	0.55-0.57	0.48	28	576	10	8	7		
14.38	0.05	0.43	0.45-0.5	0.02		135	6	4	8	درگهان - سطح آب بالا آمده - ۴۷۵ ساله	
14.44	0.04	0.48	0.5-0.55	0.02		135	6	4	8		
23.72	0.18	0.34	0.5-0.55	0.06		186	2	0	9		
	0.05	0.41	0.5-0.55	0.02		148	3	2			
14.47	0.03	0.58	0.64	0.02		135	6	4	8	درگهان - سطح آب بالا آمده - ۲۴۷۵ ساله	
23.9	0.17	0.42	0.64	0.07		186	2	0	9		
	0.06	0.50	0.64	0.03		148	3	2			

#### ۴- بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، پهنه‌بندی جزیره قشم و ریزپهنه‌بندی مناطقی از آن مد نظر بوده است. مطابق با توصیه آئین‌نامه TC4، برای پهنه بندی مخاطرات طبیعی در یک منطقه وسیع مانند جزیره قشم، ابتدا کل منطقه در مقیاس‌های کوچک‌تر (درجه او یا ۲) پهنه‌بندی شده و سپس برای مناطق حساس‌تر در این مرحله دارای خطر روانگرایی تشخیص داده شده‌اند، پهنه‌بندی در مقیاس بزرگ (درجه ۳) انجام می‌شود. در این تحقیق نیز این ترتیب منطقی رعایت شده است.

در پهنه‌بندی جزیره قشم، دشت‌های ماسه‌ای و کم ارتفاع و ساحلی خطر روانگرایی متوسط تا بالا را از خود نشان داده‌اند. شرایط زمین شناسی مناطقی که با شیوه مذکور در این تحقیق دارای خطر روانگرایی متوسط تا زیاد تشخیص داده شده‌اند، عموماً تلماسه‌ها، پلایاها و مناطق ساحلی جوان‌تر از هولوسن بوده‌اند. یود و پرکینز (۱۹۷۸) برای شرایط زمین شناسی مختلف، خطر روانگرایی را تخمین زده‌اند و روش ایشان توسط آئین‌نامه TC4 برای پهنه‌بندی درجه ۲ توصیه شده است. تلماسه‌ها، پلایاها و مناطق ساحلی جوان‌تر از هولوسن

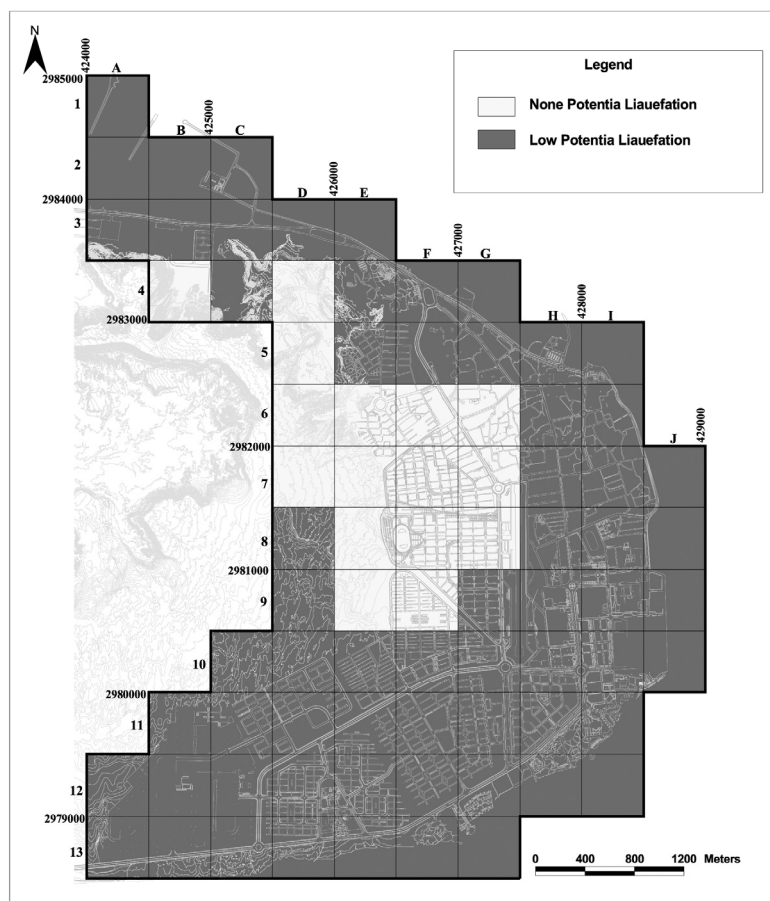
در گهان در پهنه بندی درجه ۲، دارای خطر روانگرایی متوسط تا زیاد می باشند و از این نظر، روش مورد استفاده در این تحقیق نتایج قابل مقایسه ای با روش یود و پرکینز که تنها به اطلاعات زمین شناسی متکی است از خود نشان می دهد.

