

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران - مهندسی زلزله

تقویت پیشینه شتاب سطح زمین بر روی عوارض توپوگرافی دو بعدی

دانشجو : هامون حیدری باطنی

وزارت اطلاعات و فرهنگ
کتابخانه مرکزی
کتابخانه

استاد راهنما : دکتر محسن کمالیان
استاد مشاور : دکتر محمد کاظم جعفری

۱۳۸۷ / ۱۲ / ۰۵

۱۳۸۶

۴۳ ۱۵۱

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم که در تمام مراحل زندگی
پشتیبان من بودند

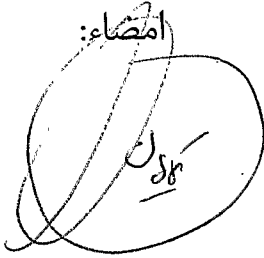
تقدیر و تشکر

برخود لازم می‌داند که از آقای مهندس سهرابی که مرا در در انجام مراحل مختلف این تحقیق یاری رسانده و همیشه با خوشرویی پاسخگوی سوالات متعدد اینجانب بوده‌اند، سپاسگزاری نماید.

همچنین از استاد مشاورم آقای دکتر محمد کاظم جعفری کمال تشکر را دارد.

اعضای هیئت داوران:

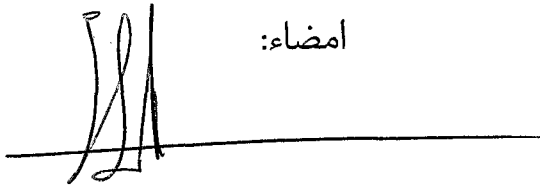
استاد راهنما: دکتر محسن کمالیان

امضاء:


استاد مدعو خارجی: دکتر بهروز گتمیری

امضاء:

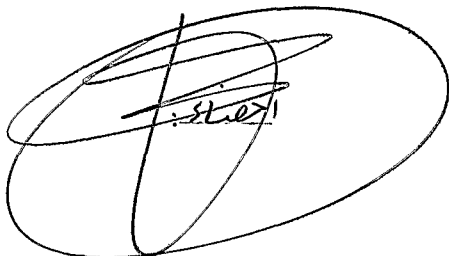

استاد مدعو داخلی: دکتر علی شفیعی

امضاء:


مدیر تحصیلات تکمیلی: دکتر حسین حمزه لو

امضاء:


استاد حساس: دکتر محمد کاظم جعفری

امضاء:


چکیده

امروزه تجربیات به دست آمده از زمین لرزه‌های گذشته و نیز مطالعات صورت گرفته در این زمینه تاثیر قابل ملاحظه عوارض توپوگرافی و نامنظمی‌های سطحی بر پاسخ لرزه‌ای سطح زمین را نمایان ساخته است. علی‌رغم مشخص شدن اهمیت این مسئله، تنها معدودی از آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های طراحی مقاوم در برابر زلزله به صورت محدود و بازدارنده اثرات ساختگاهی ناشی از توپوگرافی را مد نظر قرار داده‌اند. این مسئله ناشی از عدم وجود دانش کافی در باره نحوه و میزان تاثیر توپوگرافی بر پاسخ لرزه‌ای است و ضرورت انجام مطالعات در این زمینه را بیان می‌دارد.

هدف اصلی رساله حاضر، بررسی تغییرات بزرگنمایی بیشینه شتاب سطح زمین (PGA) بر روی عوارض توپوگرافی دوبعدی همگن و ارتجاعی خطی و همچنین انجام برخی مطالعات حساسیت‌سنجی بر روی میزان تأثیر آن از خصوصیات هندسی و مکانیکی محیط و موج مهاجم است. برای این منظور ابتدا برخی تحلیل‌های عددی تکمیلی توسط نرم‌افزار مبتنی بر روش اجزاء مرزی هیبرید (Hybrid) انجام گرفت. پس از آن کلیه داده‌های حاصله از تحلیل‌های عددی جدید و پیشین پژوهشگاه بر روی تپه‌ها و دره‌های دو بعدی نیم‌سینوسی، نیم‌بیضی و دوزنقه مورد پردازش تکمیلی قرار گرفت. در همین راستا برنامه کوچک و متممی در محیط مطلب (Matlab) نگارش گردید تا با محاسبه مشتقات تاریخچه زمانی تغییرمکان، تاریخچه‌های زمانی سرعت، شتاب و همچنین مقادیر بیشینه هر یک را به دست دهد.

