

بررسی اثر تغییر پارامترهای الگوریتم‌های متفاوت پردازشی در تفسیر داده‌های GPR

ساناز اسمعیلی^{۱*}، محمدکاظم حفیظی^۲ و سیدسجاد جزائری جونقانی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

^۲ دانشیار، گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

^۳ دانش‌آموخته ژئوفیزیک، گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

(دریافت: ۸۹/۷/۳، پذیرش نهایی: ۹۰/۴/۱۳)

چکیده

GPR یکی از روش‌های با قدرت تفکیک زیاد ژئوفیزیک است که توانایی بسیار زیادی در مشخص کردن مکان اشیای گم‌شده و تجهیزات مدفون و یا به نقشه درآوردن سریع مناطقی که از نظر باستانی جالب‌توجه هستند، دارد. در این روش از امواج الکترومغناطیس بسامد بالا (۱۲/۵ تا ۲۳۰۰ مگاهرتز) برای آشکارسازی ساختارهای زیرسطحی بهره برده می‌شود. یکی از بهترین کاربردهای این روش در بررسی‌های باستان‌شناسی است که روشی غیر مخرب به‌شمار می‌رود و بدون حفاری و آسیب رساندن به آثار باستانی مدفون، به باستان‌شناسان در پیدا کردن این آثار کمک می‌کند. در این مقاله بررسی‌های صورت گرفته در جایگاهی در شهر کرمان با روش GPR به‌صورت سه‌بعدی با آنتن ۵۰۰ مگاهرتز صورت گرفته است. داده‌ها به‌صورت سه‌بعدی برداشت شده و سپس پردازش و تعیین عمق شده است. با توجه به هدف مورد بررسی، پردازش‌های مورد استفاده روی داده‌ها می‌تواند متفاوت باشد. با انتخاب متفاوت روال پردازش و پارامترهای موردنیاز هر مرحله پردازش، ممکن است از مجموعه‌ای از داده‌های اولیه به پاسخ‌های متفاوت دست یافت. توانایی پردازش‌گر در انتخاب پارامتری مناسب، معمولاً به اندازه تأثیر یک الگوریتم پردازش مناسب، برای رسیدن به یک تصویر با کیفیت خوب، حائز اهمیت است. چه‌بسا در شرایطی اعمال برخی از پردازش‌ها منجر به ایجاد مشکلات ناخواسته بر داده‌ها شود.

واژه‌های کلیدی: GPR، پوش فیلتر، بهره، تصحیح ایستا، پردازش

Inspection of changing processing parameters in GPR data interpretation

Smaeili, S.¹, Hafizi, M. K.² and Jazayeri- Jonaghani, S.³

¹M.Sc. Student of Geophysics, Earth Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

²Associate Professor, Earth Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

³M.Sc. in Geophysics, Earth Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

(Received: 25 Sep 2010, Accepted: 04 Jul 2011)

Abstract

Ground Penetrating Radar (GPR) is one of high resolution geophysical methods for locating missed objects, buried equipments. GPR is a nondestructive testing method that is useful in various kinds of explorations such as mapping the archaeological sites. The safety of the archaeological sites is one of the most concerns of the archaeologists. One of the best GPR applications is in archaeology as a non-destructive exploration method.

This method uses high frequency electromagnetic waves or Radio Frequency range (12.5–2300 MHz) to investigate the subsurface and detecting underground objects. It is used to measure features such as depth of the buried anomalies, layers thickness, moisture content, horizontal cracks, voids and hidden objects. The electromagnetic waves reflected from the interfaces in the subsurface are used to analyze the structure of the area under

scan. The electromagnetic waves are emitted from an antenna that is not necessarily in direct contact with the earth surface. The same antenna can be used to record the reflected energy stemming from the dielectrical interfaces. The penetration depth of the GPR technique varies with acquisition and subsurface conditions.

The data gathering procedure can be designed in two or three dimensions. If the target is such as pipe or the pre-known target, the data gathering can be done in 2D. But if the target is completely unknown, especially as the matter of its place, the three dimensional data grid will be more useful and accurate. The GPR signals diffract when they contact the anomalies. The anomalies seem as hyperboles in sections. With these hyperboles in the sections, accurate detection of anomaly's depth and other properties are impossible. For solving this problem, a processing method should be applied.

The processing methods vary depends on the different goals. Using various processing methods with parameters can be applied for different purposes. The operator's ability in choosing the proportionate parameters is as important as choosing an appropriate processing algorithm to aim for an acceptable image. Although in some special conditions, some processing may cause unwanted problems in data.

This paper contains investigations in an archaeological site in Kerman Province, Iran. The exact location of the site is in the middle of the Kerman city, the capital of the Province. The antenna which has been used was a 500 MHz GPR antenna, made by MALA.

The target was the remains of one the most important and also old schools of Iran which had been buried under the soil for hundreds of years. On the top of the data collection areas, where had been specified by the archeologists, some houses and buildings had been made. The data gathering procedure in the mentioned area was a three dimensional one. The data were collected in 2009. The Reflex 3D software was used for the processing and the depth estimation of the acquisitioned data.

Regarding the properties of the target in the study area, the processing algorithms can be different from case to case. For example, the data filtering that is usually being used for windowing the environmental noises in some cases, is sufficient for bolding the subsurface reflections. Although in some other cases, more and complicated levels of processing are needed.

The whole processing algorithm depends on the land's properties, the GPR instruments, the softwares and mainly the data gathering methods. So, in all of the cases not all of the processing levels are necessarily needed. Perhaps in some situations, some of the processing levels are not useful and may cause the operator unwanted difficulties in the data sections. In this paper, the needed processing levels in archaeological cases were studied, and also the results on the Kerman area have been presented.

The gain filter was the most sufficient processing step in the processing algorithms. The changing of different parameters in this filter caused the most clear improvement in the results and for making the anomaly's source known. So, in the cases that the depth range of anomaly's source had been guessed by the experts or the other methods and the archaeological areas, a proper gain filter was recommended.

One of the other methods that will be so useful in making the anomalies more clear in the GPR sections is the amplitude limitation. The results of applying this method are shown in this paper. The unwanted amplitudes are trouble-making in the GPR anomaly interpretations. The amplitude limitation helps the operator and the interpreter to distinguish the main anomalies from the environmental noises.

The Dewow processing step is also one of the steps which will decrease the near surface or air signals between the transmitter and the receiver. As conclusion, two mentioned processing methods above, namely the gain filter and amplitude limitation,

were used as two major parts of processing algorithms and helped the exploration team to clarify the source's exact coordination.

