

بررسی و بهینه‌سازی آرایه چشمه و گیرنده عملیات دوبعدی میدان نفتی هویزه

محمد مرشدی* و محمدعلی ریاحی*

*مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، صندوق پستی ۶۴۶۶-۱۴۱۵۵

(دریافت: ۸۴۱۰۲۸، پذیرش نهایی: ۸۵۶۲۸)

چکیده

آرایه چشمه و گیرنده در برداشت داده‌های لرزه‌ای برای تضعیف امواج سطحی تولید شده با چشمه مورد استفاده قرار می‌گیرند. از طرفی با توجه به فاصله نمونه‌برداری مکانی، ثبت صحیح امواجی که طول موج کوتاه‌تری از دو برابر فاصله دو کانال دارند مقدور نیست. بنابراین با استفاده از آرایه‌های چشمه و گیرنده باید این امواج را که مستعد الیاس شدن هستند تضعیف کرد که برای تضعیف بیشتر این پدیده‌ها، نیاز به بهینه‌سازی آرایه‌ها داریم.

با استفاده از روش هم‌آمیخت مکانی می‌توان آرایه‌های چشمه و گیرنده را بهینه کرد. در این روش هر آرایه پیچیده از چند آرایه ساده تشکیل می‌شود که با قرار گرفتن کنار هم آرایه‌ای بزرگ را به وجود می‌آورند. با استفاده از آرایه‌های ساده ۲ و ۳ عضوی و قرار دادن نقاط صفر این آرایه‌ها در پهنای کناری پاسخ نهایی آرایه، می‌توان این پهنای را تضعیف کرد. با توجه به اینکه هر دو آرایه چشمه و گیرنده روی دامنه امواج ایجاد شده تأثیر می‌گذارند و مقدار کل تأثیر آرایه‌های چشمه و گیرنده برابر با مجموع این دو تأثیر بر حسب دسی بل است، می‌توان با استفاده از تأثیر آرایه چشمه بر پاسخ نهایی آرایه‌های چشمه و گیرنده نیز پاسخ نهایی را بهینه کرد.

واژه‌های کلیدی: میدان نفتی هویزه، آرایه چشمه و گیرنده، هم‌آمیخت مکانی، بهینه‌سازی پاسخ آرایه

۱ مقدمه

عملیات لرزه‌ای یکی از مهم‌ترین مراحل یک پروژه لرزه‌ای است. در عملیات لرزه‌ای داده‌ها (data) ثبت می‌شود که بالا بودن کیفیت این ثبت در عملیات، باعث بهتر صورت گرفتن مراحل بعدی پروژه، یعنی پردازش و تفسیر می‌شود. بنابراین، عملیات لرزه‌ای یکی از مهم‌ترین مراحل پروژه لرزه‌ای است، زیرا در صورت کم بودن کیفیت کار و از دست دادن سیگنال‌ها در عملیات، قادر به برگرداندن اطلاعات از دست رفته نیستیم.

یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت عملیات لرزه‌ای، بالا بودن نسبت سیگنال به نوفه یا کم بودن نوفه‌های خطی (امواج سطحی)، نوفه‌های اتفاقی (random noise) ثبت شده و همچنین نداشتن الیاسینگ مکانی (spatial aliasing) است.

برای کاهش نوفه‌های اتفاقی و نوفه‌های خطی، نیازمند استفاده از آرایه‌ها هستیم. با توجه به اینکه در

گذشته ظرفیت ثبت دستگاه‌های ثابت کم بود، بیشترین تمرکز روی حذف امواج سطحی صورت گرفت. با گذشت زمان و بهتر شدن دستگاه‌های ثابت مشکل دیگری مطرح شد، این مشکل الیاسینگ مکانی بود کرس (۱۹۹۷). الیاسینگ به طور کلی به دلیل فواصل زیاد در نمونه‌برداری رخ می‌دهد. به دلیل نمونه‌برداری در دو بعد زمان و مکان، دو نوع الیاسینگ وجود دارد:

۱. الیاسینگ مکانی

۲. الیاسینگ زمانی (temporal aliasing)

در بعد زمان می‌توان با توجه به بسامد نایکوئیست (nyquist) نمونه‌برداری، حداکثر بسامدی که از آن دو نمونه برداشت می‌شود را محاسبه کرد و سپس با فیلتر پایین‌گذر (low pass filter)، بسامدهای بالاتر از این بسامد را حذف کرد. بدین ترتیب می‌توان مانع از الیاسینگ زمانی شد.

برابر با ۱۰ متر است. پاسخ آرایه‌های چشمه و گیرنده و پاسخ نهایی آنها در شکل ۱ نشان داده شده است. با فرض اینکه عمق اولین هدف برابر با ۸۰ متر باشد و با توجه به اینکه سرعت متوسط در عمق ۸۰ متری حدود ۲۵۰۰ متر بر ثانیه است و شیب صفر این بازتابنده (reflector) زاویه رسیدن پرتوهای بازتابی از این لایه برابر با $4/5$ درجه و عدد موج پرتوهای بازتابی با بسامد ۵۰ هرتز که با این شیب با سطح زمین می‌رسند برابر $0/02$ است. بنابراین پهنای اصلی باید حدوداً تا عدد موج $0/028$ ادامه داشته باشد. از طرف دیگر با توجه به فاصله نمونه برداری مکانی (۴۰ متر) می‌توان از طول موج‌های ۸۰ متر و بیشتر دو نمونه برداشت کرد و در نتیجه، طول موج‌های کم‌تر از ۸۰ متر الیاس می‌شوند. برای کم کردن الیاسینگ مکانی باید طول موج‌های کم‌تر از ۸۰ متر و یا اعداد موج بیشتر از $0/0125$ بر متر (عدد موج طول موج ۸۰ متر) تضعیف شوند. بنابراین بهینه‌سازی آرایه برای تضعیف الیاسینگ مکانی نیازمند پهنای اصلی کوچک‌تری از بهینه‌سازی آرایه برای حفظ سیگنال‌هایی دارای بسامد کمتر از ۵۰ هرتز، هستند. بنابراین برای کاهش الیاسینگ مکانی نیازمند آرایه‌ای هستیم که در پاسخ آن پهنای اصلی تا عدد موج $0/018$ و یا طول موج ۵۶ متر ادامه داشته باشد و پهنای فرعی آن نیز کوچک شده باشند. به این ترتیب عدد موج $0/0125$ در 70% اول پهنای اصلی قرار می‌گیرد و طول موج‌های کم‌تر از آن نیز تضعیف می‌شوند. در بهینه‌سازی آرایه به منظور تضعیف الیاسینگ مکانی برای ایجاد اولین صفر در بسامد مکانی $0/018$ باید از آرایه چشمه استفاده کرد، زیرا در طراحی آرایه گیرنده محدودیت داریم و طول آرایه گیرنده نباید از فاصله بین دو کانال بیشتر باشد. برای اینکه اولین صفر پاسخ آرایه چشمه در عدد موج $0/018$ قرار گیرد، باید فاصله بین اجزای آرایه چشمه ۱۷ متر باشد. حال اگر از آرایه گیرنده استفاده نکنیم و فقط از یک گیرنده استفاده کنیم پاسخ نهایی مانند شکل ۲ می‌شود.