نهایتاً بعضی معیارهای کلی و نیز برخی روش‌ها و روابط ساده مهندسی ارائه شدند که می‌توانند ایده اولیه‌ای را از مقادیر بیشینه شتاب سطح زمین بر روی عوارض توپوگرافی یاد شده بدست دهند و همچنین در توسعه روش‌های ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای در مناطق پوشیده از عوارض توپوگرافی بکار گرفته شوند.

فهرست مطالب

۱- مقدمه

- ۱-۱- پیشگفتار..... ۲
- ۲-۱- هدف رساله..... ۳
- ۳-۱- ساختار رساله..... ۴

۲- مروری بر ادبیات فنی

- ۱-۲- مقدمه..... ۶
- ۲-۲- برآورد رفتار لرزه‌ای عوارض توپوگرافی به روش تحلیلی..... ۶
- ۳-۲- برآورد رفتار لرزه‌ای عوارض توپوگرافی به روش تجربی..... ۷
- ۴-۲- برآورد رفتار لرزه‌ای عوارض توپوگرافی به روش مدل سازی عددی..... ۱۶
- ۵-۲- برآورد رفتار لرزه‌ای عوارض توپوگرافی به روش مدل سازی فیزیکی..... ۲۷
- ۳- کاربرد روش اجزای مرزی در تحلیل لرزه ای عوارض توپوگرافی

- ۱-۳- مقدمه..... ۳۰
- ۲-۳- معادلات اساسی..... ۳۰
- ۳-۳- جداسازی زمانی و مکانی..... ۳۱
- ۱-۳-۳- جداسازی در زمان..... ۳۱
- ۲-۳-۳- جداسازی در مکان..... ۳۲
- ۳-۳-۳- الگوریتم حل..... ۳۳
- ۴-۳- مثالهای عددی..... ۳۴
- ۱-۴-۳- دره خالی با مقطع نیم دایره..... ۳۶
- ۱-۴-۳-۱- تابش قائم..... ۳۷
- ۱-۴-۳-۲- تابش مایل..... ۳۷
- ۲-۴-۳- دره آبرفتی با مقطع نیم دایره..... ۴۱
- ۱-۲-۴-۳- حالت همگن..... ۴۲
- ۲-۲-۴-۳- حالت غیر همگن..... ۴۲
- ۳-۴-۳- تپه با مقطع سینوسی..... ۴۵

۴- حساسیت سنجی تکمیلی و آنالیز با نرم افزار Hybrid

- ۱-۴- مقدمه و مشخصات..... ۴۸
- ۲-۴- اعتبار سنجی مدل..... ۴۸
- ۳-۴- تفرق امواج در حوزه زمان..... ۵۱

