



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده عمران و معماری

گزارش طرح پژوهشی

عنوان طرح :

”ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک“

مجری طرح : محسن طالبزاده

کد طرح : ۱۵۰۴

دی ماه ۱۳۸۳



بسم... الرحمن الرحيم



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده عمران و معماری

گزارش طرح پژوهشی

عنوان طرح :

”ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک“

مجری طرح : محسن طالبزاده

کد طرح : ۱۵۰۴

دی ماه ۱۳۸۳

این طرح با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شده است و تاریخهای تصویب و خاتمه آن به ترتیب ۱۳۸۳/۴/۱۴ و ۱۳۸۳/۱۰/۲۷ می باشد.



## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

### چکیده

ویژگیهای سیگنالهای پخش آوا که در آزمایش خستگی نمونههای فشرده کششی و تیر ورق فولادی ثبت شده بودند مورد رسیدگی قرار گرفتند. سیگنالهای پخش آوا در سه گروه طبقه بندی شدند. سیگنالهای گروه سوم که با رشد ترک خستگی مرتبط هستند در محدوده‌ای باریکتر ولی شبیه به سایر گروهها قرار می‌گیرد. تعداد رویدادهای سیگنالهای گروه سوم کمتر از ۱٪ درصد کل سیگنالها تشخیص داده شد. ارتباط خطی در مقیاس لگاریتمی و کوچک بودن محدوده توزیع سیگنالهای گروه سوم می‌تواند از ثبت حجم قابل توجه سیگنالهای اضافی جلوگیری نماید.

لغات کلیدی: پخش آوا، خستگی



## قدر دانی

از خداوند متعال سپاسگذارم که فرصتی در اختیارم قرار داد تا این طرح پژوهشی را به انجام برسانم. همچنین از حمایت مالی دانشگاه صنعتی شاهرود و همکاری کلیه عزیزان در حوزه معاونت محترم پژوهشی و شورای محترم پژوهشی این دانشگاه صمیمانه تشکر می‌نمایم.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
الف	- چکیده
ب	- قدر دانی
۱	۱- مقدمه
۲	۲- ارزیابی سلامت سازه‌ای پلها
۲	۳- روش پخش آوا در پایش سازه‌ها
۷	۴- روش آزمایشی
۹	۵- پارامترهای پخش آوا
۱۰	۶- نتایج و بحث در نتایج
۱۴	۷- نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۴	۸- مراجع
۱۶	۹- پیوست



## ۱- مقدمه

بزرگراهها در حمل و نقل کشورها به ویژه کشورهای توسعه یافته از جمله زیر ساخت‌های بسیار مهم هستند که در تامین نیازهای اساسی یک جامعه، ارتباطات، حمل و نقل، مراقبت، بازرگانی، بهداشت، کشاورزی، تفریح، امنیت عمومی، رونق اقتصادی و سلامت اجتماعی ضروری است. پلها از هر نوعی که باشد در این زیر ساخت نقش بسیار مهمی را دارا است. افت مصالح، بارگذاری متناوب، بارگذاری زیاده از حد و نگهداری نامناسب بیشترین خسارت را به پلها می‌تواند وارد آورد که موجب نگرانی کشورها شده است (OECD, 1983). افزایش در تاخیر، ترافیک و کاهش خدمات و ایمنی از جمله خساراتی است که معمولاً مردم تجربه می‌کنند.

در ایالات متحده آمریکا ۴۵٪ پل‌های بزرگراهها (۵۸۰۰۰۰) عملاً از کار افتاده‌اند یا مشکل سازه‌ای دارند که هزینه‌ای معادل ۹۰ میلیارد دلار برای آنها برآورد شده است. Rabbat و Dunker در سال ۱۹۹۳ گزارش داده‌اند که در هر سال حدود هزار پل از فهرست پلها کسر می‌شود که بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ پل به صورت جزئی و یا کلی فرو می‌ریزند. آنچه در این بحران بیشتر خودنمایی می‌کند اشکال در طرز فکر مدیریت پلها است. کاهش بودجه نگهداری با افزایش عمر سازه‌ای این موضوع را بیشتر تقویت می‌کند و نهایتاً بجای تامین هزینه‌های رایج نگهداری منجر به تامین هزینه‌های تعمیر پلها در حالت بحرانی می‌گردد. روش مدیریت پلها باید بگونه‌ای باشد که بتوان عمر یک پل را از وضعیت موجود تا عمر اسمی و بعد از آن مورد مطالعه قرار داد. در این صورت می‌توان جدول زمانبندی تعمیر و نگهداری را فراهم آورد که اجرای آن بیشترین تاثیر را بر کاهش هزینه‌ها دارد.

پلها تحت تاثیر یک سلسله از مکانیزم‌های خرابی قرار دارند که پیش بینی و توصیف همه آنها مشکل است. خستگی و خوردگی از مکانیزم‌های مهم در رشد ترک‌های سازه‌ای هستند که بتدریج باعث کاهش سلامت و حاشیه ایمنی پلها می‌شوند. دو فلسفه بر ترک‌های شناسایی شده در پلها حاکم است. یکی اینکه هر ترکی غیر قابل تحمل است و باید بلافاصله تعمیر شود. دیگر اینکه پس از شناسایی ترک، اثر آن روی حاشیه ایمنی سازه بوسیله محاسبات تحلیلی مورد ارزیابی قرار گیرد و در صورت ایجاد نگرانی در ایمنی مراحل تعمیر طی شود. Fisher در سال ۱۹۹۳ میلادی اشاره بر این



دارد که روش تعمیر ترکهای خستگی بستگی به اندازه و محل ترک دارد. معمولاً هر چه زودتر ترک شناسایی شود ارزانتر و ساده‌تر تعمیر می‌شود. بنابراین شناسایی ترکهای با رشد کم و تعیین محل نوک ترک بسیار مهم است. در حال حاضر بازرسی پلها از نزدیک نمی‌تواند درجه نقص ترکها را با اطمینان بدست آورد. بدین ترتیب باید بطور متناوب بازرسی از تمام ترکها صورت پذیرد که لازمه آن صرف وقت و هزینه زیادی است. نکته مهمتر این است که بیشتر ترکهایی که در پلها دچار اشکال کرده است بوسیله بازرسی از نزدیک پلها تشخیص داده نشده است بلکه توسط مردم کشف شده‌اند.

## ۲- ارزیابی سلامت سازه‌ای پلها

برای ارزیابی سلامت سازه پلها از روشهای غیر مخرب استفاده می‌شود. در این روشها سازه پلها مورد پایش قرار می‌گیرد. هدف از پایش پلها فراهم آوردن اطلاعاتی از شرایط سازه‌ای آنها است بطوری که بتوان برای امور نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی بهینه‌ای را انجام داد. برای نیل به این هدف روش انتخابی باید بتواند ترکهای خستگی را شناسایی و موقعیت آنها را مشخص نماید و اطلاعات کافی را برای تعیین شدت ترکها فراهم آورد تا اولویت بندی تعمیر آنها امکانپذیر شود. برای این منظور ابتدا باید تمام اعضاء سازه پل مورد پایش کلی قرار گیرند تا تمام ترکهای موجود شناسایی و تعیین محل شوند. سپس پایش محلی صورت پذیرد تا شدت هر ترک ارزیابی شود. این اطلاعات می‌تواند در تنظیم برنامه بهینه‌ای برای اولویت بندی زمان انجام تعمیرات کمک نماید.

## ۳- روش پخش آوا در پایش سازه‌ها

آزاد شدن سریع انرژی از درون یک ماده تولید امواج صوتی می‌کند که پخش آوا نامیده می‌شود. عبارت پخش آوا معمولاً هم برای بیان یک اتفاق در درون ماده و هم برای بیان روش عملی استفاده می‌شود. انرژی آزاد شده از یک اتفاق در درون ماده می‌تواند به یک تغییر شکل کوچک تا حالت پلاستیک، تغییرشکل‌های مکرر و گسترش ترک مرتبط باشد که توسط وسایل پخش آوا قابل شناسایی هستند. روش پخش آوایی یک روش آزمایشی غیر مخرب است که از امواج صوتی با فرکانس بالا استفاده می‌شود که برخلاف سایر روشهایی مانند آلتراسونیک که منبع انرژی خارج از





ماده است، منشا این امواج در خود ماده است. پخش آوا یک روش بسیار حساس است که اتفاقات میکروسکوپی در یک ماده را می‌تواند تشخیص دهد. در این روش با استفاده از گیرنده‌های صوتی می‌توان منشا پخش آوا را شناسایی، تعیین محل و پایش نمود. در صورتی که منشا پخش آوا ترک باشد با استفاده از روشهای غیر مخرب از قبیل آلتراسونیک و رادیو گرافی می‌توان شکل و اندازه ترک را تعیین نمود. علائم پخش آوا را می‌توان به دو گروه انفجاری و پیوسته تقسیم بندی نمود که به ترتیب به گسترش ترک و تغییر شکلها نسبت داده می‌شوند.

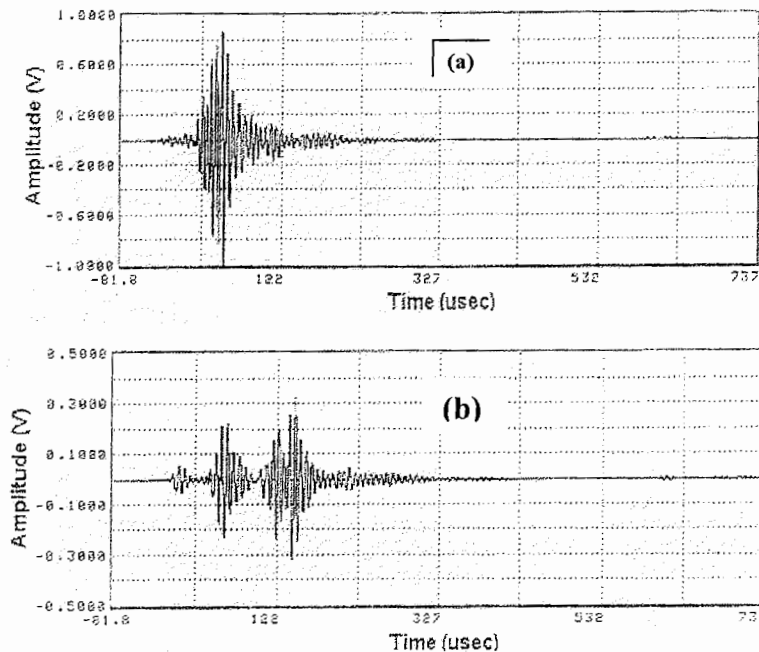
اولین بار آزمایش پخش آوا در سال ۱۹۳۹ میلادی برای پایش سازه‌ای یک پل معلق بکار گرفته شد. در این پایش گسیختگی رشته‌های یک کابل پل در سکوت شب تشخیص داده شد و بلافاصله تصمیم به تعویض کابل گرفته شد. (Hopwood 1988). تاریخچه روش پخش آوایی توسط Drulliard در سال ۱۹۹۶ میلادی منتشر گردید.

روش پخش آوا در پایش پل‌ها و سازه‌های مهندسی عمران بکار می‌رود و از جمله روش‌های آزمایشی غیر مخرب است. وقتی پل‌ها تحت تاثیر بار ترافیک قرار می‌گیرند در عناصر تشکیل دهنده آن تولید تنش می‌گردد. بار ترافیک در سازه باعث تغییرات تنش در سازه می‌شود. این تغییرات، تغییر شکلهای ارتجاعی و غیرارتجاعی را در مصالح سازه ایجاد می‌کند و در صورت وجود ترک باعث باز و بسته شدن و گسترش آنها می‌شود. در نوک ترک ناحیه پلاستیک تشکیل می‌شود. تناوب تغییر شکلهای ایجاد شده تولید پخش آوا می‌کند که در مصالح سازه منتشر می‌گردد. با نصب گیرنده‌های صوتی در سطح سازه در محدوده‌ای که به اندازه کافی نزدیک منبع تولید پخش آوا است می‌توان سیگنالهای پخش آوا را ثبت نمود. در صورتی که بتوان سیگنالهای مرتبط با رشد ترک را از سایر سیگنالهایی مانند سیگنالهای رسیده از محیط اطراف و سایش سطوح ترک تفکیک نمود می‌توان با تجزیه و تحلیل آنها بین پخش آوا و شدت ترک ارتباطی را تعیین نمود.

پخش آوا یا امواج تنش در طی عملیات غیر قابل برگشت داخلی یا خارجی روی مصالح تولید می‌شوند. امواج تنش می‌تواند بوسیله گیرنده‌های صوتی کشف و ردیابی شود تا اطلاعاتی از موقعیت و مشخصات منشا آنها تعیین شود که به نوبه خود می‌تواند به ارزیابی خرابی کمک نماید. کشف و ارزیابی رشد ترک خستگی در سازه‌های فولادی بوسیله روش پخش آوا از اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی

## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

مکانیزمهای منشا تحت بررسی مرتبط نمود (Ono, 1997). پخش آوا از رشد ترک خستگی می‌تواند از انبساط ناحیه پلاستیک و گسیختگی مصالح حاصل شود. نقطه اوج، تنزل در دامنه، مدت زمان کوتاه و زمان صعود سریع از مشخصات شکل موج رشد ترک هستند (شکل ۱).

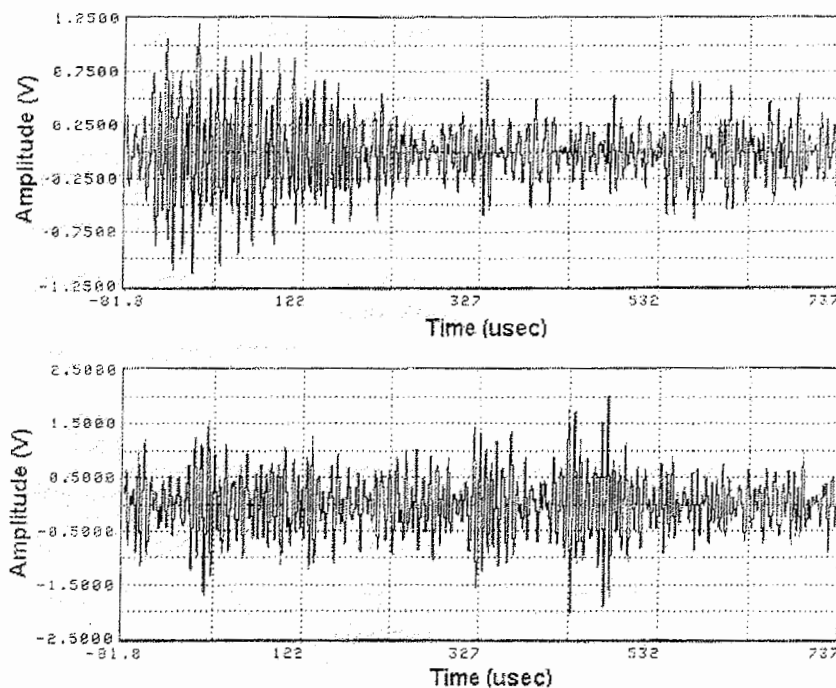


شکل ۱- سیگنالهای پخش آوا از رشد ترک (a) نوع کلاسیک (b) نوع انفجاری (Yan, 1999)

شکل ۲ دو سیگنال معمولی از سایش سطوح ترک را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل دیده می‌شود این سیگنالها در مقایسه با پخش آوای رشد ترک دارای مدت طولانی‌تر هستند و بنابراین نقطه اوج در آنها کمتر واضح است و در نتیجه زمان صعود و شماره‌ها تا اوج این دو سیگنال بطور قابل توجه با هم تفاوت دارند.

