

حذف بازتاب‌های چندگانه و درون‌یابی داده‌های لرزه‌ای با استفاده از تبدیل رادون با وضوح بالا

شهریار خاص‌احمدی*، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران • علی غلامی، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران • عباس زارعی حبیب‌آبادی، مدیریت اکتشاف

چکیده

در پردازش داده‌های لرزه‌ای، به‌دلایل گوناگون از جمله جدایش نوفه از سیگنال، داده‌ها با استفاده از تبدیل‌های مختلف به حوزه‌های دیگری برده می‌شوند. تبدیل رادون یکی از این تبدیل‌هاست که داده‌ها را به حوزه زمان-کندی یا زمان-انحنا تصویر می‌کند و می‌توان با استفاده از اختلاف برون‌راند در حوزه رادون، رخدادها را از یکدیگر جدا کرد. اما محدودیت‌های زیادی از جمله دهانه محدود باعث وجود اثرات مصنوعی در حوزه رادون و پایین آمدن قدرت تفکیک می‌شوند. گذاشتن قید تنکی بر مدل رادون راه‌حل مناسبی جهت حل این مشکل است. در این مقاله با استفاده از اپراتورهای تقریب به حل تابع هزینه دارای منظم‌ساز نرم ۱ به‌منظور به دست آوردن حوزه رادونی با وضوح بالا می‌پردازیم. از آنجایی که جدا کردن ضرایب بازتاب‌های چندگانه از اولیه و همچنین درون‌یابی داده‌های لرزه‌ای نیاز به یک حوزه رادون تنک دارد، می‌توان از روش معرفی شده بدین منظور استفاده کرد. نتایج حاصل از داده‌های مصنوعی و واقعی کارایی روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۵/۰۹/۲
تاریخ ارسال به داور: ۹۵/۰۹/۰۲
تاریخ پذیرش داور: ۹۵/۱۱/۰۲

واژگان کلیدی:

تبدیل رادون، وضوح بالا، بازتاب‌های چندگانه، درون‌یابی لرزه‌ای

مقدمه

برگرداندن آن به حوزه داده بدون از دست دادن دامنه امکان‌پذیر نیست. از طرفی، محدود بودن طول خط برداشت، گسسته بودن داده‌برداری، عدم وجود داده در برخی از گیرنده‌ها، گسسته بودن سرعت و زمان از جمله عواملی هستند که باعث وجود اثرات مصنوعی ناشی از دورافت‌های دور و نزدیک و همچنین دگرنامی شده، قدرت تفکیک حوزه رادون را کاهش می‌دهد [۶]. گذاشتن قید تنکی^۲ بر فضای رادون روشی مناسب جهت برطرف کردن مشکل وضوح کم ناشی از دگرنامی، دهانه محدود، نبود ردلرزه در بعضی مکان‌ها و یا نوفه است [۷]. روش‌های مختلفی به‌منظور بالا بردن وضوح و به‌دست آوردن حوزه رادون تنک معرفی شده‌اند. نخستین بار تورسن و کلریوت [۸] با استفاده از منظم‌سازی در حوزه مکان-زمان یک تبدیل رادون با وضوح بالا را معرفی کردند. ساچی و ال‌ریچ [۹] با استفاده از تجزیه چلسکی موفق به به‌دست آوردن تبدیل رادون تنک در حوزه فرکانس شدند. کری [۱۰] از روشی مشابه و با مقید کردن تنکی در راستاهای انحنا و زمان حوزه رادون تفکیک بالا را ارائه کرد. ساچی و پرسانی [۱۱] از گرادیان مزدوج در حوزه فرکانس به‌منظور حل سریع و تنک تبدیل رادون سهموی بهره جستند. هرمن و همکاران [۱۲] نیز با به‌دست آوردن وزن‌های وابسته به فرکانس برای مدل، یک تبدیل رادون بدون دگرنامی را پیشنهاد کردند. محققان دیگری نیز روش‌هایی را به‌منظور بهبود کیفیت حوزه رادون به کار برده‌اند [۱۳]، [۱۴].