۵- تغییرات بیشینه شتاب سطح زمین

- ۵۵-۱-۱-۵ مقدمه.....
- ۵۵-۲-۵ متدلوژی مطالعات.....
- ۵۵-۳-۵ تغییرات PGA.....
- ۵۵-۱-۳-۵ تغییرات PGA تپه ها.....
- ۵۵-۱-۱-۳-۵ تپه نیم بیضی.....
- ۵۶-۱-۱-۳-۵ بزرگنمایی PGA تپه نیم بیضی تفسیر کلی نمودارهای بزرگنمایی.....
- ۵۶-۲-۱-۳-۵ اثر فرکانس غالب موج مهاجم.....
- ۵۶-۳-۱-۳-۵ اثر نسبت شکل.....
- ۵۷-۴-۱-۳-۵ اثر نسبت پواسون.....
- ۵۸-۲-۱-۳-۵ تپه نیم سینوسی.....
- ۵۸-۱-۲-۱-۳-۵ بزرگنمایی PGA تپه نیم سینوسی تفسیر کلی نمودارهای بزرگنمایی.....
- ۵۸-۲-۱-۳-۵ اثر نسبت شکل.....
- ۵۹-۳-۲-۱-۳-۵ اثر نسبت پواسون.....
- ۶۰-۱-۲-۳-۵ دره نیم بیضی.....
- ۶۰-۲-۳-۵ تغییرات PGA دره ها.....
- ۶۰-۱-۱-۲-۳-۵ بزرگنمایی PGA دره نیم بیضی تفسیر کلی نمودارهای بزرگنمایی.....
- ۶۱-۲-۱-۲-۳-۵ اثر نسبت شکل.....
- ۶۱-۳-۱-۲-۳-۵ اثر نسبت پواسون.....
- ۶۲-۳-۱-۳-۵ تپه دوزنقه‌ای.....
- ۶۲-۱-۳-۱-۳-۵ بزرگنمایی PGA تپه دوزنقه‌ای تفسیر کلی نمودارهای بزرگنمایی.....
- ۶۲-۲-۳-۱-۳-۵ اثر نسبت شکل.....
- ۶۲-۳-۳-۱-۳-۵ اثر تغییرات زاویه یال.....
- ۶۳-۴-۳-۱-۳-۵ اثر نسبت پواسون.....
- ۶۴-۲-۲-۳-۵ دره نیم سینوسی.....
- ۶۴-۱-۲-۲-۳-۵ بزرگنمایی PGA دو نیم سینوسی تفسیر کلی نمودارهای بزرگنمایی PGA.....
- ۶۴-۲-۲-۲-۳-۵ اثر نسبت شکل.....
- ۶۴-۳-۲-۲-۳-۵ اثر نسبت پواسون.....
- ۶۵-۳-۱-۳-۵ دره دوزنقه‌ای.....
- ۶۵-۱-۳-۱-۳-۵ بزرگنمایی PGA دره دوزنقه‌ای تفسیر کلی نمودارهای بزرگنمایی.....
- ۶۶-۲-۳-۱-۳-۵ اثر نسبت شکل.....

۳-۳-۱-۳-۵ اثر زاویه یال..... ۶۶

۴-۵ جمع بندی..... ۶۷

۶- نتایج کاربردی و جمع بندی

۱-۶ مقدمه..... ۱۰۴

۲-۶ برآورد بیشینه شتاب افقی یال تپه بر اساس پریود غالب موج مهاجم..... ۱۰۴

۳-۶ برآورد میانگین بیشینه شتاب افقی در امتداد یال تپه..... ۱۰۶

۴-۶ برآورد میانگین بیشینه شتاب افقی بر روی تاج تپه..... ۱۰۸

۷- نتیجه گیری و پیشنهادات

۱-۷ نتیجه گیری..... ۱۱۰

۱-۷ پیشنهادات..... ۱۱۰

پیوست

الف- برنامه Hybrid..... ۱۱۱

فهرست شکلها

- شکل (۱-۱): اشکال مختلف عوارض توپوگرافی سطحی..... ۲
- شکل (۱-۲): دامنه امواج لرزه‌ای در ساختگاه‌های مختلف، نگاشت‌های وسط در بالای قله و نگاشت‌های بالا و پایین در طرفین کوه ثبت گردیده‌اند..... ۸
- شکل (۲-۲): بزرگنمایی بیشینه شتاب زمین در روی تپه‌ای در ماتسوزاکی ژاپن..... ۹
- شکل (۳-۲): بزرگنمایی طیفی در قله کوه سوربی یونان و مقایسه با تحلیل‌های عددی، هندسه و زمین‌شناسی کوه سوربی نشان داده شده است..... ۱۱
- شکل (۴-۲): بزرگنمایی طیفی برای داده‌های دورلرزه (T) و منطقه‌ای (R) در کوه اینارد فرانسه و مقایسه با تحلیل‌های عددی، هندسه و زمین‌شناسی کوه اینارد نشان داده شده است..... ۱۲
- شکل (۵-۲): بزرگنمایی طیفی برای دومولفه شمالی - جنوبی (بالا) و شرقی - غربی (پایین) در کوه اپیر یونان، هندسه و توپوگرافی کوه اپیر نشان داده شده است..... ۱۳
- شکل (۶-۲): نمونه‌ای از نگاشت پس‌لرزه‌های زمین لرزه ۱۹۹۴ نورتریچ بر روی شبکه متراکم تپه تارزانا و منحنی بزرگنمایی طیفی نگاشت‌های نگاشت‌های ثبت شده..... ۱۴
- شکل (۷-۲): نمونه‌ای از نگاشت‌های ثبت شده و بزرگنمایی طیفی به دست آمده در کوه کیتیریون یونان، توپوگرافی کوه کیتیریون نشان داده شده است..... ۱۵
- شکل (۸-۲): منحنی بزرگنمایی عوارض توپوگرافی به ازاء طول موج مهاجم ۵ برابر ارتفاع عارضه..... ۱۹
- شکل (۹-۲): منحنی‌های بزرگنمایی دره‌ها به ازاء ارتفاع و اشکال مختلف در مقابل امواج مهاجم SH..... ۲۰
- شکل (۱۰-۲): منحنی بزرگنمایی دره‌ها به ازاء ارتفاع در مقابل امواج مهاجم SV..... ۲۱
- شکل (۱۱-۲): منحنی بزرگنمایی دره‌ها به ازاء اشکال مختلف در مقابل امواج مهاجم SV و P..... ۲۲

