ریزپهنه بندی لرزه ای شهر قزوین با توجه به تاثیر شرایط ساختگاهی

نوشته : دکتر سیدمحسن حائری،* دکتر علی ارومیه ای** و جواد پورشریفی***

Seismic microzonation of Qazvin City with reference to the site effect condition

By: Dr.M.Haeri *, Dr.A. Uromeihy **, and J.Porsharifi***

چکیده :

با توسعه و گسترش روزافزون شهرهای بزرگ در مناطق لرزه‌خیز، آسیب‌پذیری این شهرها در مقابل زمین‌لرزه‌های مخرب رو به افزایش است.باتوجه به زیان‌های جانی و مالی گسترده‌ای که در اثر وقوع زمین‌لرزه دراین مناطق متوجه ساختار اجتماعی و اقتصادی کشور می‌گردد، ضرورت تلاش همه جانبه برای کاهش این خطر را بوجود می‌آورد. یکی از عمده‌ترین فعالیتها در راستای کاهش خطرات ناشی از زمین‌لرزه و افزایش ایمنی عمومی، مطالعات پهنه‌بندی لرزه‌ای مناطق شهری است. نتیجه این بررسی‌ها معمولاً بصورت نقشه‌های ریزپهنه بندی برای ارزیابی خطر لرزه‌خیزی دریک منطقه ارائه می‌شود. دراین مقاله مطالعات انجام شده جهت تهیه چنین نقشه‌ای برای شهر قزوین مورد بررسی قرار گرفته است.

شهر قزوین با ویژگیهای اجتماعی و اقتصادی خاص خود، یکی از نقاط لرزه‌خیز فعال به شمار می‌آید که برروی نهشته‌های آبرفتی با شرایط ساختگاهی و وضعیت ژئوتکنیکی آن قرار گرفته است. لازم به ذکراست که شرایط ساختگاهی، بویژه وضعیت ژئوتکنیکی آبرفت، یکی از مهمترین عوامل مؤثر برپاسخ لرزه‌ای سطح زمین، به هنگام زمین‌لرزه به شمار می‌رود. دراین راستا نیمرخهای ژئوتکنیکی و دینامیکی متعددی از نقاط مختلف شهر تهیه گردید و پس از مقایسه و دسته‌بندی نیمرخهای مذکور، ۲۲ نیمرخ نماینده انتخاب شد. هرکدام از این نیمرخها براساس چهار حرکت ورودی (شتابنگاشت) مناسب و مقیاس شده برای منطقه و برای سه سطح شتاب ۰/۲۳g، ۰/۲۸g، ۰/۳۵g، بررسی شد. تحلیلها به وسیله نرم‌افزار SHAKE و براساس تئوری انتشار قائم امواج برشی صورت گرفته است. نتایج حاصله از این پژوهش شامل محاسبه پریودهای طبیعی و دینامیکی غالب درآبرفت، اندازه‌گیری شتاب حداکثر سطح زمین، و تعیین ضریب تشدید شتاب حداکثر در سطح زمین می‌باشند. که بصورت نقشه‌های ریزپهنه‌بندی برای شهر قزوین تهیه گردید.

واژه‌های کلیدی: ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای، شرایط ساختگاهی، تشدید موج، پریود غالب طبیعی و دینامیکی، شتاب حداکثر سطح زمین، تشدید شتاب حداکثر زمین

Abstract

The fast extension and development of cities in areas prone to high earthquake risk increases their vulnerabilities to suffer unacceptable damages. Earthquake microzonation mapping could be a useful approach integrating seismology, geology, built environment, and the socio-economic needs of the community. It is suggested that such an approach, in terms of the earthquake hazard and consequent

future mitigation related to land - use planning, would be useful to developing projects in the region.

The fact that the site effect is a major control to earthquake damage in the built environment is recently being recognized. Although the site effect is controlled by many factors, but two most important ones are the topographic conditions and the soil conditions. Qazvin City is laid upon a thick deposits of alluvial plain in which the gradation of the soil particles decreases towards the south. Since the plain almost has a flat topography, only the effect of soil condition was considered in this study.

To investigate the effect of the soil condition on seismological response, a number of 22 represented profiles were selected in different parts of the city. The profiles were analyzed on the base of three level of acceleration 0.23g, 0.28, and 0.35g, using a computer program "SHAKE" which is based on the theory of vertical propagation of shear waves. The results were presented in the form of elastic and dynamic periods of alluvial deposits, peak ground acceleration, velocity, displacement, and amplification of ground vibration.

The results showed that the elastic and dynamic periods and the amplification of accelerations of each profile increases as the thickness and the looseness of the alluvial deposits increase. Different seismic microzonation maps were prepared with regard to elastic and dynamic poriods, peak particles acceleration and coefficient of ground surface amplification.

Key Words: Seismic microzonation, site effect, Amplification and natural Period, Peak ground acceleration

۱ – مقدمه

تجربه زلزله‌های پیشین دنیا نشان داده است که حرکت سطح‌زمین و حجم خرابیها، رابطه تنگاتنگی با وضعیت ژئوتکنیکی آبرفت دارد. در مواقعی که پریود غالب حرکت سنگ کف، پریود طبیعی آبرفت در حین زمین‌لرزه و پریود طبیعی سازه به یکدیگر نزدیک باشند، پدیده تشدید رخ داده و حجم خرابیها شدیداً افزایش می‌یابد.

پدیده تشدید بوجود آمده در نهشته‌های آبرفتی، در بعضی مناطق، می‌تواند شتاب سنگ کف را چندین برابر افزایش دهد و سبب افزایش مقدار شتاب در سطح زمین شود. پدیده انتشار موج همچنین در محتوای فرکانسی امواج زلزله عبوری از بستر آبرفتی تأثیر می‌گذارد و موجب تغییر در فرکانس غالب لرزش در سطح زمین نسبت به فرکانس غالب لرزش در سنگ کف می‌گردد. این امر برای مهندسین محاسب حائز اهمیت است که محدوده احتمالی پدیده تشدید سازه مورد طراحی را شناسایی کنند و در حد امکان از طراحی ساختمانهای دارای پریودها مشابه با پریود زمین پرهیز و یا حداقل تمهیدات لازم را در طراحی پیش‌بینی نمایند.