Key words: GPR, Envelope, Gain, Static correction, Dewow processing

۱ مقدمه

داده‌های GPR به کار می‌رود، با توجه به هدف مورد بررسی تعیین می‌شود. بسته به نوع فعالیت‌ها دامنه پردازش‌ها متفاوت است و در پاره‌ای از موارد حتی ممکن است از اعمال پردازش‌های ابتدایی روی داده‌ها صرف نظر شود.

با توجه به هدف مورد بررسی، دامنه پردازش‌های مورد استفاده روی داده‌ها می‌تواند متفاوت باشد. برای مثال فیلتر کردن داده‌ها برای حذف نوفه‌های محیطی که از پردازش‌های ابتدایی مورد استفاده در روش GPR است، برای برجسته کردن بازتاب‌های زیرسطحی در برخی از کاربردها می‌تواند کافی باشد. در صورتی که در برخی دیگر از تحقیقات، دامنه گسترده‌تری از پردازش‌ها مورد نیاز است.

نوع و دامنه پردازش‌هایی که بر داده‌های GPR به کار می‌رود به مشخصات منطقه مورد بررسی، دستگاه GPR، نرم‌افزارهای به کار رفته و همچنین اهداف کلی برداشت وابسته است (نیل، ۲۰۰۴). از این رو نیازی به استفاده از همه روش‌های پردازش ذکر شده روی همه داده‌ها نیست. چه بسا در شرایطی اعمال برخی از پردازش‌ها منجر به ایجاد مشکلات ناخواسته بر داده‌ها شود.

در این مقاله سعی شده است روال پردازشی لازم در جایگاه‌های باستانی بررسی شود و سپس تأثیر تغییر پارامترهای پردازشی در دیده شدن یا دیده نشدن بی‌هنجاری، به اثبات رسد.

در طی دهه ۱۹۹۰ تشکیل انجمن‌هایی با حضور ژئوفیزیک‌دانان و باستان‌شناسان باعث پیشرفت چشمگیری در فنون برداشت و پردازش و تفسیر شد. اولین استفاده از GPR در باستان‌شناسی به کاری در تنگه Chaco در نیومکزیک برمی‌گردد (ویکرز و همکاران، ۱۹۷۶). در این تحقیق به یافتن دیوارهای مدفون در اعماق بالای ۱ متر پرداخته شد. چهار آنتن فرستنده در چهار نقطه متفاوت جایگاه قرار داده شد و پروفیل‌های بازتابی در منطقه بررسی شد. از نتایج آنها بی‌هنجاری‌هایی از جمله دیوارهای مدفون در منطقه مشخص شد. از آن پس پیمایش‌های رادار با موفقیت‌های بسیاری در زمینه پیدا کردن اجسام مدفون از جمله دیوارهای کاه‌گلی و سنگی و سرداب‌ها و انبارهای زیرزمینی و مخفی، روبه‌رو شد (بوان و کنیون، ۱۹۷۵). در اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل ۱۹۹۰ با پیشرفته شدن رایانه‌ها و رقومی (دیجیتالی) شدن داده‌ها امکان پردازش داده‌های دو بُعدی و سه بُعدی فراهم آمد و پروفیل‌های برداشت شده در مناطق باستانی به صورت پردازش شده و پردازش نشده روی صفحه رایانه به خوبی بازتابنده‌ها را نشان می‌داد. استفاده از الگوریتم‌های متفاوت پردازشی و فیلترهای گوناگون، تحولی عظیم در تفسیر داده‌های دو بُعدی و سه بُعدی GPR رخ داد (نیوبایر و همکاران، ۲۰۰۲).

۲ روش مورد استفاده

در شکل ۱ طرحواره‌ای از نحوه پردازش داده‌های GPR نشان داده شده است. گستره پردازش‌هایی که روی

۳ بحث

داده‌های پردازش شده در این مقاله داده‌های برداشت شده

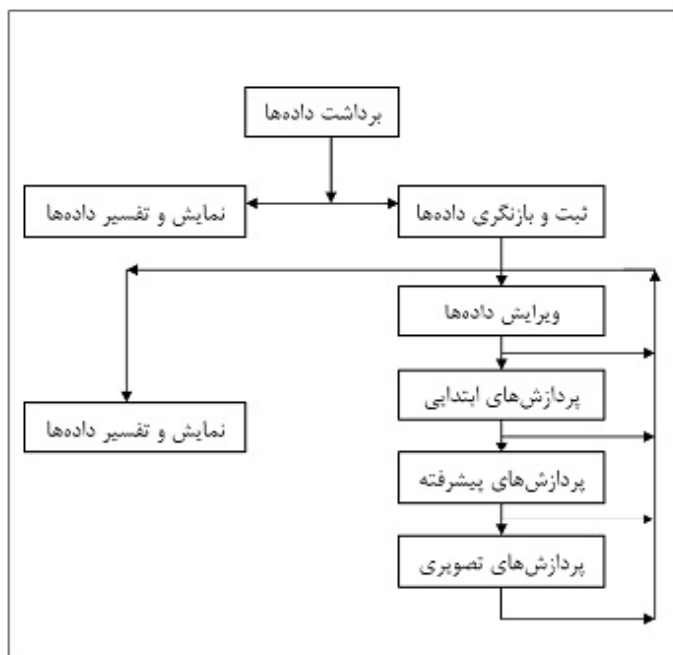
گیرنده می‌رسد (رینولدز، ۱۹۹۷).

جابه‌جایی زمانی اولین رویداد و به‌واسطه آن جابه‌جایی در رویدادهایی ثانویه که در بین آنها پاسخ از اهداف زیرسطحی نیز موجودند، باعث ایجاد خطا در اندازه‌گیری‌ها می‌شود. این خطا پیوستگی بازتاب‌های ناشی از اهداف زیرسطحی را از بین می‌برد و در صورت لحاظ نشدن، تفسیر داده‌ها را با مشکلاتی همراه می‌سازد. شکل ۳، شبکه برداشتی شماره ۱ را نشان می‌دهد که شبکه‌ای $5 \times 2/5$ متر است که در آن فاصله پروفیل‌ها $0/5$ متر است. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود اگر از شبکه ۱ برش قائمی در $y = 1.6m$ زده شود این شبه‌مقطع، از بی‌هنجاری دیده شده که در شکل ۳ با رنگ زرد مشخص شده است، می‌گذرد و باید این بی‌هنجاری را در خود نشان دهد. اما برای اهمیت اعمال الگوریتم پردازشی تصحیح ایستا قبل از اعمال هر الگوریتم دیگری، در شکل‌های ۴ و ۵ به مقایسه این شبه‌مقطع با اعمال تصحیح ایستا (شکل ۴) و بدون اعمال آن (شکل ۵) پرداخته شده است.

