

ارزیابی پتانسیل بروز خطر روانگرایی در دشتهای جنوبی گرگانرود استان گلستان

• رئوف مصطفی‌زاده (نویسنده مسئول)

دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور

• مجید اونق

استاد گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: مرداد ماه ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: بهمن ماه ۱۳۸۹

تلفن تماس: ۰۹۱۴۴۸۱۵۷۴۳

Email: raofmostafazadeh@yahoo.com

چکیده

شناخت نواحی مستعد خطرات طبیعی از گام‌های اولیه در مدیریت منابع طبیعی و برنامه ریزی‌های توسعه‌ای و عمرانی است. ارزیابی وضعیت فعلی و پیش بینی آینده بحران و رویدادها در بلند مدت به طراحی وضعیت سازمانی مدیریت بحران در هر جامعه ختم می‌شود. روانگرایی یکی از مهمترین پدیده‌های ژئوتکنیکی است که در خاک‌های سست ماسه ای اشباع، به هنگام وقوع زلزله موجب بالا رفتن فشار منفذی و کاهش مقاومت برشی می‌شود. در این تحقیق پس از تهیه داده‌ها و نقشه‌های پایه، با استفاده از مدل سه پارامتری SWM در محیط GIS پهنه بندی خطر روانگرایی در پیکسل‌های ۲۰×۲۰ متر برای وضعیت فعلی در محدوده پنج شهر گرگان، ترکمن، بندرگز، آق‌قلا و کردکوی در استان گلستان صورت گرفت. با توجه به نوسان در وضعیت سطح ایستابی و شتاب لرزه ای، هفت وضعیت بروز خطر تدوین گردید. سپس نقشه پهنه بندی خطر برای وضعیت‌های تدوین شده تهیه شد و با در نظر گرفتن مرز سیاسی شهرها، درصد مساحتی هر کلاس خطر مشخص شد. مقایسه مساحت کلاس‌های خطر در وضعیت‌های بروز خطر نشان می‌دهد بین کلاس‌های خطر در وضعیت‌های مختلف تفاوت معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد وجود دارد. کمترین و بیشترین درصد احتمال خطر به هنگام وقوع زلزله به ترتیب در وضعیت‌های ۱ و ۸، در محدوده شهرهای بندر ترکمن و بندرگز بدلیل نزدیکی به مرکز سطحی زلزله و سواحل دریای خزر بدست آمد.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی خطر روانگرایی، پتانسیل بروز خطر، مدل سه پارامتری SWM، مدیریت بحران، دشتهای ساحلی استان گلستان

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 93 pp: 1-10

Assessing liquefaction hazard potential in southern Gorgan-rood plains, Golestan province

By: Raouf, Mostafazadeh Ph.D Student of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Dept. of Natural Resources and Marine Sciences, (Corresponding Author; Tel: +989144815743) and Majid Ownegh, Professor, Dept of Arid Zone and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Recognizing the susceptible areas for natural hazards is one of the primary steps in natural resources management and Development program schematizations. Assessing existing and future of disaster states can facilitate the design of disaster management organizations. Liquefaction is an important geotechnical phenomenon that usually takes place in saturated loose sandy soils due to increasing pore water pressure and decline soil resistivity. In this research liquefaction hazard potential in west of the Golestan province was evaluated. After processing data and base maps in GIS environment, SWM model was used for producing hazard maps with (20×20m) pixel size, for existing condition. Considering alterations in future water level and seismic acceleration, 7 different scenarios were developed, and hazard maps for these scenarios were obtained. Then area percent around five towns in hazard classes was calculated. The results of statistical comparison show that significance different exist between the hazard classes in different scenarios. The results indicates that the minimum and maximum Liquefaction hazards after earthquake event respectively occurs in 1 and 8 scenarios in Bandar-Torkaman and Bandar-Gaz areas that are in proximity of surface earthquake center and Caspian Sea coasts.

Keywords: Liquefaction hazard zonation, Potential of Hazard outbreak, SWM model, Disaster management, The Golestan coastal plains

مقدمه

می باشد که در مناطق ساحلی با سطح ایستابی بالا و خاک حساس بایستی تدابیری در این زمینه اتخاذ گردد (۳۳). مقیاس تخمین خسارات ناشی از زلزله می تواند در دامنه وسیع مانند کشور، شهر و حتی بخشی از یک شهر صورت گیرد. ارزیابی دقیق اثرات زمین لرزه اطلاعاتی را از روانه های شدن رسوبات فراهم می آورد، اما این مسئله غالباً پرهزینه و زمان بر است. به همین دلیل روش ساده تری توسط Hwang در سال ۱۹۷۹ به منظور ارزیابی پتانسیل روانگرایی خاک ها ارائه شده است (۲۴). Prigogine و همکاران (۳۲) در تحقیقی با هدف بررسی تاثیر سطح آب زیرزمینی در مناطق دشتی در بروز خطر روانه ای شدن خاک نتیجه گرفتند که با بالا آمدن سطح آب زیرزمینی پهنه مناطق با خطر بالا بطور چشمگیری افزایش خواهد یافت. Criscione و همکاران (۱۷) خطر روانگرایی ایالت Nevada را پهنه بندی نمودند و نتیجه گرفتند که نقشه خطر روانگرایی ابزار مفیدی در جهت شناسایی مناطق مستعد خطر بوده و می تواند مبنای تصمیم گیری مدیران و برنامه ریزان باشد. میرمحمدحسینی (۱۳۸۱) با هدف پهنه بندی پتانسیل روانگرایی شهر تهران در مقیاس کوچک به این نتیجه رسید که در زلزله ای با بزرگی متوسط تا بزرگ، روانگرایی در جنوب تهران، شهر ری و مسیر رودخانه های کرج، کن و جاجرود رخ خواهد داد. پدیده روانگرایی بخشی از تهران در مقیاس بزرگ توسط حائری و حمیدی (۳) در سال ۱۳۷۶ مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج تحقیق آنان حاکی از احتمال بروز خطر در محل های حفاری شده بود ولی با توجه به عمق نهشته ها و فاصله از سطح زمین میزان عددی شاخص پتانسیل تمامی نواحی بسیار کم و در حد خطرپذیری پایین محاسبه گردید. عسگری و کسابی (۹) در بخشی از نواحی جنوب شرقی تهران با روش ساده شده سید^۲ منطقه را به سه محدوده با