تبدیل رادون [۱] از ابزارهای پردازش داده‌های لرزه‌ای است که در سال‌های اخیر کاربردهای زیادی پیدا کرده و مورد استفاده صنعت قرار گرفته است. این تبدیل یک تبدیل انتگرالی است که بر روی مسیرهای مشخصی عمل انتگرال‌گیری را انجام داده و با توجه به نوع مسیر به انواع مختلف تبدیل رادون‌های خطی، سهموی و هذلولی تقسیم‌بندی می‌شود. در این بین، تبدیل رادون‌های خطی و سهموی در دسته تبدیل‌های مستقل از زمان و تبدیل رادون هذلولی در گروه تبدیل‌های وابسته به زمان قرار می‌گیرند [۲]. از این‌رو، با توجه به عدم وابستگی کرنل مسئله تبدیل‌های رادون خطی و سهموی به زمان، می‌توان این‌گونه تبدیل‌ها را در حوزه فرکانس و برای هر تک‌فرکانس به‌صورت مجزا حل کرد که باعث حل سریع این مسئله می‌شود، درحالی‌که تبدیل رادون هذلولی به‌دلیل وابستگی به زمان می‌باید در حوزه مکان-زمان محاسبه و اجرا گردد که منجر به زمان‌گیر بودن آن می‌شود. با توجه به این مشخصه، تاکنون تبدیل رادون سهموی مورد ترجیح صنعت بوده و به‌عنوان ابزاری مورد قبول مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کاربردهای گوناگونی را می‌توان برای انواع مختلف تبدیل‌های رادون برشمرد [۳]، [۴]، [۵] اما محدودیت‌هایی در این تبدیل وجود دارد که می‌باید قبل از استفاده برطرف گردند. عملگر این تبدیل برخلاف سایر تبدیل‌های مورد استفاده از قبیل تبدیل فوریه و یا تبدیل موجک متعامد نبوده و در نتیجه، تصویر به حوزه مدل و

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (shkhasahmadi@gmail.com)

ماتریسی به شکل $d(f) = L(f)m(f)$ بازنویسی کرد که L عملگر پیشرو تبدیل رادون و L^T عملگر الحاقی آن خواهد بود. محاسبه ضرایب رادون m از روی داده d مستلزم حل یک مسئله معکوس بد وضع است. به منظور پیدا کردن مدل رادون می‌بایست یک تابع هزینه^۵ تعریف شود که می‌توان آن را به صورت زیر در نظر گرفت:

$$\hat{m} := \arg \min_m \|Lm - d\|_2^2 + \lambda R(m) \quad (4)$$

جمله اول این تابع، کنترل کننده میزان اختلاف داده بازسازی شده از روی مدل به دست آمده و داده مشاهده شده در صورت وجود نوفه گوسی است. جمله دوم، بیان کننده قیدی است که بر روی ضرایب مدل اعمال می‌شود. به منظور به دست آوردن یک حوزه رادون با کمترین ضرایب غیرصفر و با وضوح بالا، مدل تنک رادون، قید اعمال شده بر روی بردار مدل، منظم‌ساز نرم ۱ خواهد بود.

۲- حل تنک تبدیل رادون

همانطور که اشاره شد، به منظور به دست آوردن یک مدل رادون با وضوح بالا می‌باید تابع هزینه بیان شده در رابطه (۴) کمینه شود، اما از آنجایی که جمله دوم این رابطه مشتق پذیر نیست، این کار ساده نخواهد بود و می‌باید از عملگر تقریب این تابع به منظور به دست آوردن جواب مورد نظر استفاده کرد [۱۹]، [۲۰]. اگر عملگر تقریب یک تابع مانند f_2 را با $prox_f$ نشان دهیم، با توجه به خاصیت نقطه ثابت^۶ می‌توان رابطه تکرار زیر را به منظور دستیابی به جواب داشت [۱۹]:

$$x_{n+1} = prox_{f_2}(x_n - \gamma_n \nabla f_1(x_n)) \quad (6)$$

که γ_n طول گام در مرحله n ام است. با توجه به رابطه (۴) توابع f_1 و f_2 به ترتیب $\|\cdot\|_1$ و $\|\cdot\|_2$ خواهند بود. عملگر تقریب

اعمال قید تنکی بر فضای رادون منجر به افزایش قدرت تفکیک آن و حفظ دامنه و در نتیجه کاربردهای گوناگون آن می‌شود. از مهم ترین کاربردهای تبدیل رادون حذف بازتاب‌های چندگانه است [۱۵]، [۱۶]. همپسن [۱۷] نشان داد که رخدادهای هذلولی شکل پس از اعمال تصحیح برون‌راند^۳ تقریبی از یک سهمی خواهند بود و می‌توان از تبدیل رادون سهموی استفاده کرد. با داشتن یک مدل رادون تنک می‌توان ضرایب بازتاب‌های چندگانه را بدون آسیب زدن به بازتاب‌های اولیه از مقاطع نقطه میانی مشترک حذف کرد. همچنین، برگرداندن یک مدل رادون تنک به فضای مکان-زمان به معنی گسترش دهانه یک رخداد و یا بازسازی ردلرزه‌های صفر در فضای داده است [۱۸].

