



دانشکده علوم

گروه زمین شناسی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته ژئوفیزیک گرایش لرزه شناسی

موضوع:

تحلیل سرعت با استفاده از روش شباهت جزئی خودران با قدرت تفکیک بالا

نگارش:

عادل مجیدی

اساتید راهنما:

دکتر رامین نیکروز - دکتر حمید رضا سیاهکوهی

اسفند ماه ۱۳۹۱

«حق چاپ و تکثیر مطالب این پایان نامه برای دانشگاه ارومیه محفوظ است»

صلى الله عليه وسلم

## فهرست مطالب

۱	چکیده .....
۲	فصل اول: مقدمه .....
۳	مقدمه .....
۶	فصل دوم: انواع روش‌های تحلیل سرعت .....
۷	۱-۲ انواع سرعت‌ها .....
۸	۱-۱-۲ سرعت فاز .....
۸	۲-۱-۲ سرعت گروه .....
۹	۳-۱-۲ سرعت میانگین .....
۹	۴-۱-۲ سرعت بازه‌ای .....
۹	۵-۱-۲ سرعت ریشه میانگین مربعی .....
۱۰	۶-۱-۲ سرعت ظاهری .....
۱۰	۷-۱-۲ سرعت لحظه‌ای .....
۱۰	۸-۱-۲ سرعت مهاجرت .....
۱۱	۲-۲ اصول حاکم بر تحلیل سرعت هذلولی .....
۱۶	۳-۲ روش‌های متداول تحلیل سرعت .....

- ۱۷ ..... روش نموداری ( $T^2-X^2$ )
- ۱۸ ..... روش خطوط مماس
- ۱۹ ..... روش اسکن سرعت ثابت
- ۲۰ ..... روش CVS (برانبارش سرعت ثابت)
- ۲۲ ..... روش طیف سرعت
- ۲۴ ..... انواع روش‌های اندازه گیری همدوسی براساس دگرهمبستگی
- ۲۵ ..... روش برانبارش دامنه
- ۲۵ ..... روش دامنه بهنجار شده
- ۲۵ ..... دگرهمبستگی بهنجار نشده
- ۲۶ ..... دگر همبستگی بهنجارش شده
- ۲۶ ..... ضریب شباهت
- ۲۶ ..... فاکتورهای موثر بر تخمین سرعت
- ۲۷ ..... طول گسترش
- ۲۹ ..... مرتبه پوشش
- ۳۰ ..... نسبت سیگنال به نوفه
- ۳۱ ..... بریدن داده
- ۳۱ ..... طول پنجره زمانی

- ۳۲ ..... ۶-۵-۲ نمونه گیری سرعت
- ۳۳ ..... ۷-۵-۲ روش اندازه گیری همدوسی
- ۳۴ ..... ۸-۵-۲ انطباق درست پنجره با هذلولی برونراند
- ۳۵ ..... ۹-۵-۲ پهنای باند داده
- ۳۵ ..... ۶-۲ روش های اندازه گیری همدوسی با قدرت تفکیک بالا
- ۳۶ ..... ۱-۶-۲ روش ویژه ساختار
- ۳۸ ..... ۲-۶-۲ روش همبستگی انتخابی
- ۴۰ ..... ۷-۲ روش AB SEMBLANCE
- ۴۲ ..... ۸-۲ تحلیل سرعت افق
- ۴۳ ..... فصل سوم: تئوری روش شباهت جزئی خودران
- ۴۴ ..... ۱-۳ خودرانی
- ۴۵ ..... ۱-۱-۳ خودرانی با جایگزینی
- ۴۶ ..... ۲-۱-۳ خودرانی بدون جایگزینی
- ۴۷ ..... ۲-۳ شباهت جزئی
- ۴۸ ..... ۳-۳ شباهت جزئی خودران
- ۵۰ ..... ۴-۳ روش BDS معین
- ۵۲ ..... ۵-۳ روش BDS با قدرت تفکیک بالا

۵۳	..... AVO در حضور BDS در روش ۶-۳
۵۵	..... MATLAB در محیط تدوین شده در فلوجارت نرم افزارهای تدوین شده در محیط MATLAB ۷-۳
۵۷	..... هزینه محاسباتی ۸-۳
۵۸	..... <b>فصل چهارم: اعمال روش‌ها روی داده‌های مصنوعی و واقعی</b>
۵۹	..... اثر خودرانی بر شباهت جزئی ۱-۴
۶۱	..... اعمال روش‌ها بر داده مصنوعی ۲-۴
۶۵	..... بررسی اثر نوفه بر پاسخ ۳-۴
۶۹	..... اثر تکراری‌ها بر روی پاسخ ۴-۴
۷۱	..... اثر تغییرات دامنه با دور افت بر روی پاسخ ۵-۴
۷۳	..... اثر تغییرات شدید دامنه با دورافت همراه با معکوس شدگی پلاریته ۶-۴
۷۷	..... اعمال روش‌ها بر داده واقعی ۷-۴
۷۹	..... <b>فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات</b>
۸۰	..... نتیجه گیری ۱-۵
۸۱	..... پیشنهادات ۲-۵
۸۲	..... منابع