شکل (۲-۱۲): هندسه یک شیب و منحنی بزرگنمایی نقطه تاج به ازاء زوایای مختلف شیب..... ۲۳

شکل (۲-۱۳): بزرگنمایی مولفه قائم و افقی به ازاء زوایای مختلف شیب، طول موج مهاجم ۵ برابر ارتفاع و میرایی مصالح ۵ درصد است..... ۲۴

شکل (۲-۱۴): مولفه موافق بزرگنمایی نقاط روی تپه برای ضریب پواسون 0.33 ۲۵

شکل (۲-۱۵): مولفه موافق بزرگنمایی تپه دوزنقه ای با ضریب پواسون 0.33 و در برابر امواج مهاجم SV و P در هر نمودار محور افقی موقعیت نقاط در فاصله $x = \pm 4b$ و محور قائم فرکانس بدون بعد از ۰ تا ۴ را نشان می دهد..... ۲۷

شکل (۳-۱): هندسه شماتیک یک عارضه توپوگرافی ناهمگن..... ۳۴

شکل (۳-۲): (الف) تاریخچه زمانی و (ب) طیف دامنه فوریه موج ریکر..... ۳۶

شکل (۳-۳): هندسه دره خالی با مقطع نیم دایره..... ۳۷

شکل (۳-۴): بزرگنمایی حرکت سطحی به ازاء فرکانس بدون بعد 0.5 در تابش قائم، خطوط پر و خط چین به ترتیب مولفه های قائم و افقی مطالعه حاضر را نشان می دهند. علامت های مثلث و ستاره نتایج وانگ، علامت های مربع و دایره نتایج دراوینسکی و موسسیان و علامت های لوزی و به اضافه نتایج موسسیان و دراوینسکی را به ترتیب برای مولفه های قائم و افقی نشان می دهند..... ۳۸

شکل (۳-۵): بزرگنمایی حرکت سطحی به ازاء فرکانس بدون بعد $1/0$ در تابش قائم، خطوط پر و خط چین به ترتیب مولفه های قائم و افقی مطالعه حاضر را نشان می دهند. علامت های مثلث و ستاره نتایج وانگ، را به ترتیب برای مولفه های قائم و افقی نشان می دهند..... ۳۹

شکل (۳-۶): بزرگنمایی حرکت سطحی به ازاء فرکانس بدون بعد $2/0$ در تابش قائم، خطوط پر و خط چین به ترتیب مولفه های قائم و افقی مطالعه حاضر را نشان می دهند. علامت های مثلث و ستاره نتایج وانگ، علامت های مربع و دایره نتایج سانچز سزما و کامپیلو و علامت های لوزی و به اضافه نتایج کاواسه را به ترتیب برای مولفه های قائم و افقی نشان می دهند..... ۳۹

شکل (۷-۳): بزرگنمایی حرکت سطحی به ازاء فرکانس بدون بعد 0.5 در تابش با زاویه 60° درجه و موج مهاجم P ، خطوط پر و خطچین به ترتیب مولفه‌های قائم و افقی مطالعه حاضر را نشان می‌دهند. علامت‌های مثلث و ستاره نتایج وانگ، علامت‌های مربع و دایره نتایج دراوینسکی و موسسیان و علامت‌های لوزی و به‌اضافه نتایج موسسیان و دراوینسکی را به ترتیب برای مولفه‌های قائم و افقی نشان می‌دهند..... ۴۰