در این مقاله ابتدا به تعریف مسئله تبدیل رادون سهموی پرداخته و با استفاده از عملگرهای تقریب^۴ به حل تنک آن می‌پردازیم. سپس، با اعمال روش معرفی شده بر روی داده‌های مصنوعی و واقعی، کارایی آن را بر روی حذف بازتاب‌های چندگانه و همچنین بازسازی ردلرزه‌ها بررسی می‌کنیم.

۱- تبدیل رادون سهموی

یک رخداد هذلولی شکل با زمان رفت و برگشت در دورافت t_0 و دورافت h اگر تحت تصحیح برون‌راند قرار گیرد، معادل یک سهمی با رابطه زیر خواهد بود:

$$T(x) = t_0 + \frac{h^2}{2t_0 v_r^2} \quad (1)$$

در این رابطه $q = \frac{1}{2t_0 v_r^2}$ انحنا و v_r سرعت است. بنابراین، مقاطع نقطه میانی مشترک را پس از تصحیح برون‌راند می‌توان یک برهم‌نهی از رخدادهای سهموی شکل دانست:

$$d(h_j, t) = \sum_{k=1}^M m(q_k, \tau = t - q_k h_j^2), \quad j = 1: N \quad (2)$$

که $d(h, t)$ بیان کننده برداشت نقطه میانی مشترک با N ردلرزه و $m(q, \tau)$ نیز مدل رادون است. پارامتر انحنا رادون نیز به صورت $q_k = q_0 + \Delta q(k-1)$ ، $k = 1, \dots, M$ اگر از رابطه (۲) تبدیل فوریه گرفته شود، به صورت زیر در خواهد آمد:

$$d(h_j, f) = \sum_{k=1}^M m(q_k, f) e^{2\pi i f q_k h_j^2}, \quad j = 1: N \quad (3)$$

همان‌طور که مشخص است، می‌توان محاسبه رابطه (۳) را برای هر تک فرکانس به صورت مجزا انجام داد که منجر به حل سریع تر آن خواهد شد. مسئله تبدیل رادون را می‌توان به صورت

۱ | الگوریتم مورد استفاده برای حل رابطه (۴)

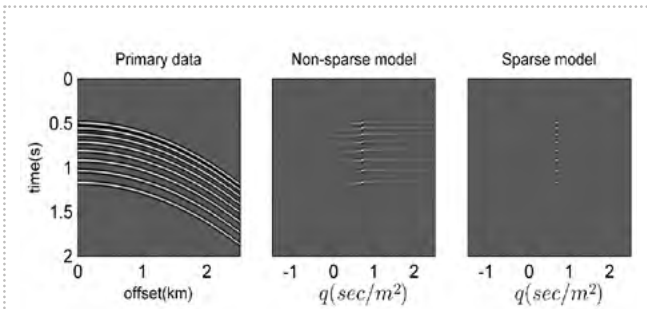


While not converge do

$$u_{n+1} = m_n + \gamma_n L^T (d - Lm_n)$$

$$m_{n+1} = prox(u_{n+1})$$

end



شکل ۱ | عملکرد الگوریتم مطرح شده در بهدست آوردن مدل تنک حوزه رادون سهموی. سمت چپ) چند سهمی که در راستای محور زمان فاصله زمانی آنها افزایش می‌یابد. (وسط) حوزه رادون بهدست آمده از روش معمول. راست) حوزه رادون بهدست آمده از روش مطرح شده.

منظم‌ساز نرم ۱، آستانه‌گذاری نرم خواهد بود [۲۰]. با توجه به روابط مطرح شده، می‌توان الگوریتم زیر را جهت حل مسئله و بهدست آوردن مدل تنک تبدیل رادون سهموی استفاده کرد: در این مقاله از یک عملگر تقریب کلی که به‌ازای مقادیر مختلف پارامترهای آن، عملگرهای تقریب مرسوم را معادل‌سازی خواهد کرد، استفاده شده است [۲۱]:

$$\text{prox}_{\lambda f}(x) \cong \begin{cases} (1 - \lambda p \frac{|x|^{p-2}}{[|x|^p + 1]^{r+1}})_+ x, & \text{if } |x| > \eta_r \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