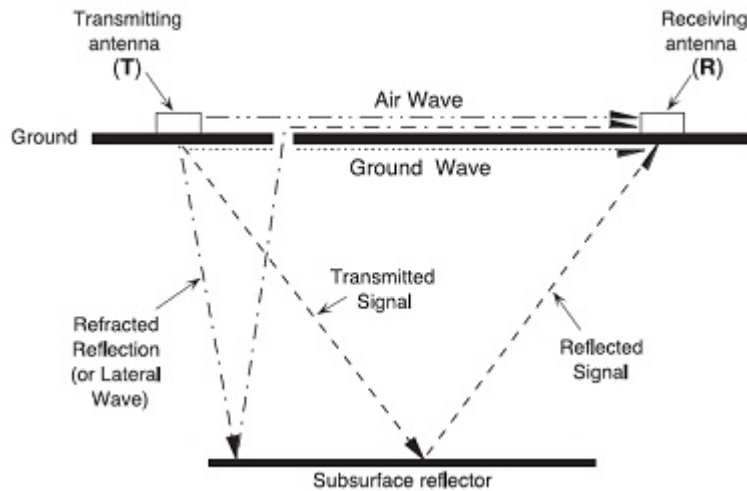
در شهر کرمان است. این داده‌ها، داده‌های GPR سه‌بعدی با آنتن 500MHZ ساخت شرکت MALA است. پردازش‌ها با نرم‌افزار Reflex 3D Scan صورت گرفته است.

در پردازش داده‌های GPR با توجه به هدف مورد بررسی، پردازش‌های مورد استفاده می‌تواند متفاوت باشد.

اولین فیلتری که به‌طور معمول از ابتدایی‌ترین و اساسی‌ترین فیلترها به‌شمار می‌رود، فیلتر تصحیح ایستا (static correction) است که اصولاً در ابتدای هر عملیات پردازشی، چه داده دو‌بعدی باشد و چه سه‌بعدی اعمال می‌شود. این الگوریتم که گاهی با نام تصحیح جابه‌جایی صفر نیز خوانده می‌شود، اثر اولین رویدادی را که در گیرنده دریافت می‌شود، حذف می‌کند. امواج در بازتاب و عبور از ساختارهای زیرسطحی، به‌صورت رویدادهای مجزا به‌صورت تابعی از زمان در گیرنده دریافت می‌شوند. اولین رویدادی که در گیرنده دریافت می‌شود، موج مستقیمی است که از راه هوا از آنتن فرستنده به



شکل ۱. فلوچارت پردازش داده‌های GPR (نیل ۲۰۰۴).

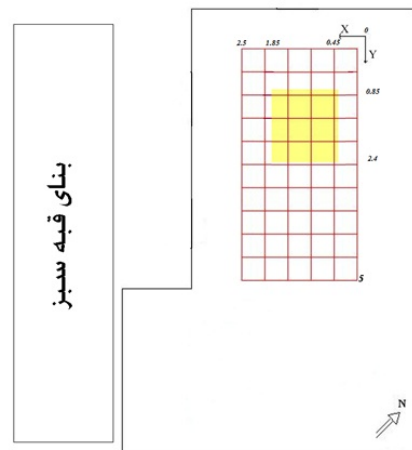


شکل ۲. راه‌های متفاوت عبور موج در انتقال از فرستنده به گیرنده (دنیلز ۲۰۰۴).

اشباع نشدن سیگنال، اعمال آن ضروری است. به‌خاطر فواصل زمانی کوتاه بین تپ‌های ارسالی فرستنده، و تپ‌هایی که به‌صورت مستقیم از راه هوا و زمین به گیرنده می‌رسند و همچنین وجود بازتاب‌هایی که از توده‌های کم‌عمق ناشی می‌شوند، گیرنده از سیگنال اشباع می‌شود. این مسئله سبب به وجود آمدن یک زوال آهسته بسامد کم که به WOW معروف است، روی ردها می‌شود. این زوال بسامد کم روی بسامدهای زیادتر قرار می‌گیرد و آنها را مغشوش می‌سازد (نیل، ۲۰۰۴).

برای مشخص شدن اهمیت اعمال این الگوریتم، به بررسی شبکه دیگری پرداخته شده که همان‌طور که در شکل ۶ واضح است شبکه‌ای $3/5 \times 6$ متر است. روی پروفیل $x = 2m$ از این شبکه اعمال و اعمال نشدن Dewow بررسی می‌شود (شکل ۸ و ۷).

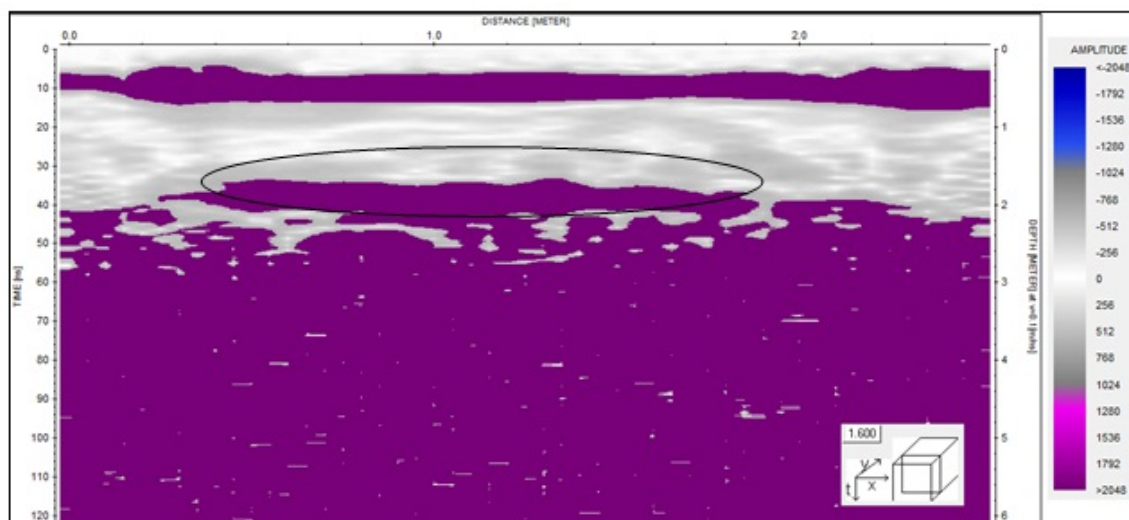
بعد از این پردازش‌های ابتدایی مهم‌ترین الگوریتم پردازشی که در پردازش داده‌های GPR اهمیت ویژه‌ای دارد، اعمال بهره (gain) است. چراکه اعمال یا اعمال نشدن آن و یا حتی اعمال پارامترهای نادرست آن روی داده‌ها می‌تواند مفسر را از به‌دست آوردن نتیجه‌ای مطلوب کاملاً دور کند و یا گمراه سازد.