در بعد مکان برای جلوگیری از الیاسینگ مکانی نیز دو راه داریم:

۱. کم کردن فاصله نمونه برداری مکانی با این کار می‌توان از هر طول موج دو نمونه برداشت کرد، ولی این کار (کم کردن فاصله نمونه برداری (trace interval)) باعث زیاد شدن هزینه عملیات می‌شود، و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

۲. استفاده از آرایه چشمه و گیرنده با استفاده از آرایه چشمه و گیرنده می‌توان امواج با بسامد بالا را که مستعد الیاس شدن هستند تضعیف کرد. به عبارت دیگر با استفاده از آرایه چشمه این امواج را تولید نکرد و با استفاده از آرایه گیرنده این امواج را ثبت نکرد. معمولاً در عملیات از هر دو آرایه چشمه و گیرنده برای حذف بسامدهای بیشتر از بسامد نایکوئست استفاده می‌شود.

۲ بررسی آرایه چشمه و گیرنده به کار رفته در عملیات دوبعدی هویزه

این عملیات در سال ۱۳۷۶ در هویزه استان خوزستان صورت گرفت و پارامترهای آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

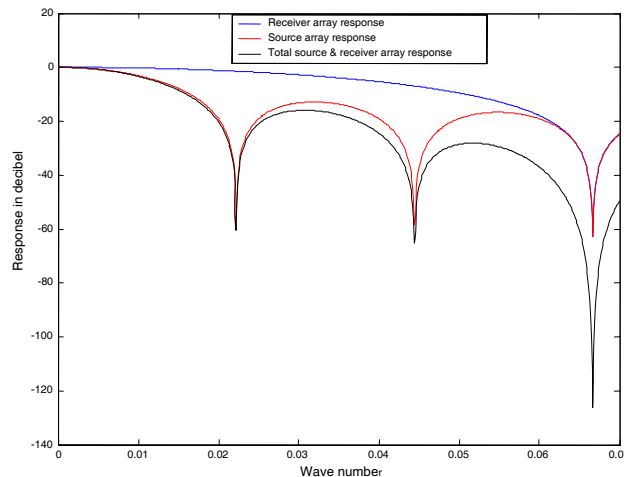
جدول ۱. پارامترهای عملیات دوبعدی هویزه.

پارامترهای عملیات دوبعدی هویزه	
بیشترین دورافت	۲۰۸۰ متر
کمترین دورافت	۸۰ متر
فاصله بین کانال‌های گیرنده (receiver interval)	۴۰ متر
فاصله بین چشمه‌ها	۸۰ متر

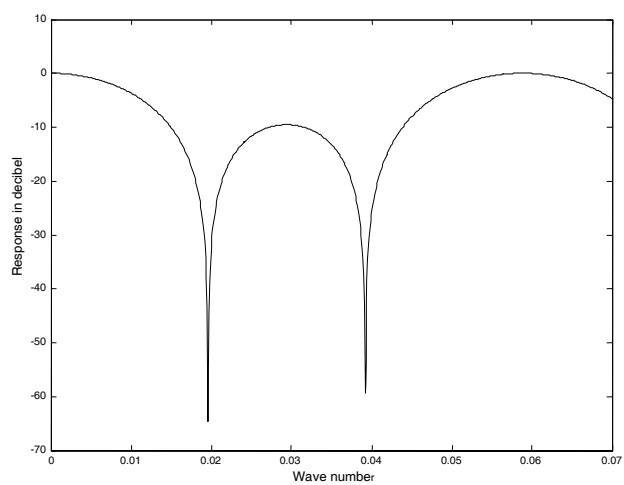
آرایه‌های چشمه و گیرنده به کار برده شده در این عملیات عبارت‌اند از ۳ چشمه به فاصله ۵ متر و ۱۸ گیرنده که در دو ردیف ۹ گیرنده‌ای قرار داده شده‌اند. فاصله گیرنده‌های هر ردیف ۵ متر و فاصله دو ردیف از هم