یکی از عمده‌ترین فعالیتها در راستای کاهش خطرات ناشی از زلزله و افزایش ایمنی عمومی در مناطق لرزه‌خیز، ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای مناطق شهری از نقطه‌نظر پدیده تشدید می‌باشد. نقشه‌های ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای در تعیین کاربری مناطق شهری، جایابی سازه‌های مهم و شریانهای حیاتی، طراحی سازه‌ها و مدیریت بحران در حین وقوع زمین‌لرزه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲– ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی

شهر قزوین با مساحتی در حدود ۵۵ کیلومتر مربع برروی نهشته‌های آبرفتی قراردارد که ستبرای آنها از شمال به جنوب بتدریج زیادتر ودانه‌بندی آنها ریزتر می‌شود. تغییر تدریجی اندازه دانه‌ها از ویژگیهای بارز نهشته‌های مخروط افکنه‌ای دامنه جنوبی بلندیهای البرز می‌باشد. شرایط زمین‌شناسی و خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی نهشته‌های آبرفتی محدوده شهرقزوین از طریق اطلاعات مربوط به ۱۳۱ گمانه ژئوتکنیکی، با ژرفای میان ۱۰ تا ۲۵ متر، در ۵۸ نقطه شهر، گودبرداریها و ترانشه‌ها و همچنین مشاهدات برداشتهای صحرائی انجام پذیرفت. همچنین اطلاعات بدست آمده از فعالیتهای قبلی شرکت مهندسین مشاور تهال (۱۳۴۲)، شرکت آب و خاک جهاد سازندگی (۱۳۶۳)، و بنگاه مستقل آبیاری (۱۳۴۲) برای شناخت بیشتر خصوصیات زمین مورد استفاده قرار گرفتند.

وضعیت آبهای زیرزمینی نهراز طریق بررسی سطح تراز آب در ۱۰ حلقه چاه حفر شده در سطح شهر انجام پذیرفت. سنگ کف سفره آبهای زیرزمینی در مناطق شمالی شهر واحد A از سازند هزار دره بوده و سطح آب در ژرفای چندمتری می‌باشد، در حالیکه در مناطق جنوبی شهر سنگ کف سفرهای آب زیرزمینی واحدهای سنگی نئوژن و تراز آب در عمق ۲۰۰

متری دیده می‌شود.

نحوه پراکندگی دهشته‌های آبرفتی در محدوده شهر قزوین و موقعیت حفر گمانه‌ها و چاه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است.

ازنظر ساختاری، منطقه مورد مطالعه بخشی از دامنه جنوبی البرز میانی بشمار می‌آید و ساختارهای زمین‌شناسی عمده منطقه و عملکرد نیروهای تکتونیکی متاثر از ساختارهای اصلی البرز می‌باشد. گسلهای متعددی با توان لرزه‌زایی بالا در حوزه‌ای به شعاع ۶۵ کیلومتر از مرکزشهر قزوین وجود دارند که نام و مشخصات مهمترین آنها در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

۳- وضعیت لرزه‌خیزی منطقه

حرکت لرزه‌ای سنگ کف گستره شهر قزوین، براساس مطالعات لرزه‌خیزی بربریان و همکاران (۱۳۷۱) الگوسازی شده است. دراین الگوسازی، در مرکز شهر قزوین، به ازاء زلزله مبنای طرح، برای دوره بازگشت ۵۰ ساله شتاب حداکثر سنگ کف ۰/۲۳g برآورد شده است. منظور از زمین‌لرزه مبنای طرح، زمین‌لرزه‌ای است که احتمال وقوع آن در طول عمر مفید سازه برابر ۵۰ درصد باشد.

لازم بیادآوری است که در آئین‌نامه ۲۸۰۰ (مرکز تحقیقات مسکن و ساختمان ۱۳۶۶)برای منطقه قزوین، شتاب حداکثر ۰/۳۵ g بعنوان شتاب مبنای طرح پیش‌بینی شده است. شتاب حداکثر اخیر نیز مبنای مطالعات ریز پهنه‌بندی در شهر قزوین قرار گرفت. براساس مطالعات انجام شده، زمین‌لرزه مبنای طرح با بزرگی ۷/۲ ریشتر فرض شد. باتوجه به فاصله رو مرکزی شهر قزوین نسبت به موقعیت گسلهای اصلی ذکر شده در جدول ۱ که در شعاع کمتر از ۶۵ کیلومتر می‌باشند و بادرنظر گرفتن روابط میرائی Seed and Edris(1970)، پریود غالب زلزله با بزرگی ۷ تا ۷/۵ ریشتر و فاصله رومرکزی کمتر از ۶۵ کیلومتر بین ۰/۳ تا ۰/۳۵ ثانیه خواهد بود.

ردیف	نام گسل	درازای گسل (Km)	فاصله از شهر	راستای گسل	موقعیت نسبت به شهر	توان لرزه‌ای	شتاب افقی حداکثر
۱	شمال قزوین	۶۰	۱۰	E-W	شمال	۷,۲	۰,۳۵۰g
۲	ایپک	۸۵	۶۲	E-W	جنوب	۷,۴	۰,۱۸۶g
۳	اشتهارد	۶۳	۶۲	E-W	جنوب	۷,۳	۰,۱۷۱g
۴	قشلاق	۳۳	۳۳	NW-SE	جنوب‌خاوری	۶,۹	۰,۲۴۳g
۵	طالقان	۶۰	۵۰	E-W	جنوب خاوری	۷,۲	۰,۲,۳g
۶	کلیشوم	۶۲	۳۱	NW-SE	شمال	۷,۳	۰,۱۹۸g
۷	شاهرود	۶۰	۳۵	NW-SE	شمال	۷,۲	۰,۳۲۷g
۸	الموت رود	۶۲	۶۲	NW-SE	شمال‌خاوری	۷,۲	۰,۲۹۳g