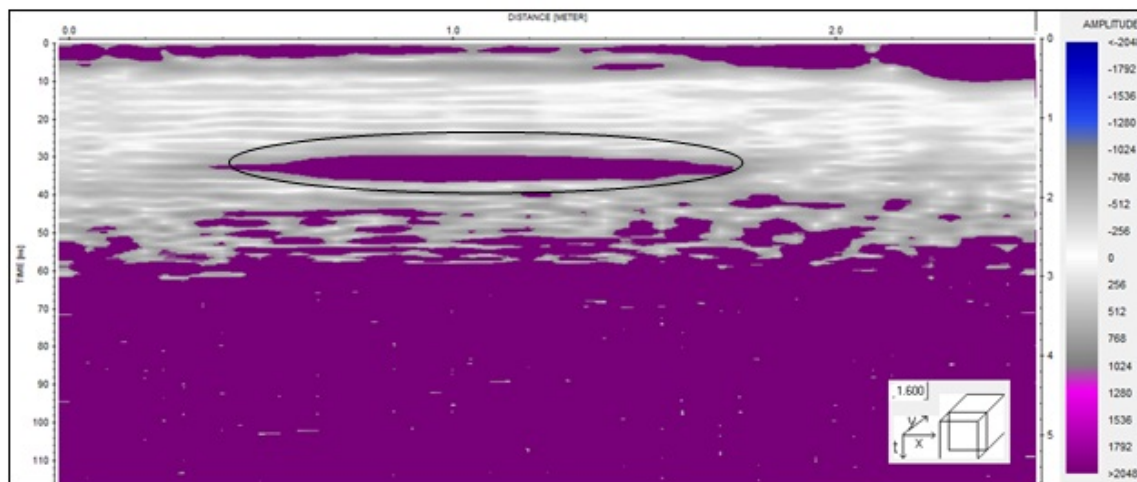
شکل ۳. شبکه ۱ اجرای GPR، ناحیه زردرنگ در این شبکه موقعیت حدود محل بی‌هنجاری دیده شده است.

همان‌طور که از مقایسه شکل‌ها پیدا است بی‌هنجاری دیده شده قبل از اعمال تصحیح ایستا کمی متفاوت از بعد از اعمال آن است و نکته بسیار با اهمیت آن است که در مشخص کردن عمق، حتماً اعمال تصحیح ایستا حیاتی است چرا که عمق بی‌هنجاری در شکل ۴ تقریباً $20cm$ با شکل ۵ متفاوت است.

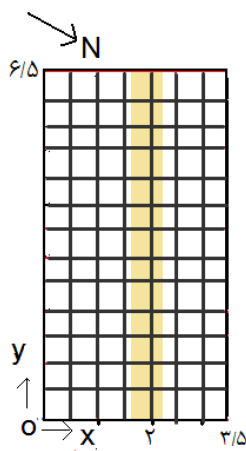
دومین فیلتری که اعمالش بعد از تصحیح ایستا اهمیت دارد، Dewow است زیرا در تحقیقات باستان‌شناسی به‌سبب مطلوب بودن بی‌هنجاری در عمق کم، به‌دلیل



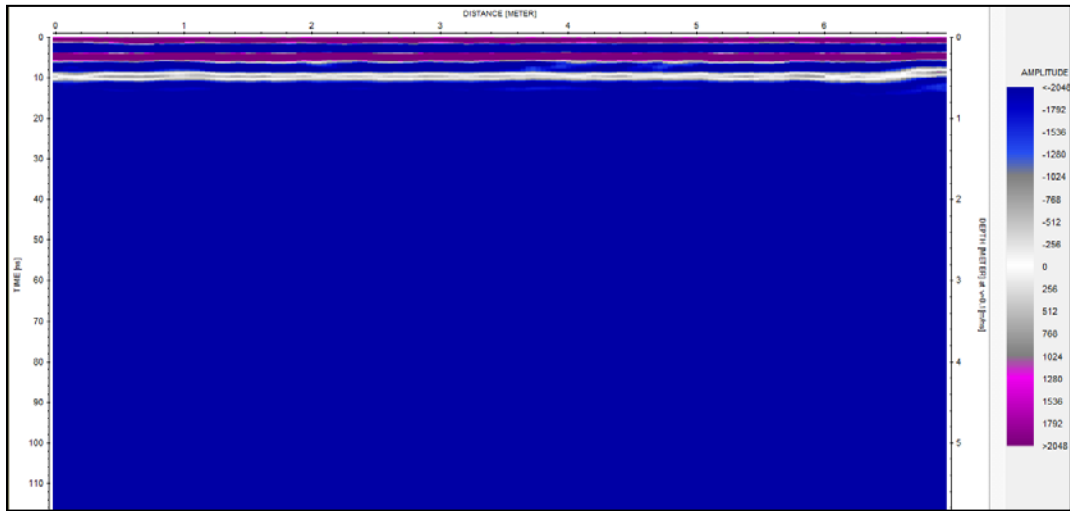
شکل ۴. یک برش قائم در $y = 1.6\text{m}$ از شبکه سه‌بُعدی بدون اعمال تصحیح ایستا.



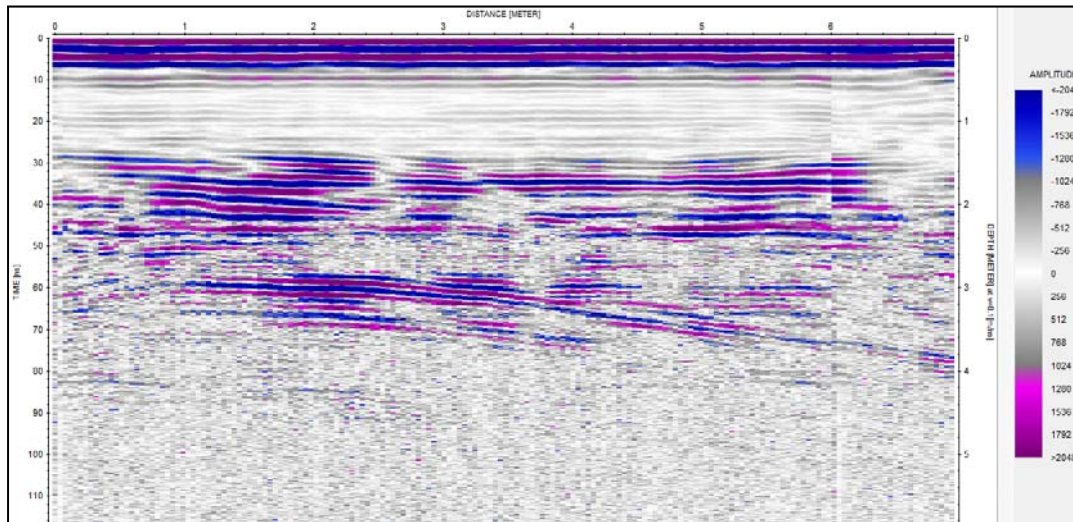
شکل ۵. همان برش قائم در $y = 1.6\text{m}$ در شکل ۳ بعد از اعمال تصحیح ایستا.