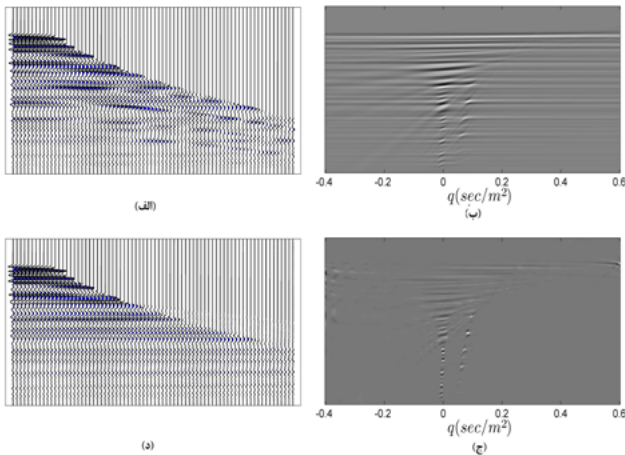
در این رابطه حد آستانه‌گذاری است و به‌ازای مقادیر مختلف p و r معادل توابع تقریب منظم‌سازهای مرسوم خواهد بود. به‌عنوان مثال به‌ازای $p=1$ و $r=-1$ معادل آستانه‌گذاری نرم که تابع تقریب نرم ۱ است، خواهد شد.

همانطور که پیش‌تر اشاره شد، حوزه رادون بهدست آمده از روش مرسوم به‌دلایل مختلف دچار اثرات مصنوعی و دگرگامی است و گذاشتن قید تنکی بر مدل می‌تواند این مشکلات را برطرف و قدرت تفکیک را بالا ببرد. به‌منظور بررسی کارایی الگوریتم مطرح شده در بالا بردن وضوح حوزه رادون، چند سهمی با برون‌راند یکسان در زمان‌های مختلف تولید شده و در شکل ۱- نشان داده شده است.

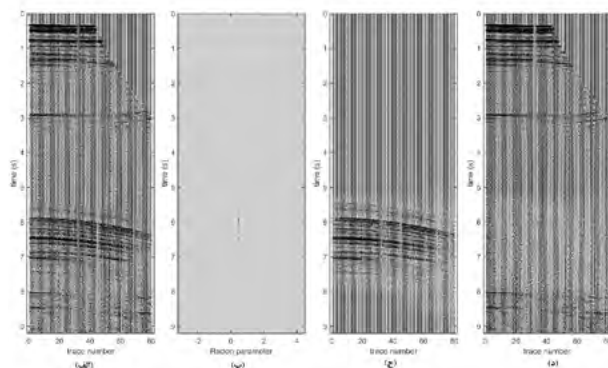
در مدل رادون بهدست آمده از حل مستقیم رابطه (۳)، شکل ۱- وسط، اثرات مصنوعی ناشی از دورافت‌های دور و نزدیک که به‌صورت پخش انرژی در راستاهای افقی و مورب خود را نشان داده‌اند و همچنین دگرگامی قابل مشاهده است. حوزه رادون تنک با استفاده از روش مطرح شده، محاسبه و در شکل ۱- راست نشان داده شده است. همانطور که مشخص است، ضرایب مربوط به هر کدام از رخدادها در حوزه رادون تنک بهدست آمده، قابل تفکیک است. اثرات مصنوعی ناشی از دورافت‌های دور و نزدیک و یا دگرگامی در حوزه رادون مشاهده نمی‌شود و تنها ضرایب انرژی مربوط به هر یک از رخدادها وجود دارد. این موضوع به‌خصوص در جدا کردن و تضعیف بازتاب‌های چندگانه از اولیه با استفاده از این تبدیل حائز اهمیت است.

۳- تضعیف بازتاب‌های چندگانه

همان‌طور که نشان داده شد، پس از تصحیح برون‌راند می‌توان برداشت‌های نقطه میانی مشترک را با استفاده از تبدیل رادون سهموی تقریب زد. از آنجایی که برون‌راند بازتاب‌های اولیه و چندگانه‌ها پس از تصحیح برون‌راند متفاوت است، می‌توان آنها را در حوزه رادون از یکدیگر جدا



شکل ۲ | تضعیف بازتاب‌های چندگانه از روی داده مصنوعی. الف) برداشت نقطه میانی مشترک مصنوعی پس از تصحیح برون‌راند. ب) حوزه رادون بهدست آمده با استفاده از روش مرسوم. ج) حوزه رادون تنک بهدست آمده با استفاده از روش مطرح شده. د) داده اولیه پس از تضعیف بازتاب‌های چندگانه بازسازی شده از جدایش ضرایب آنها در حوزه رادون تنک.