## فهرست شکل‌ها

- فصل دوم: انواع روش‌های تحلیل سرعت..... ۶
- شکل ۱-۲) نمایش چگونگی انتشار موج با سرعت فاز..... ۸
- شکل ۲-۲) مسیر موج مستقیم برای محیط با لایه بندی افقی..... ۱۱
- شکل ۳-۲) مسیر پرتو طبق قانون اسنل برای محیط با لایه بندی افقی..... ۱۲
- شکل ۴-۲) هندسه مسیر پرتو برای یک لایه شیبدار..... ۱۳
- شکل ۵-۲) سرعت برانبارش از بهترین برازش منحنی..... ۱۵
- شکل ۶-۲) (الف) یک CMP رکورد شامل..... ۱۶
- شکل ۷-۲) (الف) یک رکورد نقطه میانی مشترک حاوی چهار رویداد..... ۱۷
- شکل ۸-۲) محاسبه سرعت با استفاده از روش خطوط مماس..... ۱۸
- شکل ۹-۲) تصحیحات برونراند با سرعت ثابت برای یک CMP با گستره سرعت..... ۱۹
- شکل ۱۰-۲) تصحیح برونراند با سرعت ثابت بکار گرفته شده..... ۲۰
- شکل ۱۱-۲) برانبارش‌های سرعت ثابت برای ۲۴ عدد..... ۲۱
- شکل ۱۲-۲) طرح شماتیک برای ساختن طیف سرعت..... ۲۳
- شکل ۱۳-۲) نمایش کنتروری طیف سرعت برای یک..... ۲۴
- شکل ۱۴-۲) اثر طول گسترش روی قدرت تفکیک سرعت..... ۲۸
- شکل ۱۵-۲) نبود ردلرزه‌های دورافت نزدیک باعث تحلیل سرعت..... ۲۹
- شکل ۱۶-۲) اثر کاهش مرتبه پوشش بروی..... ۲۹

- شکل ۲-۱۷) یک رکورد نقطه میانی مشترک که به آن نوبه تصادفی..... ۳۰
- شکل ۲-۱۸) طیف‌های سرعت بدست آمده..... ۳۰
- شکل ۲-۱۹) اثر بریدن روی طیف سرعت..... ۳۱
- شکل ۲-۲۰) طول پنجره‌های کوچک سبب افزایش قدرت تفکیک..... ۳۲
- شکل ۲-۲۱) پنل سمت چپ یک رکورد..... ۳۳
- شکل ۲-۲۲) نمایش طیف سرعت برای روش‌های مختلف اندازه‌گیری همدوسی..... ۳۴
- شکل ۲-۲۳) اثر پهنای باند بروی طیف سرعت..... ۳۵
- شکل ۲-۲۴) مقایسه طیف سرعت با استفاده از روش..... ۳۸
- شکل ۲-۲۵) (الف) یک CMP با رویدادهای تکراری..... ۴۰
- شکل ۲-۲۶) (الف) یک رکورد نقطه میانی مشترک دارای معکوس شدگی پلاریته..... ۴۱
- شکل ۲-۲۷) یک مقطع برانبارش شده با استفاده از تحلیل سرعت معمول..... ۴۲
- فصل سوم: تئوری روش شباهت جزئی خودران..... ۴۳**
- شکل ۳-۱) یک طرح شماتیک از روش خودرانی..... ۴۵
- شکل ۳-۲) خودرانی روی یک دسته ردلرزه..... ۴۷
- شکل ۳-۳) اثر خودرانی روی یک پنجره زمان..... ۴۹
- شکل ۳-۴) مثالی از خودرانی و مرتب‌سازی معین ردلرزه‌ها..... ۵۲
- شکل ۳-۵) فلوچارت برای ساخت طیف سرعت با روش‌های مختلف اندازه‌گیری همدوسی..... ۵۵
- فصل چهارم: اعمال روش‌های مصنوعی و واقعی..... ۵۷**
- شکل ۴-۱) رکورد نقطه میانی مشترک مصنوعی..... ۵۹
- شکل ۴-۲) (الف) دسته بندی بر حسب افزایش دورافت..... ۵۹