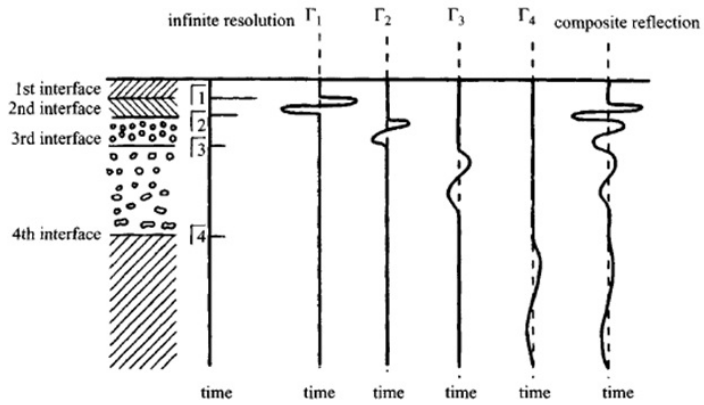
شکل ۶. شبکه ۲ (ناحیه زردرنگ محل دیده شدن بی‌هنجاری است).



شکل ۷. پروفیل $x = 2m$ با اعمال تصحیح ایستا و بهره 10db/m ، 200 بدون اعمال Dewow.



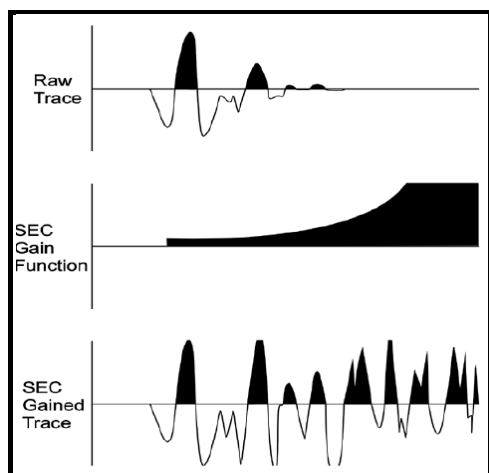
شکل ۸. پروفیل $x = 2m$ با اعمال تصحیح ایستا و بهره 10db/m ، 200 و Dewow.



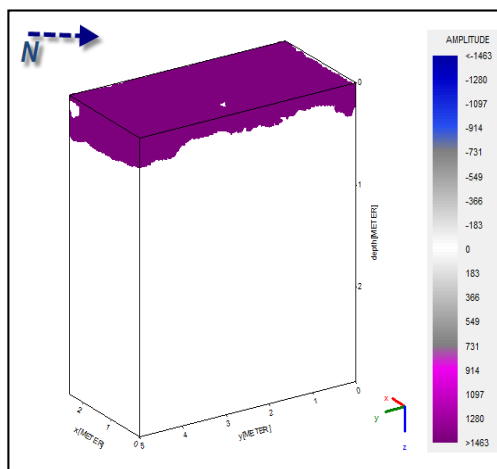
شکل ۹. بازتاب امواج GPR از سطوح متفاوت (دنیلز ۲۰۰۴).

برای مثال، شکل ۱۱ شبکه ۱ را بدون اعمال بهره نشان می‌دهد. در شکل ۱۲ همان داده با همان موقعیت و فیلترهای عملی ولی با اعمال بهره، max. gain 8000 و 5 exp. Damping دیده می‌شود.

در ادامه در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ نیز اعمال بهره با (max. gain = 5000 & exp. Damping = 15) و (max. gain = 8000 & Damping = 10) دیده می‌شود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، آخرین مورد پس از مقایسه شکل‌های ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ برای برجسته کردن بی‌هنجاری مورد نظر بهترین پارامتر است.



شکل ۱۰. یک رد منفرد از یک پروفیل GPR قبل و بعد از به‌کارگیری کنترل بهره خودکار (SEC) روی آن (Sensors & Software 1999).



شکل ۱۱. مکعبی شبیه‌سازی شده از زمین بدون اعمال بهره.

توان سیگنال انتشاری در توده‌های زیرسطحی با افزایش زمان پیمایش سیگنال مربوطه به صورت تصاعدی کاهش می‌یابد. از این رو پاسخ دریافتی از توده‌های عمیق، ضعیف‌تر است (شکل ۱۰).

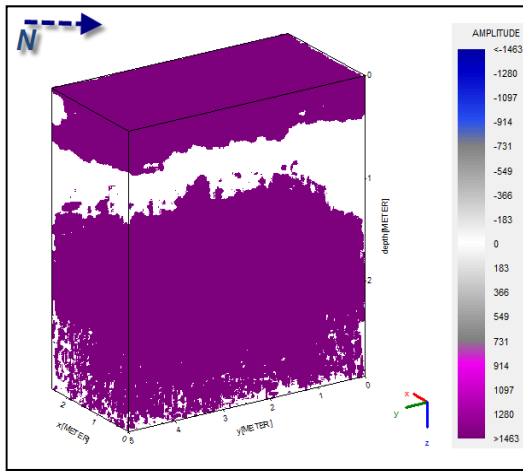
برای حل این مشکل با اعمال بهره روی داده‌ها، توان سیگنال در اعماق بیشتر را افزایش می‌دهیم. بهره یک تابع متغیر با زمان است و از بهره‌های متفاوتی برای اعمال بر داده‌های GPR استفاده می‌شود.

فصل مشترک‌های گوناگون دارای توان‌های بازتاب متفاوت‌اند و هریک مقداری از سیگنال ورودی را بازتاب می‌دهند. به این ترتیب اطلاعات به دست آمده از دامنه نسبی سیگنال‌ها از بین خواهد رفت. این اطلاعات در برخی از کاربردها بسیار ارزشمندند و برای حفظ آنها از انواع گوناگون بهره‌ها نظیر بهره گسترش و جبران نمایی (SEC: Spreading & Exponential Compensating) استفاده می‌شود. این بهره، از اطلاعات مربوط به اتلاف سیگنال در محیط بهره می‌برد.