سواحل جنوبی و شرقی شهر قشم در پهنه بندی درجه ۲ دارای خطر متوسط تا زیاد، بخش های غربی بدون استعداد روانگرایی و بخش هایی در جنوب غربی دارای خطر روانگرایی کم تشخیص داده شده است. در ریزپهنه بندی (درجه ۳) بخش های غربی شهر قشم بدون خطر روانگرایی بوده اما بخش های ساحلی و مرکزی شهر در مقایسه با پهنه بندی درجه ۲ خطر کمتری نشان داده و خطر روانگرایی کم برای آن برآورد شده است. در این شهر حتی با فرض افزایش سطح آب و در شتاب های دوره بازگشت های ۴۷۵ و ۲۴۷۵ سال، خطر روانگرایی برآورد شده کم است که دلیل آن ضخامت کم لایه های سست سطحی و تراکم بالای لایه های عمیق تر زمین می باشد.

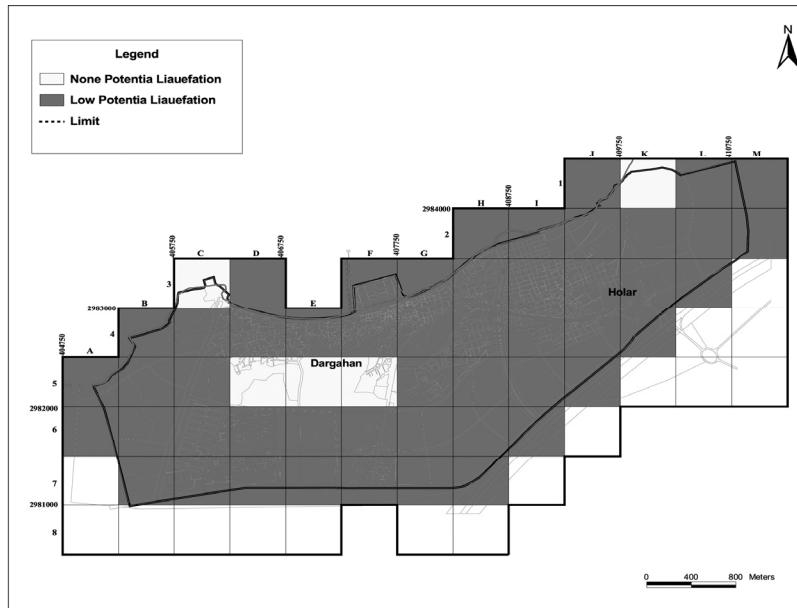
در گهان، استعداد خطر روانگرایی به خصوص در بخش های غربی و جنوبی آن به شدت افزایش می یابد.

در طبقه بندی یود و پرکینز (۱۹۷۸) نیز دارای خطر متوسط تا زیاد می باشند و از این نظر، روش مورد استفاده در این تحقیق نتایج قابل مقایسه ای با روش یود و پرکینز که تنها به اطلاعات زمین شناسی متکی است از خود نشان می دهد.