شکل (۸-۳): بزرگنمایی حرکت سطحی به ازاء فرکانس بدون بعد $1/10$ در تابش با زاویه 60° درجه و موج مهاجم P ، خطوط پر و خطچین به ترتیب مولفه‌های قائم و افقی مطالعه حاضر را نشان می‌دهند. علامت‌های مثلث و ستاره نتایج وانگ را به ترتیب برای مولفه‌های قائم و افقی نشان می‌دهند..... ۴۰

شکل (۹-۳): مقایسه تاریخچه زمانی تغییر مکان نقطه‌ای با موقعیت $(X/I = 1.0/143I)$ با حرکت میدان آزاد حاصل از تابش موج P با زاویه 60° درجه..... ۴۱

شکل (۱۰-۳): هندسه دره پر با مقطع نیم‌دایره..... ۴۱

شکل (۱۱-۳): مقایسه تاریخچه زمانی تغییر مکان نقطه A با حرکت میدان آزاد..... ۴۲

شکل (۱۲-۳): تاریخچه زمانی تغییر مکان نقطه A در دو گام زمانی مختلف..... ۴۳

شکل (۱۳-۳): تاریخچه زمانی تغییر مکان نقطه B در دو گام زمانی مختلف..... ۴۳

شکل (۱۴-۳): بزرگنمایی حرکت سطحی به ازاء فرکانس بدون بعد 0.5 ، خطوط پر و خطچین به ترتیب مولفه‌های قائم و افقی مطالعه حاضر را نشان می‌دهند. علامت‌های مربع و دایره نتایج دراوینسکی و موسسیان و علامت‌های لوزی و به‌اضافه نتایج موسسیان و دراوینسکی را به ترتیب برای مولفه‌های قائم و افقی نشان می‌دهند..... ۴۴

شکل (۱۵-۳): بزرگنمایی حرکت سطحی به ازاء فرکانس بدون بعد 0.75 ، خطوط پر و خطچین به ترتیب مولفه‌های قائم و افقی مطالعه حاضر را نشان می‌دهند. علامت‌های مربع و دایره نتایج دراوینسکی و موسسیان و علامت‌های لوزی و به‌اضافه نتایج موسسیان و دراوینسکی را به ترتیب برای مولفه‌های قائم و افقی نشان می‌دهند..... ۴۴

شکل (۱۶-۳): هندسه تپه سینوسی شکل در (الف) الگوریتم حل همگن و (ب) الگوریتم حل ناهمگن..... ۴۵

شکل (۳-۱۷) : مقایسه منحنی‌های بزرگنمایی به دست آمده از الگوریتم حل همگن و الگوریتم حل ناهمگن به روش اجزاء مرزی به ازای فرکانس بدون بعد $1/0$ و موج مهاجم SV..... ۴۶

شکل (۳-۱۸) : مقایسه منحنی‌های بزرگنمایی به دست آمده از الگوریتم حل همگن و الگوریتم حل ناهمگن به روش اجزاء مرزی به ازای فرکانس بدون بعد $1/5$ و موج مهاجم SV..... ۴۶

شکل (۴-۱) : همگرایی تاریخچه زمانی تغییر مکان در نقاط مختلف عارضه به ازاء سه مدل متفاوت اجزاء مرزی، نمودارهای سمت راست نتایج موج مهاجم SV و نمودارهای سمت چپ نتایج موج مهاجم P را نشان می‌دهد..... ۴۹

شکل (۴-۲) : همگرایی تاریخچه زمانی تغییر مکان در نقاط مختلف عارضه به ازاء پنج گام زمانی مختلف، نمودارهای سمت راست نتایج موج مهاجم SV و نمودارهای سمت چپ نتایج موج مهاجم P را نشان می‌دهد..... ۵۰

شکل (۴-۳) : مقایسه تابع بزرگنمایی نقاط مختلف عارضه به ازاء دو فرکانس متفاوت موج مهاجم P..... ۵۱

شکل (۴-۴) : مولفه‌های و قائم تاریخچه زمانی تغییر مکان برای ضریب پواسون 0.33 ؛ در هر نمودار محور افقی موقعیت نقاط در فاصله $x = \pm 4b$ و محور قائم زمان بدون بعد رانشان می‌دهد؛ در بالای هر نمودار نسبت شکل، در سمت چپ فرکانس مشخصه موج ریکر مشخص گردیده است..... ۵۳

شکل (۵-۱) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای تپه نیم بیضی با نسبت شکل 0.1 تحت مولفه موافق موج P..... ۶۹

شکل (۵-۲) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای تپه نیم بیضی با نسبت شکل 0.1 تحت مولفه موافق موج S..... ۶۹

شکل (۵-۳) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه نیم بیضی با نسبت پواسون 0.4 تحت مولفه موافق موج S..... ۷۰

شکل (۴-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه نیم بیضی با نسبت پواسون ۰,۴ تحت مولفه موافق موج P
۷۰.....