خسارت و عوارض زمین لرزه به عنوان یکی از مخرب ترین بلایای طبیعی از بعد تلفات جانی و اقتصادی، خصوصاً در کشور ما قابل توجه است (۸). بسیاری از تغییرات مشهود در سطح زمین مانند گسیختگی زمین، روانگرایی لغزش ها، کج شدگی ساختمان ها و ابنیه و خسارت به آنها از پیامدهای وقوع زلزله می باشد (۳۰، ۳۴). با پیش بینی وضعیت های مختلف بروز خطرات محیطی می توان دیدگاه های جدیدی را در تصمیمات موثر بر روند توسعه عمرانی در جامعه ایجاد نمود. با توجه به موقعیت ایران در کمربند زلزله خیز آلپ هیمالیا، زمین لرزه ها به عنوان مخرب ترین حادثه طبیعی، عامل تلفات بشری و خسارات اقتصادی قابل توجه در کشور محسوب می شوند (۶). روانگرایی به عنوان یکی از پیامدهای زمین لرزه بیشتر در خاک های اشباع و ریزدانه ماسه ای و سیلتی فاقد رس، در مناطق هموار دشتی و جلگه ای بر اثر تنش های ناشی از شوک های لرزه بالای آستانه تحریکی، بروز می کند (۱۸). افت ظرفیت باربری و نشست زمین، نوسانات زمین و گسیختگی روانه ای از پیامدهای روانگرایی است. این اتفاقات باعث فرورفتن و یا کج شدن سازه ها، چرخش حول محور ثقل و گاه تخریب متناسب با وزن آن ها می شوند (۸، ۳۱). در اثر زلزله سال (۱۹۶۴) نیگاتای ژاپن که از زلزله های معروف در تاریخ مهندسی زلزله محسوب می شود، پدیده روانگرایی موجب واژگونی ساختمان های چند طبقه، ویرانی منازل، خرابی خطوط جاده و راه آهن گردید (۳۰، ۳۱). وقوع روانگرایی مناطقی مانند اطراف رودخانه ها، دریاچه ها، خلیج ها بدلیل بالا بودن سطح تراز آب زیر زمینی و نوع خاک، اثرات تخریبی بیشتری دارد (۱۵، ۳۵). افزایش فشار آب منفذی و کاهش شدید مقاومت خاک، به طور جدی مورد توجه مهندسین ژئوتکنیک و سازه ها

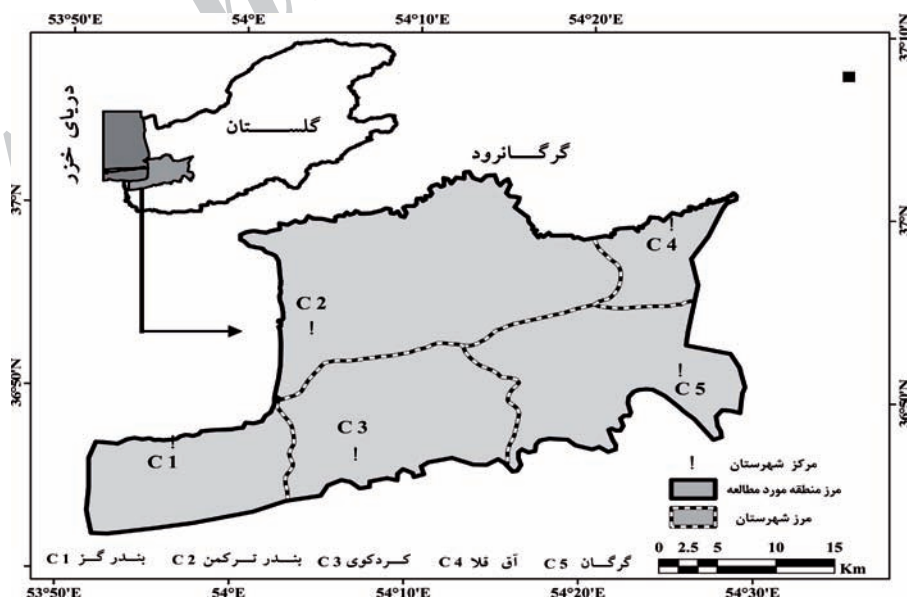
این تحقیق، در نظر گرفتن و محاسبه شاخص خطر در وضعیت‌های متفاوتی است که می‌تواند با توجه به شرایط موجود در منطقه بروز نماید. شبیه‌سازی میزان تغییر در پهنه‌های خطر با شدت‌های متفاوت امکان انعطاف در برنامه‌های مدیریتی متناسب با استعداد مناطق در بروز خطر روانگرایی را فراهم می‌نماید. با شناخت نواحی مستعد خطرات طبیعی، آگاهی لازم برای اجتناب و یا اجرای اقدامات اولویت دار در ساخت پروژه‌ها و احداث ابنیه فنی ممکن می‌گردد. همچنین نتایج تحقیق می‌تواند در برنامه‌ریزی توسعه شهری، اولویت‌بندی و نظارت در اجرای آیین‌نامه‌های ساختمان‌سازی در مناطق دشتی و ساحلی در معرض خطر و نیز آمادگی برای مدیریت و کاهش اثرات مخرب زمین‌لرزه و احتمال روانگرایی مفید واقع گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بین $51^{\circ}47'$ تا $29^{\circ}48'$ طول شرقی و $36^{\circ}41'$ تا $37^{\circ}2'$ عرض شمالی، در جنوب رودخانه گرگانرود واقع شده که با مساحتی معادل 169360 هکتار از غرب به بندرگز و از شمال به رودخانه گرگانرود، از شرق به شهرهای گرگان و آق‌قلا و از جنوب به کردکوی و بندرگز محدود می‌شود. در این منطقه مراکز جمعیتی از جمله آق‌قلا، بندر ترکمن، کردکوی و گرگان واقع شده‌اند. نزدیکی به سطح اساس دریا و وجود رسوبات حساس به روانه‌ای شدن زمینه استعداد منطقه را برای بروز پدیده روانگرایی فراهم نموده است. ژئومورفولوژی منطقه شامل دشت با ارتفاع کمتر از 500 متر و جلگه‌های ساحلی است. زمین‌شناسی منطقه بیشتر شامل رسوبات دریایی کواترن و در بخش‌هایی با فاصله بیشتر از دریا رسوبات رودخانه‌ای، بادی و دریاچه‌ای است (۲).