جدول ۱- نام و ویژگی‌های تعدادی از گسلهای اصلی باتوان لرزه‌ای در گستره قزوین

به نقل از گزارش شماره ۴۲ سازمان زمین‌شناسی

ردیف	موقعیت شتابنگاشت	نوع مؤلفه	فاصله از بهنه آزادی انرژی (Km)	فاصله از مرکززلزله (Km)	بیشینه‌شتاب g	بزرگی ریشتر	پریود غالب ثانیه
۱	قزوین	طولی	۵۲	۷۲	۰/۱۸۷	۷/۳	۰/۲۵
۲	قزوین	عرضی	۵۲	۷۲	۰/۱۳۴	۷/۳	۰/۲۵
۳	آبیر	طولی	۸	۳۵	۰/۵۶۰	۷/۳	۰/۲۰
۴	آبیر	عرضی	۸	۳۵	۰/۵۰۰	۷/۳	۰/۲۵

جدول ۲. مشخصات شتابنگاشتهای انتخاب شده برای ارزیابی خطر لرزه‌خیزی

از آنجایی که به ازاء زمین‌لرزه مبنای طرح، هیچ شتابنگاشتی از سنگ کف منطقه در دسترس نبود، بنابراین از شتابنگاشتهای مربوط به زمین‌لرزه‌های مشابه استفاده گردید. دراین مطالعات شتابنگاشتهایی مورد استفاده قرار گرفتند که از نظر رژیم تکتونیکی، فاصله رو مرکزی و ویژگیهای فرکانسی، مشابه با وضعیت لرزه‌خیزی شهر قزوین باشند. این شتابنگاشتها براساس سه سطح شتاب حداکثر ۰/۲۳ g، ۰/۲۸ g و ۰/۳۵ g و پریود غالب ۰/۳۳ ثانیه نرمالیزه شدند. در مجموع از چهار شتابنگاشت مختلف که شامل مؤلفه‌های طولی و عرضی شتابنگاشتهای قزوین و آب بر متعلق به زلزله سال ۱۳۶۹ منجیل استفاده گردید. مشخصات شتابنگاشتهای مورد استفاده در جدول ۲ معرفی شده‌اند.

۴- تحلیلهای دینامیکی آبرفت

برای انتخاب سنگ کف لرزه‌ای باتوجه به نظر Finn(1991) و راهنمای شمارهٔ ۴، کمیته فنی انجمن بین‌المللی مکانیک، گروه ژئوتکنیک، (TC4 1993)، لایه‌ای که درآن سرعت موج برشی برابر یا بزرگتر از ۸۰۰ متر برثانیه باشد به عنوان سنگ کف لرزه‌ای معرفی شده است. بمنظور تعیین ژرفای سنگ کف لرزه‌ای و ستبرای لایه‌های سطحی در منطقه، سرعت حرکت امواج طولی Vp و امواج عرضی Vs، در طول ۲۲ نیمرخ نمایند، با استفاده از روش انکسار موج اندازه‌گیری شد.

باتوجه به نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری سرعت موج، ژرفای سنگ کف لرزه‌ای در مناطق شمالی شهر که اکثراً نهشته‌های درشتدانه با تراکم نسبتاً بالا وجود دارد، حداکثر بین ۱۰ الی ۱۵ متر می‌باشد و در مناطق مرکزی و جنوبی شهر که مقدار رسوبات ریزدانه بیشتر و تراکم‌پذیری آنها کمتراست ژرفای سنگ کف لرزه‌ای پائین‌تر رفته و به ژرفای ۳۰ تا ۴۰ متری می‌رسد. بنابراین ژرفای سنگ کف‌لرزه‌ای با توجه به جنس رسوبها و درجه تراکم‌پذیری آنها از شمال به جنوب در گستره شهر قزوین افزایش می‌یابد.

براساس نتایج بدست آمده از آزمایش‌های لرزه‌نگاری و بررسیهای بعمل‌آمده، می‌توان چنین بیان داشت که در شهر قزوین رابطه تنگاتنگی بین ویژگی‌های ژئوتکنیکی و سرعت موج برشی دیده می‌شود. نتایج بدست آمده از این مطالعات با روابط ارائه شده توسط Ishihara and Ansal(1982) برای انواع مختلف خاکها و روابط تجربی پیشنهاد شده بوسیله Otha and Goto(1975) برای خاکهای درشتدانه تلفیق شد و رقم میانگین مناسبی برای سرعت حرکت موج برشی Vs در محل نیمرخ نماینده انتخاب گردید.

لذا در این بررسی‌ها باتوجه به جنس و تراکم رسوبهای آبرفتی در گستره شهر قزوین علاوه براستفاده از نتایج آزمایش‌های لرزه‌نگاری از روابط فوق‌الذکر نیز استفاده شده و بخصوص در مناطقی که آزمایش‌های لرزه‌نگاری انجام نشده بود، سرعت موج برشی در رسوبهای آبرفتی فقط با استفاده از این روابط بدست آمد.

برای هر نیمرخ نماینده انتخاب شده، دانسته‌های بدست آمده از چهار شتابنگاشت مناسب و مقیاس شده برای سه سطح شتاب ۰/۲۳ g، ۰/۲۸ g و ۰/۳۵ g مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بدین ترتیب ۱۲ تحلیل برای هر نیمرخ نماینده و در پایان ۲۶۴ تحلیل برای کل شهر انجام شد.

به منظور تحلیل دینامیکی نیمرخهای نماینده از نرم‌افزار SHAKE تهیه شده توسط Schanabal et al.(1972) استفاده گردید. دراین نرم‌افزار، فرض براین است که انتشار امواج در یک سیستم ویسکوالاستیک با گسترش نامحدود و به صورت یک بعدی و در راستای قائم صورت می‌گیرد. موقعیت شهر قزوین با برخورداری از نهشته‌های آبرفتی و عوارض توپوگرافی ناچیز آن بااین فرض سازگار می‌باشد. پارامترهای ژئوتکنیکی متعددی از جمله جنس، ستبرا و موقعیت لایه‌ها، سطح آب‌زیرزمینی، چگالی، میرایی موجها، و مدول برشی، دراین تحلیل دینامیکی بکار گرفته شد.