مانند شکل ۵ می‌شود. با توجه به شکل ۵ مشخص است که طول موج‌های بیشتر از ۸۰ متر در ۷۰٪ اول پهنای اصلی و طول موج‌های کم‌تر از آن که مستعد الیاس شدن هستند، در پهنا فرعی قرار می‌گیرند. به عبارت دیگر طول موج‌های کمتر از ۸۰ متر تا ۱۵ متر (عدد موج ۰/۰۶) تضعیف می‌شوند. شکل ۶، آرایه گیرنده را نشان می‌دهد، با توجه به شکل مشخص است که تعداد اجزای این آرایه ۸ عدد و طول آن ۳۷ متر است. برای بهتر شدن کیفیت کار می‌توان آرایه گیرنده را ۱۶ گیرنده‌ای کرد، به گونه‌ای که این آرایه دارای دو ردیف گیرنده که هر ردیف مانند شکل ۶ باشد، فاصله دو ردیف گیرنده را نیز می‌توان حدود ۱۰ متر گذاشت. (فاصله بین دو ردیف تأثیری روی پاسخ نهایی چشمه و گیرنده ندارد ولی هر چقدر تعداد گیرنده‌های آرایه بیشتر باشد، کیفیت اطلاعات بهتر است و همچنین می‌توان از دو ردیف گیرنده برای تضعیف اثرات کناری (side effect) استفاده کرد).

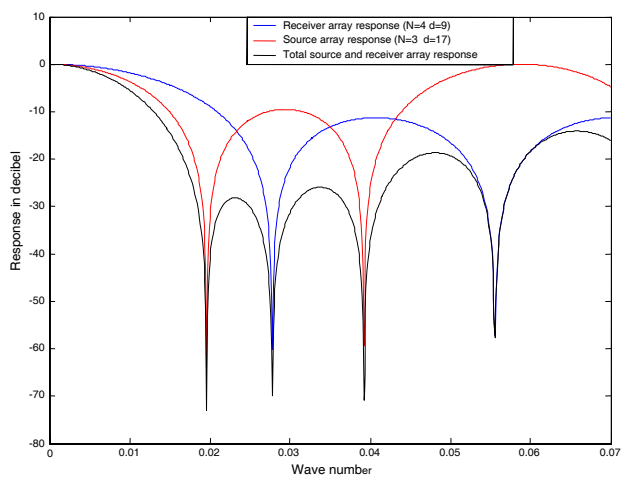
حال برای تضعیف اولین پهنای فرعی در پاسخ آرایه شکل ۲ باید از آرایه گیرنده‌ای استفاده کنیم که علاوه بر اینکه طول آن از ۴۰ متر بیشتر نشود، پهنای فرعی پاسخ نهایی آرایه چشمه و گیرنده را نیز تضعیف کند و همچنین تعداد اجزای آن نیز تا حد ممکن کم باشد. بنابراین با در نظر گرفتن این محدودیت‌ها می‌توان از یک آرایه گیرنده که فاصله بین گیرنده‌های آن ۹ متر است استفاده کرد، به این ترتیب اولین صفر پاسخ آرایه در عدد موج ۰/۰۲۸ و دومین صفر آن در عدد موج ۰/۰۵۶ قرار می‌گیرند و پاسخ نهایی این دو آرایه مانند شکل ۳ می‌شود. با توجه به شکل، مشخص است که پهنای فرعی قرار گرفته در عدد موج ۰/۰۵ (طول موج ۲۰ متر) مقدار بزرگی دارد، برای تضعیف این پهنا از یک آرایه دو گیرنده‌ای که طول آن ۱۰ متر است استفاده می‌کنیم و آنرا با آرایه گیرنده ۴ گیرنده‌ای هم‌آمیخت می‌کنیم. با این کار، پاسخ آرایه گیرنده مانند شکل ۴ و پاسخ نهایی آرایه چشمه و گیرنده