شکل (۵-۵) : مقایسه اثر تغییرات فرکانس غالب موج مهاجم برای تپه نیم بیضی با نسبت شکل ۰,۱ تحت مولفه موافق موج S
۷۱.....

شکل (۶-۵) : مقایسه اثر تغییرات فرکانس غالب موج مهاجم برای تپه نیم بیضی با نسبت شکل ۰,۴ تحت مولفه موافق موج S
۷۱.....

شکل (۷-۵) : مقایسه اثر تغییرات فرکانس غالب موج مهاجم برای تپه نیم بیضی با نسبت شکل ۰,۷ تحت مولفه موافق موج S
۷۲.....

شکل (۸-۵) : مقایسه اثر تغییرات فرکانس غالب موج مهاجم برای تپه نیم بیضی با نسبت شکل ۱,۰ تحت مولفه موافق موج S
۷۲.....

شکل (۹-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه نیم بیضی با فرکانس غالب موج مهاجم ۶,۰ تحت مولفه موافق موج S
۷۳.....

شکل (۱۰-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه نیم بیضی با نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه مخالف موج S
۷۳.....

شکل (۱۱-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه نیم بیضی با نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه موافق موج P
۷۴.....

شکل (۱۲-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه نیم بیضی با نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه مخالف موج P
۷۴.....

شکل (۱۳-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای تپه نیم بیضی با نسبت شکل ۰,۴ تحت مولفه موافق موج S
۷۵.....

شکل (۱۴-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای تپه نیم بیضی با نسبت شکل ۰,۷ تحت مولفه موافق موج P
۷۵.....

شکل (۱۵-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای تپه نیم بیضی با نسبت شکل ۰,۷ تحت مولفه مخالف موج S
۷۶.....

شکل (۱۶-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای تپه نیم بیضی با نسبت شکل ۰,۷ تحت مولفه مخالف موج P
۷۶.....

شکل (۱۷-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای دره نیم بیضی با نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه موافق موج S
۷۷.....

شکل (۱۸-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای دره نیم بیضی با نسبت پواسون ۰,۱ تحت مولفه مخالف موج S
۷۷.....

شکل (۱۹-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای دره نیم بیضی با نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه موافق موج P
۷۸.....

شکل (۲۰-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای دره نیم بیضی با نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه مخالف موج P
۷۸.....

شکل (۲۱-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای دره نیم بیضی با نسبت شکل ۱,۵ تحت مولفه موافق موج S
۷۹.....

شکل (۲۲-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای دره نیم بیضی با نسبت شکل ۱,۵ تحت مولفه موافق موج P
۷۹.....

شکل (۲۳-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای دره نیم بیضی با نسبت شکل ۱,۵ تحت مولفه مخالف موج S
۸۰.....

شکل (۲۴-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت نسبت پواسون برای دره نیم بیضی با نسبت شکل ۱,۵ تحت مولفه مخالف موج P..... ۸۰

شکل (۲۵-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه نیم سینوسی با نسبت پواسون ۰,۴ تحت مولفه موافق موج S..... ۸۱

شکل (۲۶-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه نیم سینوسی با نسبت پواسون ۰,۱ تحت مولفه موافق موج P..... ۸۱

شکل (۲۷-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه نیم سینوسی با نسبت پواسون ۰,۴ تحت مولفه موافق موج P..... ۸۲

شکل (۲۸-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه نیم سینوسی با نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه مخالف موج S..... ۸۲

شکل (۲۹-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه نیم سینوسی با نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه مخالف موج P..... ۸۳

شکل (۳۰-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای تپه نیم سینوسی با نسبت نسبت شکل ۰,۷ تحت مولفه موافق موج S..... ۸۳