- شکل ۴-۳) نمایش سرعت بر حسب مقدار..... ۶۰
- شکل ۴-۴) رکورد نقطه میانی مشترک مصنوعی با ۹ رویداد..... ۶۱
- شکل ۴-۵) نمایش طیف سرعت برای روش‌های مختلف..... ۶۲
- شکل ۴-۶) نمایش هم‌دوسی بر حسب سرعت برای طیف‌های شکل ۴-۵..... ۶۳
- شکل ۴-۷) نمایش هم‌دوسی بر حسب زمان برای طیف‌های..... ۶۳
- شکل ۴-۸) داده نقطه میانی مشترک با نسبت سیگنال به نوفه ۲..... ۶۵
- شکل ۴-۹) نمایش طیف سرعت و هم‌دوسی بر حسب سرعت برای نسبت سیگنال به نوفه ۲..... ۶۶
- شکل ۴-۱۰) رکورد نقطه میانی مشترک با نسبت سیگنال به نوفه ۷/..... ۶۷
- شکل ۴-۱۱) نمایش طیف سرعت برای داده ..... ۶۸
- شکل ۴-۱۲) یک برداشت نقطه میانی مشترک حاوی سه تکراری..... ۷۰
- شکل ۴-۱۳) نمایش طیف سرعت برای داده شکل ۴-۱۳..... ۷۰
- شکل ۴-۱۴) نمایش هم‌دوسی بر حسب سرعت برای طیف‌های سرعت..... ۷۱
- شکل ۴-۱۵) نمایش طیف سرعت یک CMP دارای AVO نوع I..... ۷۲
- شکل ۴-۱۶) نمایش هم‌دوسی بر حسب سرعت برای طیف‌های شکل ۴-۱۶..... ۷۳
- شکل ۴-۱۷) (الف) یک رکورد نقطه میانی مشترک ، که چهار رویداد آخر آن دچار ..... ۷۴
- شکل ۴-۱۸) نمایش طیف سرعت و هم‌دوسی بر حسب برای ..... ۷۵
- شکل ۴-۱۹) (الف) طیف سرعت باروش AB semblance..... ۷۶
- شکل ۴-۲۰) داده واقعی با طول گسترش ۱۵۰۰ متر و زمان ۲ ثانیه..... ۷۷
- شکل ۴-۲۱) طیف سرعت برای داده واقعی..... ۷۸

## فهرست جداول

جدول ۴-۱: پارامترهای رویدادهای موجود در شکل ۵-۳.....	۵۸
جدول ۴-۲: پارامترهای برونراند رویدادهای شکل ۴-۴.....	۶۱
جدول ۴-۳: پارامترهای برونراند رویدادهای شکل ۸-۴.....	۶۴
جدول ۴-۴: پارامترهای مربوط به رویدادهای شکل ۱۲-۴.....	۶۸
جدول ۴-۵: پارامترهای رویدادهای شکل ۱۸-۴-الف.....	۷۲

## چکیده

در این پژوهش، ضرورت تصحیح برونراند نرمال<sup>۱</sup> (NMO) در داده‌های لرزه‌ای بازتابی مورد بحث قرار گرفته و انواع روش‌های تحلیل سرعت به عنوان ابزار مورد نیاز برای تصحیح برونراند نرمال معرفی می‌شوند. با مقایسه نتایج روش‌های مرسوم، روش ضریب شباهت به خاطر ویژگی‌هایی مثل پایداری نسبت به تغییرات دامنه بر حسب دورافت و قدرت تفکیک بهتر در رویدادهای متقاطع، و گستره دینامیکی کوچک، به عنوان بهترین روش تحلیل سرعت برای برونراند هذلولی انتخاب شد. اگرچه روش ضریب شباهت به عنوان متداولترین روش اندازه‌گیری همدوسی، طیف سرعت با دقت خوبی را فراهم می‌آورد، اما تمایل به پهن شدگی پیک‌های سرعت، هنگامی که زمان رسیده‌ها افزایش می‌یابد، تعیین دقیق سرعت را مشکل می‌کند. همچنین این روش در تشخیص رویدادهای متداخل در یک پنجره زمانی کوتاه، وجود پدیده معکوس شدگی پلاریته و در حالت‌های با لایه بندی نازک درست عمل نمی‌کند. بنابراین در این پژوهش روش تحلیل سرعت شباهت جزئی خودران با قدرت بالا معرفی گردید که بر پایه شباهت جزئی<sup>۲</sup> می‌باشد و با ضریب شباهت وزن‌دار شده است. این روش از تکنیک خودرانی<sup>۳</sup> برای چینش تصادفی ردلرزه‌ها درون پنجره زمان استفاده می‌کند تا جابه‌جایی موجک‌ها را از حالت افقی بهتر نشان دهد و ضریب شباهت جزئی را بیشینه، و در نتیجه قدرت تفکیک طیف سرعت را افزایش دهد. سپس برنامه روش‌های ضریب شباهت و شباهت جزئی خودران با قدرت تفکیک بالا در نرم افزار Matlab نوشته شد و بر روی داده‌های مصنوعی در حضور انواع فاکتورهای موثر بر تحلیل سرعت اعمال گردید و مشاهده شد که روش شباهت جزئی خودران با قدرت تفکیک بالا بر خلاف روش ضریب شباهت تحلیل سرعت را با وضوح بسیار بهتری انجام می‌دهد. نتایج اعمال این روش بر روی داده‌های واقعی شبیه داده‌های مصنوعی بود. با توجه به هزینه قابل مقایسه این روش با روش ضریب شباهت و تحلیل سرعت دقیق‌تر و در نتیجه تصحیح برونراند بهتر، لزوم استفاده از این روش اثبات گردید.