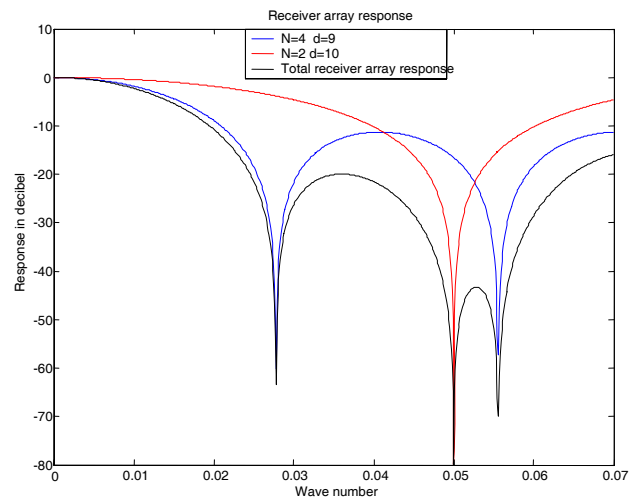
شکل ۱. پاسخ آرایه‌های چشمه و گیرنده و پاسخ نهایی آرایه چشمه و گیرنده به‌کار رفته در عملیات دوبعدی هویزه. نمودار قرمز رنگ پاسخ آرایه چشمه شامل ۳ چشمه به فاصله ۵ متر، نمودار آبی رنگ پاسخ آرایه گیرنده شامل ۱۸ گیرنده که در دو ردیف ۹ گیرنده‌ای قرار داده شده‌اند. فاصله گیرنده‌های هر ردیف ۵ متر و فاصله دو ردیف از هم برابر با ۱۰ متر است و نمودار مشکی رنگ، پاسخ نهایی آرایه چشمه و گیرنده است.



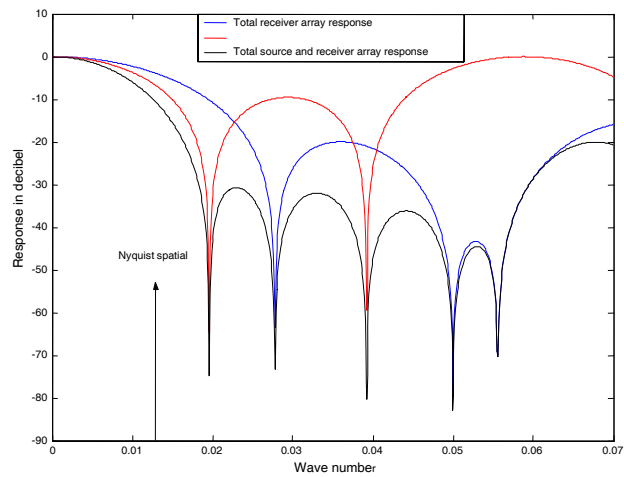
شکل ۲. پاسخ نهایی آرایه چشمه و گیرنده در صورت استفاده از یک گیرنده و آرایه چشمه شامل ۳ چشمه نقطه‌ای به طول ۳۴ متر.



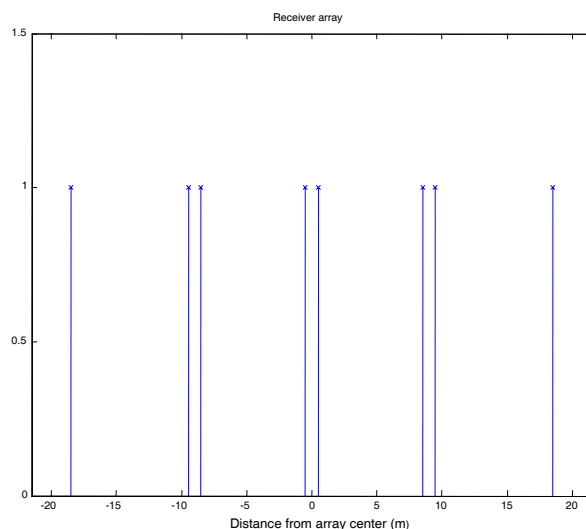
شکل ۳. پاسخ نهایی آرایه چشمه و گیرنده در صورت استفاده از آرایه گیرنده شامل ۴ گیرنده به فاصله ۹ متر و آرایه چشمه شامل ۳ چشمه نقطه‌ای به طول ۳۴ متر، با مقاسیه شکل فوق و شکل ۴ مشخص است که در عدد موج ۰/۰۲۸ و ۰/۰۵۶ پهناهای فرعی پاسخ آرایه چشمه تضعیف شده‌اند.