در این تحقیق سیگنالهای پخش آوا ثبت شده از بارگذاری سیکلی نمونه‌های آزمایشگاهی در سه گروه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در گروه اول تمام سیگنالهای پخش آوا ثبت شده توسط گیرنده‌های صوتی، در گروه دوم سیگنالهای پخش آوای تفکیک شده برای محدوده‌ای از عضو که شامل ترک است و در گروه سوم سیگنالهای پخش آوای منتشر شده در ده درصد فوقانی محدوده بارگذاری سیکلی مورد بررسی قرار می‌گیرند. سیگنالهای گروه اول شامل صداهای مکانیکی، پخش آوای سایش سطوح

ترک و رشد ترک هستند. سیگنالهای گروه دوم همان سیگنالهای گروه اول هستند که در آن صداهای مکانیکی حذف شده‌اند. سیگنالهای گروه سوم تنها شامل پخش آوای رشد ترک هستند. هدف از این مطالعه بررسی ویژگی‌های سیگنالهای پخش آوا در سه گروه اشاره شده است.

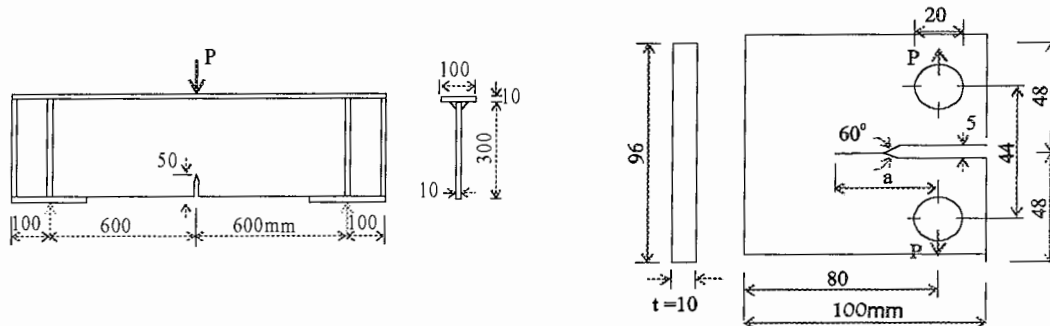


شکل ۲- پخش آوا از سایش سطوح ترک (Yan, 1999).

#### ۴- روش آزمایشی

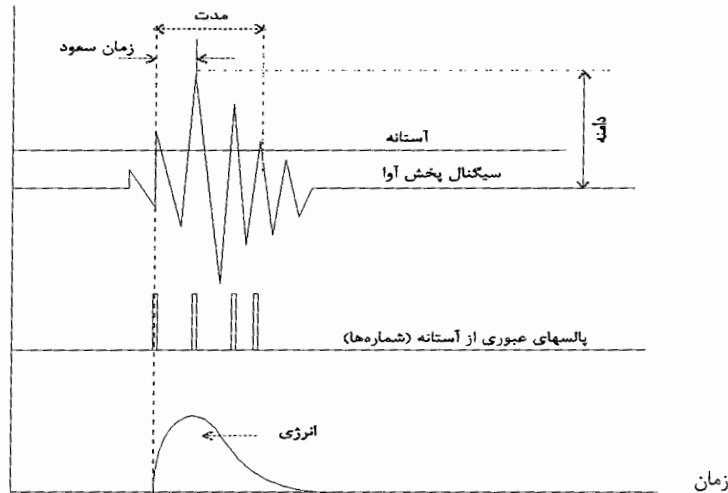
در این تحقیق از اطلاعات جمع آوری شده در طول پایش رشد ترک در نمونه‌های کششی فشرده استاندارد و تیر ورق با مقطع T استفاده می‌شود (Talebzadeh 2001). در این پایش از روش پخش آوا استفاده شده است. مشخصات هندسی نمونه‌های آزمایشگاهی در شکل ۳ نشان داده شده است. نمونه‌ها از ورقهای فولادی با تنش جاری ۲۷۵ مگا پاسکال ساخته شدند. بار سیکلی وارده بر نمونه‌ها با نسبت بار ۰/۳ و بسامد ۱ هرتز بود. در این بررسی دو نمونه کششی فشرده (CTSG1 و CTSG2) و دو نمونه تیر ورق (SG1 و SG2) به ترتیب با محدوده بار گذاری سیکلی ۱۵-۴/۵ kN و ۷۰-۷۰ kN-

۲۱ مورد آزمایش قرار گرفتند. محدوده بارگذاری سیکلی با توجه به خصوصیات هندسی و مصالح نمونه‌های آزمایشی تعیین شد.



شکل ۳- مشخصات هندسی نمونه‌های آزمایشگاهی

اندازه گیری سیگنالهای پخش آوا با استفاده از یک سیستم پیشرفته DiSP-4/PCI محصولی از (Physical Acoustics Corp., 1999) انجام شد. گیرنده‌های صوتی Nano 30 با بسامد ۲۸۰ کیلو هرتز در اطراف ترک نصب شدند. آستانه جمع آوری پخش آوا سیگنالها ۳۰ dB تنظیم شد. سیگنالهای پخش آوا بوسیله پیش تقویت‌کننده‌هایی با ضریب ثابت ۴۰ dB تقویت شدند. یک فیلتر باند عبوری با باند فرکانس ۱۰۰ تا ۱۲۰۰ کیلو هرتز در پیش تقویت‌کننده‌ها استفاده شد. علائم پخش آوایی پیش تقویت شده با استفاده از سیستم پخش آوایی باز هم تقویت شده و تجزیه و تحلیل شدند. ضریب کلی تقویت ۸۰ dB انتخاب شد. آستانه پخش آوایی ۳۰ dB انتخاب گردید که درست بالای سطح صداهای محیطی تعیین شده با استفاده از نمونه بدون ترک بود. انتخاب مناسب آستانه می‌تواند از ثبت بسیاری از صداهای محیطی و تهییج الکتریکی جلوگیری کرد. پارامترهای سیگنال پخش آوا و همچنین زمان، بار و شماره کانال با استفاده از سیستم DiSP در مدت پایش ثبت شده‌اند. این پارامترها شامل زمان صعود، شماره‌ها، انرژی، مدت، اوج دامنه، بسامد متوسط و شماره‌ها تا اوج دامنه می‌شوند. پارامترهای یک سیگنال پخش آوا در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- موج سیگنال پخش آوا و معرفی پارامترهای آن

## ۵- پارامترهای پخش آوا

از بین هفت پارامتر پخش آوای اشاره شده در قسمت قبل تنها رابطه بین چهار پارامتر به ترتیب زیر مورد رسیدگی قرار می‌گیرند.

۱- رابطه بین زمان صعود  $Rise\ time$  و دامنه  $Amplitude$

۲- رابطه بین شماره‌ها  $Counts$  و مدت  $duration$

اطلاعات ثبت شده در مدت پایش نمونه‌ها شامل کلیه سیگنالهای رسیده به گیرنده‌های صوتی است که در بر گیرنده صداهای مکانیکی، سیگنالهای سایش سطوح ترک و سیگنالهای رشد ترک است. از بین این سیگنالها تنها سیگنالهای رشد ترک مورد توجه است که می‌تواند به ارزیابی سلامت سازه‌ها کمک نماید. در مرجع (Talebzadeh 2001) رابطه بین نرخ شماره‌های پخش آوای رشد ترک و نرخ رشد ترک تعیین شده است که امکان پیش بینی تعداد سیکل‌های مورد نیاز بارگذاری برای رشد ترک به میزان مورد نظر را فراهم می‌آورد.



اطلاعات ثبت شده مورد اشاره حجم بالایی از حافظه رایانه را به خود اختصاص می‌دهد به همین دلیل در پایش هر یک از نمونه‌های آزمایشگاهی چند پرونده اطلاعاتی با حجمی نزدیک به ۵۰۰ مگابایت ایجاد شده است تا نقل و انتقال آنها امکان‌پذیر باشد. تفکیک سیگنالهای رشد ترک از بین این اطلاعات نیازمند صرف وقت زیادی است. در صورتی که مشخصات بیشتری از سیگنالها در اختیار باشد ممکن است با استفاده از فیلترهای مهیا شده نرم افزارهای پایش پخش آوا مانند DiSP از ثبت سیگنالهای مازاد جلوگیری نمود و عمدتاً به ثبت سیگنالهای رشد ترک پرداخت.

برای نمونه‌های کششی فشرده استاندارد CTSG1 و CTSG2 به ترتیب ۴ و ۳ پرونده و برای نمونه‌های تیر ورق SG1 و SG2 به ترتیب ۷ و ۳ پرونده اطلاعاتی شامل کلیه سیگنالهای پخش آوا ایجاد شد. موقعیت منابع پخش آوا نیز به هنگام جمع آوری پخش آوا ثبت شدند. دانستن موقعیت منابع پخش آوا کمک کرد تا منابع مربوط رشد ترک و سایش سطوح ترک که در نوار باریکی به عرض ۱ یا ۲ سانتیمتر قرار دارد را از سایر منابع جدا کرد. از طرف دیگر مقدار بار وارده بر نمونه‌ها هنگام ثبت هر سیگنال پخش آوا نیز ثبت شدند که امکان تفکیک سیگنالهای پخش آوا ثبت شده در ۱۰ درصد فوقانی محدوده بارگذاری سیکلی را از سیگنالهای منتشر شده از نوار باریک اشاره شده فراهم می‌آورد. بدین ترتیب می‌توان سیگنالهای پخش آوا را در سه گروه بررسی و مشخصات و ویژگیهای سیگنالهای هر حالت را استخراج و مقایسه نمود. گروه اول شامل کلیه سیگنالهای پخش آوا است که توسط گیرنده‌های صوتی در مدت پایش نمونه‌ها ثبت شده‌اند. سیگنالهای پخش آوا گروه دوم از فیلتر کردن سیگنالهای گروه اول برای نوار ۱ یا ۲ سانتیمتری بدست می‌آید. این نوار باریک شامل ترک خستگی است و بدین ترتیب سیگنالهای این گروه مرتبط به سایش سطوح ترک و رشد ترک می‌شود. سیگنالهای گروه سوم از سیگنالهای گروه دوم برای ۱۰ درصد فوقانی محدوده بارگذاری سیکلی بدست می‌آید.

## ۶- نتایج و بحث در نتایج

شکل‌های پ-۱ تا پ-۱۲ پیوست زمان صعود برحسب دامنه و شماره‌ها بر حسب مدت را برای سیگنالهای پخش آوا در گروه‌های اول تا سوم مورد اشاره در قسمت قبل را نشان می‌دهد. هر سیگنال



## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

می‌تواند یک نقطه را در این شکلها نمایان سازد. میزان تراکم سیگنالها با رنگهای مختلف نشان داده شده است. برای مثال رنگ قرمز و رنگ سبز به ترتیب بیشترین و کمترین تراکم را بیان می‌کند. در سمت راست هر شکل میزان تراکم هر رنگ داده شده است. هر شکل مربوط به یک پرونده است. شکلهای گروه یک شامل کلیه سیگنالهای پخش آوا شامل صداهای مکانیکی، سیگنالهای سایش سطوح ترک و رشد ترک خستگی هستند. حجم بسیار زیاد سیگنالهای ثبت شده توسط گیرنده‌های صوتی در شکلهای گروه اول به خوبی مشهود است و ناحیه قابل توجهی (به رنگ قرمز) مشاهده می‌شود که بیانگر تراکم بسیار بالای سیگنالهای با ویژگیهای نزدیک به هم است. شکلهای گروه دو فیلتر شده از گروه یک هستند که شامل سیگنالهای سایش سطوح ترک و رشد ترک است. در این شکلها تراکم سیگنالها بطور قابل توجه در مقایسه با گروه یک کاسته شده است. شکلهای گروه سوم فیلتر شده از گروه دوم فقط شامل سیگنالهای رشد ترک خستگی است. تراکم سیگنالهای نشان داده شده در شکلهای گروه سوم بسیار کمتر از گروه دوم است. سیگنالهای گروه سوم مربوط به رشد ترک خستگی است. این شکلها نشان می‌دهد که رابطه بین پارامترهای پخش آوا در گروههای مختلف بسیار بهم نزدیک هستند و تفکیک سیگنالهای گروه سوم از روی رابطه بین پارامترها بسادگی صورت نمی‌پذیرد. البته می‌توان با بکارگیری رابطه بین پارامترهای پخش آوا در جاهای پر تراکم شکلهای اشاره شده از ثبت همه سیگنالها خودداری نمود. شکلهای پ-۷-الف، پ-۸-الف و پ-۹-الف در پیوست نشان می‌دهند که وجود سیگنالهای پخش آوا در گروه اول سیگنالها حتما به معنای رشد ترک نیست. بطور کلی رابطه تقریبی که بین مدت زمان (وقتی بزرگتر از ۵۰۰ میکرو ثانیه است) و شماره‌ها پیشنهاد می‌شود به صورت زیر است. این رابطه در مقیاس لگاریتمی دارای تغییرات خطی است.

$$\text{Log (شماره‌ها)} = \text{Log (مدت سیگنال - 500)} - 1 \quad (1)$$

در جداول پ-۱ تا پ-۴ پیوست تعداد سیکلهای بارگذاری، رویدادها، رویدادهای متوسط در هر سیکل، شماره‌ها و شماره‌های متوسط در هر رویداد و در جداول پ-۵ تا پ-۷ محدوده پارامترهای



## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

سیگنالهای پخش آوا شامل مدت، شماره، دامنه و زمان صعود برای گروههای مختلف سیگنالها و پروندههای نمونههای آزمایشی آورده شده است.

تعداد رویدادهای گروه دوم و گروه سوم سیگنالهای پخش آوا به صورت درصدی از رویدادهای گروه اول در جدول ۱ آورده شده است. درصدهای نشان داده شده در این جدول نشان می‌دهد که تقریباً ۸۵٪ رویدادهایی که بوسیله گیرنده صوتی تشخیص داده شده‌اند مربوط به منابعی غیر از ترک است. همچنین حدود ۱۴٪ مربوط به سایش سطوح ترک و کمتر ۰/۵٪ (گروه سوم) مربوط به گسترش ترک است. در جدول ۲ محدوده پراکندگی تعداد شماره‌های متوسط در هر رویداد آورده شده است. در این جدول گروه سوم دارای کمترین پراکندگی است. در جداول ۳ تا ۵ مدت، دامنه و زمان صعود سیگنالها نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که سیگنالهای گروه سوم همچنان از پراکندگی کمتری برخوردار است.