**کلمات کلیدی:** تصحیح برونراند نرمال، تحلیل سرعت، شباهت جزئی، روش خودران

---

<sup>1</sup> Normal Move Out

<sup>2</sup> Differential-semblance

<sup>3</sup> Bootstrapping

**فصل اول**

**مقدمه**

## مقدمه

لرزه‌شناسی اکتشافی از سه مرحله اصلی تشکیل شده است و پردازش داده‌ها یکی از این مراحل اصلی است که خود دارای تعداد زیادی مراحل فرعی می‌باشد. در صورتی که در هر کدام از این مرحله‌ها خطایی صورت گیرد این خطا در کل مراحل بعدی پردازش تاثیر خواهد گذاشت و در نهایت مفسر را در تفسیر مقاطع لرزه‌ای دچار اشتباه می‌کند. بنابراین این مراحل را باید با دقت بسیاری انجام داد تا از بروز خطا جلوگیری شود. تحلیل سرعت مرحله بسیار مهمی در پردازش داده‌های لرزه‌ای بازتابی است که می‌توان آن را کلید پردازش نامید زیرا تحلیل سرعت از مراحل اولیه پردازش می‌باشد و دقت سایر مراحل پردازش بستگی به این مرحله دارد. همچنین تعیین مکان دقیق لایه‌ها، سرعت‌های بازه‌ای، ضخامت لایه‌ها، شیب لایه‌ها و غیره بستگی به نتایج تحلیل سرعت دارند.

در صورت برداشت تک پوششی لرزه‌ای شناسایی مناسب بازتاب‌های اولیه و بازتاب‌های چندگانه در محیطی نوفه‌ای کار بسیار دشواری می‌باشد. روش‌های آنالوگ و دیجیتال مختلفی برای کاهش این مشکل ایجاد شدند که هر کدام به درجه‌ای از موفقیت رسیدند. در بین آنها روش نقطه میانی مشترک [۲۰] و فیلتر معکوس متغیر با زمان از همه موثرتر بودند [۳۰]. با استفاده از تکنیک نقطه میانی مشترک تنها وقتی می‌توان به هدف بهبود نسبت سیگنال به نوفه و میرایی بازتاب‌های چندگانه رسید که تصحیحات مناسب زمانی مناسبی بروی داده لرزه‌ای انجام شده باشد به طوری که بازتاب‌های اولیه به درستی در فاز جابه‌جا شوند و برانبارش مناسبی صورت گیرد [۳۰].

در گذشته تصحیحات زمان با استفاده از اطلاعات چاه نزدیک منطقه مورد مطالعه تخمین زده می‌شد و نتایج غیر هم تراز با تصحیح برونراند باقی مانده انجام می‌شد. از آنجایی که برای هم تراز کردن رویدادها تصحیح برونراند باقی مانده چندین بار بکار می‌رفت نیاز به صرف زمان و هزینه زیاد بود و اگر چاهی در آن نزدیکی نبود نتیجه بسیار بدتر می‌شد. بنابراین، این روش چندان رضایت بخش نبود. در هر صورت تصحیحات بدست آمده مربوط به لایه‌های افقی زمین بود و اثرات لایه‌های شیبدار در نظر گرفته نمی‌شد و این باعث کاهش دقت محاسبات می‌شد.

با در نظر گرفتن یک رویداد بازتابی در یک رکورد نقطه میانی مشترک، اختلاف بین زمان رفت و برگشت در یک دورافت معین و زمان رفت و برگشت در دورافت صفر را برونراند نرمال می‌نامند. هدف نهایی تصحیح برونراند نرمال این است که انحنای هذلولی-گون رویدادهای بازتابی و در واقع اثر دورافت را حذف نماید به طوری که همه ردلرزه‌های مربوط به یک نقطه میانی مشترک در یک خط افقی قرار بگیرند که این فرایند با یک تحلیل سرعت خوب و دقیق انجام می‌شود. بنابراین در صورتی که یک روش دقیق برای تحلیل سرعت انتخاب شود، محاسبه برونراند دقیق‌تر، و در نتیجه سایر مراحل پردازشی با کیفیت بهتری انجام خواهد شد [۳۳].