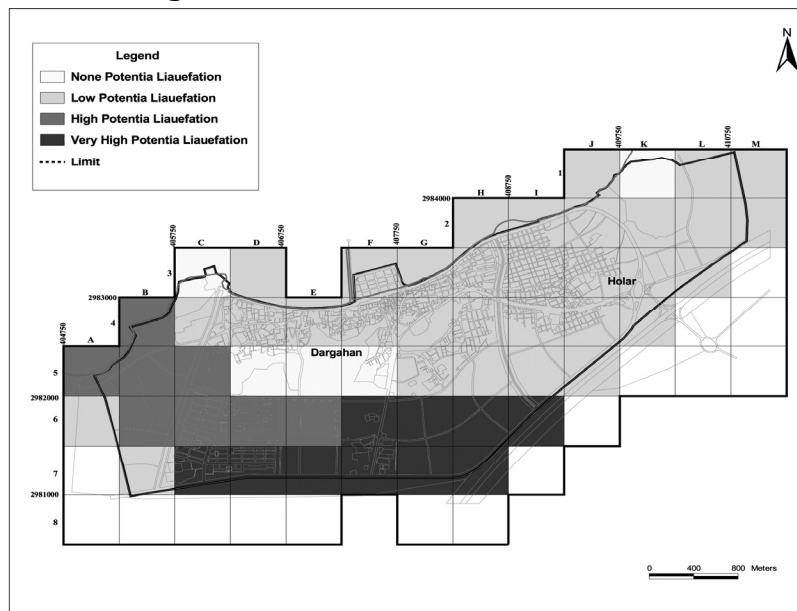
سواحل جنوبی و شرقی شهر قشم در پهنه بندی درجه ۲ دارای خطر متوسط تا زیاد، بخش های غربی بدون استعداد روانگرایی و بخش هایی در جنوب غربی دارای خطر روانگرایی کم تشخیص داده شده است. در ریزپهنه بندی (درجه ۳) بخش های غربی شهر قشم بدون خطر روانگرایی بوده اما بخش های ساحلی و مرکزی شهر در مقایسه با پهنه بندی درجه ۲ خطر کمتری نشان داده و خطر روانگرایی کم برای آن برآورد شده است. در این شهر حتی با فرض افزایش سطح آب و در شتاب های دوره بازگشت های ۴۷۵ و ۲۴۷۵ سال، خطر روانگرایی برآورد شده کم است که دلیل آن ضخامت کم لایه های سست سطحی و تراکم بالای لایه های عمیق تر زمین می باشد.



شکل ۴: نقشه استعداد خطر روانگرایی در شهر قشم



شکل ۵: نقشه استعداد خطر روانگرایی در شهر درگهان در سطح آب موجود



شکل ۶: نقشه استعداد خطر روانگرایی در شهر درگهان در سطح آب بالا آمده

### منابع

حق شناس، ابراهیم و مهدویفر، محمدرضا. ۱۳۸۴. "گزارش مقدماتی پدیده‌های زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک مرتبط با زلزله قشم." پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران. ایران. ۱۳۸۴/۹/۶

حقی‌پور عبدالعظیم. ۱۳۷۴. "پژوهش‌های زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه قشم." مهندسین مشاور سکو.

گریوانی هادی و حق شناس ابراهیم ۱۳۸۶، "نقشه زمین‌شناسی مهندسی جزیره قشم با کاربرد در پهنه‌بندی مخاطرات ژئوتکنیک لرزه‌ای." پنجمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران

حق شناس، ابراهیم و شفیعی، علی و همکاران. ۱۳۸۶. "مطالعات پهنه‌بندی خطر زلزله و مخاطرات ژئوتکنیک لرزه‌ای جزیره قشم. مرحله دوم: پهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای و مخاطرات زمین‌شناختی در جزیره قشم" پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.