پتانسیل خطر روانگرایی بدون خطر، کم خطر و خطر زیاد پهنه بندی نمودند. Hwang و همکاران (۲۳) روشی را برای ارزیابی پتانسیل بروز روانگرایی بر اساس فاکتور ایمنی در کشور تایوان ارائه دادند. بر اساس نتایج آنان حد آستانه بروز خطر روانگرایی در خاک‌ها هنگامی است که مقدار عددی فاکتور ایمنی برابر $1/5$ باشد. Bird و همکاران (۱۶) روشی را به منظور ارزیابی خسارت وارده به ساختمان‌ها در اثر پدیده روانگرایی ارائه نمودند و یک مقیاس برآورد خسارت را پیشنهاد نمودند. هدف تحقیق حاضر تعیین شدت خطر روانگرایی در وضعیت موجود و نیز پیش‌بینی بروز خطر در هفت وضعیت محتمل در محدوده شهرهای واقع در دشت‌های جنوب رودخانه گرگانرود در استان گلستان می‌باشد. بخاطر اینکه منطقه مورد مطالعه از نظر نزدیکی به سطح اساس دریا، داشتن بافت رسوبی حساس به روانه‌ای شدن و ناآرام بودن منطقه از نظر تکتونیک، دارای استعداد فراوانی در بروز پدیده روانگرایی است. تفاوت تغییر در موقعیت سطح تلاقی آب شور و شیرین، توسط تغییرات سطح محلی آب دریا کنترل می‌گردد (Masterson و Garabedian, ۲۰۰۷). مبانی نظری نفوذ آب شور دریا در سفره آبهای زیرزمینی کاملاً فرموله شده و یکی از پیامدهای اصلی پیشروی آب دریا، افزایش سطح ایستایی و شور شدن سفره آب زیرزمینی است (Ownegh, ۲۰۰۹ و Snoussi, ۲۰۰۸)، بطوری که تا شعاع حدود 25 تا 30 کیلومتری امکان پیشروی جبهه آب شور وجود دارد، آثار نفوذ در تغییر کیفیت آب چاه‌های کم عمق و عمیق منطقه مورد مطالعه نیز مشهود است (Ownegh, ۲۰۰۳). مطالعات متعددی تاثیر و ارتباط نسبی سطح تراز آب زیرزمینی و نوسان آب دریا را خصوصاً در مناطق مجاور سطح دریا گزارش نموده‌اند (۱۹، ۳۱). ارتباط تاثیر پذیری بروز پدیده روانگرایی و نوسانات سطح ایستایی آب، از مواردی است که می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد. از موارد قابل توجه در



شکل ۱- تصویری از احداث سد توری سنگی در حوزه آبخیز حبله‌رود

Silty-loam، در بخش ساحلی Silty-loam و در بخش جنوبی Silty-clayloam و Sandy-clayloam می‌باشد.

شتاب لرزه‌ای

با محاسبه شدت زمین‌لرزه‌های تاریخی و جدید و نیز استفاده از نقشه‌ی گسل‌های منطقه، مانند گسل نیمه فعال گرگان و نیز مرکز سطحی زلزله ۶ ریشتری شمال آق‌قلا در سال ۱۳۸۳، دامنه فواصل منطقه مورد مطالعه از نقاط و گسل‌های لرزه‌خیز بصورت نوارهایی تعیین شد (شکل ۳). دامنه شتاب و بزرگی زلزله با بزرگی آستانه تحریکی در دامنه بین $0.5 - 0.3$ بر اساس مطالعات پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله و نمودار شتاب حداکثر افقی و فاصله از کانون تخلیه انرژی زلزله تعیین شده است.

تدوین وضعیت‌های خطر روانگرایی

در تدوین وضعیت‌های بروز خطر روانگرایی موارد زیر مدنظر قرار گرفته است:

بافت رسوب در یک دوره برنامه ریزی توسعه فیزیکی و اقتصادی-اجتماعی، ثابت می‌باشد که این پارامتر در تمامی وضعیت‌ها بدون تغییر در نظر گرفته شده است (۲). سطح تراز آب دریای خزر ۲۶ تا ۲۷ متر پایین‌تر از میانگین سطح دریاهای آزاد قرار گرفته و دارای تغییرات سریع است (۲۳). مطالعات متعدد نوسانات دوره‌ای و متناوب سطح آب دریای خزر را در بازه‌های زمانی (موردی، شبانه‌روزی، فصلی، تاریخی و زمین‌شناسی) نشان می‌دهد (۱۰). آمار بلندمدت تراز آب دریای خزر در ایستگاه انزلی نشان می‌دهد که در سال آبی ۱۳۵۶-۱۳۵۵ سطح تراز آب به مقدار $28/44$ - متر بوده و پس از آن با روندی افزایشی در سال ۱۳۷۶-۱۳۷۴ به میزان بیش از $2/3$ متر افزایش یافته و به منتهای $26/1$ متر رسیده است (۱۲). بر اساس نظر Kroonenberg و همکاران، (۲۴)، سطح آب دریای

روش تحقیق

عوامل موثر در بروز پدیده روانگرایی شامل بزرگی زمین لرزه، تراکم و بافت مواد ریزدانه و میزان آب موجود در فضای ذرات خاک می‌باشند (۳۳). پارامترهای مورد نیاز در مدل سه پارامتری SWM، شامل عمق آب، بافت رسوب و دامنه شتاب لرزه ای می‌باشد که جزئیات استاندارد آن در جدول ۱ ارائه شده است.

سطح آب زیرزمینی

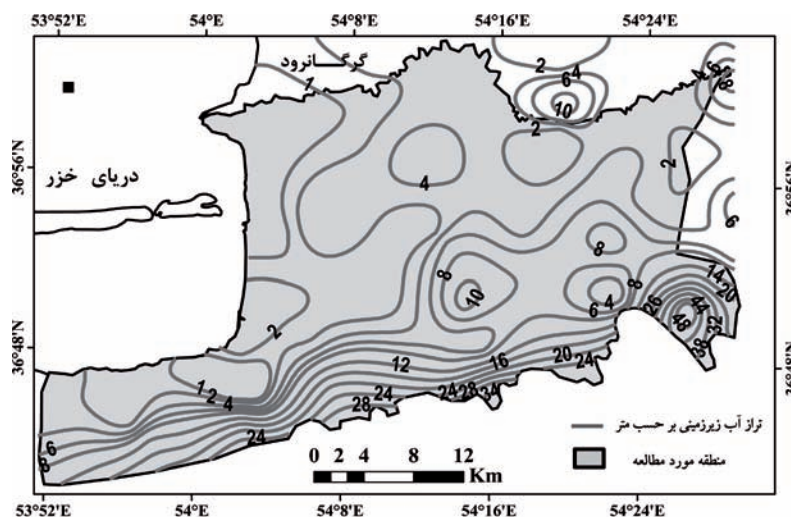
تراز آب زیرزمینی عموماً در شرق منطقه مورد مطالعه در اعماق پایین تر قرار گرفته و با نزدیک شدن به دریای خزر به سطح زمین نزدیک می‌شود. به منظور تعیین وضعیت سطح ایستایی نقشه چاه‌ها و خطوط هم عمق آب زیرزمینی سال ۱۳۸۵ شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان (۵)، مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲). نقشه مذکور بر اساس میانگین عمق‌های ماهانه آب در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ ترسیم شده است. بر اساس اطلاعات شکل ۲ می‌توان گفت که سطح تراز آب در بخش‌های شمال، غرب و جنوب غرب منطقه مورد مطالعه در دامنه عمق ۱ تا ۴ متری قرار دارد.