شکل ۴. پاسخ نهایی آرایه گیرنده که حاصل هم‌آمیختن یک آرایه ۴ گیرنده‌ای به طول ۲۷ متر و یک آرایه دو گیرنده‌ای به طول ۱۰ متر. با توجه به شکل در پاسخ نهایی آرایه گیرنده عدد موج‌های ۰/۰۲۸، ۰/۰۵۶، و ۰/۰۵ تضعیف شده‌اند.



شکل ۵. پاسخ نهایی آرایه چشمه و گیرنده که آرایه گیرنده حاصل هم‌آمیختن یک آرایه ۴ گیرنده‌ای به طول ۲۷ متر و یک آرایه دو گیرنده‌ای به طول ۱۰ متر و آرایه چشمه شامل ۳ چشمه نقطه‌ای به طول ۳۴ متر، با مقاسیه شکل فوق و شکل ۱ مشخص است که پهنای اصلی پاسخ نهایی آرایه چشمه و گیرنده تا عدد موج ۰/۱۲۵ ادامه دارد و اختلاف بین پهنای اصلی و پهنای فرعی تا عدد موج ۰/۰۶ بطور متوسط ۳۵ دسی بل است.



شکل ۶. آرایه گیرنده حاصل هم آمیخت یک آرایه ۴ گیرنده‌ای به طول ۲۷ متر و یک آرایه دو گیرنده‌ای به طول ۱۰ متر با توجه به شکل تعداد گیرنده‌های به کار رفته در این آرایه ۸ و طول آن نیز ۳۷ متر است.

نتیجه گیری

۱. با استفاده از روش هم آمیخت مکانی، می توان آرایه‌ها را برای دریافت پاسخ مطلوب بهینه کرد. با استفاده از این روش می توان با تعداد کمتر گیرنده، پاسخ‌هایی بهتر از پاسخ‌های آرایه‌هایی که به روش معمول قرار داده می‌شوند، به دست آورد. و با این کار می‌توان علاوه بر کاهش دادن هزینه عملیات، به پاسخ بهتری دست یافت.

۲. با استفاده از آرایه چشمه دامنه بعضی از طول موج‌های ایجاد شده تضعیف و برخی دیگر تقویت می‌شوند. نظر به اینکه پاسخ آرایه چشمه روی پاسخ نهایی آرایه چشمه و گیرنده تأثیر زیادی دارد، این پاسخ نهایی را می‌توان با هم آمیخت مکانی آرایه چشمه و گیرنده به دست آورد.

۳. تا زمانی که در عملیات لرزه ای فواصل نمونه برداری مکانی زیاد باشد، الیاسینگ مکانی پیش می‌آید و برای تضعیف یا رفع آن باید از آرایه چشمه و گیرنده استفاده کرد.

منابع

- Kerekes, A. K., 1997a, 3-D seismic array design by spatial convolution: Liberty Seismic Consultants Inc.
- Kerekes, A. K., 1997b, The stack array and the spatial alias: *The Leading Edge*, **4**, 345-349.
- Kerekes, A. K., 2001, Seismic array design by spatial convolution: *Geophysics*, **66**, 1195-1207.
- Proakis, J. G., and Manolakis, D. G., 1989, *Introduction to digital signal processing*: Mcmilan Publication Co.
- Sheriff, R. E., and Geldart, L. P., 1982, *Exploration seismology*: Cambridge University Press.
- Yilmaz, O., 1987, *Seismic data processing*: SEG, Tulsa, Oklahoma.