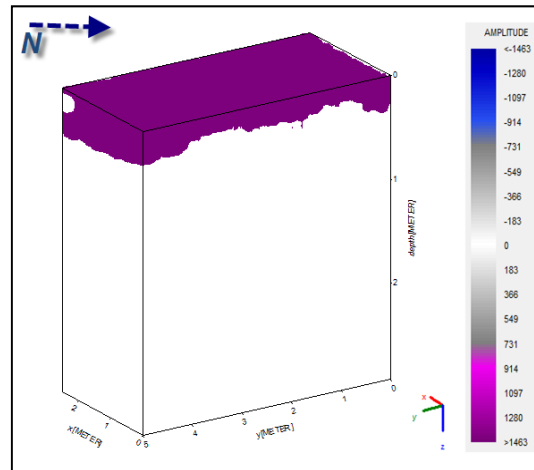
بهره SEC ترکیبی از بهره خطی و نمایی است. این بهره با توجه به محدودیت‌هایی که کاربر تعریف می‌کند و با استفاده از اطلاعات مربوط به اتلاف سیگنال ناشی از پخش هندسی و اتلاف نمایی امواج GPR در محیط برداشت، سعی در بازسازی شکل سیگنال و پاسخ‌های بازتابی دارد.

در استفاده از این بهره، پارامترهایی که کاربر برای استفاده از آن در نظر می‌گیرد، بسیار حائز اهمیت است. این پارامترها از جمله بهره بیشینه (Max. gain) که روی داده‌ها اعمال می‌شود و همچنین اتلاف امواج GPR (exp. Damping [db/m]) در محیط، برای بازسازی شکل بازتاب‌ها بسیار با اهمیت هستند.

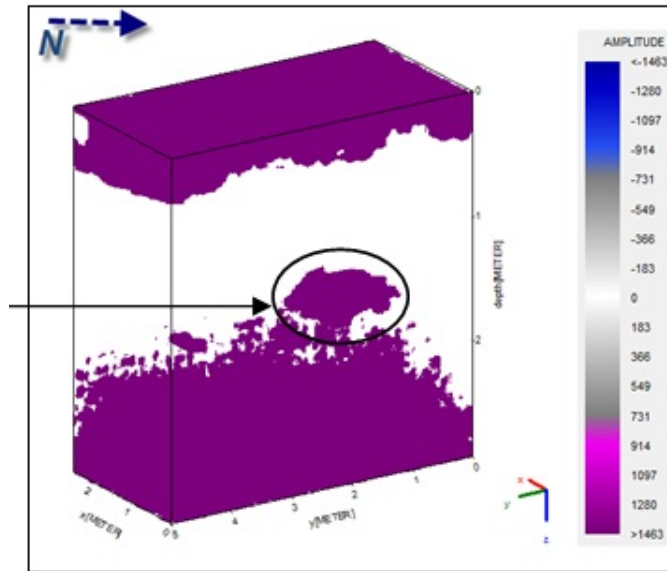
برای ذکر اهمیت انتخاب این پارامترها به شبکه ۱ باز می‌گردیم و بی‌هنجاری مربوط در شکل ۲ را که با رنگ زرد حدود آن مشخص شده است را بررسی می‌کنیم.



شکل ۱۳. اعمال بهره با 15 exp. Damping & max. gain = 5000.



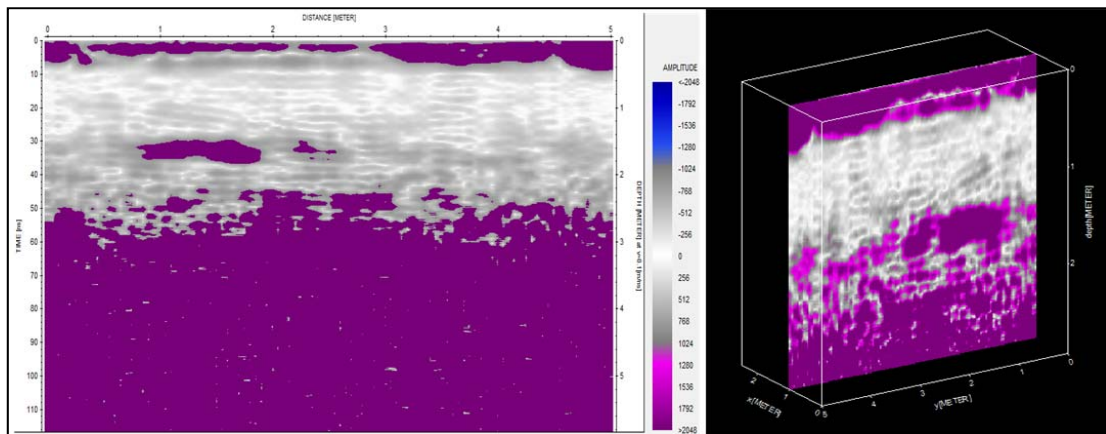
شکل ۱۲. اعمال بهره با 5 exp. Damping & max. gain = 8000.



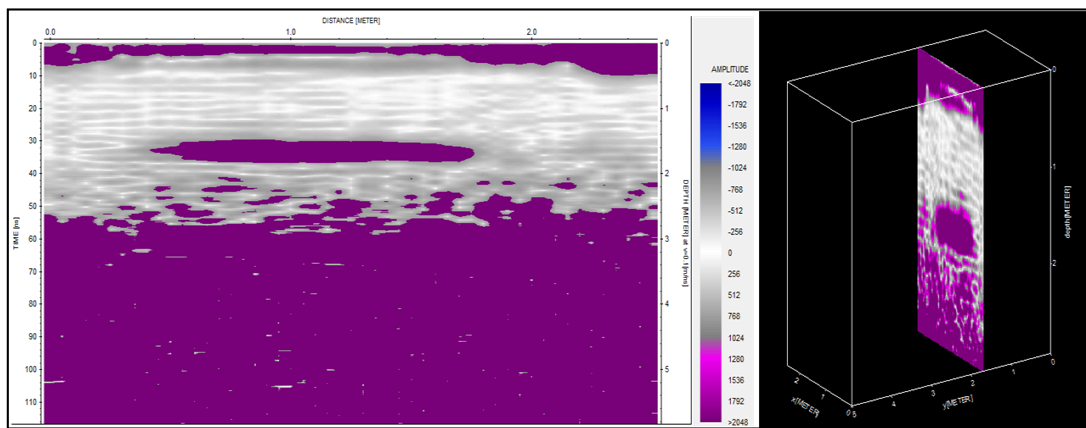
شکل ۱۴. اعمال بهره با 10 exp. Damping & max. gain = 8000.