خاک

دشت گرگان از مجموعه‌ای از رسوبات سخت نشده پوشیده شده است. این رسوبات از جنوب به شمال شامل گراول، ماسه و رسوبات ریز دانه سیلتی و رسی است (۷). خاک منطقه را بیشتر رسوبات دریایی واقع در جلگه‌های ساحلی، رسوبات دوباره حمل شده رس، سیلت و ماسه به همراه باقیمانده صدف نرم‌تنان دریایی تشکیل می‌دهند (۲). برای تعیین بافت خاک از نقشه خاک شناسی منطقه مورد مطالعه و استعداد اراضی استان‌های شمالی استفاده گردید (۱). بر اساس نقشه خاک منطقه مورد مطالعه، بافت خاک در بخش‌های شمالی Silty-loam و Silty-

جدول ۱- استاندارد طبقه بندی پارامترها و امتیاز دهی آن‌ها در روش سه پارامتری SWM

| پارامتر | دامنه تغییرات | توضیحات | امتیاز طبقات |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|--------------|
| عمق آب | ۰-۳ متر | سطح ایستایی بالا | ۲ |
| | ۳-۷ متر | سطح ایستایی متوسط | ۱ |
| | > ۷ متر | سطح ایستایی پایین | ۰ |
| جنس رسوب | ماسه ریز و سیلت | حساسیت بالا به روانگرایی | ۲ |
| | رس | حساسیت متوسط به روانگرایی | ۱ |
| | شن، ماسه و رسوبات درشت | حساسیت پایین به روانگرایی | ۰ |
| دامنه شتاب لرزه‌ای (g) | > ۰/۶ | مناطق با قابلیت لرزه خیزی بالا | ۲ |
| | ۰/۳-۰/۶ | مناطق با قابلیت لرزه خیزی متوسط | ۱ |
| | < ۰/۳ | مناطق با قابلیت لرزه خیزی کم | ۰ |



شکل ۲- موقعیت خطوط تراز آب زیرزمینی دشت جنوبی گرگانرود بر اساس آمار متوسط ۵ ساله ۱۳۸۵-۱۳۸۰

تدوین سناریوها مورد توجه قرار گرفت. همچنین مناطقی که با کاهش سطح تراز آب، در دسته مناطق کم‌خطر قرار می‌گیرند، با افزایش سطح تراز آب، مجدد به پهنه پرخطر تغییر وضعیت خواهند داد. بهر حال وضعیت فعلی (وضعیت ۱) به عنوان مبنای مقایسه با سایر وضعیت‌ها لحاظ شد.

شاخص خطر پس از انتخاب مقادیر پارامترهای کلیدی و طبقه بندی آن‌ها به سه دامنه (با استفاده از الگوریتم محاسباتی حاصل ضرب در مدل سه پارامتری (SWM)، روی هم اندازی لایه‌های اطلاعاتی در محیط سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی با ابعاد سلولی ۲۰×۲۰ متر و لحاظ کردن ۸ وضعیت پیش بینی شده، محاسبه گردید. بر اساس مدل سه پارامتری، مقادیر دامنه خطر محاسبه گردید و در پنج طبقه (بدون خطر، خطر کم، خطر متوسط، خطر زیاد و خطر خیلی زیاد) طبقه بندی شده و به نقشه کروپلت^۳ با پنج کلاس تبدیل گردید. با ترسیم مرز سیاسی شهرستان‌ها در محدوده مورد مطالعه روی نقشه‌های پهنه بندی خطر، درصد مساحتی هر شهرستان در هر کلاس خطر در تمامی وضعیت‌ها محاسبه گردید. تحلیل‌های آماری کلاس‌های خطر در وضعیت‌های پیش‌بینی شده بروز خطر با استفاده از آزمون کای اسکور و در محیط نرم‌افزار SPSS ۱۵ انجام گردید.

نتایج

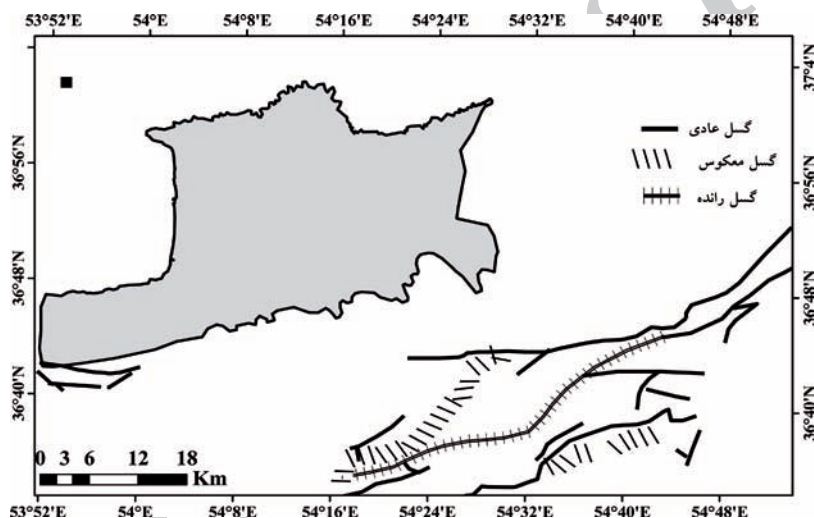
پس از محاسبه مقادیر شاخص خطر روانگرایی، کلاس بندی و تهیه نقشه‌های پهنه بندی وضعیت‌های بروز خطر و در نظر گرفتن محدوده مساحتی شهرستان‌ها، نتایج زیر حاصل گردید (شکل ۴). همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود شهرستان آق‌قلا و بندرگز در تعدادی از وضعیت‌های بروز خطر به ترتیب در کلاس خطر متوسط و زیاد قرار خواهند گرفت. به منظور فراهم نمودن امکان مقایسه، درصد مساحت کلاس‌های خطر به تفکیک در هر شهرستان در شکل ۵ ارائه شده است. در وضعیت‌های ۱، ۳، ۵ و ۷ به ترتیب محدوده شهرستان‌های گرگان، بندرگز و کردکوی به صورت کامل در کلاس بدون خطر قرار دارند. نتایج مقایسه مساحت کلاس‌های خطر در وضعیت‌های بروز خطر با استفاده از آزمون کای اسکور در شکل‌های ۶، ۷، ۸ و ۹ ارائه