با فرض رفتار غیرخطی خاک در حین زلزله، در صورتی‌که کرنش‌های برشی در یک حد متوسطی باشند، مدول برشی و نسبت میرایی خاک تابع کرنش‌های برشی و مستقل از تعداد چرخه‌های بارگذاری می‌باشند. نرم‌افزار SHAKE مقدار مدول برشی و نسبت میرائی را بااستفاده از روش خطی معادل برآورد می‌کند. بدین منظور از منحنیهای رفتاری هذلولی (Seed and Edris 1970)استفاده شده است. با توجه به تابعیت نسبت مدول برشی اولیه از کرنش برشی موثر، کرنش برشی موثر برابر با ۶۵ درصد کرنش برشی حداکثر گرفته شد. مدول برشی اولیه نیز براساس سرعتهای موج برشی اندازه‌گیری شده قابل محاسبه می‌باشد.

۵- گامه‌های انجام بررسی‌های ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای

بررسی‌های ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای شهر قزوین طی گامه‌هایی بشرح زیر انجام پذیرفت:

- گامه نخست: منطقه مورد مطالعه باتوجه به داده‌های ژئوتکنیکی موجود به شبکه‌ای از چهارگوشهای مربع شکل با وسعت یک کیلومتر مربع تقسیم‌بندی شد.
- گامه دوّم: کلیه دانسته‌های مورد نیاز جهت انجام تحلیلهای دینامیکی آبرفت جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. این دانسته‌ها از طریق داده‌های گمانه‌های موجود، نمونه‌برداری از سطح زمین و مشاهدات

صحرائی صورت پذیرفت

- گامه سوم: انجام محاسبات دینامیکی آبرفت براساس حرکت ورودی موج لرزه‌ای سنگ‌بستر به کف نیمرخهای نماینده و در نهایت محاسبهٔ آن در سطح زمین. این محاسبات برای هر نیمرخ و باتوجه به داده شتابنگاشتهای مختلف صورت پذیرفت.
- گامه چهارم: استخراج و تجزیه و تحلیل نتایج محاسبات تحلیل دینامیکی و ارائه آنها در قالب نقشه‌های ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای.

۶- نتایج محاسبات

باتوجه به نتایج حاصل از محاسبات و تجزیه و تحلیل نیمرخهای نماینده با برنامه SHAKE، پریود طبیعی و دینامیکی غالب در آبرفت، شتاب حداکثر سطح زمین، و ضرایب تشدید شتاب حداکثر زمین تعیین شدند. براساس این دانسته‌ها نقشه‌های ریزپهنه‌بندی از دیدگاه‌های مختلفی برای شهر قزوین تهیه گردید که به شرح زیر معرفی می‌شوند:

۱- نقشه ریزپهنه‌بندی براساس پریود طبیعی الاستیک آبرفت (شکل ۳).

۲- نقشه ریزپهنه‌بندی براساس پریود طبیعی غیرالاستیک آبرفت (شکل ۴).

۳- نقشه ریزپهنه‌بندی براساس بیشینه شتاب سطح‌زمین (شکل ۵).

۴- نقشه ریز پهنه‌بندی براساس ضرایب تشدید بیشینه شتاب زمین (شکل ۶).

با بررسیهای بدست آمده از مطالعه نقشه‌ها، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- همبستگی نزدیکی میان نقشه چگونگی پراکندگی ثرات نهشته‌های آبرفتی منطقه و نقشه‌های ریزپهنه‌بندی ارائه شده براساس پریودهای طبیعی الاستیک و غیرالاستیک آبرفت به چشم می‌خورد. پریودهای طبیعی الاستیک و غیرالاستیک آبرفت بتدریج از شمال شهر به سمت جنوب افزایش می‌یابد. این نشانه ریزدانه‌تر شدن ثرات خاک و زیاد شدن ستبرای آبرفت می‌باشد.

۲- بالارفتن پریود طبیعی الاستیک بوده و در بعضی موارد حتی بیش از دو برابر می‌باشد.

۳- نقشه پراکندگی بیشینه شتاب سطح زمین نشان می‌دهد که مقادیر شتاب در قسمتهای شمالی منطقه کمتر می‌باشند. دراین قسمتها بدلیل ستبرای کم و تراکم بالای آبرفت، تاثیرآن بر سطح شتاب حرکت ورودی کمتراست و در قسمتهای مرکزی، باختری و جنوبی شهر بدلیل افزایش ستبرای نهشته‌های ریزدانه و سستتر شدن آنها و همچنین بدلیل نزدیک بودن پریودهای طبیعی و دینامیکی آبرفت به پریود غالب حرکت سنگ کف، تشدید بیشتری در شتاب دیده می‌شود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش در دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه تربیت مدرس، و استانداری قزوین انجام پذیرفت. بدینوسیله از همکاری کلیهٔ افراد و نهادهائی که به نحوی در انجام این تحقیق سهیم بوده‌اند سپاسگذاری و قدردانی می‌شود.

کتاب‌نگاری

بربریان م.، قرشی م.، ارژنگ روش ب.، مهاجر اشجعی الف.، ۱۳۷۱- پژوهش و بررسی دو زمین‌ساخت و خطر زمین‌لرزه - گسلش در گستره قزوین بزرگ و پیرامون، سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش شماره ۶۱.