جدول ۱- درصد رویدادهای هر گروه سیگنالهای پخش آوا

درصد رویدادهای هر گروه				گروه
SG2	SG1	CTSG2	CTSG1	
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	گروه اول
۱۶/۴	۱۴/۶	۱۰/۶	۱۴	گروه دوم
۰/۰۸	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۳۶	گروه سوم

جدول ۲- محدوده پراکندگی شماره‌های متوسط هر گروه از سیگنالهای پخش آوا

شماره‌های متوسط در هر رویداد				گروه
SG2	SG1	CTSG2	CTSG1	
۱۸۱۳-۱۰۰۲۵	۴۶۰-۵۸۱۱	۳۰۲-۳۲۶۰	۲۱۰-۴۶۲	گروه اول
۲۳۸۰-۱۶۰۲۰	۱۳۴-۴۷۳۰	۲۰۳-۱۳۹۴	۱۸۸-۷۰۲	گروه دوم
۳۹۷-۵۸۰	۲۶-۵۱۰	۱۵۱-۴۱۶	۵۳-۴۳۳	گروه سوم





## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

جدول ۳- محدوده مدت زمان سیگنالهای پخش آوا

مدت سیگنال (میکرو ثانیه)				گروه
SG2	SG1	CTSG2	CTSG1	
۰-۱۰۰۰۰۰	۰-۴۰۰۰۰	۰-۱۰۰۰۰	۰-۱۰۰۰۰	گروه اول
۰-۱۰۰۰۰۰	۰-۴۰۰۰۰	۰-۱۰۰۰۰	۰-۱۰۰۰۰	گروه دوم
۰-۲۰۰۰۰	۰-۱۰۰۰۰	۰-۳۰۰۰	۰-۲۰۰۰	گروه سوم

جدول ۴- محدوده دامنه سیگنالهای پخش آوا

دامنه سیگنال (دسیبل)				گروه
SG2	SG1	CTSG2	CTSG1	
۳۰-۶۰	۳۰-۵۰	۳۰-۴۵	۳۰-۴۰	گروه اول
۳۰-۶۰	۳۰-۵۰	۳۰-۴۵	۳۰-۴۰	گروه دوم
۳۰-۶۰	۳۰-۵۰	۳۰-۴۵	۳۰-۴۰	گروه سوم

جدول ۵- محدوده زمان صعود سیگنالهای پخش آوا

زمان صعود سیگنال (میکرو ثانیه)				گروه
SG2	SG1	CTSG2	CTSG1	
۰-۲۰۰۰	۰-۲۰۰۰	۰-۲۰۰۰	۰-۱۰۰۰	گروه اول
۰-۱۰۰۰	۰-۲۰۰۰	۰-۲۰۰۰	۰-۱۰۰۰	گروه دوم
۰-۱۰۰۰	۰-۱۰۰۰	۰-۱۰۰۰	۰-۱۰۰۰	گروه سوم



## ۷- نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۱- رابطه بین پارامترهای پخش آوا برای سیگنالهای گروه اول، دوم و سوم خیلی نزدیک بهم است.
- ۲- رابطه بین شماره‌های پخش آوا و مدت زمان آنها در مقیاس لگاریتمی تقریباً خطی است.
- ۳- بیش از ۹۹٪ سیگنالهای پخش آوا با رشد ترک ارتباطی ندارند و تنها کمتر از ۱٪ آنها ممکن است با رشد ترک مرتبط باشد.
- ۴- وجود سیگنالهای پخش آوا همیشه به معنای رشد ترک نیست و ممکن است صداهای مکانیکی یا سیگنالهای سایش سطوح ترک باشند.
- ۵- پراکندگی پارامترهای سیگنالهای پخش آوا در سیگنالهای گروه سوم بسیار کمتر است و می‌تواند از ثبت سیگنالهای غیر مرتبط با رشد ترک تا حدی جلوگیری نمود.
- ۶- پیشنهاد می‌گردد نتایج بدست آمده عملاً در مورد چند نمونه مورد آزمایش قرار گیرد.
- ۷- پیشنهاد می‌شود شکل امواج پخش آوا نیز مورد مطالعه قرار گیرد.

## ۸- مراجع

- Drouillard, T.F., 1996, "A History of Acoustic Emission", Journal of Acoustic Emission, Vol 14, No1, pp 1-34.
- Dunker, K.R., Rabbat, B.G, 1993, "Why Americas Bridges Are Crumbling", Scientific American, pp66-72.
- Fisher, J.W., Menzemer, C. 1990, "Bridge Repair Methods – U.S. Canadian Practice", Proceedings of the NATO Advanced Workshop on Bridge Evaluation, Repair and Rehabilitation, pp 495-512.
- Gong, Z., Nyborg, E.O., Oommen, G., 1992, "Acoustic Emission Monitoring of Railroad Bridges", Materials Evaluation, July 1992, pp 883-887.



Harris, D.O., Dunegan, H.L., 1974, "Continuous Monitoring of Fatigue Crack Growth by Acoustic Emission Technique", Experimental Mechanics, pp 71-81.

Hopwood, T., Prine D.W., 1985, "Acoustic Emission Structural Monitoring in noisy Environments using Event Based Processing", Proceedings of International Conference on Fatigue, Corrosion Cracking, Fracture Mechanics and Failure analysis, Salt Lake City, UT. Metals Park, OH, American Society of Metals, December 1985, pp277-282.

OECD, 1983, "Bridge Rehabilitation and Strengthening", Paris : OECD.

Ono, K., 1997, "Recent Development in Acoustic Emission", Journal of Acoustic Emission, 15(1-4), S95-S102.

Physical Acoustics Corporation (1999). DiSP-80 user's manual, Princeton, NJ.

Pollock, A. A., Smith, B., 1972, "Acoustic Emission Monitoring of a Military Bridge", Nondestructive Testing, Vol 5, No 6, pp 164-186.

Talebzadeh, M., 2001, "Assessment of Structural Integrity Based on Acoustic Emission", PhD Thesis, University of Wales Cardiff, UK.

Yan, T., Holford, K., Carter, D. and Brandon J, "Classification of Acoustic Emission Signatures Using a Self-organization Neural Network", Vol 17, No 1-2, pp 49-59.



## ۹- پیوست

جدول پ-۱- رویدادها و شماره‌های گروه اول تا سوم سیگنالهای CTSG1

شماره‌ها در هر رویداد	شماره‌ها (عدد)	گروه اول			پرونده	گروه
		رویدادها در هر سیکل	رویدادها	سیکلها		
۲۱۰	۷۶۴۲۲۰۳	۰/۵۱	۳۶۲۷۹	۷۰۹۹۸	۱	اول
۲۵۰	۹۲۰۸۸۳۹	۰/۵۷	۳۶۸۹۳	۶۴۶۶۲	۲	
۳۶۴	۶۶۵۱۸۶۶۹	۰/۸۹	۱۸۲۶۳۱	۲۰۴۶۴۹	۳	
۴۶۲	۲۵۱۶۶۸۸۵	۱/۳۴	۵۴۴۸۱	۴۰۶۳۶	۴	
۳۵۰	۱۰۸۵۳۶۵۹۶	۰/۸۱	۳۱۰۲۸۴	۳۸۰۹۴۵	کل پرونده‌ها	
۲۵۵	۶۰۶۷۰۲	۰/۰۳۳	۲۳۷۹	۷۰۹۹۸	۱	دوم
۱۸۸	۳۶۲۰۹۵	۰/۰۳	۱۹۲۶	۶۴۶۶۲	۲	
۷۰۲	۲۳۵۵۳۱۶۶	۰/۱۶	۳۳۵۱۰	۲۰۴۶۴۹	۳	
۵۱۱	۸۷۰۱۶۸۱	۰/۴۲	۱۷۰۱۹	۴۰۶۳۶	۴	
۵۱۸	۳۳۲۲۳۶۴۴	۰/۱۲	۴۴۸۳۴	۳۸۰۹۴۵	کل پرونده‌ها	
۱۰۳	۷۱۹	۰/۰۰۰۱	۷	۷۰۹۹۸	۱	سوم
۵۳	۱۵۹	۰/۰۰۰۰۵	۳	۶۴۶۶۲	۲	
۴۳۰	۳۱۰۱۰۸	۰/۰۰۳۵	۷۲۳	۲۰۴۶۴۹	۳	
۱۲۹	۴۷۶۱۰	۰/۰۰۹	۳۶۹	۴۰۶۳۶	۴	
۳۲۵	۳۵۸۵۹۶	۰/۰۰۳	۱۱۰۲	۳۸۰۹۴۵	کل پرونده‌ها	



## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

جدول پ-۲ - رویدادها و شماره‌های گروه اول تا سوم سیگنالهای CTSG2

شماره‌ها در هر رویداد	شماره‌ها (عدد)	گروه اول			پرونده	گروه
		رویدادها در هر سیکل	رویدادها	سیکلها		
۳۰۲	۱۱۰۹۸۰۸۸۰	۱/۲	۳۶۶۸۵۱	۳۰۴۱۱۶	۱	اول
۳۲۶۰	۳۶۳۲۲۶۹۷	۰/۰۸	۱۱۱۴۶	۱۳۶۴۲۶	۲	
۹۵۸	۱۶۰۴۵۴۶۰	۰/۶۹	۱۶۲۸۶	۲۳۵۵۸	۳	
۱۲۴۳	۴۹۰۲۵۳۳۱۰	۰/۸۵	۳۹۴۲۸۳	۴۶۴۱۰۰	کل پرونده‌ها	
۲۰۳	۵۲۴۱۲۹۵	۰/۰۸	۲۵۸۱۹	۳۰۴۱۱۶	۱	دوم
۲۸۱	۳۲۳۳۵۲۷	۰/۰۸	۱۱۴۸۹	۱۳۶۴۲۶	۲	
۱۳۹۴	۶۴۳۸۰۳۹	۰/۲	۴۶۱۹	۲۳۵۵۸	۳	
۳۵۵	۱۴۹۱۲۸۶۱	۰/۰۹	۴۱۹۲۷	۴۶۴۱۰۰	کل پرونده‌ها	
۴۱۶	۵۰۳۱۸	۰/۰۰۰۴	۱۲۱	۳۰۴۱۱۶	۱	سوم
۱۵۱	۳۶۵۶۵	۰/۰۰۲	۲۴۲	۱۳۶۴۲۶	۲	
۲۷۰	۹۳۸۸۹	۰/۰۱۵	۳۴۷	۲۳۵۵۸	۳	
۲۵۵	۱۸۰۷۷۲	۰/۰۰۱۵	۷۱۰	۴۶۴۱۰۰	کل پرونده‌ها	



## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

جدول پ-۳- رویدادها و شماره‌های گروه اول تا سوم سیگنالهای SGI

شماره‌ها در هر رویداد	شماره‌ها (عدد)	گروه اول			پرونده	گروه
		رویدادها در هر سیکل	رویدادها	سیکلها		
۱۷۶۰	۱۴۵۱۶۰۶۴	۰/۱۷	۸۲۴۷	۴۹۴۴۴	۱	اول
۱۷۳۱	۱۸۳۰۰۴۰۹	۰/۱۳	۱۰۵۷۱	۷۹۶۹۸	۲	
۴۶۰	۳۷۳۴۶۳۶۱	۰/۴۴	۸۱۲۳۵	۱۸۲۶۳۵	۳	
۱۰۷۸	۶۷۳۱۴۶۰۳	۰/۳۹	۶۲۴۲۳	۱۶۴۷۸۰	۴	
۱۵۳۳	۴۴۲۸۱۵۳۱	۰/۴۴	۲۸۸۸۳	۶۵۵۰۲	۵	
۵۸۱۱	۱۷۵۰۰۶۳۰۰	۰/۳۹	۳۰۱۱۷	۷۷۶۳۶	۶	
۱۶۹۸	۴۶۵۹۷۱۰۶	۱/۰۱	۲۷۴۳۷	۲۷۰۱۵	۷	
۱۶۲۰	۴۰۳۳۶۲۳۷۴	۰/۳۸	۲۴۸۹۱۳	۶۴۶۷۱۰	کل پرونده‌ها	
۷۳۶	۱۰۳۱۰	۰/۰۰۰۳	۱۴	۴۹۴۴۴	۱	دوم
۹۷۳	۱۸۴۹۷	۰/۰۰۰۲	۱۹	۷۹۶۹۸	۲	
۱۳۴	۱۰۶۴۳۳۰	۰/۰۴	۷۹۶۴	۱۸۲۶۳۵	۳	
۴۶۹	۲۲۹۳۵۲۹	۰/۰۳	۴۸۹۰	۱۶۴۷۸۰	۴	
۷۳۵	۵۳۹۷۹۹۷	۰/۱۱۲	۷۳۴۳	۶۵۵۰۲	۵	
۴۷۳۰	۲۳۸۳۵۰۰۸	۰/۰۶	۵۰۳۹	۷۷۶۳۶	۶	
۷۳۶	۸۱۹۶۶۲۸	۰/۴۱	۱۱۱۳۰	۲۷۰۱۵	۷	
۱۱۲۱	۴۰۸۱۶۲۹۹	۰/۰۵۶	۳۶۳۹۹	۶۴۶۷۱۰	کل پرونده‌ها	
.	.	.	.	۴۹۴۴۴	۱	سوم
.	.	.	.	۷۹۶۹۸	۲	
۲۶	۱۵۶	۰/۰۰۰۰۳	۶	۱۸۲۶۳۵	۳	
۵۱۰	۳۳۱۵۳	۰/۰۰۰۰۴	۶۵	۱۶۴۷۸۰	۴	
۸۵	۴۸۰۲	۰/۰۰۰۰۸	۵۳	۶۵۵۰۲	۵	
۳۵۴	۱۹۸۰۳	۰/۰۰۰۰۷	۵۶	۷۷۶۳۶	۶	
۴۹۷	۱۸۶۲۶۱	۰/۰۱۳	۳۷۵	۲۷۰۱۵	۷	
۴۴۰	۲۴۴۱۷۵	۰/۰۰۰۰۸۶	۵۵۵	۶۴۶۷۱۰	کل پرونده‌ها	



## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

جدول پ-۴ - رویدادها و شماره‌های گروه اول تا سوم سیگنالهای SG2

گروه اول					پرونده	گروه
شماره‌ها در هر رویداد	شماره‌ها (عدد)	رویدادها در هر سیکل	رویدادها	سیکلها		
۱۸۱۳	۶۵۰۴۱۹۶۵۰	۰/۹۸	۳۵۸۶۹۶	۳۶۵۷۵۴	۱	اول
۱۰۰۲۵	۵۰۴۱۳۵۹۹۰	۰/۶۸	۵۰۲۸۶	۷۴۲۹۳	۲	
۳۲۵۲	۴۵۴۳۹۵۳۲	۰/۸۹	۱۳۹۷۱	۱۵۷۱۸	۳	
۲۸۳۷	۱۱۹۹۹۹۵۱۷۲	۰/۹۳	۴۲۲۹۵۳	۴۵۵۷۶۵	کل پرونده‌ها	
۲۳۸۰	۱۳۲۲۶۴۱۰۰	۰/۱۵	۵۵۵۸۵	۳۶۵۷۵۴	۱	دوم
۱۶۰۲۰	۱۷۴۰۷۵۸۹۰	۰/۱۵	۱۰۸۶۶	۷۴۲۹۳	۲	
۴۰۹۶	۱۱۷۱۴۵۴۷	۰/۱۸	۲۸۶۰	۱۵۷۱۸	۳	
۴۵۸۹	۳۱۸۰۵۴۵۳۷	۰/۱۵	۶۹۳۱۱	۴۵۵۷۶۵	کل پرونده‌ها	
۴۴۶	۲۷۲۰۸	۰/۰۰۰۱۷	۶۱	۳۶۵۷۵۴	۱	سوم
۳۹۷	۳۲۵۴۲	۰/۰۰۰۱۱	۸۲	۷۴۲۹۳	۲	
۵۸۰	۱۲۴۴۲۲	۰/۰۱۳	۲۱۵	۱۵۷۱۸	۳	
۵۱۵	۱۸۴۱۷۲	۰/۰۰۰۰۸	۳۵۸	۴۵۵۷۶۵	کل پرونده‌ها	



## ویزگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

جدول پ-۵- محدوده پارامترهای گروه اول سیگنالهای پخش آوا برای نمونه‌های آزمایشی

گروه اول				پرونده	نمونه
زمان صعود ( $10^3 \times$ ثانیه)	دامنه (دسیبل)	شماره‌ها (عدد)	مدت ( $10^3 \times$ ثانیه)		
۰-۱۰ ۱۰۰-۵۰۰	۳۰-۴۰	۱-۱۰	۵۰۰-۸۰۰	۱	CTSG1
۰-۱۰ ۵۰-۱۰۰	۳۰-۴۰	۱-۳۰۰	۲۰۰-۴۰۰	۲	
۰-۱۰۰۰	۳۰-۴۰	۱-۱۰۰۰	۱۰۰-۱۰۰۰	۳	
۰-۱۰۰۰	۳۰-۴۰	۱-۱۰۰۰	۲۰۰-۵۰۰	۴	
۰-۱۰۰۰	۳۰-۴۵	۱-۱۰۰۰	۱۰۰-۱۰۰۰	۱	CTSG2
۰-۱۰۰۰	۳۰-۴۵	۱-۱۰۰۰	۱۰۰-۵۰۰	۲	
۰-۱۰۰۰	۳۰-۴۵	۱-۱۰۰۰	۱۰۰-۱۰۰۰	۳	
۰-۲۰۰۰	۳۵-۴۵	۱۰۰-۵۰۰	۳۰۰-۵۰۰	۱	SG1
۰-۲۰۰۰	۳۵-۴۵	۲۰-۳۰۰	۴۰۰-۳۰۰	۲	
۰-۲۰۰۰	۳۰-۴۵	۱-۳۰۰	۰-۳۰۰	۳	
۰-۲۰۰۰	۳۰-۴۵	۱-۳۰۰	۰-۳۰۰	۴	
۰-۲۰۰۰	۳۰-۴۰	۱-۱۰۰	۰-۱۰۰	۵	
۰-۲۰۰۰	۳۰-۴۰	۱-۳۰۰	۰-۱۰۰	۶	
۰-۲۰۰۰	۳۰-۵۰	۱-۵۰۰	۰-۵۰۰	۷	
۰-۲۰۰۰	۳۰-۶۰	۱-۲۰۰	۰-۱۰۰	۱	SG2
۰-۳۰۰۰	۳۰-۶۰	۱-۲۰۰	۰-۱۰۰	۲	
۰-۲۰۰۰	۳۰-۶۰	۱-۲۰۰	۰-۵۰ ۴۰۰-۱۰۰۰	۳	





## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوا برای گسترش ترک

جدول پ-۶- محدوده پارامترهای گروه دوم سیگنالهای پخش آوا برای نمونه‌های آزمایشی

گروه دوم				پرونده	نمونه
زمان صعود ( $10^2 \times$ ثانیه)	دامنه (دسیبل)	شماره‌ها (عدد)	مدت ( $10^2 \times$ ثانیه)		
۰-۳ ۲۰۰-۳۰۰	۳۰-۳۵	۱-۱۰	۲۰۰-۱۰۰۰	۱	CTSG1
۰-۳ ۲۰۰-۴۰۰	۳۰-۴۰	۱-۳۰	۲۰۰-۳۰۰	۲	
۰-۵۰۰	۳۰-۴۰	۱-۱۰۰۰	۱۰۰-۱۰۰۰۰	۳	
۰-۵۰۰	۳۰-۴۰	۱-۳۰۰	۱۰۰-۱۰۰۰۰	۴	
۰-۱۰۰۰	۳۰-۴۰	۱-۳۰۰	۱۰۰-۵۰۰۰	۱	CTSG2
۰-۱۰۰۰	۳۰-۴۰	۱۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰-۴۰۰۰	۲	
۰-۱ ۵۰۰-۲۰۰۰	۳۰-۴۵ ۶۰-۷۰	۱۰۰-۲۰۰	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰	۳	
۵۰۰-۲۰۰۰	۳۰-۴۰	۱۰۰-۱۰۰۰	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	۱	SG1
۳۰۰-۱۰۰۰	۳۵-۴۰	۱-۳۰۰	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	۲	
۰-۵۰	۳۰-۴۵	۱-۳۰۰	۰-۵۰ ۵۰۰-۵۰۰۰	۳	
۰-۱۰۰	۳۰-۵۰	۱-۲۰۰	۰-۵۰ ۲۰۰-۱۰۰۰ ۳۰۰۰-۱۰۰۰۰	۴	
۰-۱۰۰	۳۰-۴۵	۱-۱۰۰۰	۰-۱۰۰ ۴۰۰-۱۰۰۰ ۳۰۰۰-۵۰۰۰	۵	
۰-۳۰	۳۰-۴۰	۱-۲۰	۰-۳۰ ۵۰۰-۱۰۰۰	۶	
۰-۵۰۰	۳۰-۴۵	۱-۳۰۰۰	۰-۵۰ ۴۰۰-۴۰۰۰۰	۷	
۰-۱۰۰۰	۳۰-۶۰	۱-۵۰ ۴۰۰۰-۲۰۰۰۰	۰-۱۰۰ ۲۰۰-۲۰۰۰۰ ۳۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰	۱	SG2
۰-۵۰ ۵۰۰-۱۰۰۰	۳۰-۶۰	۱-۳۰ ۵۰۰۰-۲۰۰۰۰	۰-۱۰۰ ۳۰۰-۲۰۰۰ ۵۰۰۰-۱۰۰۰۰۰	۲	
۰-۵۰	۳۰-۴۵	۱-۱۰ ۵۰۰۰-۲۰۰۰۰	۰-۵۰ ۵۰۰-۱۰۰۰ ۵۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰	۳	



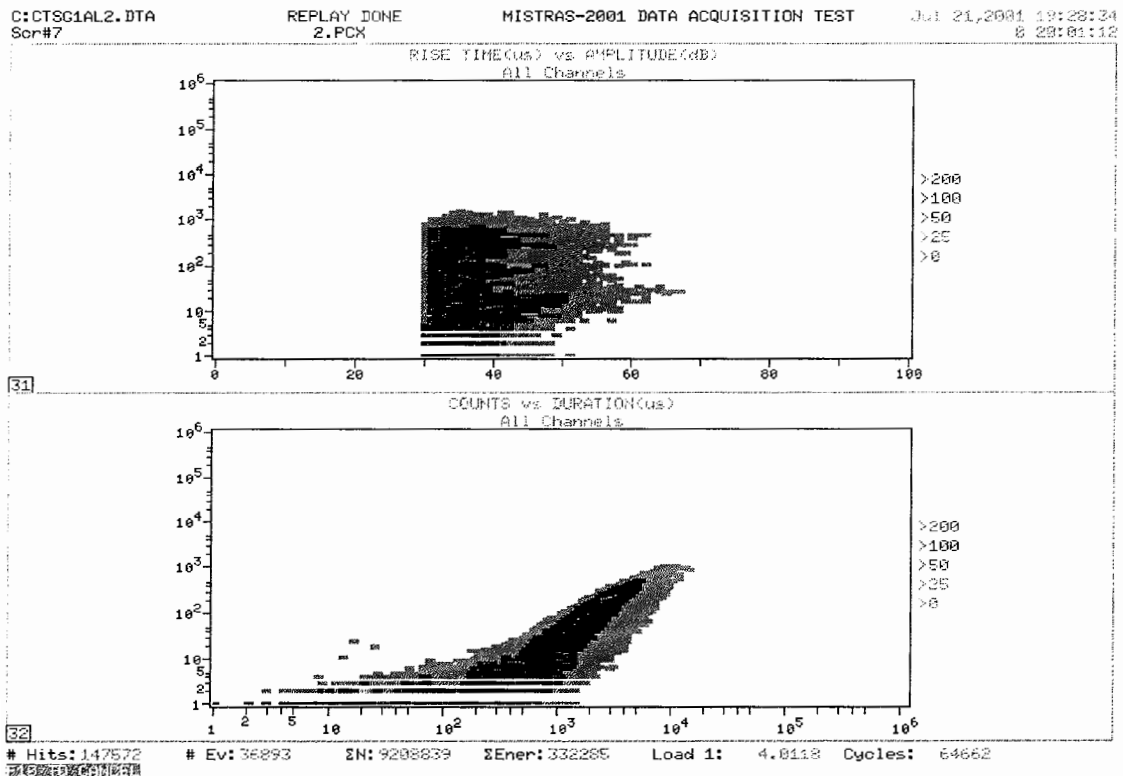
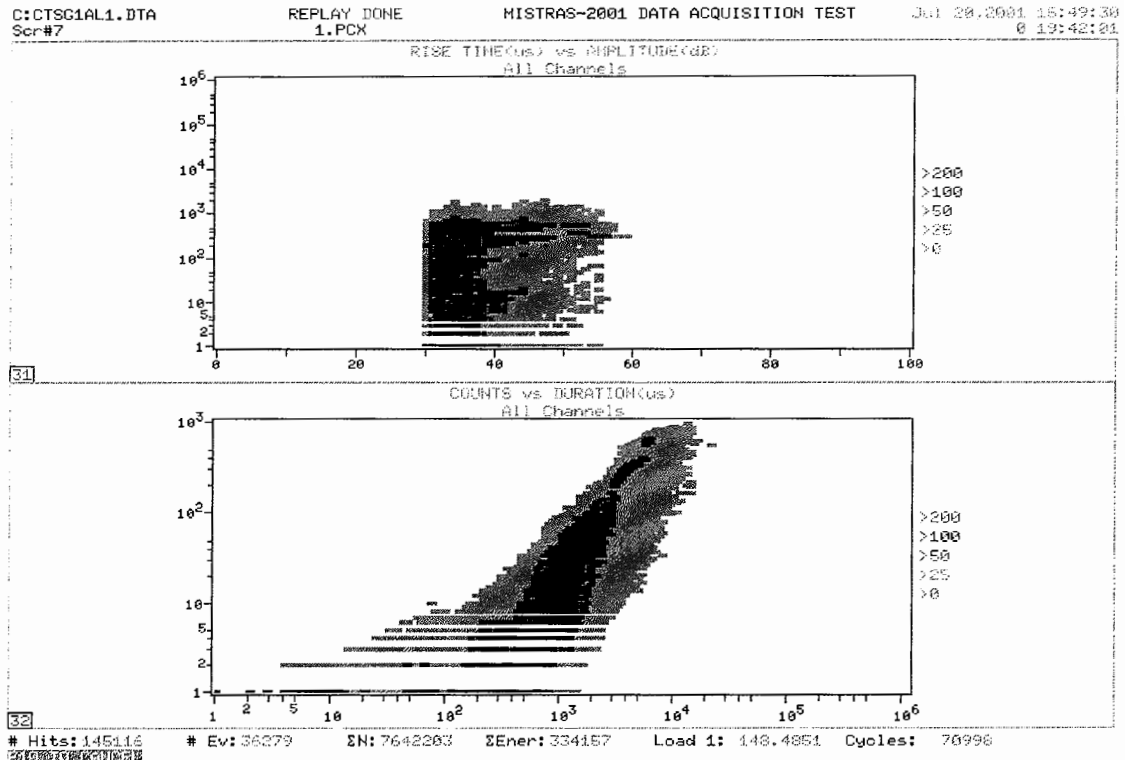
## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

جدول پ-۷- محدوده پارامترهای گروه سوم سیگنالهای پخش آوا برای نمونه‌های آزمایشی

گروه سوم				پرونده	نمونه
زمان صعود ( $10^3 \times$ ثانیه)	دامنه (دسیبل)	شماره‌ها (عدد)	مدت ( $10^3 \times$ ثانیه)		
۰-۱۰۰۰	۳۰-۴۰	۱-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰۰	۱	CTSG1
۰-۲۰۰	۳۰-۴۰	۱-۳۰	۵-۱۰۰۰	۲	
۰-۴۰۰	۳۰-۵۰	۱۰۰-۲۰۰	۱۰۰۰-۳۰۰۰	۳	
۰-۲۰۰	۳۰-۴۰	۱-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰۰	۴	
۰-۱۰۰۰	۳۰-۴۰	۳۰-۲۰۰	۱۰۰۰-۳۰۰۰	۱	CTSG2
۲۰-۵۰۰	۳۰-۴۰	۳۰-۵۰	۵۰۰-۲۰۰۰	۲	
۰-۲۰۰	۳۰-۵۰	۱-۱۰ ۲۰۰-۴۰۰	۴۰-۲۰۰ ۱۰۰۰-۳۰۰۰	۳	
-----	-----	-----	-----	۱	SG1
-----	-----	-----	-----	۲	
۰-۲۰	۳۰-۴۰	۱-۴ ۲۰-۵۰	۰-۵۰ ۲۰۰۰-۳۰۰۰	۳	
۱۰-۱۰۰	۳۰-۴۵	۵۰-۵۰۰	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰	۴	
۱۰-۱۰۰	۳۰-۴۰	۱-۱۰۰	۱۰-۵۰۰۰	۵	
۰-۱۰۰	۳۰-۴۵	۱-۱۰۰۰	۱۰-۱۰۰۰۰	۶	
۰-۱۰۰	۳۰-۵۰	۱-۵۰۰	۲۰-۱۰۰۰۰	۷	
۰-۱۰۰	۳۰-۵۰	۱-۱۰۰۰	۱۰-۲۰۰۰۰	۱	SG2
۰-۱۰۰	۳۰-۵۰	۱-۱۰۰۰	۱۰-۱۰۰۰۰	۲	
۰-۱۰۰	۳۰-۵۰	۱-۱۰۰۰	۱۰-۲۰۰۰۰	۳	



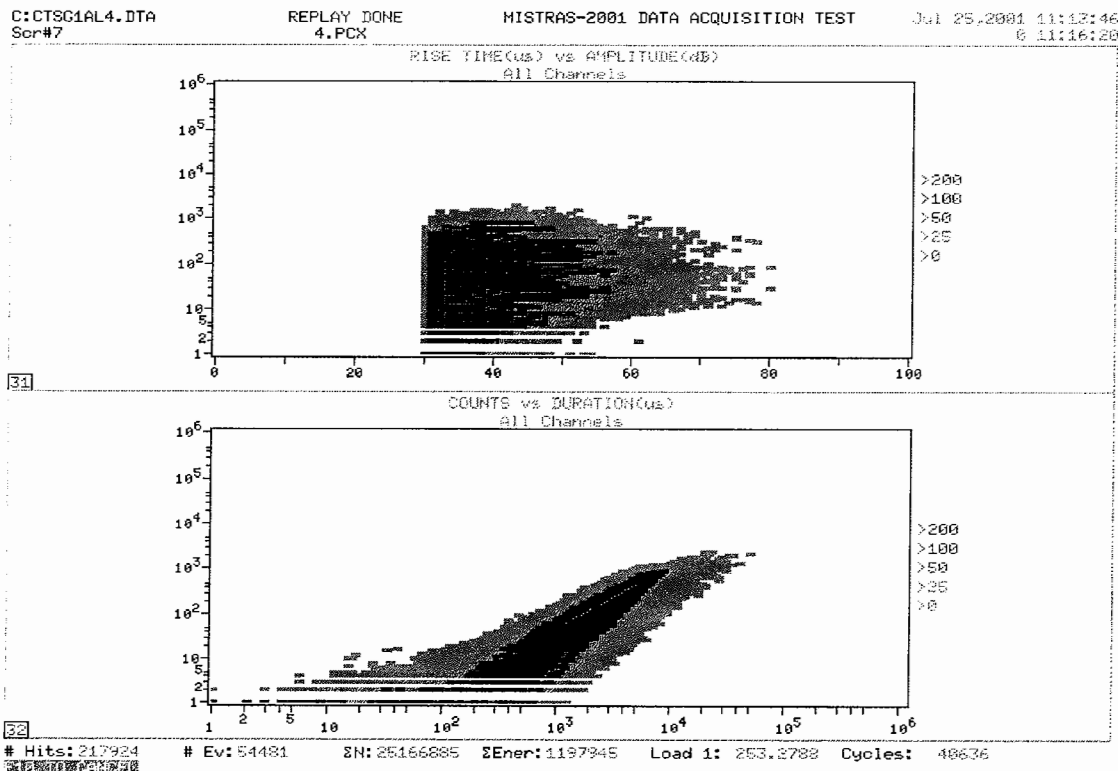
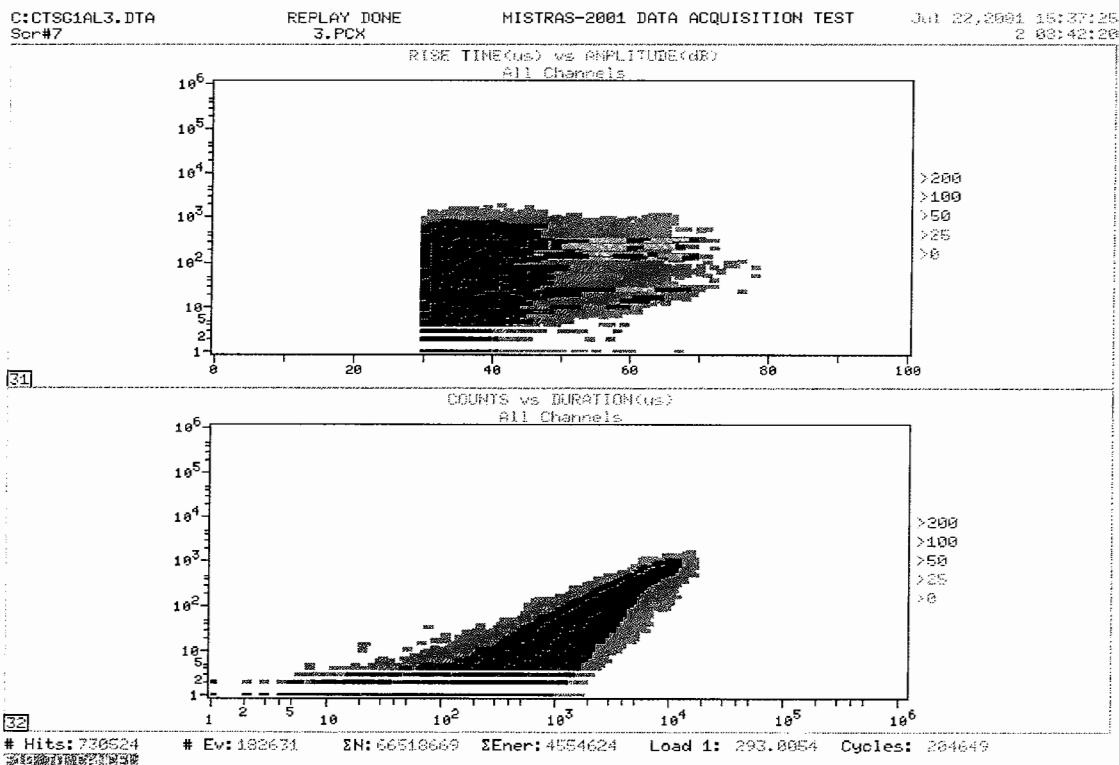
## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک



شکل پ- ۱ - الف - سیگنالهای گروه اول، پرونده‌های شماره ۱ و ۲، برای نمونه کششی فشرده CTSG1



ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

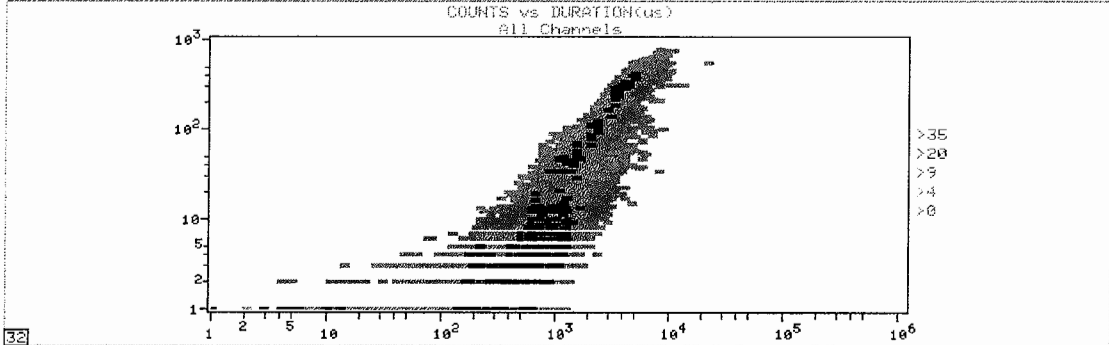
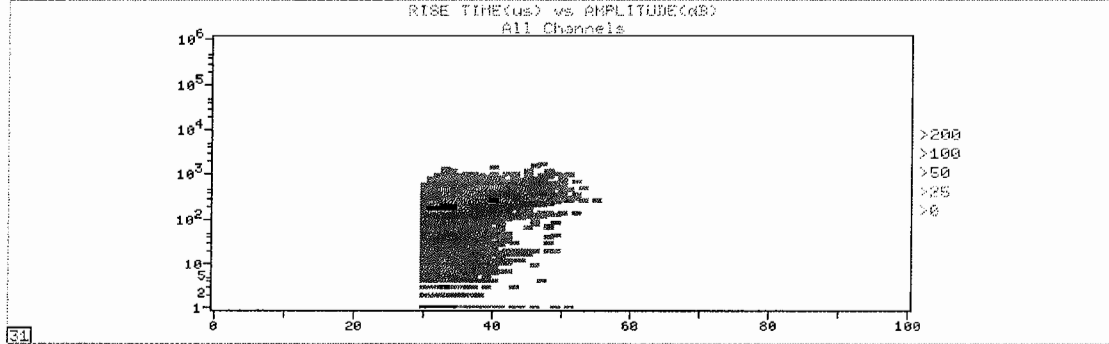


شکل پ-۱ - ب - سیگنالهای گروه اول، پرونده‌های شماره ۳ و ۴، برای نمونه کششی فشرده CTSG1



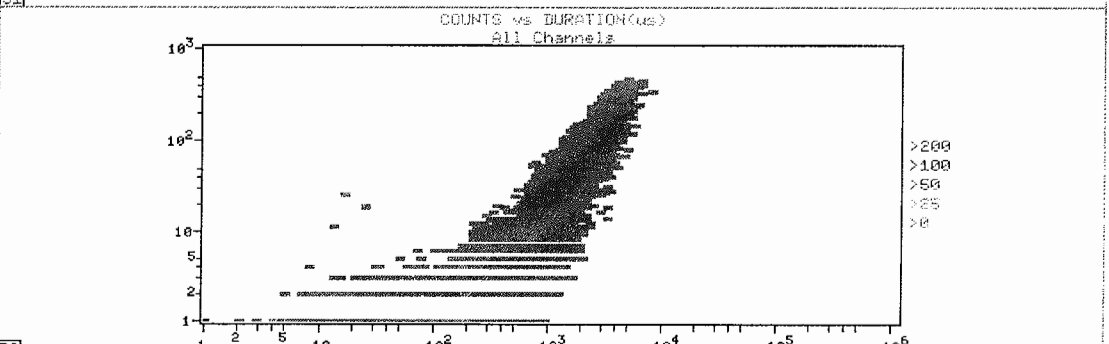
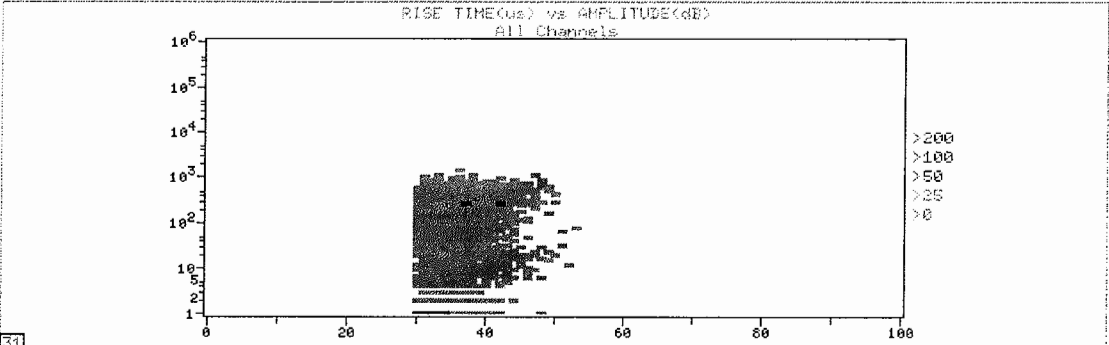
ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

C:\CSG110M1.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Jul 20, 2001 15:49:30  
 Scr#7 10MM1.PCX 0 19:42:01



# Hits: 9512 # Ev: 2379 ΣN: 556702 ΣEner: 23905 Load 1: 148.4851 Cycles: 70998

C:\CSG110M2.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Jul 21, 2001 19:38:34  
 Scr#7 10MM2.PCX 0 20:01:12

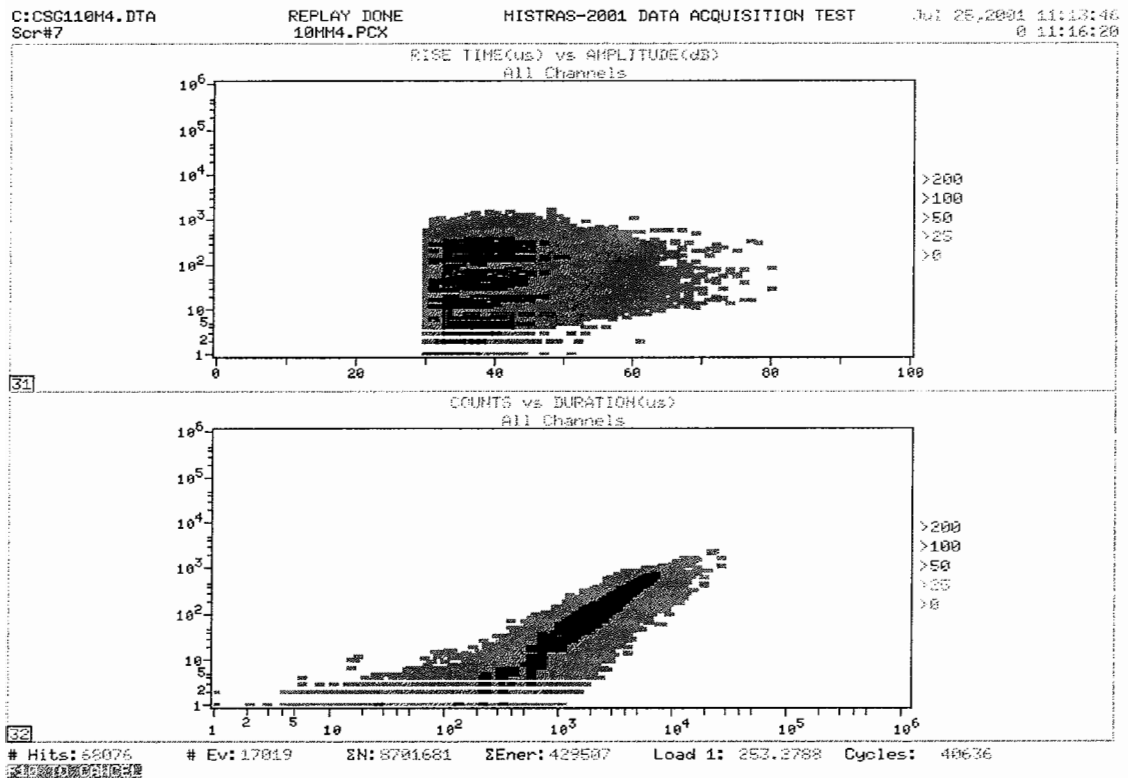
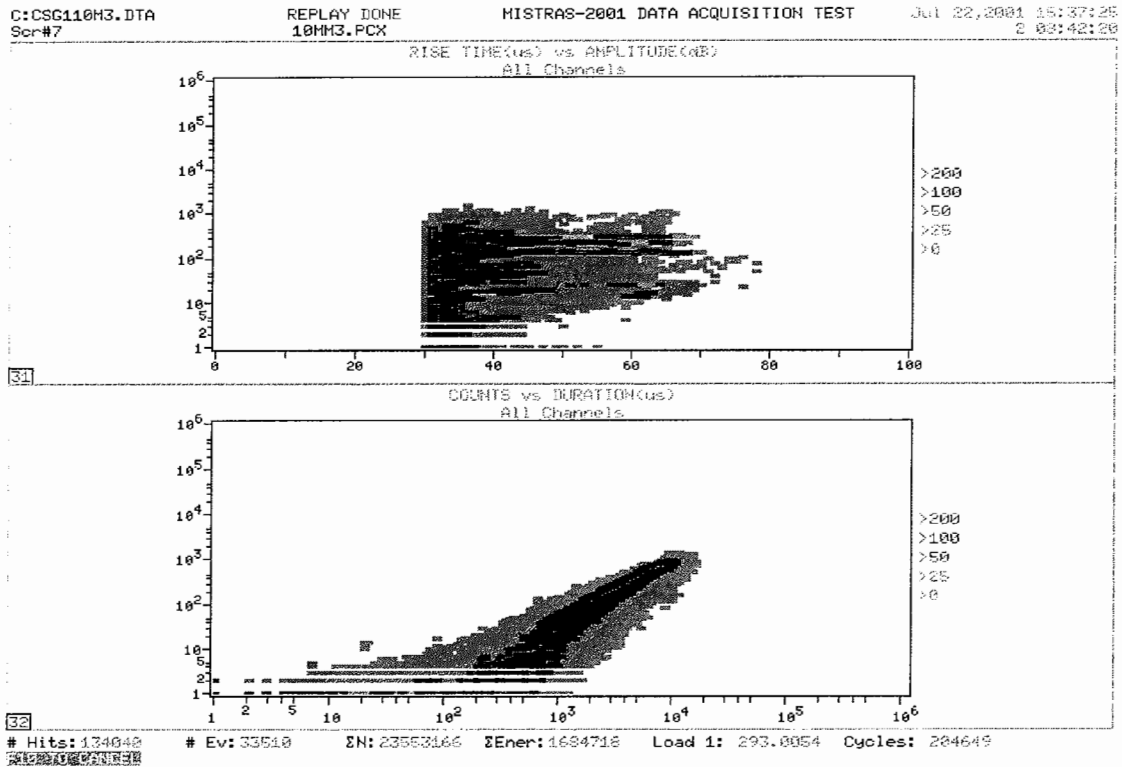


# Hits: 7700 # Ev: 1926 ΣN: 362895 ΣEner: 13376 Load 1: 4.0113 Cycles: 54662

شکل پ-۲ - الف - سیگنالهای گروه دوم، پروندههای شماره ۱ و ۲، برای نمونه کششی فشرده CTSG1



ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

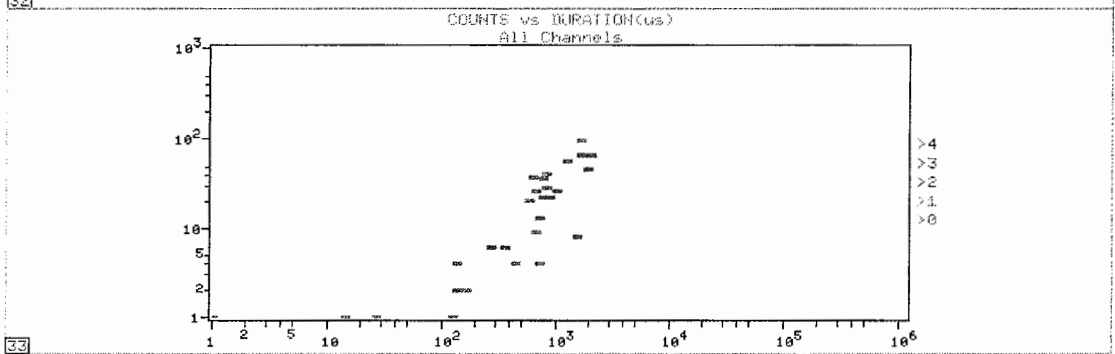
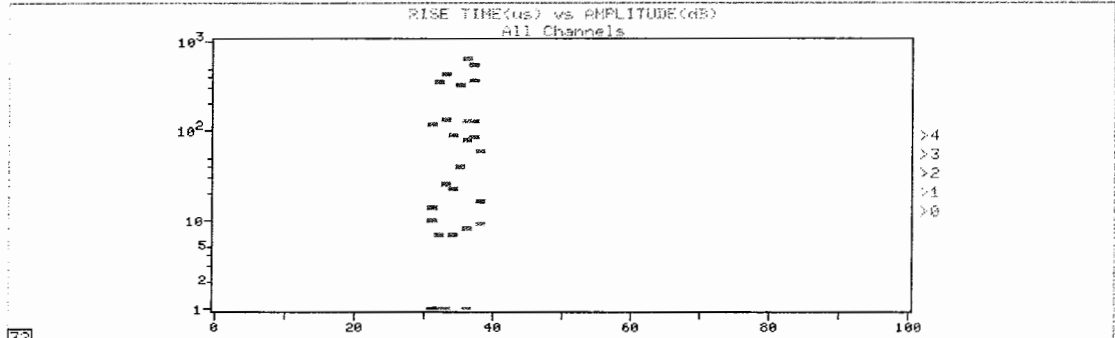