خزر از سال ۱۹۲۹ تا ۱۹۷۷ حدود ۳ متر افزایش داشته است. همچنین بر اساس گزارشات ارائه شده در سمینارهای دوره‌ای "بررسی نوسانات سطح آب دریای خزر" برگزار شده در شهرهای آستاراخان، ۲۰۰۳، باکو، ۲۰۰۴، رشت، ۲۰۰۵، اکتائو، ۲۰۰۶ و کالجنگ، ۲۰۰۷، تراز سطح آب دریای خزر در طول ۱۵۶ سال اخیر بین ۲۶- و ۲۹- در نوسان بوده است (۱۴، ۲۰، ۲۱). در ۱۶۰ سال قبل، سطح دریای خزر در پایین‌ترین نقطه یعنی ۲۹- متری بوده و دامنه کاهش سطح تراز، در فاصله سال‌های ۱۹۰۰ و ۱۹۷۷ به میزان سه متر ثبت شده است. از سال ۱۹۷۸ سطح دریای خزر تا کنون در طول ۲۹ سال حدود ۲/۵۵ متر افزایش داشته است (۴، ۱۱). همچنین بر اساس پیش‌بینی پژوهشگران روسی، سطح آب دریای خزر تا سال ۲۰۵۰ به ۲۳- تا ۲۲- خواهد رسیده که میزان کاهش سطح آب، ۳ متر خواهد بود. در مجموع بر اساس جمع‌بندی حاصل از منابع مذکور و نیز دامنه نوسان ۳ متری سطح تراز آب دریای خزر در دوره ۱۷ ساله اخیر (۱۳۷۴-۱۳۵۷)، افزایش سطح تراز به میزان ۳ متر در تحقیق حاضر مدنظر قرار گرفت. در صورت بالا آمدن سطح دریا، سطح ایستابی در مناطق مجاور و تحت تاثیر با تغییرات جدید سازگار می‌گردد. با توجه به تبعیت سطح آب زیرزمینی از توپوگرافی، سطح ایستابی در سطح دشت گرگان تقریباً افقی و این امر تعامل سطح تراز آب و تغییرات سطح اساس خزر را تسهیل می‌نماید. با توجه به نزدیکی منطقه مورد مطالعه به دریای خزر خصوصاً در نوار ساحلی شهرستان‌های بندر ترکمن و بندر گز و همچنین ریزدانه بودن رسوبات در پهنه رسوبی مورد مطالعه، می‌توان استنباط نمود که در مقیاس زمانی بلندمدت و ناحیه‌ای سطح آب زیرزمینی و دریای خزر به صورت نسبی با یکدیگر در تعامل و ارتباط باشند. بر این اساس شش دامنه نوسان سطح تراز ۱ متری در جهت بالا آمدن و پایین رفتن سطح ایستابی در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن شدت شوک لرزه‌ای احتمالی به میزان ۰/۱۵ تعداد حالت‌های ممکن و متفاوت به ۲۰ مورد خواهد رسید که با حذف وضعیت‌های کاهش خطر، ۸ وضعیت جهت ارزیابی پتانسیل بروز خطر روانگرایی باقی خواهد ماند که جزئیات آن در جدول ۲ ارائه شده است. روند کاهش سطح تراز آب، خطری ایجاد نمی‌کند و این پیش‌فرض از ابتدای

جدول ۲- آرایه وضعیت‌های محتمل ارزیابی بروز خطر روانگرایی

| وضعیت | پارامتر خاک | وضعیت سطح ایستابی محتمل | شتاب لرزه‌ای |
|-------|-----------------------------|--------------------------|---------------------|
| ۱ | نوع رسوب موجود ^o | سطح ایستابی موجود | شتاب لرزه ای ۰/۳ g |
| ۲ | نوع رسوب موجود ^o | سطح ایستابی موجود | شتاب لرزه ای ۰/۴۵ g |
| ۳ | نوع رسوب موجود ^o | افزایش ۱ متر تراز سطح آب | شتاب لرزه ای ۰/۳ g |
| ۴ | نوع رسوب موجود ^o | افزایش ۱ متر تراز سطح آب | شتاب لرزه ای ۰/۴۵ g |
| ۵ | نوع رسوب موجود ^o | افزایش ۲ متر تراز سطح آب | شتاب لرزه ای ۰/۳ g |
| ۶ | نوع رسوب موجود ^o | افزایش ۲ متر تراز سطح آب | شتاب لرزه ای ۰/۴۵ g |
| ۷ | نوع رسوب موجود ^o | افزایش ۳ متر تراز سطح آب | شتاب لرزه ای ۰/۳ g |
| ۸ | نوع رسوب موجود ^o | افزایش ۳ متر تراز سطح آب | شتاب لرزه ای ۰/۴۵ g |

* - ترکیب رسوبات بخش‌های مختلف منطقه که خصوصیات آن در نوع خاک و رسوب منطقه به طور کامل ذکر شده است.