بنابراین هدف تحلیل سرعت، پیدا کردن سرعتی است که بتواند هذلولی بازتاب‌ها را به بهترین شکل ممکن افقی کند. براین اساس برای تحلیل سرعت روش‌های مختلفی ارائه شده است مانند روش اسکن سرعت ثابت و روش برانبارش سرعت ثابت<sup>۱</sup> (CVS) که براساس آزمون وخطا می‌باشند و کاربرد کمی در عمل دارند. اما روش‌های دیگر همچون برانبارش دامنه، برانبارش دامنه بهنجار، دگرهمبستگی، انرژی دگرهمبستگی بهنجار و ضریب شباهت میزان شباهت بین ردلرزه‌ها را اندازه می‌گیرند و با تشکیل ماتریس تحلیل سرعت به دنبال بیشترین هم‌دوسی برای بازتابنده مورد نظر هستند. در میان این روش‌ها با توجه به مقایسه‌ای که نیدل و تانر<sup>۲</sup> [۲۱] انجام دادند روش ضریب شباهت به دلیل قدرت تفکیک بالا در حضور تکراری‌ها<sup>۳</sup>، حساسیت کم نسبت به تغییرات دامنه بر حسب دور افت<sup>۴</sup> (AVO)، و هزینه محاسباتی کم، به عنوان بهترین روش انتخاب شد و تا اکنون به عنوان متداولترین روش تحلیل سرعت بکار رفته است. اما در مواردی که لایه بندی نازک می‌باشد مانند محیط‌های دریایی و یا در حالتی که چندین رویداد متقاطع درون یک پنجره زمانی کوتاه باشند این روش از قدرت تفکیک کافی برخوردار نیست و در صورت وجود معکوس شدگی پلاریته در رکورد مشکل بسیار بدتر می‌شود و روش ضریب شباهت قادر به پیک کردن درست سرعت‌ها نمی‌باشد.

با وجود مزایایی که برای روش ضریب شباهت برشمرده شد، تاکنون چندین روش اندازه‌گیری هم‌دوسی به منظور افزایش قدرت تفکیک در طیف سرعت ارائه شده است، که دارای پایداری بهتر نسبت به نوفه، کنترل بهتر تغییرات فاز با دورافت و قدرت تشخیص بالاتر در بین چند پارامتر که منحنی‌های برونراند مشابه تولید می‌کنند، می‌باشند. روش‌های تحلیل سرعت براساس میزان شباهت مکانی موجک در فاصله‌های متفاوت را که تاکنون معرفی شده‌اند می‌توان به چهار دسته تقسیم بندی نمود: ۱- روش‌های جمع<sup>۵</sup> [۳۰، ۲۱، ۱۰]. ۲- روش‌هایی براساس همبستگی<sup>۶</sup> [۲۵، ۲۱، ۲۶، ۱۳، ۱۸]. ۳- روش‌های براساس شباهت جزئی [۶، ۲۹]. ۴- روش‌هایی بر اساس ویژه ساختار<sup>۷</sup> [۵، ۱۷، ۲۳]. دسته بندی آخر دارای قدرت تفکیک بسیار خوبی در طیف سرعت می‌باشند اما به علت محاسبات سنگین تجزیه ماتریس کواریانس داده لرزه‌ای به ویژه مقادیر، در داده‌های با حجم بالا مثل داده‌های سه بعدی، استفاده از این روش‌ها بسیار پرهزینه و غیر عملی می‌باشد. ساشی<sup>۸</sup> (۱۹۹۸) از خودرانی برای ساختن طیف سرعت با قدرت تفکیک بالا، به وسیله میانگین‌گیری از تعداد بسیار زیاد نتایج بدست آمده از برآوردگر هم‌دوسی ویژه ساختار که به ترتیب ردلرزه‌ها درون پنجره زمان حساس است استفاده کرده است. محدودیت‌های اصلی این روش استفاده از تعداد زیادی عمل خودرانی برای بهبود قدرت تفکیک و گستره دینامیکی بزرگ است که می‌تواند در طیف، بازتاب‌های ضعیف را بپوشاند. اولین بار عباد و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۰۹) روش شباهت جزئی خودران را برای تحلیل سرعت با برونراند غیر هذلولی معرفی کردند.