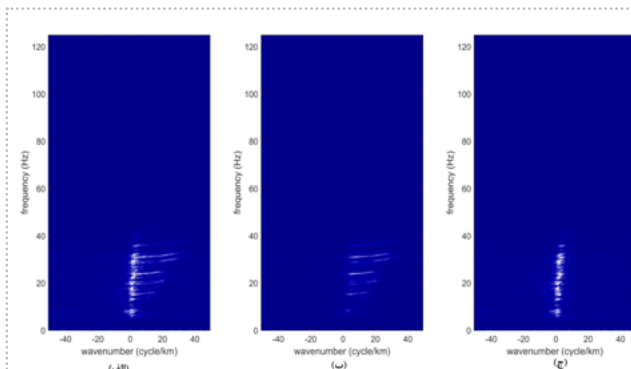


شکل ۳ | تضعیف بازتاب‌های چندگانه از روی داده واقعی. الف) برداشت نقطه میانی مشترک واقعی پس از تصحیح برون‌راند. ب) حوزه رادون تنک به دست آمده با استفاده از روش مطرح شده. ج) بازتاب‌های چندگانه بازسازی شده حاصل از جدایش ضرایب آنها در حوزه رادون تنک. د) داده حاصل از اختلاف مقاطع (الف) و (ج).

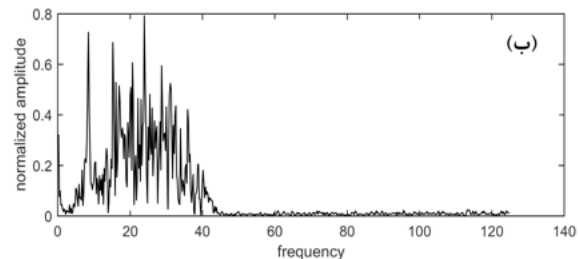
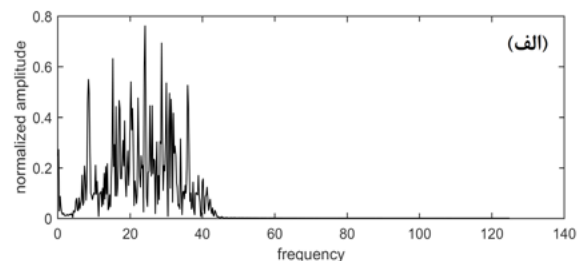
کرد اما این امر نیازمند حوزه رادونی با تفکیک بالا است تا جدایش ضرایب چندگانه‌ها به ضرایب بازتاب‌های اولیه آسیب نزنند. یک برداشت نقطه میانی مشترک مصنوعی پس از تصحیح برون‌راند در شکل ۲-الف نشان داده شده است. حوزه رادون آن به روش معمول، با استفاده از رابطه (۳)، محاسبه و در شکل ۲-ب آورده شده است. از آنجایی که تصحیح برون‌راند با استفاده از سرعت بازتاب‌های اولیه صورت گرفته است، پس از تصحیح، این رخدادها دارای انحنای صفر خواهند بود و بنابراین، همان‌طور که انتظار می‌رود و در شکل ۲-ب مشخص است، ضرایب بازتاب‌های اولیه بر روی $q=0$ قرار گرفته‌اند. اما، جدایش ضرایب چندگانه‌ها در این حالت بدون آسیب زدن به ضرایب رادون اولیه‌ها امکان‌پذیر نیست. حوزه رادون تفکیک بالا با استفاده از روش معرفی شده محاسبه و در شکل ۲-ج نشان داده شده است. از آنجایی که قدرت تفکیک در این حوزه افزایش یافته است، به راحتی می‌توان ضرایب بازتاب‌های چندگانه را بدون آسیب زدن به ضرایب مربوط به رخداد‌های اولیه از هم متمایز کرد. سپس، می‌توان تنها با استفاده از ضرایب رادون مربوط به بازتاب‌های چندگانه، آنها را در حوزه مکان-زمان بازسازی کرد و پس از کم کردن از مقطع اولیه به یک برداشت نقطه میانی مشترک متشکل از بازتاب‌های اولیه دست یافت (شکل ۲-د).

کارکرد الگوریتم معرفی شده بر روی یک داده واقعی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. یک برداشت نقطه میانی مشترک دریایی در شکل ۳-الف پس از تصحیح برون‌راند نشان داده شده است. رخداد‌های اولیه دارای بوده اما بازتاب‌های چندگانه پس از تصحیح همچنان دارای برون‌راند هستند. حوزه تنگ رادون آن با استفاده از روش معرفی شده به دست آمده و در قسمت (ب) آورده شده است. همان‌طور که مشخص است، ضرایب بازتاب‌های چندگانه در این حوزه به راحتی از بازتاب‌های اولیه قابل جدایش است. بازتاب‌های چندگانه با استفاده از ضرایب آنها در حوزه رادون، در حوزه مکان-زمان بازسازی شده و در شکل ۳-ج آورده شده است. نتیجه حاصل، پس از کم کردن بازتاب‌های چندگانه بازسازی شده، شکل ۳-ج، از داده اولیه، شکل ۳-الف، در شکل ۳-د نشان داده شده است.