برای روشن شدن مطلب، در ادامه به مقایسه شبکه ۱ با نمایش کل دامنه‌های دریافتی در شکل ۱۸ و نمایش دامنه‌های بین ۲۰۰۰ تا ۸۰۰۰ در شکل ۱۹ پرداخته می‌شود (تنها تفاوت این دو شکل در این است که در شکل ۱۹ فقط تا عمق ۳ متر مکعب نشان داده شده است ولی در شکل ۱۸ تا عمق ۶ متر). همان‌طور که دیده می‌شود بی‌هنجاری مدنظر در شکل ۱۸ مشخص نیست.

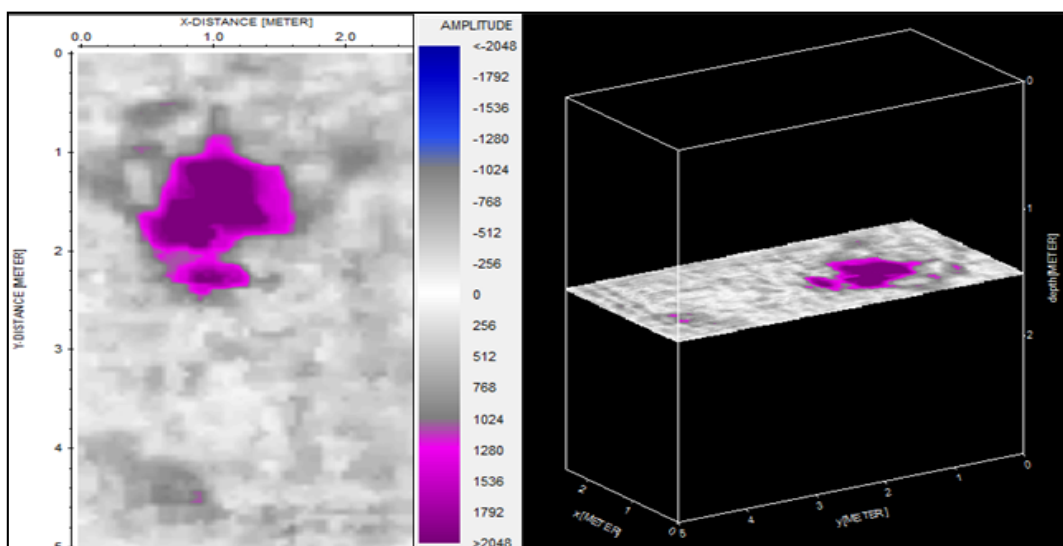
بدین ترتیب بی‌هنجاری موردنظر با اعمال بهره مناسب دیده شد که برای بهتر دیده شدن آن برش‌هایی از $x = 1.7m$ ، $y = 1.5m$ از مکعب سه‌بعدی فرضی زمین مربوط به شبکه ۲، در شکل‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷ دیده می‌شود. مسئله مهم بعدی در مشخص شدن یا نشدن بی‌هنجاری‌های GPR، محدود کردن و درست محدود کردن دامنه‌های دریافتی نشان داده شده در مقاطع است.



شکل ۱۵. برش $x = 1m$ در مکعب شبیه‌سازی شده از زمین، با کل دامنه دریافتی.



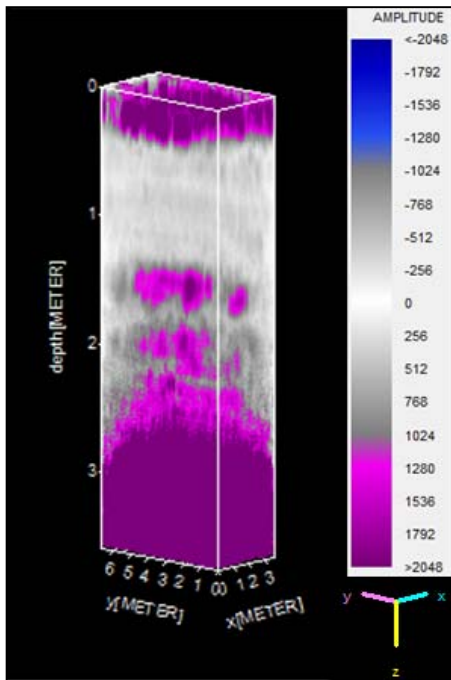
شکل ۱۶. برش $y = 1.7m$ در مکعب شبیه‌سازی شده از زمین، با کل دامنه‌های دریافتی.



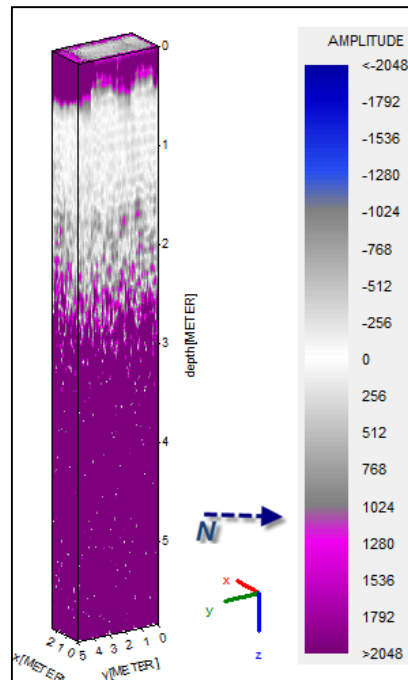
شکل ۱۷. برش $z = 1.5m$ در مکعب شبیه‌سازی شده از زمین، با کل دامنه‌های دریافتی.

دادن این بی‌هنجاری مؤثر باشد. از مقایسه دو شکل ۲۱ و ۲۲ پیدا است که بی‌هنجاری دیده شده در محدوده دامنه ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ است، جنس آن با محیط اطراف تفاوت دارد و به صورت یک بی‌هنجاری شاخص و برجسته نسبت به محیط اطراف خودنمایی می‌کند.