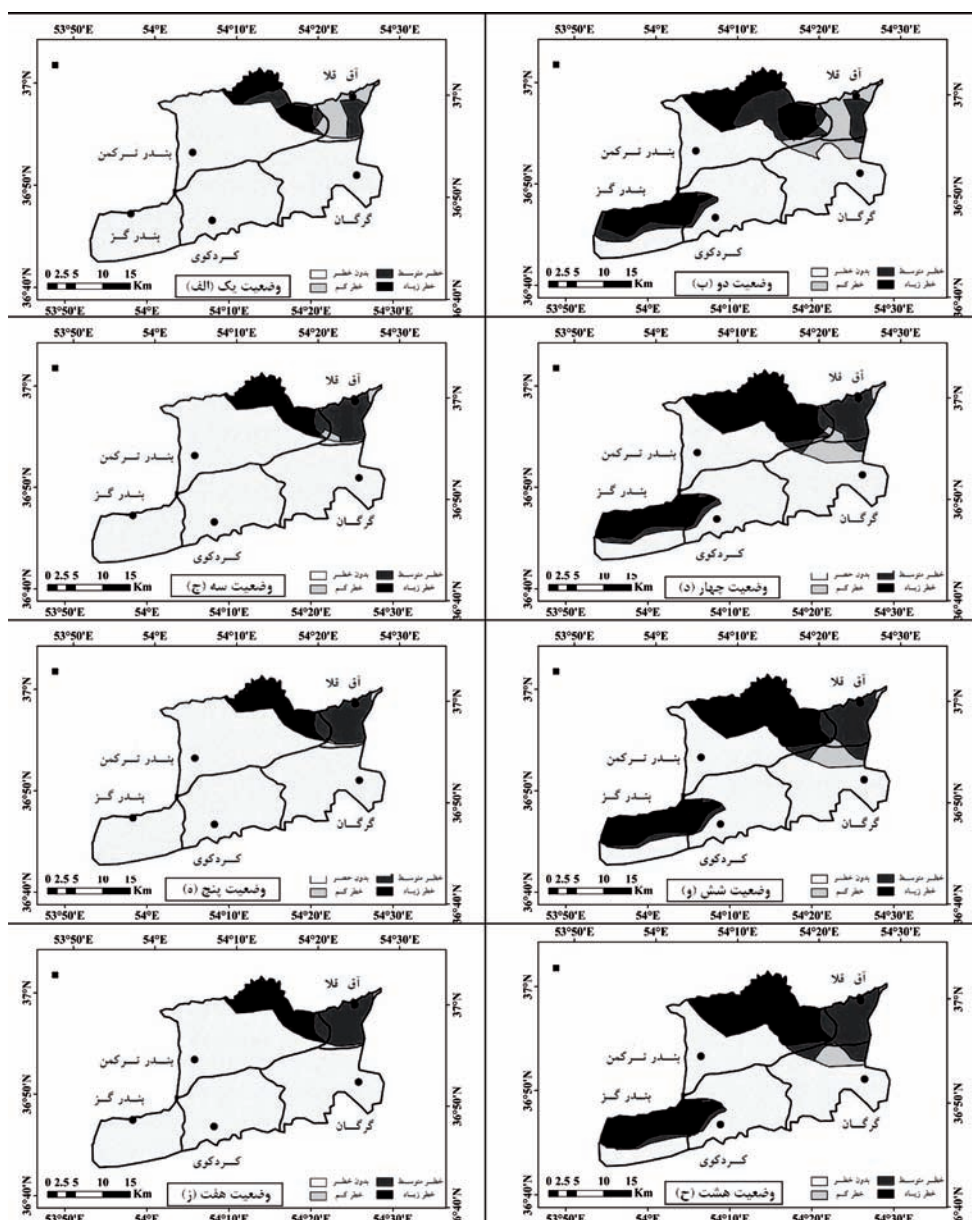
شکل ۳- موقعیت انواع گسل‌های موجود در نزدیکی منطقه مورد مطالعه (دشت جنوبی گرگان‌رود)

وضعیت‌های ۱، ۳، ۵، و ۷ باعث شده است مناطق بدون خطر بیشترین درصد مساحتی محدوده مورد مطالعه را به ترتیب به میزان ۷۸، ۷۶، ۷۶، ۷۷ درصد به خود اختصاص دهند. دلیل عمده این مساله را می‌توان به پایین بودن سطح آب زیرزمینی و جنس لایه‌های تشکیل دهنده تحت‌الارض نسبت داد. بیشترین احتمال میزان بالا آمدن سطح ایستابی در اثر نوسان آب دریای خزر در وضعیت‌های ۲، ۳، ۴، و ۸، در نظر گرفته شده است. بنابراین درصد مساحتی کلاس خطر زیاد در سواحل بندر ترکمن، بندرگز و کردکوی، به ترتیب ۲/۳۱، ۴/۳۲، و ۳/۹۸ برابر افزایش یافته است، که با نتایج تحقیقات Pringogine و همکاران (۳۲) مبنی بر افزایش پهنه خطر با بالا آمدن سطح آب دریا همسو است. بیشترین خطر روانگرایی در وضعیت ۸ (وقوع زمین لرزه با شتاب لرزه‌ای ۰/۴۵ g و افزایش ۳ متری تراز سطح آب) پیش‌بینی شده است. نتایج حاکی از پتانسیل بالای خطر در محدوده شهرهای بندر ترکمن و بندرگز بدلیل نزدیکی به مرکز تخلیه

شده است. در شکل‌های ۷، ۸، و ۹ وضعیت‌های خطر با حروف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌داری بوده و اگر حروف مشترک نداشته باشند یعنی با هم اختلاف آماری معنی‌دار دارند. نتایج ارائه شده در شکل‌های ۶ تا ۹ نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری میان مساحت کلاس‌های خطر روانگرایی در وضعیت‌های مختلف وجود دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