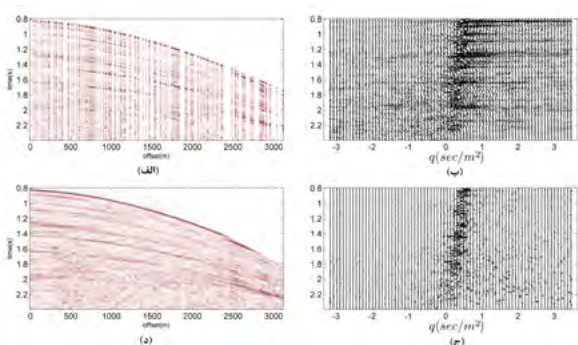
به منظور نشان دادن عملکرد الگوریتم مطرح شده در تضعیف بازتاب‌های چندگانه در داده مطرح شده در شکل ۳، نمایش حوزه فرکانس-عدد موج ($f-k$) آن در شکل ۴-مورد بررسی قرار گرفته است. پس از انجام تصحیح برون‌راند بر روی



شکل ۴ | حوزه‌ی فرکانس-عدد موج به دست آمده برای الف) داده همراه با بازتاب‌های چندگانه، ب) چندگانه‌ها و ج) داده حاصل از تضعیف چندگانه‌ها.



شکل ۵ | الف) محتوای فرکانسی برداشت شکل ۳-الف، ب) محتوای فرکانسی برداشت شکل ۳-د



شکل ۶ | درون‌یابی ردلرزه‌ها با استفاده از تبدیل رادون سه‌موی. الف) یک برداشت نقطه میانی مشترک واقعی که ۵۰ درصد ردلرزه‌های آن به صورت تصادفی مفر شده‌اند. ب) حوزه رادون به دست آمده از روش مرسوم پس از اعمال تصحیح برون‌راند جزئی بر روی داده قسمت الف. ج) حوزه رادون تنگ به دست آمده از روش مطرح شده بر روی داده مورد تصحیح برون‌راند جزئی قرار گرفته شده. د) داده بازسازی شده از روی مدل تنگ رادون، ردلرزه‌های مفر به‌طور کامل بازسازی شده‌اند.

یک رخداد کامل با دهانه بی‌نهایت معادل یک نقطه در حوزه رادون خواهد بود [۱۸]. بنابراین، اعمال قید تنگی بر حوزه رادون باعث بازسازی ردلرزه‌های صفر در حوزه مکان-زمان خواهد شد. منای اصلی درون‌یابی به‌وسیله تبدیل رادون سهموی، استفاده از ردلرزه‌های غیرصفر در ساخت مدل رادون و بازسازی داده با استفاده از مدل به‌دست آمده در کلیه گیرنده‌ها در یک الگوریتم تکرار، جدول (۱)، تا رسیدن به وضوح بالا در حوزه رادون، که به معنی عدم وجود ردلرزه صفر در حوزه مکان-زمان است، می‌باشد. به‌منظور دخیل کردن تنها ردلرزه‌های غیرصفر در ساخت مدل رادون، یک پوش بر روی جمله اول تابع هزینه، رابطه (۴) و یا مرحله اول در الگوریتم معرفی شده، اعمال می‌شود. به صورت ماتریسی داده درون‌یابی شده به شکل زیر خواهد بود:

$$d_{int} = d + (I - M)L\hat{m} \quad (۸)$$

که d_{int} داده درون‌یابی شده، \hat{m} مدل رادون تخمین زده شده از ردلرزه‌های غیر صفر، M پوش موردنظر و ماتریس همانی است. یک برداشت نقطه میانی مشترک واقعی با فاصله نمونه‌برداری مکانی ۱۲/۵ متر و زمانی ۰/۰۰۴ ثانیه که ۵۰ درصد ردلرزه‌های آن به صورت تصادفی حذف شده‌اند، در شکل ۶-الف نشان داده شده است. این داده پس از تصحیح برون‌راند جزئی^۷ با استفاده از رابطه (۳) به حوزه رادون برده شده و در شکل ۶-ب آورده شده است. حوزه رادون داده ناکامل دچار پخش شدگی انرژی ناشی از رخداد‌های ناکامل است. شکل ۶-ج حوزه تنگ این داده را با استفاده از روش معرفی شده نشان می‌دهد. داده بازسازی شده با استفاده از مدل تنگ و پس از برداشتن اثر تصحیح برون‌راند در شکل ۶-د آورده شده است. همان‌طور که مشخص است ردلرزه‌های صفر به‌طور کامل بازسازی شده‌اند.