شکل (۳۱-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای تپه نیم سینوسی با نسبت نسبت شکل ۰,۷ تحت مولفه موافق موج P..... ۸۴

شکل (۳۲-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای تپه نیم سینوسی با نسبت نسبت شکل ۰,۴ تحت مولفه مخالف موج P..... ۸۴

شکل (۳۳-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای تپه نیم سینوسی با نسبت نسبت شکل ۰,۴ تحت مولفه مخالف موج S..... ۸۵

شکل (۳۴-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای دره سینوسی با نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه موافق موج
P..... ۸۵

شکل (۳۵-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای دره سینوسی با نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه موافق موج
S..... ۸۶

شکل (۳۶-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای دره سینوسی با نسبت پواسون ۰,۴ تحت مولفه مخالف موج
P..... ۸۶

شکل (۳۷-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای دره سینوسی با نسبت پواسون ۰,۴ تحت مولفه مخالف موج
S..... ۸۷

شکل (۳۸-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای دره سینوسی با نسبت شکل ۰,۷ تحت مولفه موافق موج
S..... ۸۷

شکل (۳۹-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای دره سینوسی با نسبت شکل ۰,۷ تحت مولفه موافق
موج..... ۸۸

شکل (۴۰-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای دره سینوسی با نسبت شکل ۰,۷ تحت مولفه مخالف موج
P..... ۸۸

شکل (۴۱-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای دره سینوسی با نسبت شکل ۰,۷ تحت مولفه مخالف موج
S..... ۸۹

شکل (۴۲-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت پواسون برای تپه دوزنقه ای با نسبت شکل ۰,۵ و زاویه یال ۳۰ تحت
مولفه موافق موج S..... ۸۹

شکل (۴۳-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه دوزنقه ای با نسبت پواسون ۰,۳۳ و زاویه یال ۳۰ تحت
مولفه موافق موج S..... ۹۰

شکل (۴۴-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه دوزنقه ای با نسبت پواسون ۰,۳۳ و زاویه یال ۴۵ تحت مولفه موافق موج P..... ۹۰

شکل (۴۵-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه دوزنقه ای با نسبت پواسون ۰,۳۳ و زاویه یال ۴۵ تحت مولفه مخالف موج S..... ۹۱

شکل (۴۶-۵) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای تپه دوزنقه ای با نسبت پواسون ۰,۳۳ و زاویه یال ۴۵ تحت مولفه مخالف موج P..... ۹۱

شکل (۴۷-۵) : مقایسه اثر تغییرات زاویه یال برای تپه دوزنقه ای با نسبت پواسون ۰,۳۳ و نسبت شکل ۰,۱ تحت مولفه موافق موج S..... ۹۲

شکل (۴۸-۵) : مقایسه اثر تغییرات زاویه یال برای تپه دوزنقه ای با نسبت پواسون ۰,۳۳ و نسبت شکل ۰,۳ تحت مولفه موافق موج S..... ۹۲

شکل (۴۹-۵) : مقایسه اثر تغییرات زاویه یال برای تپه دوزنقه ای با نسبت پواسون ۰,۳۳ و نسبت شکل ۰,۱ تحت مولفه موافق موج P..... ۹۳

شکل (۵۰-۵) : مقایسه اثر تغییرات زاویه یال برای تپه دوزنقه ای با نسبت پواسون ۰,۳۳ و نسبت شکل ۰,۳ تحت مولفه موافق موج P..... ۹۳

شکل (۵۱-۵) : مقایسه اثر تغییرات زاویه یال برای تپه دوزنقه ای با نسبت پواسون ۰,۳۳ و نسبت شکل ۰,۱ تحت مولفه مخالف موج P..... ۹۴

شکل (۵۲-۵) : مقایسه اثر تغییرات زاویه یال برای تپه دوزنقه ای با نسبت پواسون ۰,۳۳ و نسبت شکل ۰,۳ تحت مولفه مخالف موج P..... ۹۴

شکل (۵۳-۵) : مقایسه اثر تغییرات زاویه یال برای تپه دوزنقه ای با نسبت پواسون ۰,۳۳ و نسبت شکل ۰,۱ تحت مولفه مخالف موج S..... ۹۵