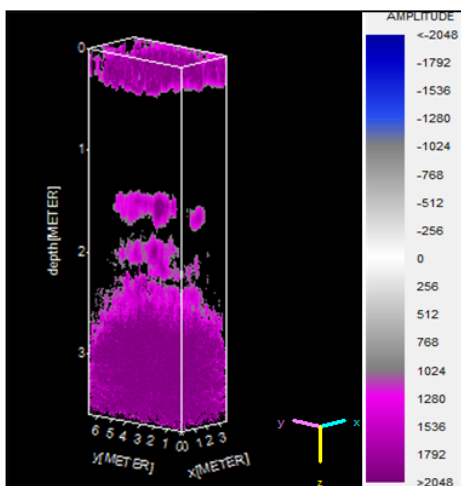
همچنین علاوه بر این بررسی روی شبکه ۱، با بررسی شبکه ۲ (شکل ۶) می‌توان این مسئله را بهتر دید. همان‌طور که در مورد شبکه ۲ گفته شد بی‌هنجاری در ناحیه زردرنگ دیده شده است که در ادامه خواهیم دید چگونه محدود کردن نمایش دامنه‌های دریافتی می‌تواند در نشان



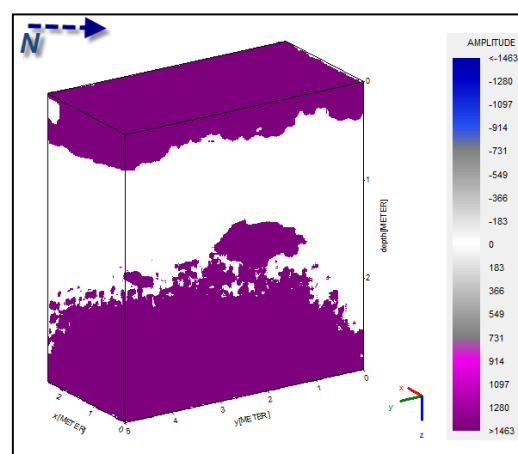
شکل ۲۰. داده‌های پردازش شده شبکه ۲ با نشان دادن همه دامنه‌های دریافتی.



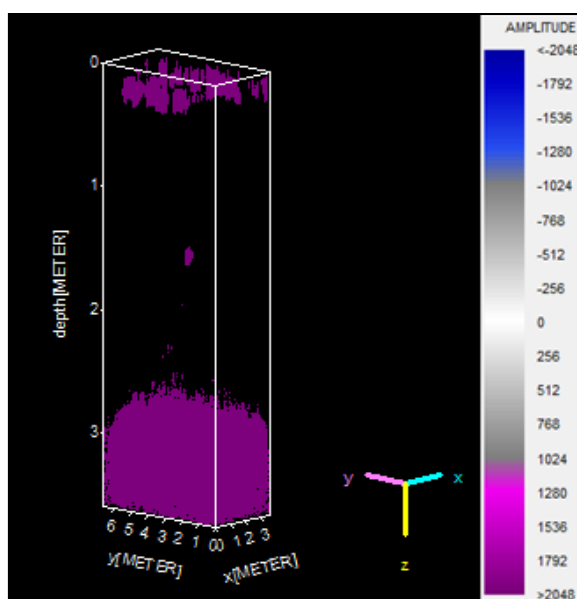
شکل ۱۸. مکعب فرضی از داده‌های شبکه ۱ در زمین با نمایش کل دامنه‌های دریافتی.



شکل ۲۱. داده‌های پردازش شده شبکه ۲ با محدود کردن دامنه‌ها در بازه ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰.



شکل ۱۹. مکعب فرضی از داده‌های شبکه ۱ در زمین با محدود کردن نمایش دامنه‌های دریافتی بین ۲۰۰۰ تا ۸۰۰۰.



شکل ۲۲. داده‌های پردازش شده شبکه ۲ با نشان دادن همه دامنه‌ها به جز دامنه‌های ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰.

۴ نتیجه‌گیری

دامنه پردازش‌های مورد استفاده روی داده‌ها ممکن است متفاوت باشد. با توجه به مطالبی که ذکر شد، با انتخاب متفاوت روال پردازش و پارامترهای موردنیاز هر مرحله پردازش، ممکن است از مجموعه‌ای از داده‌های اولیه به پاسخ‌های متفاوت برسیم. توانایی پردازش‌گر در انتخاب پارامترها و انتخاب‌های مناسب، معمولاً به اندازه تأثیر یک الگوریتم پردازش مناسب، برای رسیدن به یک تصویر با کیفیت نهایی، حائز اهمیت است. چه‌بسا در شرایطی، اعمال برخی از پردازش‌ها منجر به ایجاد مشکلات ناخواسته بر داده‌ها شود.

یک پردازش‌گر در حین پردازش داده‌ها با ۳ مسئله اساسی روبه‌رو است:

- (۱) انتخاب یک ترتیب مناسب برای مراحل پردازش
- (۲) انتخاب پارامترهای مناسب موردنیاز در هر مرحله از پردازش

(۳) ارزیابی خروجی ناشی از هر مرحله پردازش و تشخیص مشکلات ناشی از انتخاب ناصحیح پارامترها. در این مقاله با انتخاب الگوریتم‌های گوناگون و

اعمال پارامترهای متفاوت پردازشی روی داده‌های برداشت شده از یک جایگاه باستانی در کرمان، مسائل بیان شده در فوق بررسی شد و مورد تأکید قرار گرفت. در ابتدا نتیجه گرفته شد که ابتدایی‌ترین عامل پردازشی، اعمال الگوریتم تصحیح ایستا است و سپس بسته به هدف مورد نظر لزوم استفاده از الگوریتم‌های بعدی کاملاً تجربی است و به مورد در حال بررسی بستگی دارد که در اینجا به دلیل اینکه در تحقیقات باستان‌شناسی، بی‌هنجاری در عمق کم مطلوب است، به خاطر اشباع نشدن سیگنال، اعمال Dewow ضروری است.

اعمال صحیح الگوریتم بهره از اساسی‌ترین نکات پردازشی است که اعمال نادرست آن می‌تواند مفسر را از هدف دور کند. در آخر محدود کردن درست و به‌جای نمایش دامنه‌های دریافتی در مشخص کردن هدف موردنظر عامل مهم و کلیدی می‌تواند باشد.

منابع

Bevan, B. and Kenyon, J., 1975, Ground-penetrating radar for historical archaeology, MASCA Newsletter, 11, 2-7.

- 156.
- Reynolds, J. M., 1997, An introduction to applied and environmental geophysics, John Wiley Press, Chapter 12, 682-749 .
- Sensors and Software, 1999, PulseEKKO 100 RUN User's Guide, Version 1.2.
- Vickers, Roger, S., Dolphin, L. and Johnson, D., 1976, Archaeological investigations at Chaco Canyon using subsurface radar, Remote Sensing Experiments in Cultural Resource Studies, Chaco Center, USDI-NPS and the University of New Mexico, 81-101.
- Daniels, D., J., 2004, Ground penetrating radar, The Institution of Electrical Engineers, Chapter 7, 247-349 .
- Neal, A., 2004, Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress, Earth-Science Reviews, **66**, 261-330.
- Neubauer, W., A., Seren Eder-Hinterleitner, S. and Melichar, P., 2002, Georadar in the Roman civil town Carnuntum, Austria: an approach for archaeological interpretation of GPR data, Archaeological Prospection, **9**, 135-