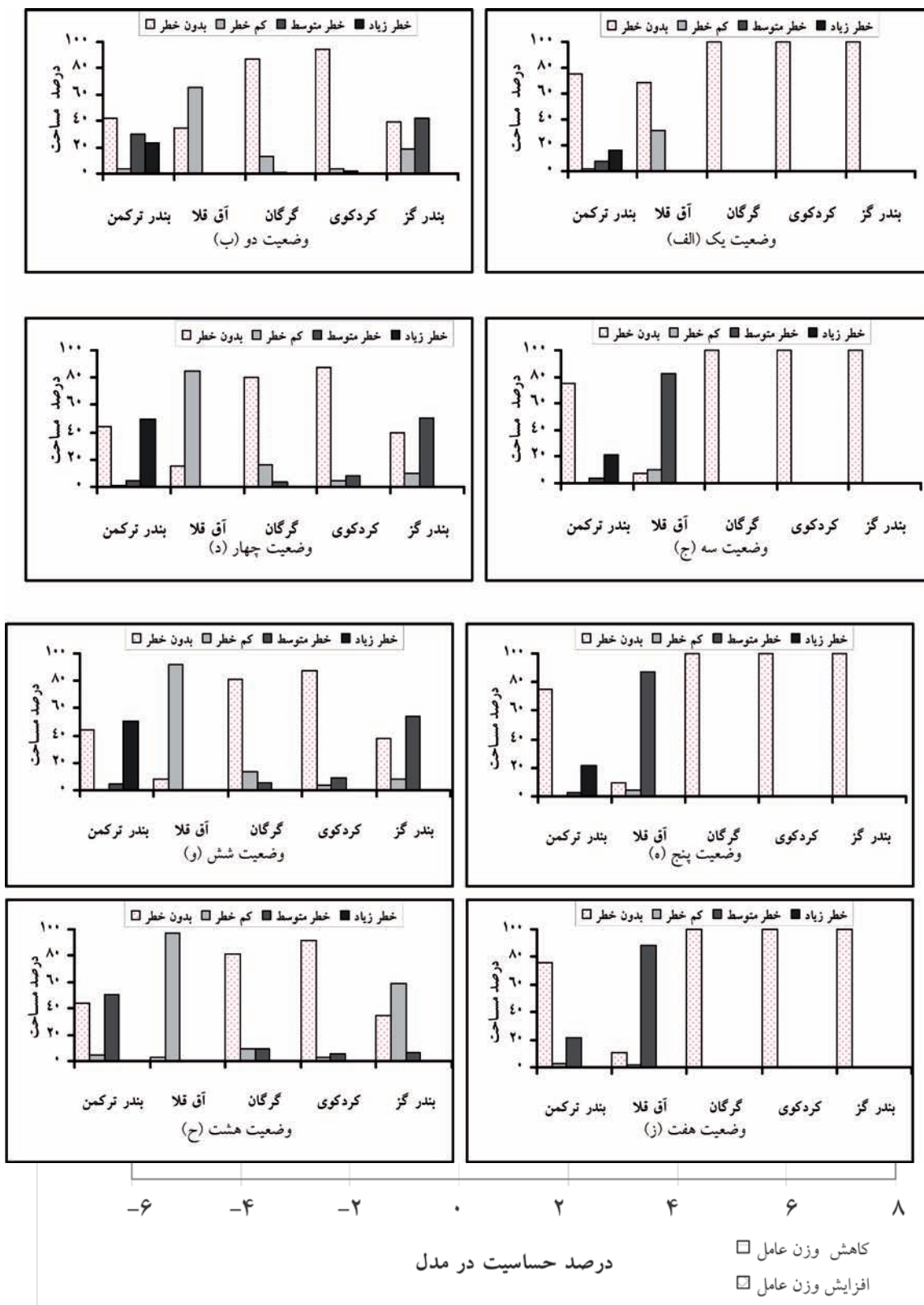
خطر روانگرایی امنیت سازه‌های مهندسی و تاسیسات مختلف را تهدید نموده و باعث محدودیت ارتفاع ساخت و افزایش هزینه‌ها خواهد بود (۳۰). به دلیل اهمیت حیاتی تاسیسات زیربنایی (بزرگراه‌ها، خطوط لوله‌های نفت و گاز و تاسیسات برق) تامین امنیت و مقاومت آن‌ها در برابر امواج زمین‌لرزه باید در برنامه‌های مهندسی عمران و توسعه مورد توجه جدی‌تری قرار گیرد. با در نظر گرفتن وضعیت موجود شتاب لرزه ای در



شکل ۴- نقشه‌های کلاس خطر در وضعیت‌های بروز خطر روانگرایی

راستا است. با مشخص شدن تفاوت معنی‌دار در مساحت کلاس‌های خطر، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که تغییر در عوامل مورد بررسی در بروز خطر روانگرایی، می‌تواند بر نتایج و در نتیجه گستردگی پهنه‌های خطر تاثیرگذار باشد، که امکان پیش‌بینی وضعیت‌های متفاوت را فراهم می‌نماید. نقشه‌های ارائه شده در این تحقیق نواحی در معرض خطر و مستعد پدیده روانگرایی را پیش‌بینی نموده است. باید توجه شود که عدم قطعیت‌هایی در مدل مورد استفاده و وضعیت‌های تدوین شده (سناریوها)، وجود دارد که باید مدنظر قرار گیرد. نتایج می‌تواند توسط طیف وسیعی از مدیران منابع طبیعی و مهندسان ژئوتکنیک به عنوان پیش‌نیازی در برنامه‌ریزی توسعه منطقه ای مورد استفاده قرار گیرد. بر اساس نظر Criscione و همکاران (۱۷)

انرژی لرزه ای و سواحل خزر به دلیل افزایش سطح آب دریا می‌باشد. در محدوده شهرستان گرگان و کردکوی با توجه به مقاومت خاک، پایین بودن سطح ایستابی و همچنین فاصله از کانون‌های لرزه‌خیزی، بیشتر مناطق در کلاس بدون خطر و کم خطر واقع شده اند، که نقشه پهنه بندی خطر روانگرایی پژوهشکده بین المللی زلزله‌شناسی این موضوع را تایید می‌نماید. بخش‌های شمالی شهر بندر ترکمن به دلیل نزدیکی به رودخانه گرگانرود و تاثیر آن بر بالا آمدن سطح ایستابی در اراضی مجاور در وضعیت‌های ۴، ۶ و ۸ در کلاس خطر زیاد قرار گرفته اند که این نتایج با یافته‌های عسکری و کسای (۹) و میرمحمدحسینی (۱۳) مبنی بر استعداد بالای خطر روانگرایی در اطراف رودخانه‌ها در زلزله‌های متوسط و بالا در یک



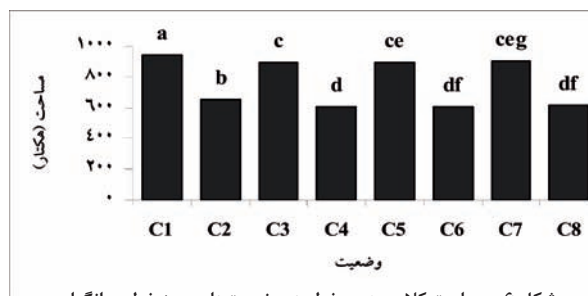
شکل ۵- درصد مساحت کلاس‌های خطر در وضعیت‌های بروز خطر روانگرایی