شکل (۵-۵۴) : مقایسه اثر تغییرات زاویه یال برای تپه دوزنقه ای با نسبت پواسون ۰,۳۳ و نسبت شکل ۰,۳ تحت مولفه مخالف موج S..... ۹۵

شکل (۵-۵۵) : مقایسه اثر تغییرات پواسون برای تپه دوزنقه ای با زاویه یال ۴۵ و نسبت شکل ۰,۳ تحت مولفه موافق موج S..... ۹۶

شکل (۵-۵۶) : مقایسه اثر تغییرات پواسون برای تپه دوزنقه ای با زاویه یال ۴۵ و نسبت شکل ۰,۳ تحت مولفه موافق موج P..... ۹۶

شکل (۵-۵۷) : مقایسه اثر تغییرات پواسون برای تپه دوزنقه ای با زاویه یال ۴۵ و نسبت شکل ۰,۳ تحت مولفه مخالف موج..... ۹۷

شکل (۵-۵۸) : مقایسه اثر تغییرات پواسون برای تپه دوزنقه ای با زاویه یال ۴۵ و نسبت شکل ۰,۳ تحت مولفه مخالف موج P..... ۹۷

شکل (۵-۵۹) : مقایسه اثر تغییرات زاویه یال برای دره دوزنقه ای با نسبت شکل ۰,۱ و نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه موافق موج S ۹۸

شکل (۵-۶۰) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای دره دوزنقه ای با زاویه یال ۳۰ و نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه موافق موج S ۹۸

شکل (۵-۶۱) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای دره دوزنقه ای با زاویه یال ۶۰ و نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه موافق موج S ۹۹

شکل (۵-۶۲) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای دره دوزنقه ای با زاویه یال ۷۵ و نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه موافق موج P ۹۹

شکل (۵-۶۳) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای دره دوزنقه ای با زاویه یال ۷۵ و نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه مخالف موج P ۱۰۰

شکل (۵-۶۴) : مقایسه اثر تغییرات نسبت شکل برای دره دوزنقه ای با زاویه یال ۷۵ و نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه مخالف موج S ۱۰۰

شکل (۵-۶۵) : مقایسه اثر تغییرات زاویه یال برای دره دوزنقه ای با نسبت شکل ۰,۳ و نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه موافق موج S ۱۰۱

شکل (۵-۶۶) : مقایسه اثر تغییرات زاویه یال برای دره دوزنقه ای با نسبت شکل ۰,۳ و نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه موافق موج P ۱۰۱

شکل (۵-۶۷) : مقایسه اثر تغییرات زاویه یال برای دره دوزنقه ای با نسبت شکل ۰,۳ و نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه مخالف موج P ۱۰۲

شکل (۵-۶۸) : مقایسه اثر تغییرات زاویه یال برای دره دوزنقه ای با نسبت شکل ۰,۳ و نسبت پواسون ۰,۳۳ تحت مولفه مخالف موج S ۱۰۲

شکل (۶-۱) : نمودار مقایسه ای بزرگنمایی PGA در دو حوزه زمان و فرکانس برای مکان بدون بعد $\pm ۰,۰۰$ و نسبت شکل ۰,۷ ۱۰۵

شکل (۶-۲) : نمودار مقایسه ای بزرگنمایی PGA در دو حوزه زمان و فرکانس برای مکان بدون بعد $\pm ۰,۲۵$ و نسبت شکل ۰,۷ ۱۰۵

شکل (۶-۳) : نمودار مقایسه ای بزرگنمایی PGA در دو حوزه زمان و فرکانس برای مکان بدون بعد $\pm ۰,۵۰$ و نسبت شکل ۰,۷ ۱۰۵

شکل (۶-۴) : نمودار مقایسه ای بزرگنمایی PGA در دو حوزه زمان و فرکانس برای مکان بدون بعد $\pm ۰,۷۵$ و نسبت شکل ۰,۷ ۱۰۵

شکل (۶-۵) : نمودار مقایسه ای بزرگنمایی PGA در دو حوزه زمان و فرکانس برای مکان بدون بعد $\pm ۱,۰۰$ و نسبت شکل ۰,۷ ۱۰۵

شکل (۶-۶) : بیشینه بزرگنمایی PGA در طول تپه دو بعدی نیم بیضی با نسبت شکل ۱,۰ ۱۰۷