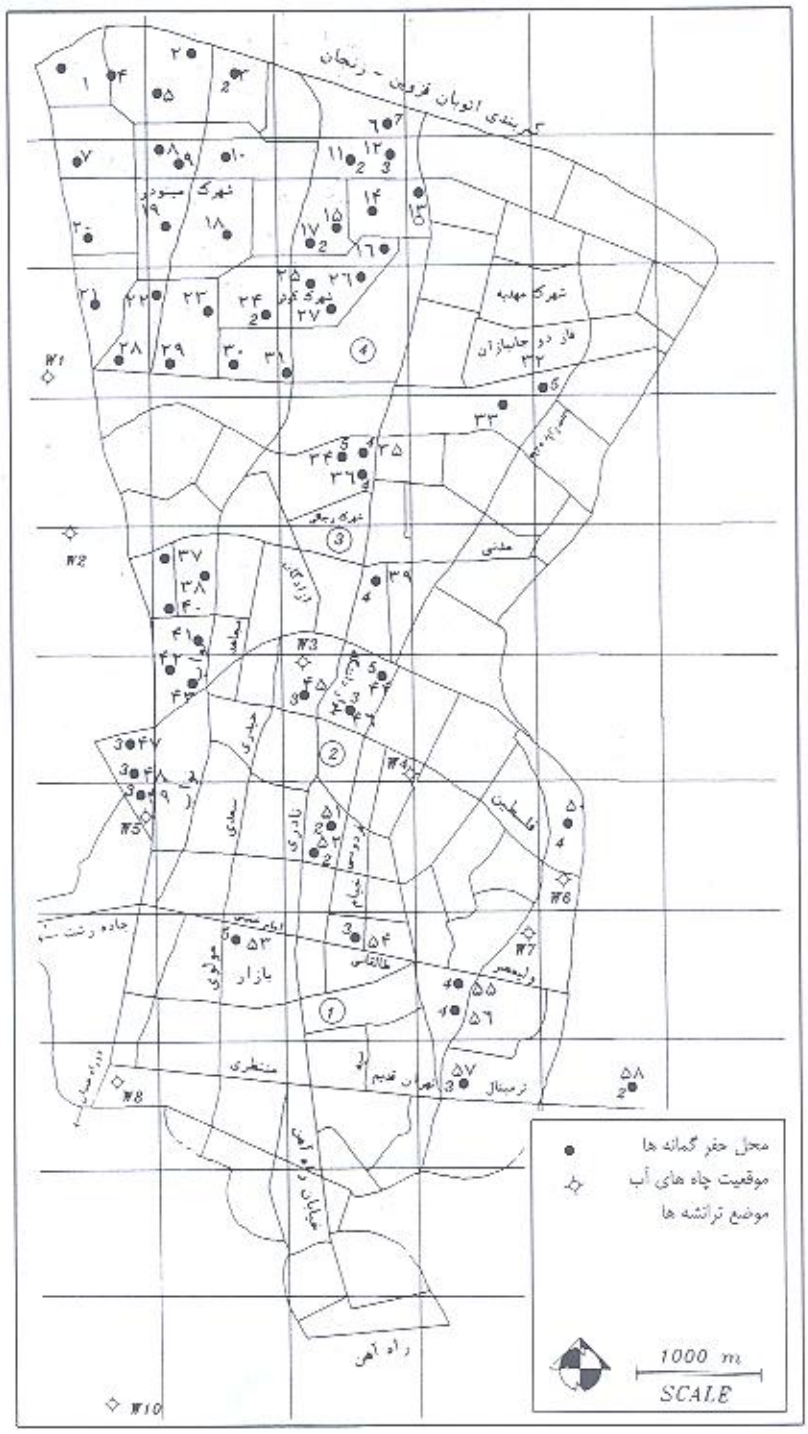
بنگاه مستقل آبیاری قزوین ۱۳۴۲- مطالعات ژئوفیزیکی شهر قزوین به روش ژئوالکتریک، شرکت ژنرال ژئوفیزیک، اداره آب و خاک.

پورشریفی ج.، ۱۳۷۶- ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای شهر قزوین با استفاده از روش انتشار موج، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.

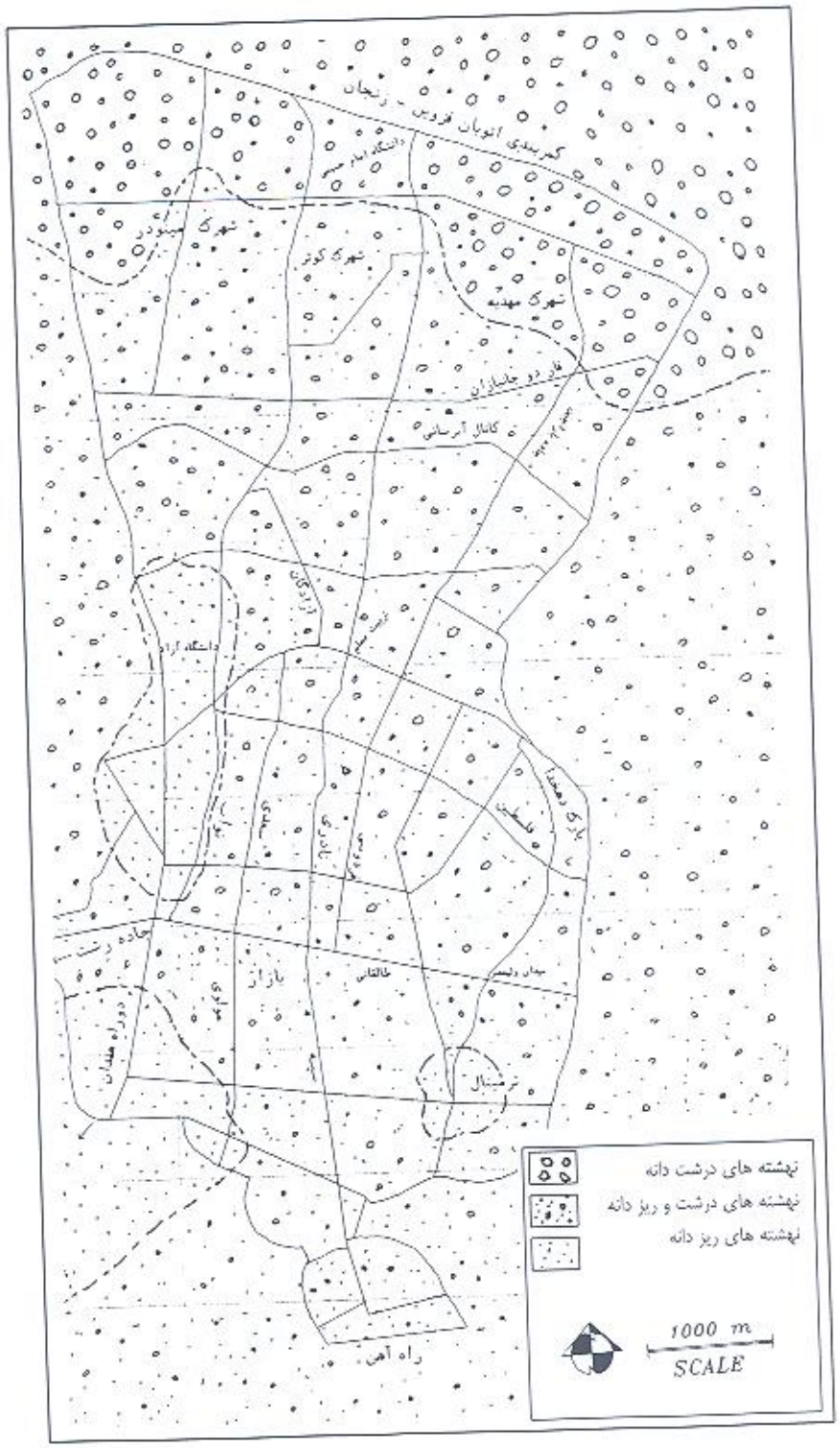
مرکز تحقیقات مسکن و ساختمان، ۱۳۶۶- آئین‌نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله، وزارت مسکن و شهرسازی

مهندسین مشاور تهال ۱۳۴۲- طرح و عمران و آبادی منطقه قزوین، وزارت کشاورزی، جلد دوم، فصلهای دوم و سوم.