- حق شناس، ابراهیم و کمالیان، محسن، و همکاران. ۱۳۸۷. "مطالعات پهنه‌بندی خطر زلزله و مخاطرات ژئوتکنیک لرزه‌ای جزیره قشم. مرحله سوم: پهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای و مخاطرات زمین‌شناختی در شهرهای قشم و درگهان" پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- صالح زاده، ح و اثنی عشری، م و همکاران ۱۳۸۲. "پهنه‌بندی خطر روانگرایی منطقه جنوب شرق تهران با استفاده از آزمون نفوذ مخروط و ارزیابی عددی نتایج." چهارمین کنفرانس بین‌المللی زلزله و مهندسی زلزله.
- کمالیان، م و زارع، م و همکاران. ۱۳۸۰. "مطالعات بهسازی وضع موجود شبکه آبرسانی بخش منتخبی از شهر تهران در برابر زلزله" پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- میرمحمد حسینی، م و کمک پناه، ع و همکاران. ۱۳۷۸. "ریزپهنه‌بندی جنوب شرق تهران در برابر روانگرایی" پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- میرمحمد حسینی، م و قاسمی، ا و همکاران. ۱۳۸۱. "ریزپهنه‌بندی جنوب شرق تهران در برابر روانگرایی" پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- کمک پناه، ع و بوستانی ماوی، د و همکاران. ۱۳۸۰. "ریزپهنه‌بندی جنوب تهران در برابر روانگرایی" دانشگاه تربیت مدرس.
- عسکری فرج‌ا. و گریوانی هادی. ۱۳۸۷. "خطر روانگرایی در تهران براساس تجزیه و تحلیل مطالعات گذشته در تهران" فصلنامه علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- California Geological Survey (2008). "Guidelines for Evaluating and Mitigation Seismic Hazards in California" Chapter 6. Originally adopted March 13, 1997 by the State Mining and Geology Board in Accordance with the Seismic Hazards Mapping Act of 1990. Revised and Re-adopted September 11, 2008 by the State Mining and Geology Board in Accordance with the Seismic Hazards Mapping Act of 1990.
- California Geological Survey (2008). "Guidelines for Evaluating and Mitigation Seismic Hazards in California" Chapter 6. Originally adopted March 13, 1997 by the State Mining and Geology Board in Accordance with the Seismic Hazards Mapping Act of 1990. Revised and Re-adopted September 11, 2008 by the State Mining and Geology Board in Accordance with the Seismic Hazards Mapping Act of 1990.
- California Geology Survey, Department of Conservation, (2005). "Seismic Hazard Zone Report for the Rosamond 7.5 Minute Quadrangle, Los angeles County, California"
- Haghipour, A., Aghanabati, A. 2005. Geological Map of The Qeshm Area (1:100,000). Qeshm Free Area.
- Iwasaki, T. Tokida, K., Tatsuoka, F., Watanabe, S., Yasuda, S. and Sato, H. (1982). Microzonation for Soil Liquefaction Potential Using Simplified Methods, Proc., 3<sup>rd</sup> Int. Conf. on microzonation, Seattle, Vol.3pp1319-1330.
- JICA, Japan International Cooperation agency, 2000. The Study on Seismic Microzoning of the Greater Tehran Area in the Islamic Republic of Iran, Main Report Volume 2.
- Klohn-Crippen Consultants Ltd, (1994). "Preliminary Seismic Microzonation Assessment for British Columbia" <http://ilmbwww.gov.bc.ca>.
- Ronald Andrus, Kenneth H.Stokoe and Riley M.Chung (1999). Draft Guidelines for Evaluating Liquefaction Resistance Using Shear Wave Velocity Measurments and Simplified Procedures, NISTIR 6277, National Institute of Standard and Technology, Gaithers Burg. M.D.
- Seed, H.B., Idriss, I.M. (1971). Simplified Procedure for Evaluation Soil Liquefaction Pntial, J. SMFD, ASCE, Vol. 97, No.9<pp.1249-1273.
- The Technical Committee for Earthquake Geotechnical Eng. (TC4), 19931999. Manual for Zonation on seismic Geotechnical hazard, The Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.
- Youd, T.L., and Perkins, D.M., 1978. Mapping liquefaction-induced ground failure potential. Journal of the Geotechnical Engineering Division, p. 443-446.