<sup>1</sup> Constant Velocity Stacking

<sup>2</sup> Neiddle and Tanner

<sup>3</sup> Multiples

<sup>4</sup> Amplitude Versus Offset

<sup>5</sup> Summation

<sup>6</sup> correlation

<sup>7</sup> Eigenstructure

<sup>8</sup> Sacchi

<sup>9</sup> Abbad et al

روش معرفی شده براساس شباهت جزئی سیمز و کارازون<sup>۱</sup> (۱۹۹۱) می‌باشد. که در آن از عمل خودرانی برای بیشینه کردن ضریب شباهت جزئی استفاده می‌شود. این روش تنها نیازمند یکبار عمل خودرانی است بنابراین نسبت به روش ساشی (۱۹۹۸) بسیار کم هزینه‌تر است و دارای هزینه‌ای قابل مقایسه با روش ضریب شباهت است اما قدرت تفکیک بالاتری را نسبت به روش ضریب شباهت فراهم می‌کند. بر پایه این روش عباد و اورسین<sup>۲</sup> (۲۰۱۲) دو روش جدید اندازه‌گیری همدوسی معرفی کردند که یکی از آنها با استفاده از دسته بندی معین ردلرزه‌ها و دیگری با استفاده از تعداد نتایج بیشتر خودرانی قدرت تفکیک بیشتری را نسبت به روش قبلی (شباهت جزئی خودران) فراهم می‌آورند. قدرت تفکیک افزایش یافته در طیف سرعت توسط این روش‌ها، در تمایز بین رویدادهای اولیه مجاور هم، شناسایی اولیه‌ها در حضور تکراری‌ها، و رویدادهای عمیق که دارای پهن شدگی زیادی می‌باشند کمک می‌کند. ما در این پژوهش دو روش اخیر را مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهیم و کارآمدی روش‌های ارائه شده را با اعمال بر داده‌های مصنوعی و واقعی اثبات می‌کنیم و نتایج را با روش ضریب شباهت مقایسه می‌کنیم.

در این پایانامه ابتدا در فصل دوم انواع سرعت‌ها به طور مختصر معرفی می‌شوند سپس اصول کلی تحلیل سرعت هذلولی شرح داده می‌شود در ادامه به طور اجمالی روش‌های تحلیل سرعت متداول بررسی می‌شوند و معایب و مزایای هر کدام از این روش‌ها به اختصار ذکر می‌شوند.

در فصل سوم تئوری تحلیل سرعت به روش شباهت جزئی خودران و الگوریتم‌های تدوین نرم‌افزار آن در محیط MATLAB توضیح داده می‌شود.

در فصل چهارم روش‌های شباهت جزئی خودران و روش ضریب شباهت بر داده‌های مصنوعی در حضور انواع فاکتورهای موثر بر تحلیل سرعت اعمال می‌شوند و نتایج با هم مقایسه می‌شوند. و در آخر این روش‌ها بر روی یک مدل واقعی اعمال می‌شوند.

در فصل پنجم نتایج این پژوهش به طور خلاصه ذکر می‌شوند و پیشنهادات برای کارهای بعدی ارائه می‌شوند.

---

<sup>1</sup> Symes & Carazzone

<sup>2</sup> Abbad & Ursin

## **فصل دوم**

# **انواع روش‌های تحلیل سرعت**



## مقدمه

در این فصل ابتدا انواع سرعت‌های مورد استفاده در لرزه‌شناسی اکتشافی معرفی می‌شوند. سپس سرعت‌هایی که به طور غیر مستقیم از داده‌های لرزه‌ای بدست می‌آیند به طور کامل شرح داده خواهد شد و روش‌های مختلفی را که می‌توان با استفاده از آنها این سرعت‌ها را بدست آورد توضیح داده می‌شوند.

داده‌های حاصل از یک لاگ صوتی اندازه‌گیری مستقیم سرعت را با استفاده از اندازه‌گیری زمان سیر امواج لرزه‌ای در دیواره چاه به عنوان تابعی از عمق فراهم می‌کند. در حالیکه داده لرزه‌ای اندازه‌گیری غیر مستقیم سرعت را فراهم می‌کند. تحلیل سرعت فرایندی است که با استفاده از داده‌های لرزه‌ای، برآورد سرعت لایه‌ها را در زمین فراهم می‌کند. سرعت‌هایی که می‌توانند از داده لرزه‌ای در حوزه زمان- دورافت به طور قابل اطمینانی بدست آیند سرعت برونراند نرمال (سرعت NMO) و سرعت برانبارش می‌باشند. بر اساس این دو نوع اطلاعات (مستقیم و غیر مستقیم)، لرزه شناسان انواع مختلف سرعت را بدست می‌آورند که در ادامه ذکر می‌شوند.