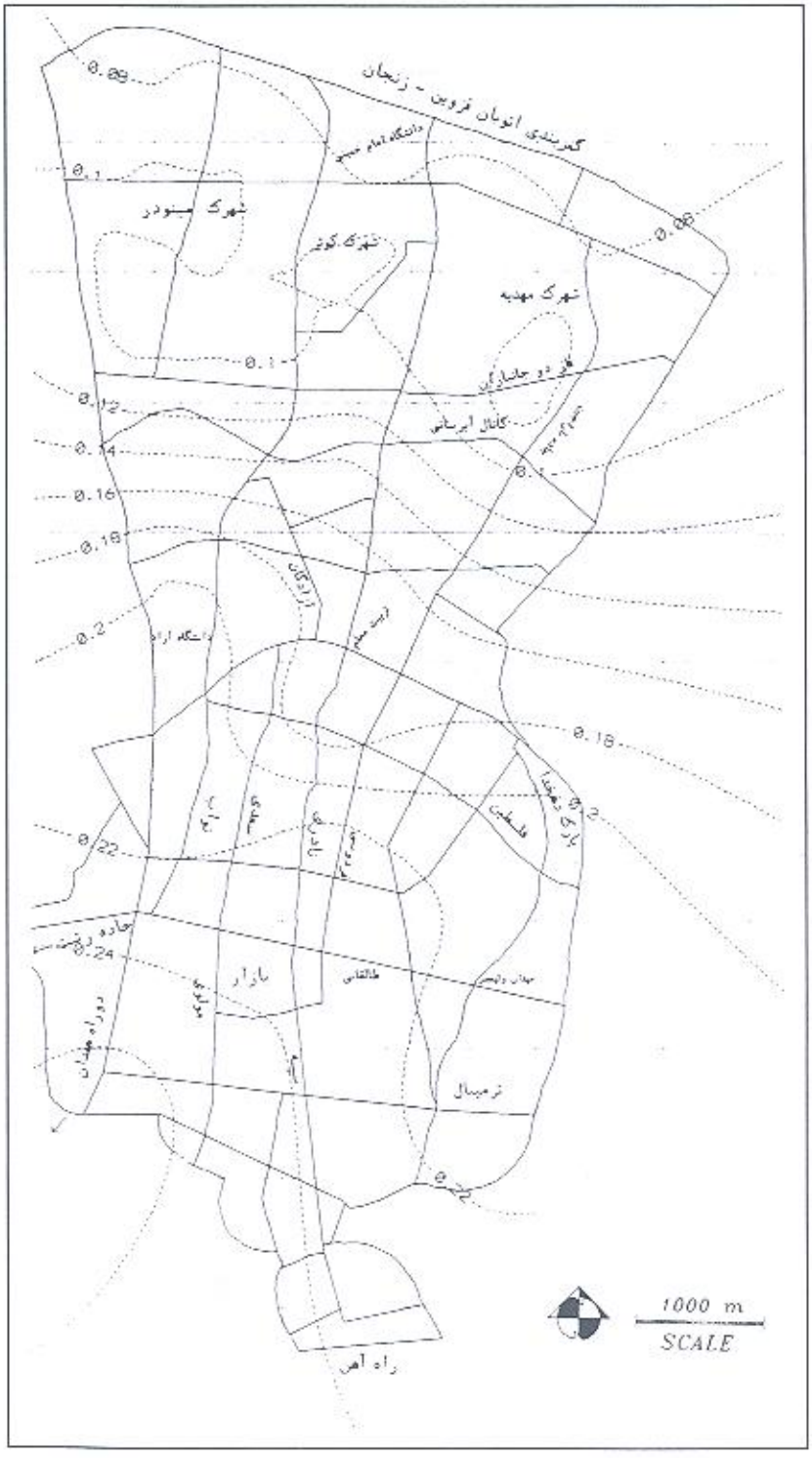
واحد مهندسی آب و خاک، ۱۳۶۳- مطالعات ژئوالکتریکی دشت قزوین، وزارت جهاد سازندگی.