پاورقی‌ها

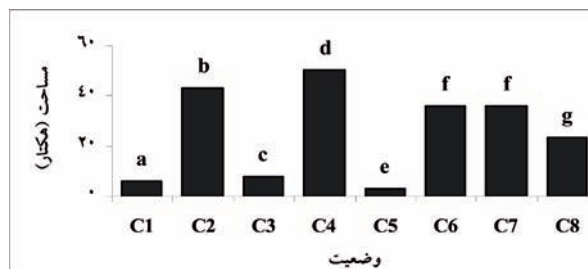
- 1- Liquefaction
- 2 - Nevada
- 3 - Seed
- 4 - Choroplete

منابع مورد استفاده

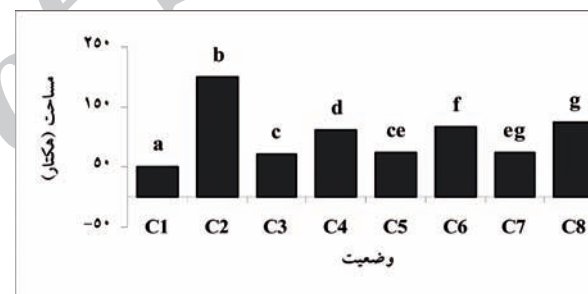
- ۱- اداره تحقیقات آب و خاک استان گلستان، (۱۳۸۵) گزارش آمار و اطلاعات نقشه‌های بافت خاک استان. مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان گلستان.
- ۲- اونق، م. (۱۳۸۶) برنامه راهبردی عملیاتی توسعه حاشیه اترک، ویژگی‌های طبیعی و اقلیم، سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان گلستان. صفحات ۵ تا ۷۴
- ۳- حایری، م. و حمیدی، ا. (۱۳۷۶) بررسی روانگرایی در خاک‌های ماسه‌ای بخشی از جنوب تهران با استفاده از روش حالت پایدار. سومین همایش سدسازی. تهران. صفحات ۶۴ تا ۷۱
- ۴- حیدرپور، ف. (۱۳۷۴) تغییرات سطح آب دریای خزر و تاثیر آن بر اکوسیستم مناطق ساحلی، موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. ص ۷.
- ۵- شرکت آب منطقه‌ای گلستان. (۱۳۸۵) نقشه هم عمق آب‌های زیرزمینی منطقه غرب استان گلستان.
- ۶- شعبانی، ا. (۱۳۸۳) برآورد خطر و پهنه بندی زمین‌لرزه‌ای گستره کرمانشاه- سنندج (۳۴-۳۶N و ۴۶-۴۸E) به روش احتمالات. پایان نامه کارشناسی ارشد زلزله شناسی، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران. ۱۱۷ صفحه.
- ۷- شمعانیان، غ.، رقیمی، م.، یخکشی، ا. (۱۳۸۵) هیدروژئوشیمی آب‌های زیرزمینی در دشت گرگان: راهکاری برای حساسیت‌سنجی آلودگی آب‌های زیرزمینی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. شماره ۴، مهر- آبان
- ۸- عبداللهی، ر. و ثوقی‌فر، ح. ر و بازیاری، ح. (۱۳۸۴) ملاحظات ژئوتکنیکی طراحی لرزه ای سازه‌های سبک، اولین همایش بین المللی زلزله و سبک سازی ساختمان، قم. صفحات ۴۵۶ تا ۴۶۲
- ۹- عسکری، ف و کسایی، م. (۱۳۸۲) ارزیابی روانگرایی در بخشی از جنوب شرقی تهران، نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۷، شماره ۲، صفحات ۲۵۷ تا ۲۶۸
- ۱۰- قانقرمه، ع و ملک، ج. (۱۳۸۴) همزیستی مسالمت آمیز با نوسانات آب دریای خزر به منظور توسعه پایدار سواحل ایران (مطالعه موردی: ساحل جنوب شرقی)، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی (علوم انسانی)، سال ۳۷، شماره ۵۴، زمستان، ۱۹۸ صفحه.
- ۱۱- قدرتی، ع. غریب‌رضا، م. ر، داداشی، م. ع و صبح‌زاهدی، ش. (۱۳۸۴) بررسی تغییرات خطوط ساحلی دریای خزر در تغییر ژئومورفولوژی حوزه های سواحل گیلان، دومین کنفرانس آبخیزداری و مدیریت آب و خاک، کرمان. صفحات ۲۵۶ تا ۲۶۶
- ۱۲- مشیری، (۱۳۸۹) بررسی نوسان‌های سطح تراز آب دریای خزر. دومانهنامه نقشه‌برداری. ۱۰۷، صفحات ۲۹ تا ۳۱.
- ۱۳- میرمحمدحسینی، م. (۱۳۸۱) ریزپهنه بندی جنوب شرقی تهران در برابر روانگرایی، برنامه ملی تحقیقات، پژوهشکده بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- 14- Aliyeva, E., Huseynov, D., and Kroonenberg, S. (2003) *Depositional environment at rapid sea level fluctuations: Implication*



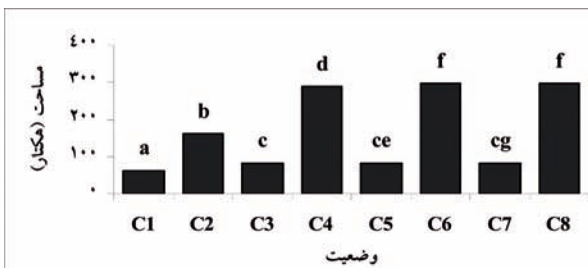
شکل ۶- مساحت کلاس بدون خطر در وضعیت‌های بروز خطر روانگرایی



شکل ۷- مساحت کلاس خطر کم در وضعیت‌های بروز خطر روانگرایی



شکل ۸- مساحت کلاس خطر متوسط در وضعیت‌های بروز خطر روانگرایی



شکل ۹- مساحت کلاس خطر زیاد در وضعیت‌های بروز خطر روانگرایی

و Hitchcock و همکاران (۲۲)، وجود نقشه‌های پیش‌بینی خطرات از الزامات طرح‌های توسعه منطقه‌ای است. شناسایی نواحی با پتانسیل بالای وقوع روانگرایی و پیش‌بینی میزان گسترش پدیده روانگرایی آگاهی لازم برای اجتناب از عرصه‌های مذکور و اجرای اقدامات اولویت‌دار در مناطق مستعد خطر را امکان پذیر می‌سازد. توصیه می‌شود نتایج تحقیق در مکان یابی عرصه‌های مناسب ساخت پروژة ها و احداث ابنیه فنی و امکان در نظر گرفتن ملاحظات طراحی در آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