نتیجه‌گیری

۱- اگرچه از لحاظ تئوری هر رخداد در حوزه مکان-زمان معادل یک نقطه در حوزه رادون است، اما تبدیل رادون به دلایل مختلف دچار اثرات مصنوعی دورافت‌های دور و نزدیک و یا دگرنامی است که منجر به پایین آوردن وضوح و قدرت تفکیک تبدیل رادون می‌شود.

۲- می‌توان ضرایب بازتاب‌های چندگانه را با توجه به اختلاف برون‌راند آنها با بازتاب‌های اولیه پس از تصحیح برون‌راند در حوزه رادون جدا کرد اما این کار مستلزم بالا بودن تفکیک حوزه رادون است. همان‌طور که در مثال‌های عددی نشان داده شد، اعمال نرم ۱ به‌عنوان منظم‌ساز در

مقطع نقطه میانی مشترک اولیه، از آنجایی که بازتاب‌های اولیه دارای برون‌راند و انحنای صفر هستند، ضرایب آنها در حوزه فرکانس-عدد موج بر روی عدد موج صفر قرار خواهند گرفت و سایر ضرایب مربوط به بازتاب‌های چندگانه پخش خواهند بود. شکل ۴-ب حوزه $f-k$ مربوط به بازتاب‌های چندگانه بازسازی شده (شکل ۳-ج) را نمایش می‌دهد. همان‌طور که واضح است، هیچ کدام از ضرایب انرژی بر روی عدد موج صفر قرار ندارند که نشان‌دهنده مرتبط بودن آنها تنها به بازتاب‌های چندگانه است. شکل ۴-ج نیز حوزه فرکانس-عدد موج مقطع حاصل از تضعیف چندگانه‌ها، شکل ۳-د، را نشان می‌دهد. چنانکه دیده می‌شود، ضرایب تنها بر روی عدد موج صفر قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده عملکرد قابل قبول روش مطرح شده در تضعیف چندگانه‌هاست. همچنین، شکل ۵-نشان‌دهنده محتوای فرکانسی داده اولیه قبل و بعد از تضعیف چندگانه‌هاست. اگر با دقت به شکل ۵-نگاه شود، مشاهده می‌شود که محتوای فرکانسی داده اولیه پس از تضعیف چندگانه‌ها در اثر حذف ضرایب فرکانسی این بازتاب‌ها تغییر نموده است.

۴- درون‌یابی داده‌های لرزه‌ای

داده‌های برداشت شده در عملیات لرزه‌نگاری با نمونه‌برداری در دو بعد مکان و زمان انجام می‌شوند و یکی از ویژگی‌های روش لرزه‌نگاری بازتابی در مقایسه با سایر روش‌ها نیز حجم بالای همین داده‌هاست. هدف اصلی و ایده‌آل، برداشت پیوسته جبهه موج در سطح زمین به‌هنگام رسیدن موج است. اما این کار در عمل امکان‌پذیر نیست و نیاز به نمونه‌برداری است. نمونه‌برداری در زمان نسبت به مکان بیشتر قابل کنترل است به‌طوری که در حال حاضر محدودیتی در نمونه‌برداری در محور زمان وجود ندارد و با توجه به محتوای فرکانسی امواج رسیده به گیرنده‌ها، بازه نمونه‌برداری انتخاب می‌شود و برداشت زمانی با چگالی کافی قابل انجام است. برخلاف نمونه‌برداری زمانی می‌توان گفت که نمونه‌برداری مکانی همیشه به نوعی ناکامل است. پوشش سطح زمین به وسیله گیرنده‌ها به دلایل اقتصادی و همچنین توپوگرافی همیشه به‌طور کامل قابل انجام نیست که باعث محدودیت در پوشش و چگالی برداشت می‌شود. این محدودیت‌ها را می‌توان در سه دسته کلی قرار داد: طول محدود کابل، برداشت سطحی تنگ و جاهای خالی نامنظم در مقاطع (ردلرزه‌های ثبت نشده به دلایلی از جمله خرابی گیرنده، وجود رودخانه و...).

بدون آسیب زدن به دامنه آنها جدا کرد. ۳- می توان از تبدیل رادون به عنوان ابزاری مناسب جهت بازسازی ردلرزه‌های صفر استفاده کرد. استفاده از قید تنگی در حل تبدیل رادون منجر به بازسازی رخدادهای لرزه‌ای به صورت کامل و پر کردن جاهای خالی می شود.