### ۲-۱ انواع سرعت‌ها

- سرعت فاز<sup>۱</sup>
- سرعت گروه<sup>۲</sup>
- سرعت میانگین<sup>۳</sup>
- سرعت بازه‌ای<sup>۴</sup>
- سرعت ریشه میانگین مربعی<sup>۵</sup>
- سرعت ظاهری<sup>۶</sup>
- سرعت لحظه‌ای<sup>۷</sup>
- سرعت تصحیح برونراند نرمال<sup>۸</sup>
- سرعت برانبارش<sup>۹</sup>
- سرعت مهاجرت<sup>۱۰</sup>

---

<sup>1</sup> Phase velocity

<sup>2</sup> Group velocity

<sup>3</sup> Average velocity

<sup>4</sup> Interval velocity

<sup>5</sup> Root Mean Square velocity(RMS)

<sup>6</sup> Apparent velocity

<sup>7</sup> Instantaneous velocity

<sup>8</sup> NMO velocity

<sup>9</sup> Stacking velocity

<sup>10</sup> Migration velocity

## ۲-۱-۱-۱-۱-۲ سرعت فاز

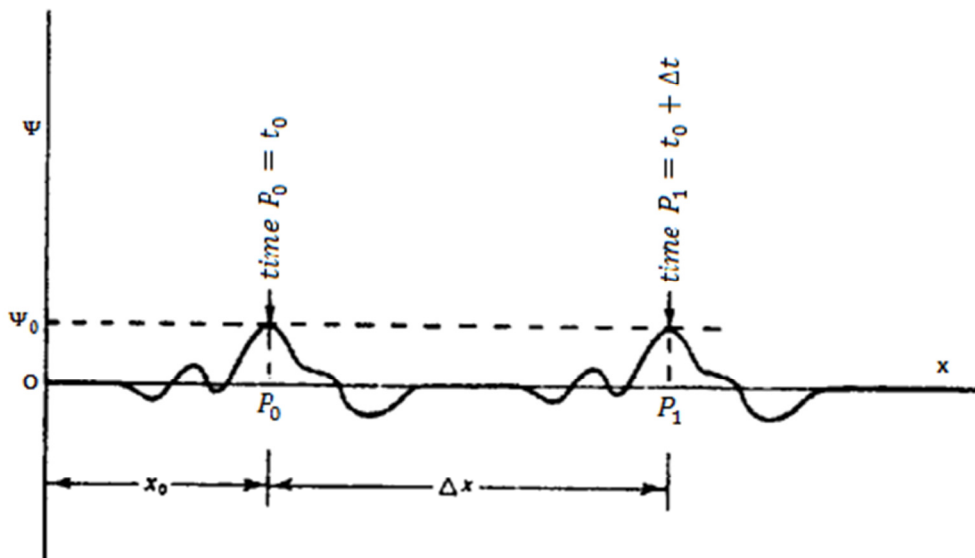
سرعتی که آشفتگی یا جبهه موج با آن حرکت می کند را سرعت فاز می نامند. یا به عبارتی دیگر مسافتی که نقطه ای با فاز ثابت، نظیر یک قله یا یک فرورفتگی، در واحد زمان می پیماید سرعت فاز نامیده می شود [۳۱]. برای امواج لرزه ای نوع P سرعت فاز به صورت زیر تعریف می شود.

$$\alpha = \sqrt{\frac{2\mu + \lambda}{\rho}} \quad (2-1)$$

و برای امواج نوع S با رابطه زیر بیان می شود.

$$\beta = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2-2)$$

که در این روابط  $\mu$ ،  $\lambda$  ثوابت لامه می باشند و  $\rho$  چگالی است. با توجه به روابط (۲-۱) و (۲-۲) سرعت امواج P همیشه بزرگتر از سرعت موج S است. در شکل ۱-۲ نحوه انتشار یک موج با سرعت فاز نشان داده شده است. در این شکل موج فاصله  $\Delta x$  را در زمان  $\Delta t$  با سرعت فاز طی می کند.



شکل ۱-۲) نمایش چگونگی انتشار موج با سرعت فاز.

## ۲-۱-۲-۱-۲-۲ سرعت گروه

سرعت سیر انرژی، سرعت گروه نامیده می شود و یا به بیانی دیگر، فاصله ای که پوش یک سیگنال در واحد زمان طی می کند، برابر با سرعت گروه است که به صورت رابطه زیر تعریف می شود:

$$U = V - \lambda \frac{dV}{d\lambda} \quad (2-3)$$

که در آن  $\lambda$  عدد موج، و  $V$  سرعت فاز است. اگر سرعت برای تمام فرکانس‌ها برابر باشد شکل سیگنال یکسان باقی می‌ماند و سرعت گروه برابر با سرعت فاز است. ولی اگر سرعت با فرکانس تغییر کند شکل سیگنال در حین حرکت تغییر می‌کند و سرعت گروه با سرعت فاز متفاوت خواهد شد یعنی محیط پاشنده<sup>۱</sup> است. پاشندگی ویژگی بارزی در اکتشاف لرزه‌ای نیست زیرا بیشتر سنگ‌ها برای امواج پیکره‌ای، تغییرات کمی در سرعت نسبت به فرکانس در گستره فرکانس لرزه‌ای نشان می‌دهند. و این موضوع بیشتر در امواج سطحی اهمیت پیدا می‌کند [۳۱].