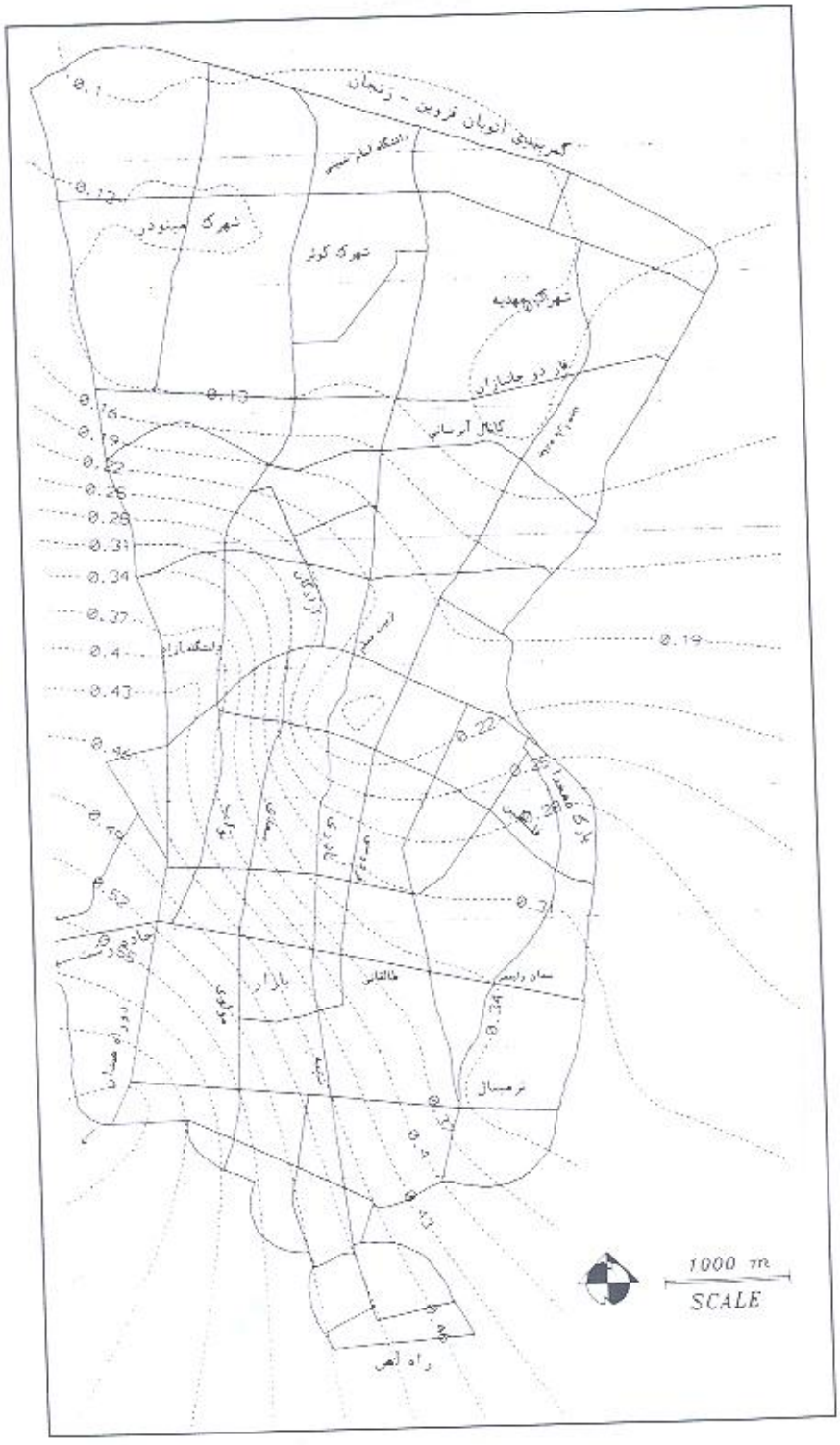
شکل ۱- نقشه جغرافیائی شهر قزوین و موقعیت محل گمانه‌های ژئوتکنیکی، چاه‌های عمیق آب، و مقاطع برداشتهای لرزه‌نگاری



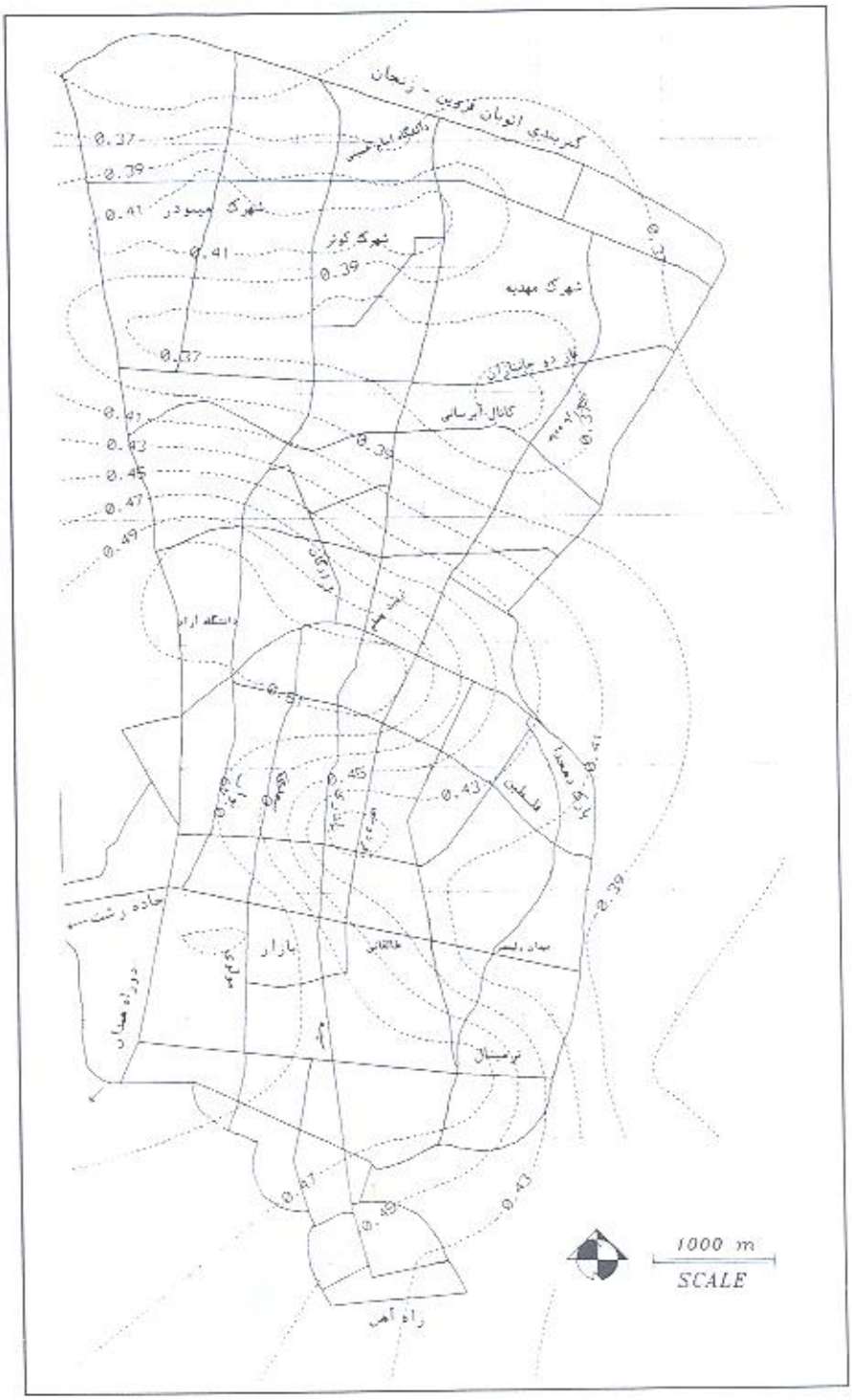
شکل ۲- نقشه چگونگی پراکندگی نهشته‌های آبرفتی و دانه‌بندی آن در محدوده شهر قزوین