تابع هزینه می تواند حوزه رادونی با تفکیک بالا و تنگ را به دست دهد. این امر به جدایش بهتر و دقیق تر ضرایب انرژی مربوط به بازتاب‌های چندگانه از اولیه در حوزه رادون و در نتیجه بازسازی بازتاب‌های چندگانه در حوزه مکان-زمان کمک می کند. سپس، می توان آنها را از بازتاب‌های اولیه

پانویس ها

- | | | |
|-------------------------------------|------------------------|---------------------------|
| 1. Radon Transform | 4. Proximity Operators | 7. Partial NMO correction |
| 2. Sparsity | 5. Cost function | |
| 3. Normal Move-Out (NMO) Correction | 6. Fixed point | |

منابع

- [1]. Radon, J., Uber die bestimmung von funktion endurichh-reintegralwertelanggewissermannigfaltigkeiten: Berichteuber die Verhandlungen der SachsischeAkademie der Wissenschaften, 1917, (Reports on the proceedings of the Saxony Academy of Science), 69, 262-277.
- [2]. Sacchi. M.D., Statistical and TransformMethods in Geophysical Signal Processing, 2002.
- [3]. Cao, Z., and J. Bancroft, A semblance weighted radon transform on multiple attenuation: CSEG, 2005.
- [4]. Mousa, W., and A. Al-Shuhail, Enhancement of first arrivals using the τ -p transform on energyratio seismic shot records: Geophysics, 2012, 77, no. 3, V101-V111. <http://dx.doi.org/10.1190/geo2010-0331.1>. National Convention, 2, 298-301.
- [5]. Trad, D., Sacchi, M., and Ulrych, T., A hybrid linear-hyperbolic Radon transform: J. Seis. Expl., 20019, 303-318.
- [6]. Kabir, M.M. N., and Marfurt, K. J., Toward true amplitude multiple removal: The Leading Edge, 1999, 18, 66-73.
- [7]. Trad, D., Ulrych, T., and Sacchi, M. D., Latest views of the sparse Radon transform, Geophysics, 2003, 68, 1, 386-399.
- [8]. Thorson, R., and Claerbout, J., Velocity-stack and slant-stack stochastic inversion: Geophysics, 1985, 50, 2727-2741.
- [9]. Sacchi, M., and Ulrych, T., High-resolution velocity gathers and offset space reconstruction: Geophysics, 1995, 60, 1169-1177.
- [10]. Cary, P., The simplest discrete Radon transform: 68th Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 1998, 1999-2002.
- [11]. Sacchi, M. D., and M. Porsani, Fast high-resolution parabolic Radon transform: 69th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 1999, 1477-1480. <http://dx.doi.org/10.1190/1.1820798>.
- [12]. Herrmann, Ph., Mojesky, T., Magesan, M., and Hugonnet, P., Dealiased, High-Resolution Radon transforms, SEG, 2000.
- [13]. Wang, J., and M. Ng, Greedy least-squares and its application in Radon transforms: 2009, CSPG CSEG CWLS Convention.
- [14]. Ng, M., and M. Perz, High-resolution Radon transform in the t-x domain using 'intelligent' prioritization of the Gauss-Seidel estimation sequence: 84th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 2004, doi:<http://dx.doi.org/10.1190/1.1845211>.
- [15]. Tong, S., R. Wang, H. Liu, J. Zhang, and C. Bu, High-resolution radon transform and its applications in multiple suppression of seismic data in deep-sea: Proceedings of the 2009 2nd International Congress on Image and Signal Processing, 2009, 2, 1-4. doi:<http://dx.doi.org/10.1109/CISP.2009.5301561>.
- [16]. Cao, Z., and J. Bancroft, A semblance weighted radon transform on multiple attenuation: CSEG National Convention, 2005, 2, 298-301.
- [17]. Hampson, D., Inverse velocity stacking for multiple elimination: J. Can. Soc. Expl. Geophys., 1986, 22, 44-55.
- [18]. Trad, D., T. Ulrych, and M. Sacchi, Accurate interpolation with high resolution time-variant Radon transforms: Geophysics, 2002, 67, 644-656.
- [19]. P.-L. Combettes and V. R. Wajs, "Signal recovery by proximal forward- backward splitting," Multiscale Model. Simul., 2005, vol. 4, no. 4, pp. 1168-1200.
- [20]. T. Goldstein and S. Osher, "The Split Bregman method for L1 regularized problems," SIAM J. Imag. Sci., 2009, vol. 2, no. 2, pp. 223-243.
- [21]. Gholami A. and Hosseini S. M., A general framework for sparsity-based denoising and inversion. IEEE Transactions on Signal Processing, 2011, 59, 5202-5211.