### ۲-۱-۲ سرعت میانگین

سرعت میانگین برابر است با تقسیم عمق بر زمان رسید یک طرفه تا سطح مورد نظر. و یا مجموع سرعت‌های بازه‌ای لایه‌های زمین برابر با سرعت میانگین می‌باشد [۳۴]. و رابطه آن به صورت زیر است:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (2-4)$$

که در آن  $Z_i$  عمق لایه  $i$  ام،  $t_i$  زمان یک طرفه لایه  $i$  ام و  $n$  تعداد لایه‌ها است.

سرعت میانگین اغلب برای تبدیل داده از حوزه زمان به حوزه عمق بکار می‌رود. و هنگامی معتبر است که سرعت تنها در راستای عمق تغییر کند.

### ۲-۱-۲ سرعت بازه‌ای

سرعت بازه‌ای، سرعت انتشار موج بین دو محدوده عمقی با ضخامت  $Z_i$  و زمان انتشار  $t_i$  می‌باشد. سرعت بازه‌ای به صورت زیر تعریف می‌شود [۳۴].

$$V_i = \frac{Z_i}{t_i} \quad (2-5)$$

و این سرعت بیشتر برای تبدیل داده از حوزه زمان به عمق و مهاجرت بکار می‌رود.

### ۲-۱-۲ سرعت ریشه میانگین مربعی

برای محیطی با لایه بندی افقی، با فرض کوچک بودن دورافت نسبت به عمق (زیرا با افزایش فاصله از چشمه، منحنی زمان سیر از حالت هذلولی متقارن خارج می‌شود)، سرعت ریشه میانگین مربعی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V = \left( \frac{\sum_{i=1}^n V_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \right)^{1/2} \quad (2-6)$$

<sup>1</sup> Dispersive

در اینجا،  $V_i$  سرعت بازه‌ای برای لایه  $i$ -ام و  $t_i$  زمان بازتاب یک طرفه پرتو از لایه  $i$ -ام، و  $n$  مشخص‌کننده تعداد لایه‌ها است. از سرعت RMS با استفاده از معادله دیکس<sup>۱</sup>، برای محاسبه سرعت بازه‌ای می‌توان استفاده کرد. رابطه دیکس به صورت زیر می‌باشد.

$$V_I = \left[ \frac{V_{rms}^2 t_n - V_{rms,n-1}^2 t_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} \right]^{1/2} \quad (2-7)$$

که  $V_I$  سرعت بازه‌ای، و  $V_{rms}$ ، سرعت ریشه میانگی مربعی تا سطح پایین لایه،  $V_{rms,n-1}$  سرعت ریشه میانگی مربعی تا سطح بالای لایه و  $t_n$  و  $t_{n-1}$  زمان‌های مربوط به آنها می‌باشند. همچنین از سرعت RMS برای محاسبه عمق بازتابنده‌ها و ضخامت لایه‌ها استفاده می‌شود [۳۰].

## ۲-۱-۶ سرعت ظاهری

در لرزه نگاری بازتابی سرعت RMS در حالت‌هایی با لایه بندی شیبدار سرعت ظاهری نامیده می‌شود [۳۱]. در حالت تک لایه شیبدار، سرعت ظاهری با رابطه (۲-۸) محاسبه می‌شود.

$$V = \frac{V_{rms}}{\cos(dip)} \quad (2-8)$$

چون مقدار  $\cos(dip)$  همیشه بین صفر و یک قرار دارد سرعت ظاهری همیشه بزرگتر و یا مساوی سرعت  $V_{rms}$  است. در حالت‌های چند لایه با شیب‌های مختلف رابطه پیچیده می‌شود.

## ۲-۱-۷ سرعت لحظه‌ای

مقدار سرعت در هر لحظه زمانی در راستای عمق را سرعت لحظه‌ای می‌نامند و با رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$V = \frac{dz}{dt} \quad (2-9)$$

که  $dz$  عمق و  $dt$  زمان می‌باشد.

## ۲-۱-۸ سرعت مهاجرت

سرعتی که برای بهترین مهاجرت داده لرزه‌ای مورد نیاز است سرعت مهاجرت نامیده می‌شود. باید توجه شود که سرعت‌های مورد نیاز برای برانبارش و مهاجرت لزوماً یکسان نیستند در حقیقت، برای یک تک بازتابنده شیبدار که داده موازی با جهت شیب برداشت شده است سرعت برانبارش، برابر سرعت محیط بالای بازتابنده تقسیم بر کسینوس شیب است در حالی که سرعت نسبت

<sup>1</sup> Dix