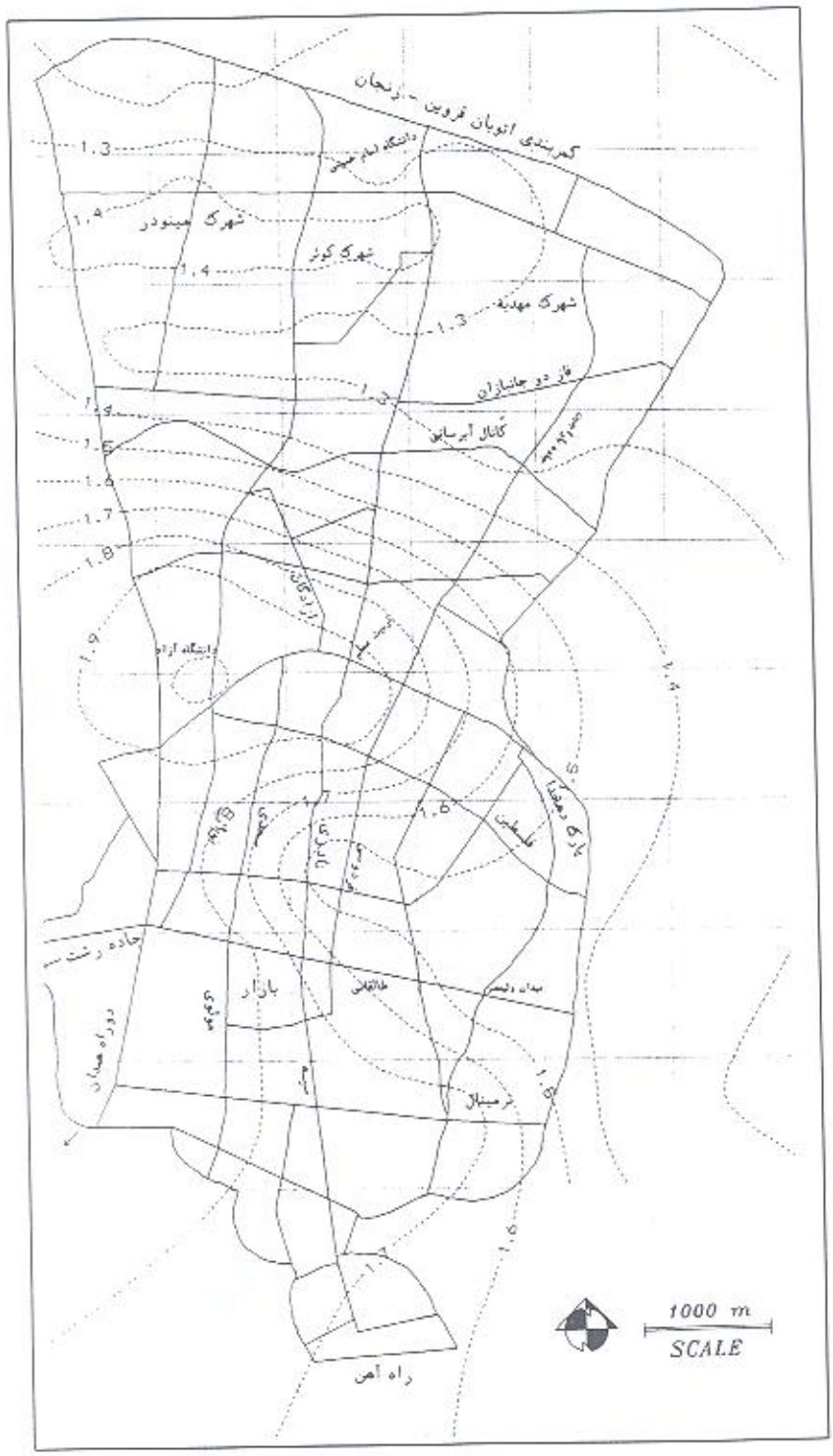
شکل ۳- نقشه ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای براساس محاسبات پریود طبیعی الاستیک غالب در آبرفت



شکل ۴- نقشه ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای براساس محاسبات پریود غیرالاستیک غالب در آبرفت



شکل ۵- نقشه ریز پهنبندی لرزه‌ای براساس بیشینه شتاب سطح‌زمین برای شتاب 0.25g



شکل ۶- نقشه‌ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای براساس تعیین ضرایب تشدید بیشینه شتاب سطح‌زمین برای شتاب 0.25g

References

Finn W.D., (1991)- Geotechnical engineering aspects of microzonation, Proc. 4 th Int Conf. On Seismic Zonation, Stanford, USA, Vol. 1, pp. 199-259

Haeri S. M., (1994)- Local site effect in the City of Rasht during Manjil earthquake of June 20, 1990, Iran, Proc. of 2 nd Int. Conf. on Earthquake Resistant Construction nd Design, Berlin.

Otha Y., and Goto N., (1975)- Emprical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes, in Earthquake engineering and structural dynamics, Vol 6, pp. 167-187.

Schanabal B., Lysmer J., and Seed H.B., (1972)- A Computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites, Report No. EERC 72-12, College of Engineering, University of California, Berkely.

Seed H.B., and Idriss I. M., (1970)- Soil moduli and damping factors for dynamic response analysis, EERC, Report No. 70-10, Berkley, California.

TC4, The Technical Committee for Earthquake Geotechnical Engineering, (1993)- Manual for zonation on seismic geotechnical hazards, published by the Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, pp. 149.

* Sharif Technical University, Tehran, Iran

** Tarbiat Moddares University, Tehran, Iran

*** Qazvin Governership, Qazvin, Iran

* دانشکدهٔ عمران، دانشگاه صنعتی شریف

** دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس

*** استانداری قزوین