## پیوست ۱: پروفیل‌های نمونه روانگرایی تهیه شده در شهر قشم

شماره پروفیل	عمق سطح بالای لایه (m)	عمق سطح پائین لایه (m)	نوع خاک	SPT	Vs (m/s)	عمق سطح آب موجود (m)	سطح آب بالا آمده (m)	Vs اصلاح شده	SPT اصلاح شده
1	0	2	SM	20	150	4.5	2	233	>30
	2	4.5	SM	30	320	4.5	2	370	>30
	4.5	6.5	SM	30	320	6.5	4.5	332	>30
	6.5	8.5	SM	30	320	8.5	6.5	316	29
	8.5	10	SM	30	320	10	8.5	305	27
	10	10	Lomashel	>50	515	10	10	477	>30
2	0	2	SM	20	300	2	0	466	>30
	2	4	SM	30	400	4	2	492	>30
	4	5	SM	40	400	5	4	459	>30
	5	12	Lomashel	>50	860	12	5	853	>30
	12	20	Marl	>50	500	20	12	425	>30
	20	20	SM		155	20	0	241	
3	0	2	SM		380	2	0	590	
	2	4	SM		380	4	2	449	
	4	6	SM		380	6	4	449	
	6	8	SM		380	8	6	449	
	8	10	SM		380	10	8	395	
	10	20	Marl		495	20	10	466	
4	0	3	SM		150	3	0	211	
	3	12	Marl		425	12	3	420	
	12	20	Marl		515	20	12	431	
5	0	3	SM	30	250	3	0	351	>30
	3	17	Lomashel	>50	880	17	3	818	>30
	17	20	Marl	>50	500	20	17	404	>30
6	0	2	SM	30	370	2	0	575	>30
	2	4	SM	40	500	4	2	590	>30
	4	5	SM	40	500	5	4	540	>30
	5	15	Lomashel	>50	600	15	5	555	>30
	15	20	Marl	>50	600	20	15	490	>30
	20	20	S M		250	20	0	388	>30
7	0	2	S M	28	250	2	0	308	>30
	2	4	S M	28	250	4	2	647	>30
	4	6	S M	28	575	6	4	606	>30
	6	8	S M	28	575	8	6	576	28
	8	10	S M	28	575	10	8	551	>30
	10	12	S M	35	575	12	10	500	>30
8	0	20	Marl	>50	575	20	12	309	
	20	3	SM		220	3	0	707	
	3	20	Lomashel		785	20	3	388	
9	0	2	SM		250	2	0	295	
	2	4	SM		250	4	2	270	
	4	5	SM		250	5	4	797	
	5	17	Lomashel		880	17	5	403	
	17	20	Marl		500	20	17	388	
	20	20	SM		250	20	0	309	
10	0	3	SM		250	3	2	283	
	3	5	SM		250	5	3	808	
	5	17	Lomashel		880	17	5	406	
	17	20	Marl		500	20	17	404	
	20	2	SM		260	2	0	639	
	2	20	Lomashel		695	20	2	350	
12	0	2	SM		225	2	0	547	
	2	4	SM		445	4	2	511	
	4	5	SM		445	5	4	802	
	5	10	Lomashel		785	10	5	432	
	10	20	Marl		500	20	10		

پیوست ۲: پروفیل های نمونه روانگرایی تهیه شده در شهر درگهان

شماره پروفیل	عمق سطح بالای لایه (m)	عمق سطح پائین لایه (m)	نوع خاک	Vs (m/s)	عمق سطح آب موجود (m)	سطح آب بالا آمده (m)	Vs اصلاح شده (m/s)
1	0	2	SM	200	2	0	362
	2	7	Marl	375			450
	7	20	Marl	375			337
2	0	3	SM	190	3	0	344
	2	3	Marl	190			270
	3	7	Marl	295			344
	7	20	Marl	495			444
3	0	3	SM	250	3	0	409
	3	20	Marl	470			442
4	0	1	SM	210	1	0	452
	1	8	Marl	540			641
	8	20	Marl	690			611
5	0	1	SM	180	1	0	387
	1	20	Marl	645			615
6	0	3	SM	260	3	0	471
	2	3	SM	260			374
	3	8	Marl	595			684
	8	20	Sandstone	810			723
7	0	2	SM	150	2	0	271
	2	7	Marl	300			360
	7	20	Marl	460			413
8	0	6	SM	120	6	4	186
	2	4	SM	120			148
	4	6	SM	120			135
	6	20	Marl	405			364
9	0	5	SM	120	5	0	186
	2	3	SM	120			148
	3	5	Marl	220			202
	5	20	Marl	495			454
10	0	3	CL	120	3	0	168
	3	5	Marl	220			247
	5	20	Marl	495			438