



## خردلرزه ها و روش های اندازه گیری آنها

ثریا کریم زاده<sup>۱</sup>، محمدرضا سپهوند<sup>۲</sup>، افسانه نصرآبادی<sup>۳</sup>، وحید غلامی<sup>۴</sup><sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، karimzade.bahar87@gmail.com<sup>۲</sup> استادیار گروه ژئوفیزیک، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، m.sepahvand@kgut.ac.ir<sup>۳</sup> استادیار گروه ژئوفیزیک، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، a.nasrabadi@kgut.ac.ir<sup>۴</sup> دکترای ژئوفیزیک، شرکت لرزه نگار پارسیان، va.gholami@gmail.com

## چکیده

در میان حوادث طبیعی، زمین لرزه ها از جمله مخرب ترین آنها به شمار می روند. خسارات ناشی از زمین لرزه ها نشان دهنده شرایط سطحی و زمین شناسی ساختگاه است که می تواند باعث ایجاد خسارات فراوان بر روی سازه های قرار گرفته بر روی نهشته های رسوبی کواترنری شود. معمولاً، مناطق با رسوباتی که دارای سرعت لرزه ای کم هستند، سنگ بستر با سرعت لرزه ای بالاتر را پوشانده اند و این عامل منجر به تقویت سیگنال های لرزه ای در این مناطق می شود. بنابراین توصیه می شود که مناطقی که مستعد تشدید ساختگاه هستند را شناسایی و ویژگی های ژئوتکنیکی این مناطق را برآورد کرد. بهترین رویکرد برای درک شرایط زمین در یک ساختگاه مشاهده مستقیم حرکت زمین لرزه در آن است، اما چنین مشاهداتی به مناطقی با لرزه خیزی بالا و با صرف هزینه های بالا محدود می شود. برای تعیین ویژگی های نهشته های رسوبی زیر سطحی در یک منطقه وسیع، اندازه گیری و تجزیه و تحلیل خردلرزه ها به طور گسترده ای استفاده می شود. زیرا یک روش نسبتاً ساده و کم هزینه برای جمع آوری اطلاعات مرتبط با ساختگاه، مخصوصاً در مناطق شهری است. در این پژوهش، ابتدا خردلرزه ها مورد بررسی قرار می گیرد و سپس روش های اندازه گیری خردلرزه ها که شامل روش های آرایه ای و غیر آرایه ای است، بررسی می شود و نقاط ضعف و قوت هر کدام به بحث گذاشته می شود.

## واژه های کلیدی

خردلرزه، H/V، SSR، SPAC، f-k

## مقدمه

با بررسی زمین لرزه های مخرب روی داده در جهان همانند زمین لرزه میچواکان<sup>۱</sup> مکزیک (۱۹۸۵)، زمین لرزه لوماپریتا<sup>۲</sup> کالیفرنیا (۱۹۸۹)، زمین لرزه منجیل ایران (۱۹۹۰)، زمین لرزه کوبه<sup>۳</sup> ژاپن (۱۹۹۵) و زمین لرزه کوکائلی<sup>۴</sup> ترکیه (۱۹۹۹) پتانسیل تأثیرگذاری زمین شناسی سطحی خاک بر حرکت قوی زمین و خرابی های ناشی از زمین لرزه،

به خوبی مشخص می گردد [۲۸].

اغلب شهرها و مناطق پرجمعیت بر روی رسوبات ضعیف واقع شده اند، که چنین ساختار خاک هایی برای تقویت یا تضعیف امواج لرزه ای مستعد می باشد؛ بهر خداد چنین پدیده هایی اثرات ساختگاه گفته می شود که به میزان زیادی به خصوصیات و ویژگی های خاک محل مرتبط می باشد. تاکنون تحقیقات زیادی بر روی خطرات ژئوتکنیکی زمین لرزه حول محور اثرات خاک محل در بسیاری از کشورها صورت گرفته است که نتایج این نوع تحقیقات عموماً به صورت نقشه های ریز پهنه بندی ارائه گردیده است. ریزپهنه بندی مشخصات لرزه ای زمین، اصولاً نیازمند تحقیقات و مطالعات وسیعی بر روی مشخصات خاک محل و تحلیل دینامیکی آبرفت جهت ارائه به صورت نقشه های ریزپهنه بندی می باشد. در این میان، روش های با صرفه اقتصادی سریع و ساده ای که قادر باشند بیشترین اطلاعات لازم را در کمترین زمان لازم ممکن جهت پهنه بندی مشخصات لرزه ای زمین ارائه کنند، در اولویت قرار دارند. یکی از موثرترین و ساده ترین روش ها که تاکنون به این منظور به کار گرفته شده است استفاده از خصوصیات و ویژگی های خردلرزه ها<sup>۵</sup> می باشد. رکوردهای دریافتی از خردلرزه ها نشان می دهند که خردلرزه ها پدیده های ارتعاشی هستند که از هر دو جنبه زمانی و مکانی بسیار متغیر، بی قاعده و نامنظم می باشند؛ می توان این پدیده ارتعاشی را مجموعه ای از طیف های مانا با تغییرات خیلی کم در محدوده زمانی یک ساعت و محدوده مکانی یک الی دو کیلومتر فرض کرد [۱].

خردلرزه ها از اوایل قرن نوزدهم مشاهده و شناسایی شدند. تا اواسط قرن بیستم، مطالعات بیشتر به صورت کیفی بودند ولیکن، در این دوره برخی از مشخصات اصلی خردلرزه ها شناسایی شد. در سال ۱۹۵۴ خردلرزه ها به عنوان ابزاری برای بررسی مشخصات دینامیکی خاک توسط کانایی<sup>۶</sup> (۱۹۵۴) به کار برده شد [۲]. در این دوره روش های مختلف با تلاش محققینی همچون آکی<sup>۷</sup> (۱۹۵۷)، کاپن<sup>۸</sup> (۱۹۶۷)، لاکس<sup>۹</sup> (۱۹۶۹)، و ... پایه گذاری شد [۳] و [۴] و

<sup>۵</sup> Microtremors<sup>۶</sup> Kanai<sup>۷</sup> Aki<sup>۸</sup> Capon<sup>۹</sup> Lacoss<sup>۱</sup> Michoacan<sup>۲</sup> Loma Prieta<sup>۳</sup> Kobe<sup>۴</sup> Kocaeli