شکل پ-۲ - ب - سیگنالهای گروه دوم، پرونده‌های شماره ۳ و ۴، برای نمونه کششی فشرده CTSG1



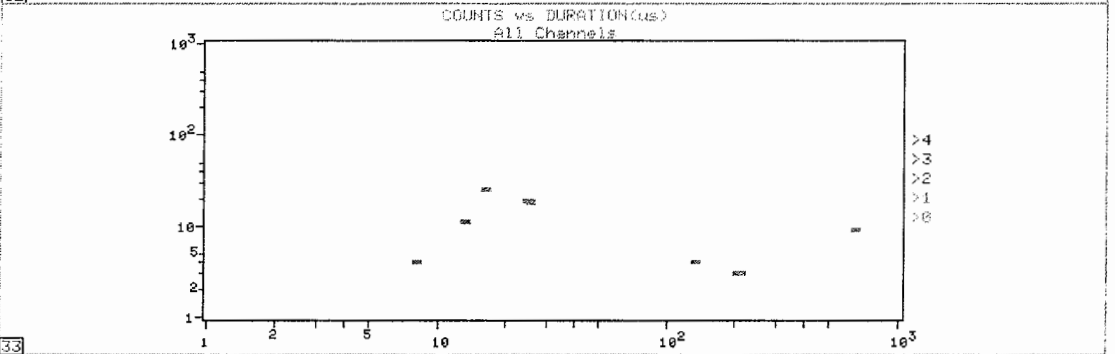
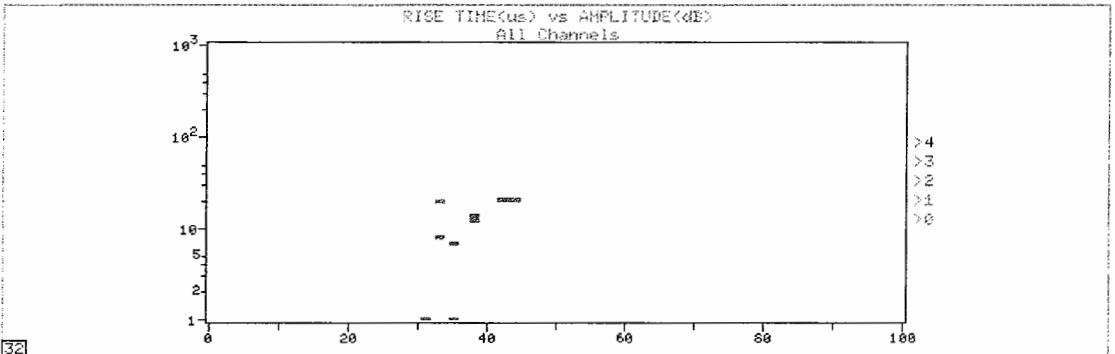
ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

C:\FCSG110N.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Jul 20, 2001 15:49:30  
 Scr#6 F10HM1.PCX 0 19:42:01



# Hits: 31 # Ev: 7 ΣN: 719 ΣEner: 22 Load 1: 5.9165 Cycles: 70996

C:\FCSG110N.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Jul 21, 2001 19:28:74  
 Scr#6 F10HM2.PCX 0 20:01:12



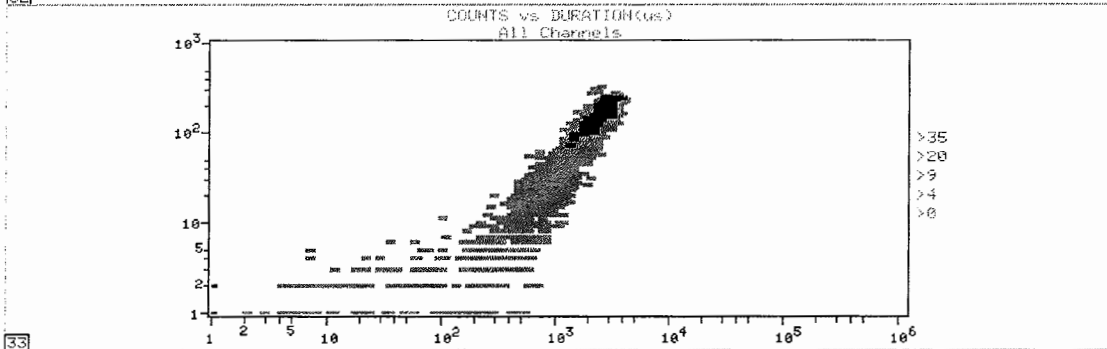
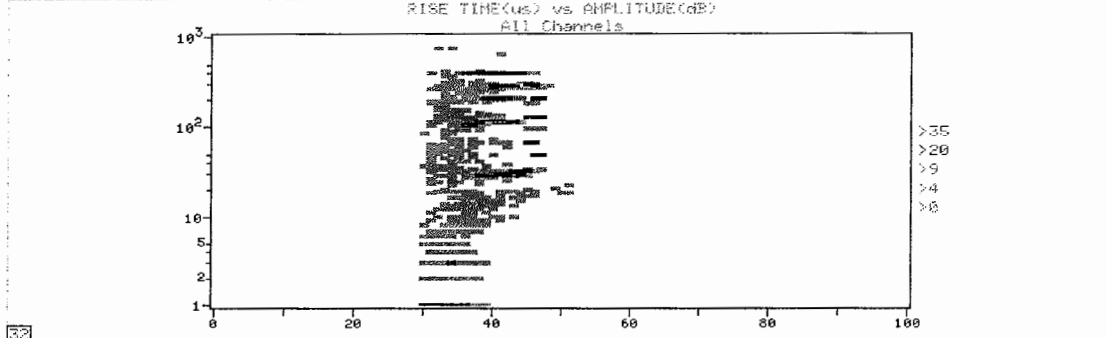
# Hits: 12 # Ev: 3 ΣN: 159 ΣEner: 0 Load 1: 0.1597 Cycles: 64662

شکل پ-۳ - الف - سیگنالهای گروه سوم، پرونده‌های شماره ۱ و ۲، برای نمونه کششی فشرده CTSG1



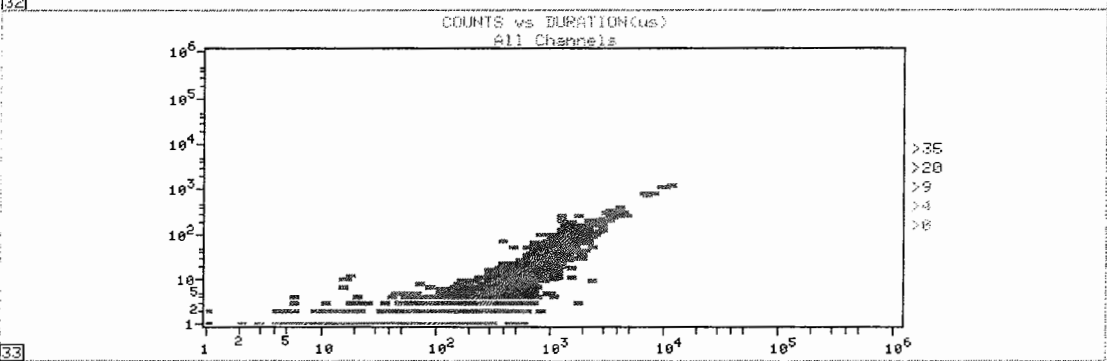
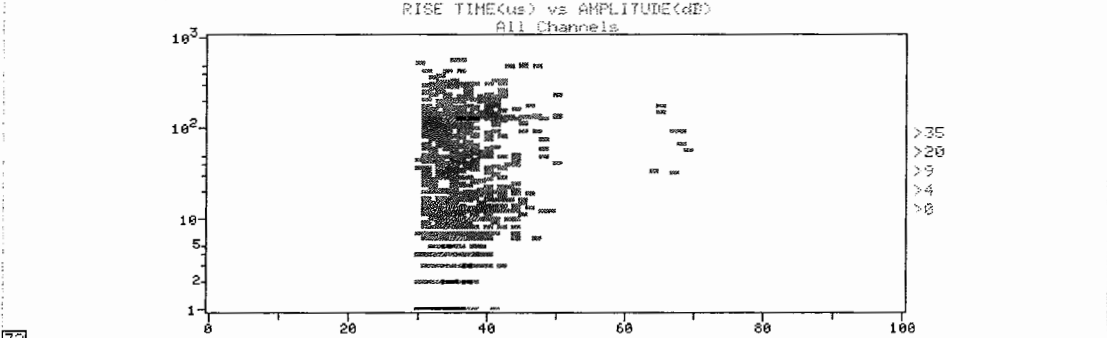
ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

C:\FCSC1100.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Jul 22, 2001 15:37:25  
Scr#6 F10MH3.PCX 2 00:42:28



# Hits: 2294 # Ev: 723 ΣN: 210108 ΣEner: 11489 Load 1: 11.6632 Cycles: 204649

C:\FCSC1100.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Jul 25, 2001 11:13:46  
Scr#6 F10MH4.PCX 8 11:16:20



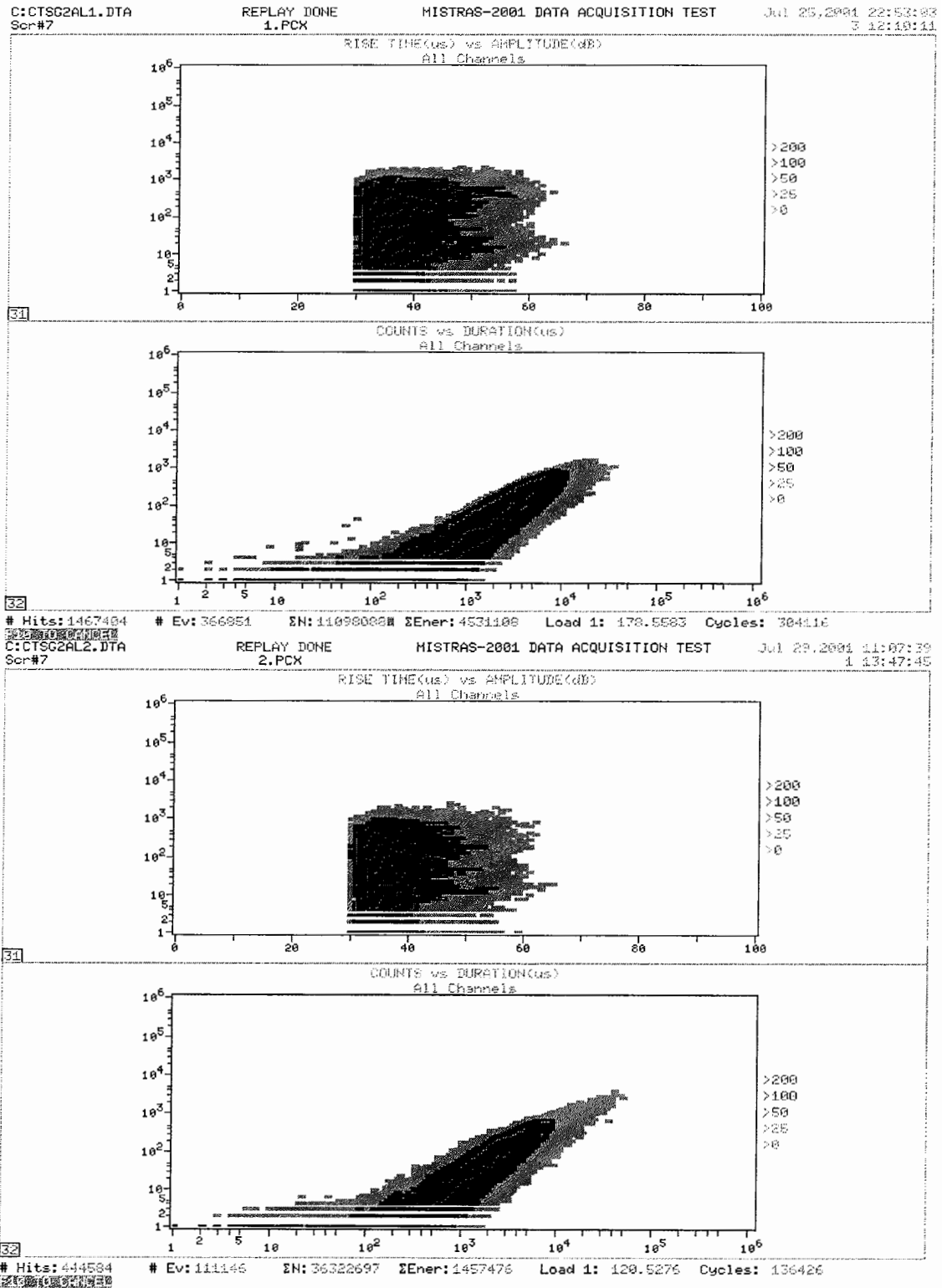
# Hits: 1476 # Ev: 369 ΣN: 47618 ΣEner: 2017 Load 1: 10.8818 Cycles: 40636

شکل پ-۳ - ب - سیگنالهای گروه سوم، پرونده‌های شماره ۳ و ۴، برای نمونه کششی فشرده CTSG1





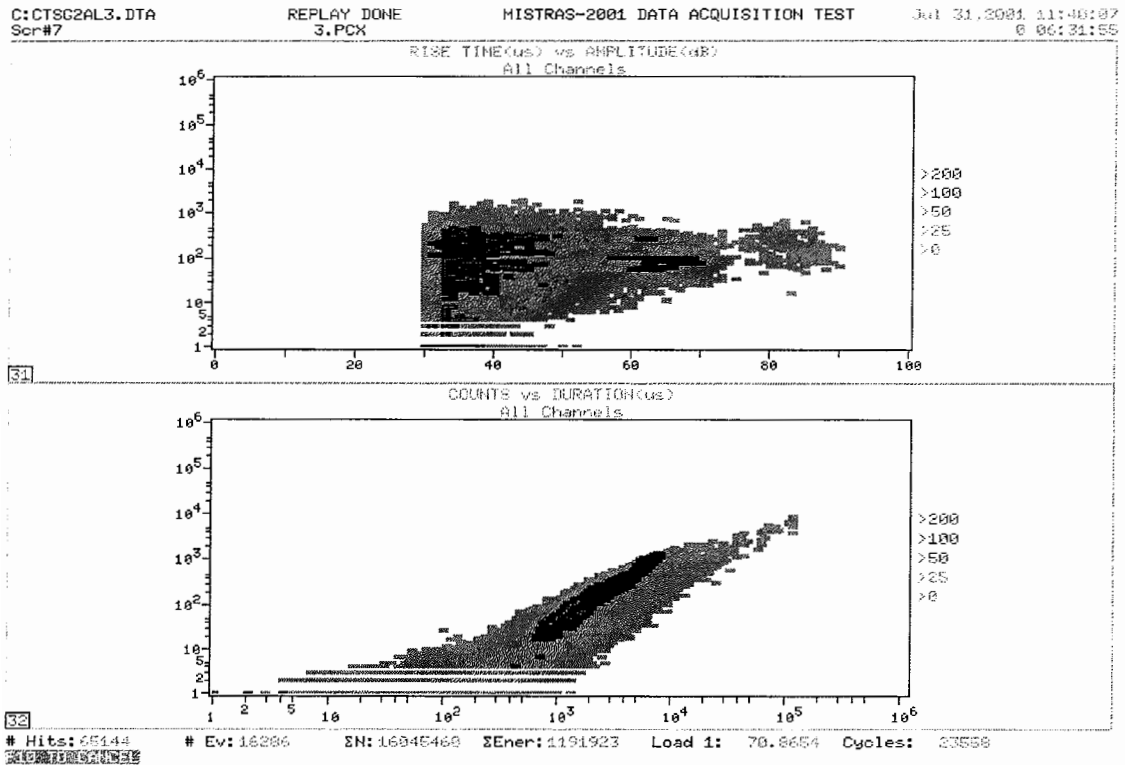
ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک



شکل پ-۴ - الف - سیگنالهای گروه اول، پرونده‌های شماره ۱ و ۲، برای نمونه کششی فشرده CTSG2



## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

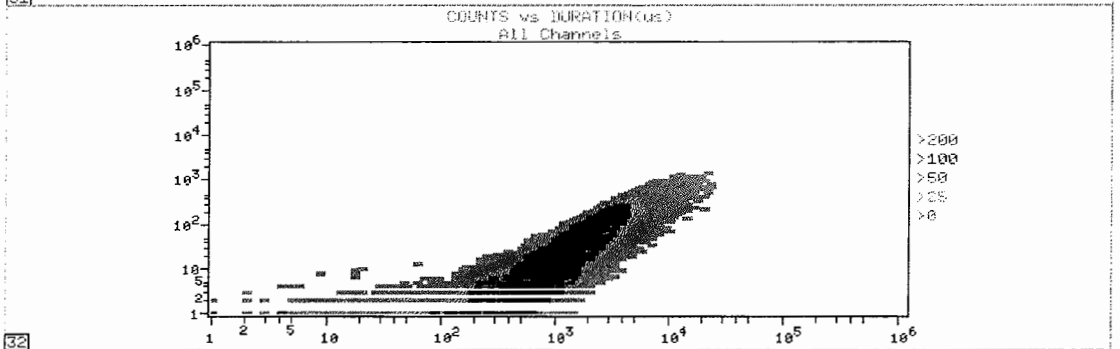
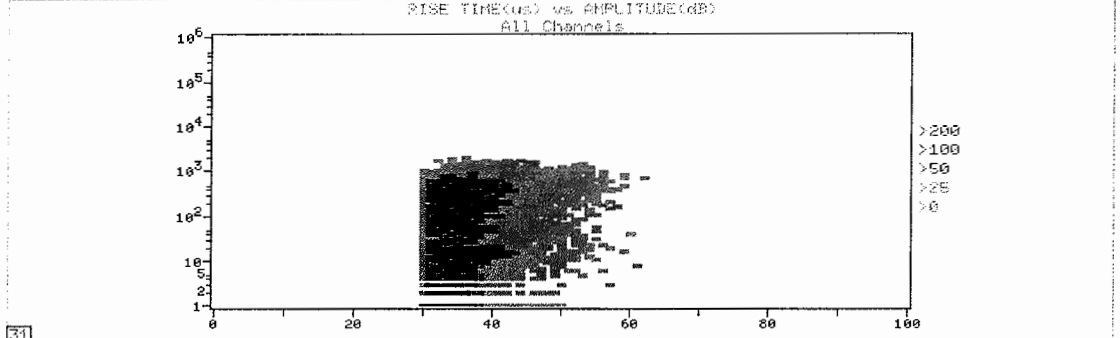


شکل پ-۴ -ب- سیگنالهای گروه اول، پرونده شماره ۳، برای نمونه کششی فشرده CTSG2



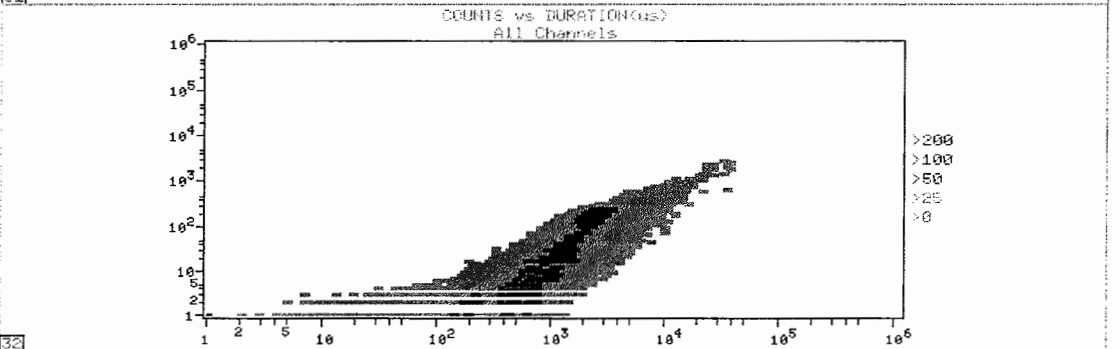
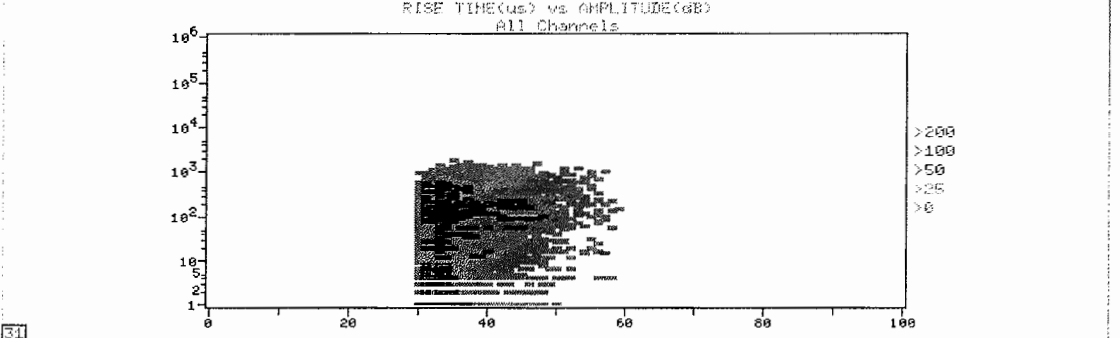
ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

C:\CSG2110M.DTA      REPLAY DONE      MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST      Jul 25, 2001 22:53:03  
 Scr#7      10MH1.PCX      ? 12:10:11



# Hits: 103276    # Ev: 25019    ΣN: 5241295    ΣEner: 223523    Load 1: 170.5583    Cycles: 304116

C:\CSG2210M.DTA      REPLAY DONE      MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST      Jul 29, 2001 11:07:39  
 Scr#7      10MH2.PCX      1 13:47:45

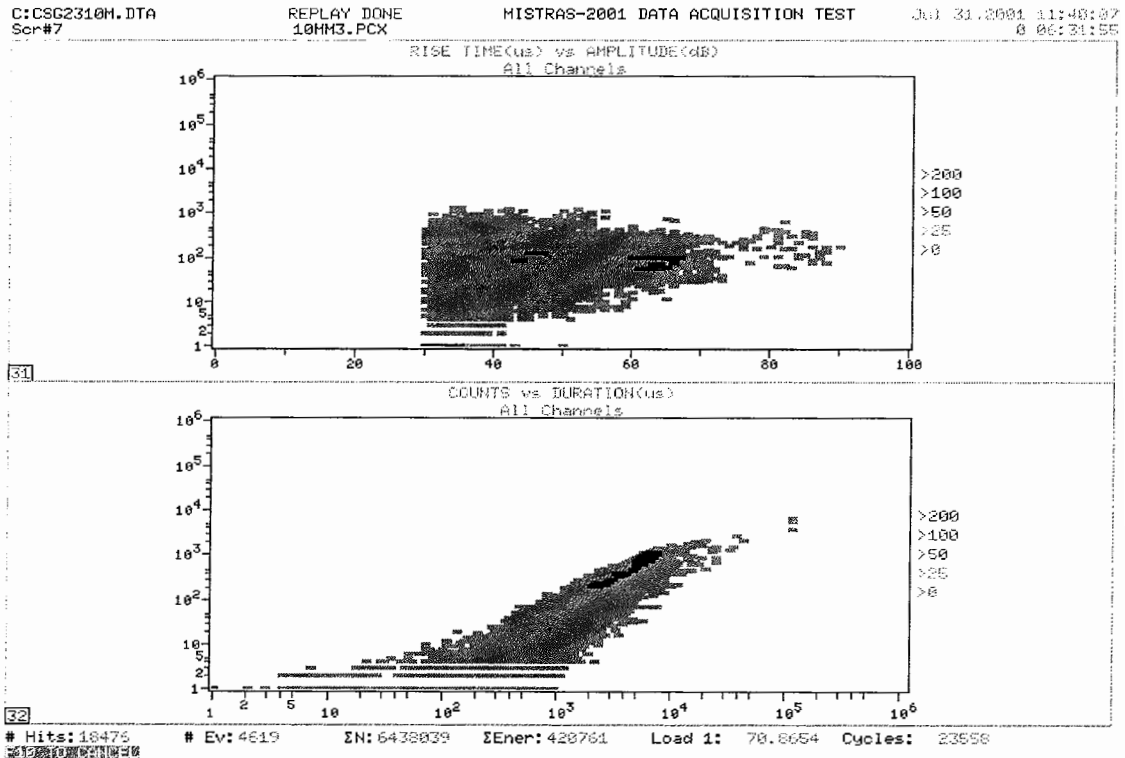


# Hits: 45956    # Ev: 11409    ΣN: 3233527    ΣEner: 123100    Load 1: 120.5276    Cycles: 136426

شکل پ-۵ - الف - سیگنالهای گروه دوم، پرونده‌های شماره ۱ و ۲، برای نمونه کششی فشرده CTSG2



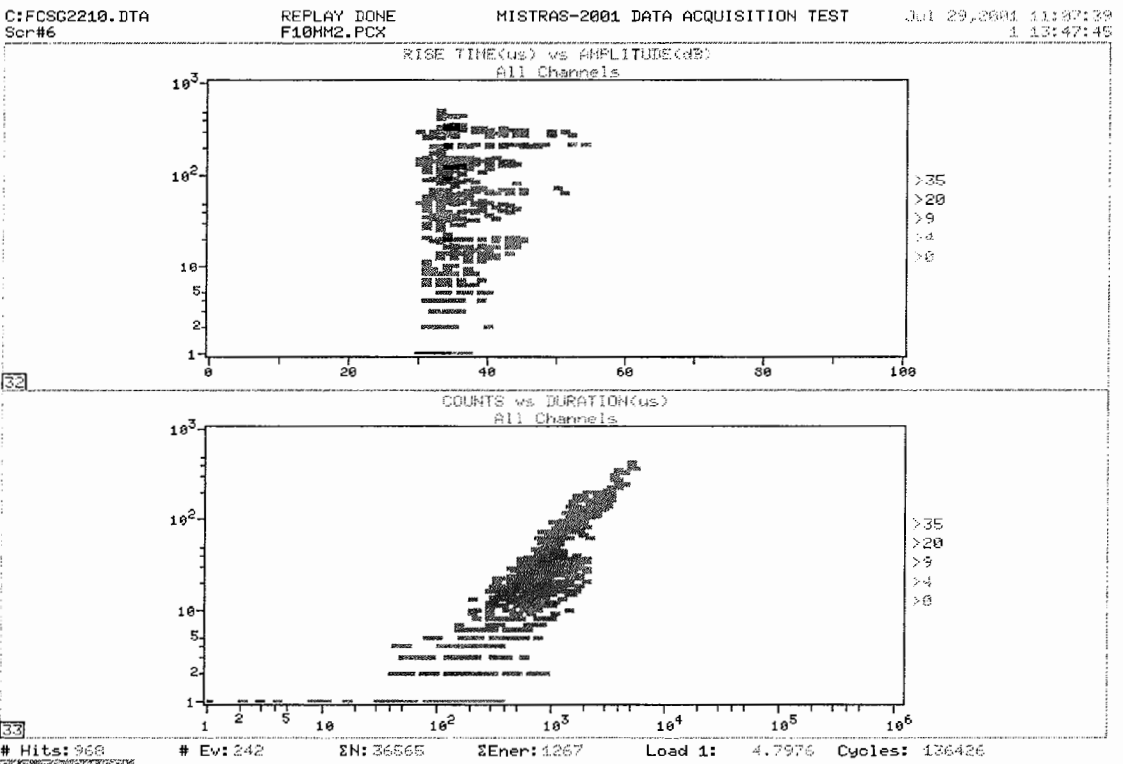
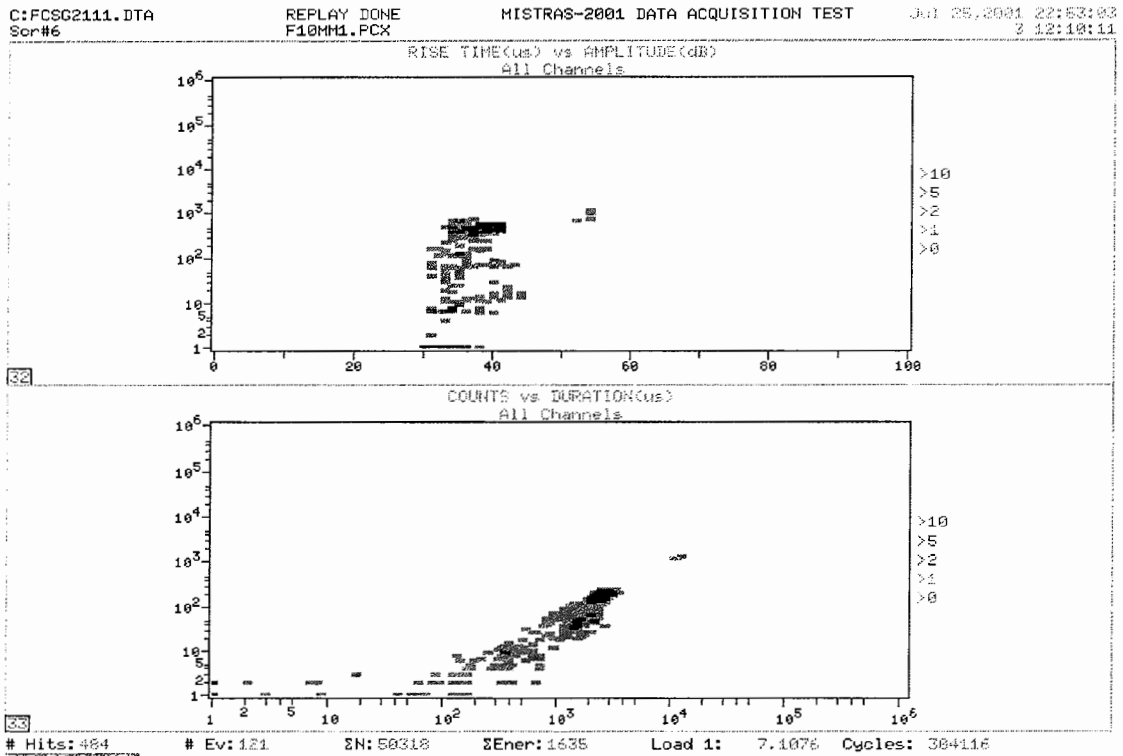
## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک



شکل پ-۵ ب- سیگنالهای گروه دوم، پرونده شماره ۳، برای نمونه کششی فشرده CTSG2



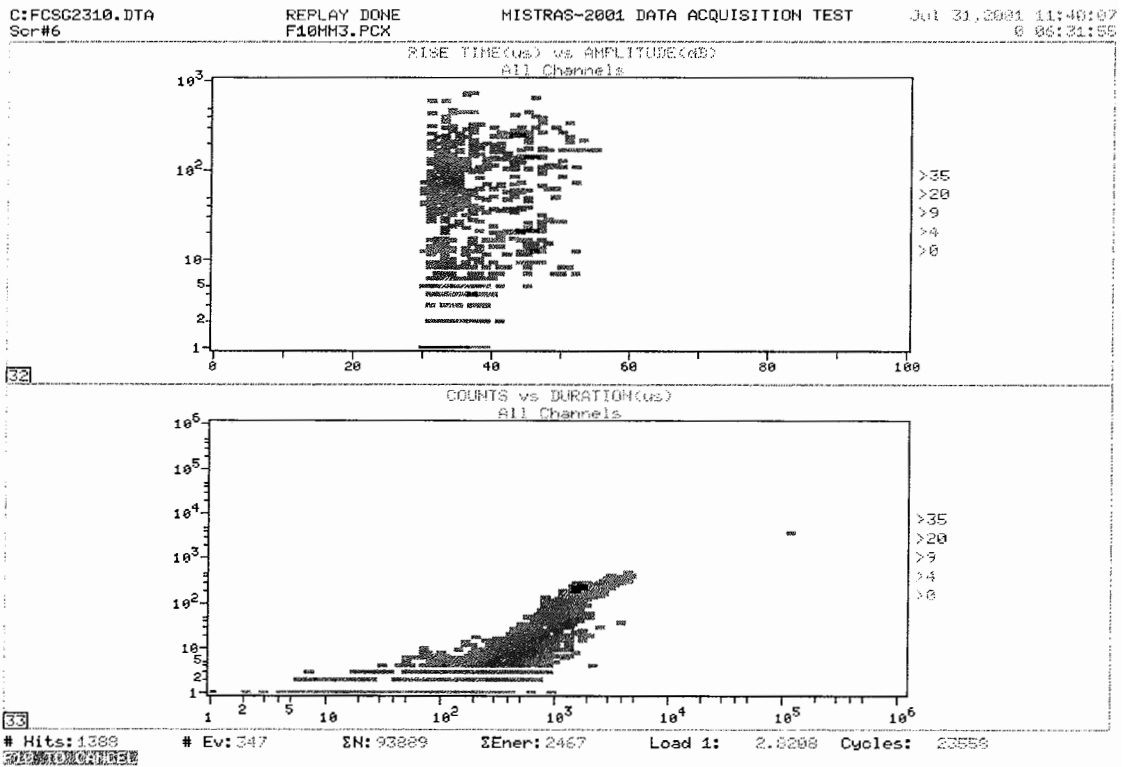
ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک



شکل پ-۶- الف - سیگنالهای گروه سوم، پرونده‌های شماره ۱ و ۲، برای نمونه کششی فشرده CTSG2



ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

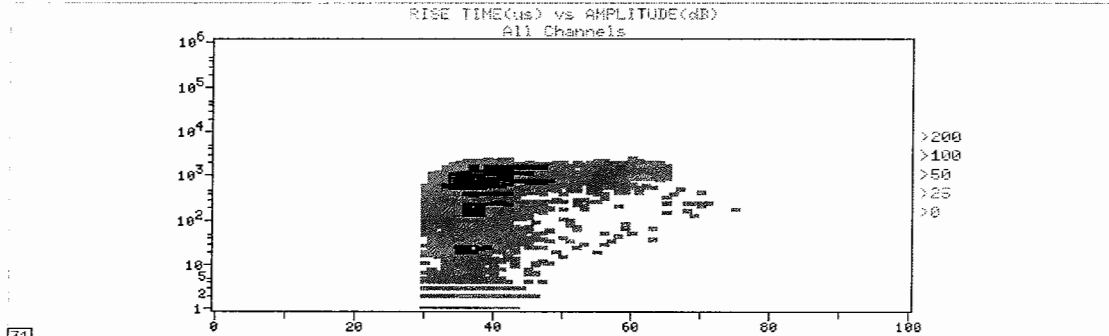


شکل پ-۶-ب- سیگنالهای گروه سوم، پرونده شماره ۳، برای نمونه کششی فشرده CTSG2

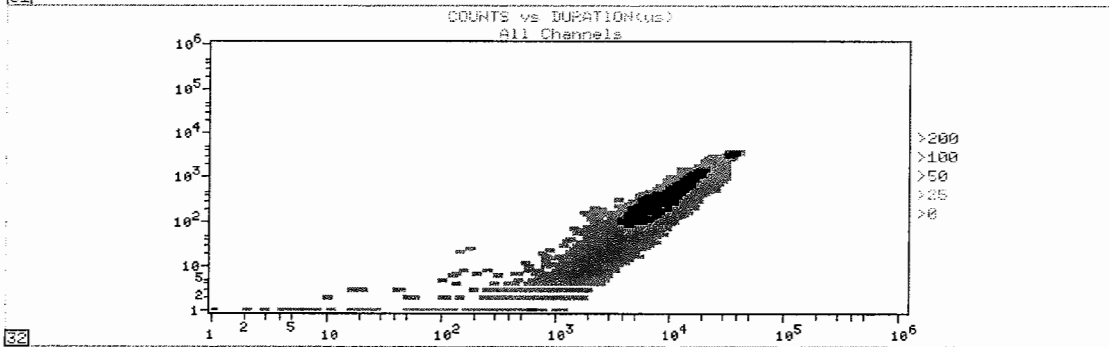


ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

C:\SB1SL1.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 3, 2001 17:12:23  
 Scr#7 L1.PCX All Channels



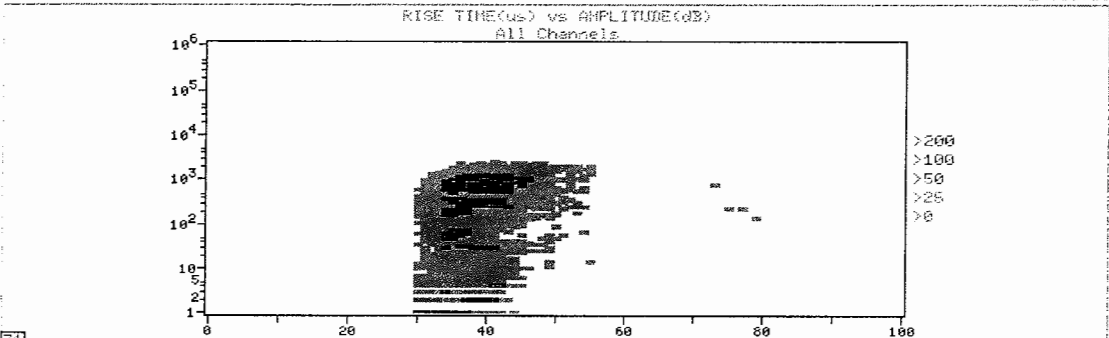
31



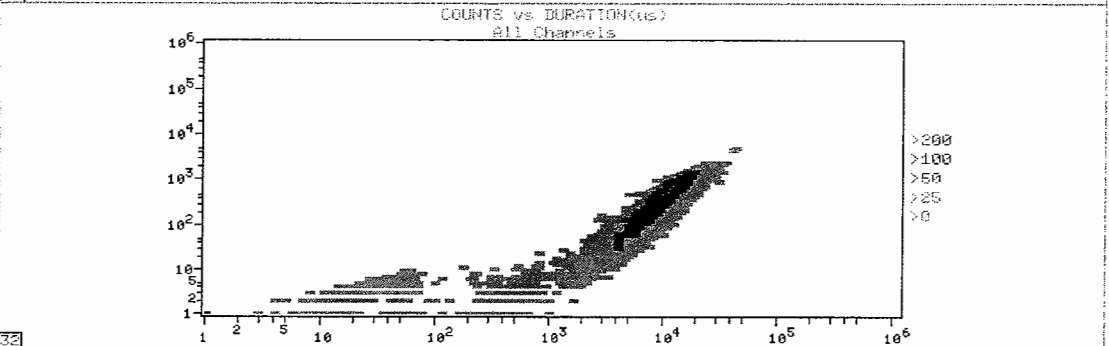
32

# Hits: 32989 # Ev: 8247 ΣN: 1451664 ΣEner: 891919 Load 1: -58.6463 Cycles: 49444

C:\SB1SL2.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 4, 2001 04:21:03  
 Scr#7 L2.PCX All Channels



31



32

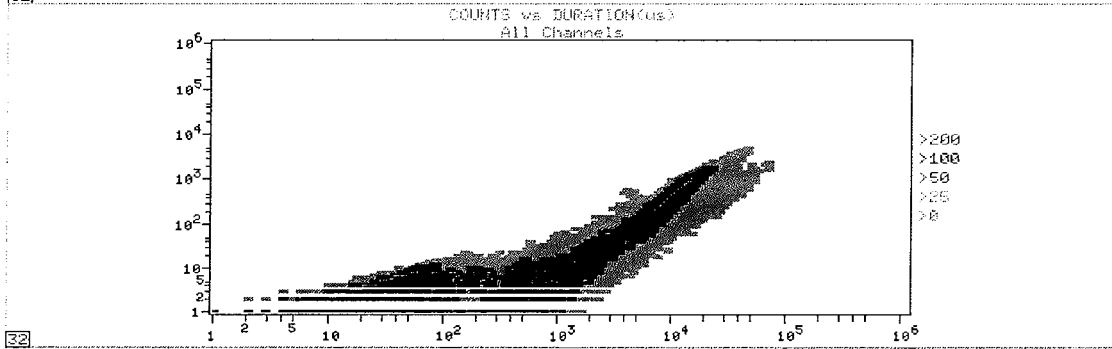
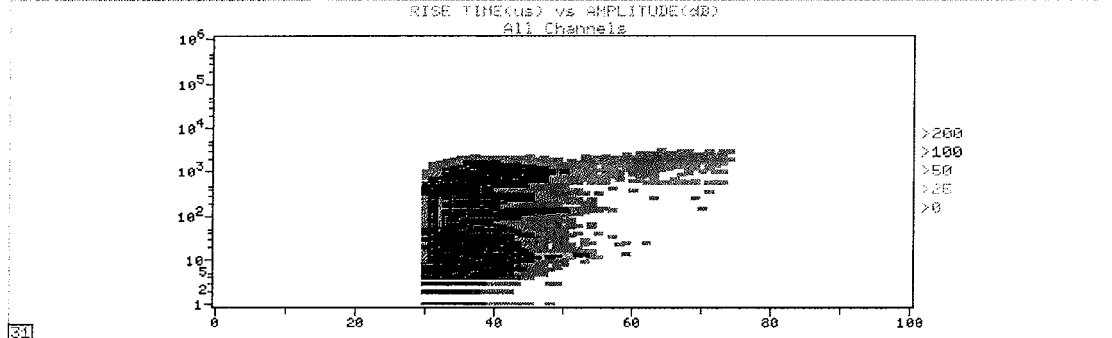
# Hits: 42334 # Ev: 18571 ΣN: 18390409 ΣEner: 818328 Load 1: -49.5055 Cycles: 79636

شکل پ-γ-الف - سیگنالهای گروه اول، پرونده‌های شماره ۱ و ۲، برای نمونه تیر ورق SG1

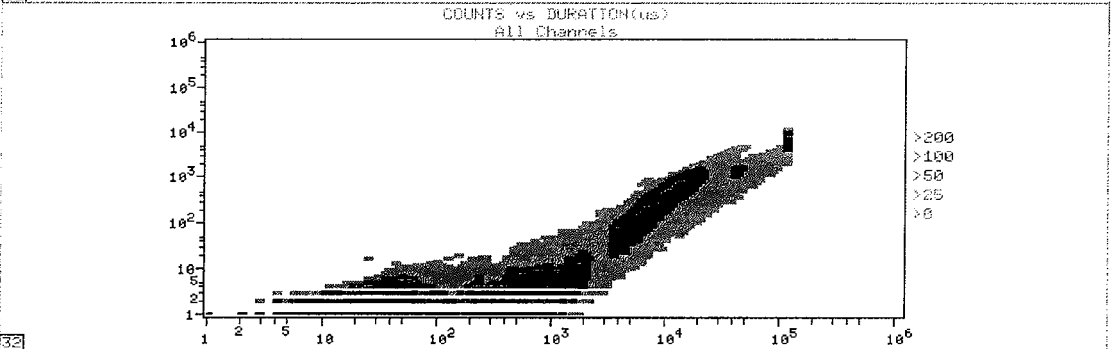
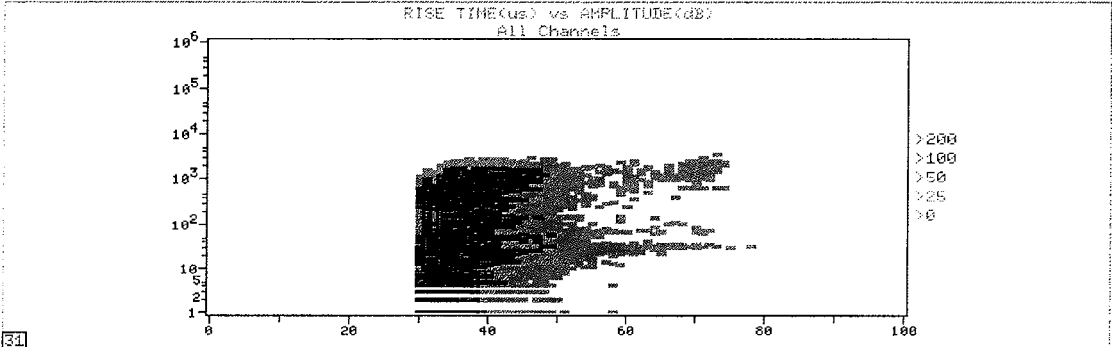


ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

C:\SB1SL3.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 4, 2001 19:07:56  
 Scr#7 L3.PCX All Channels 1 07:00:19



C:\SB1SL4.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 6, 2001 02:59:47  
 Scr#7 L4.PCX All Channels 1 00:39:28

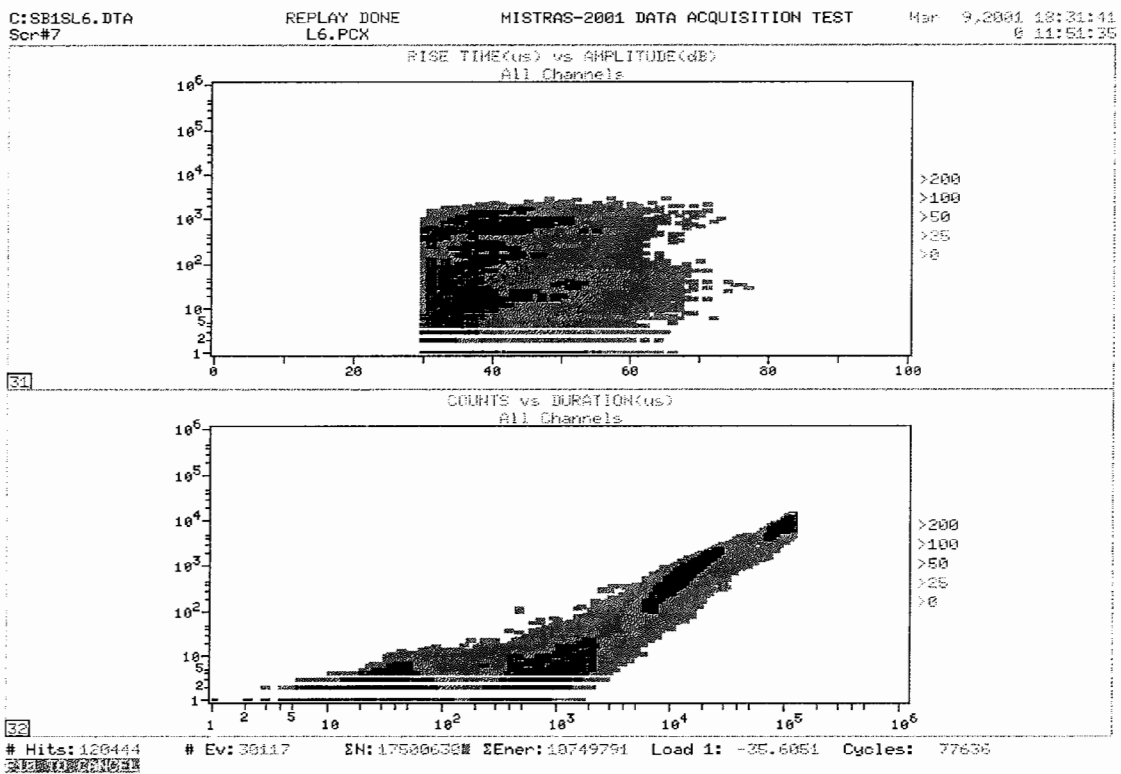
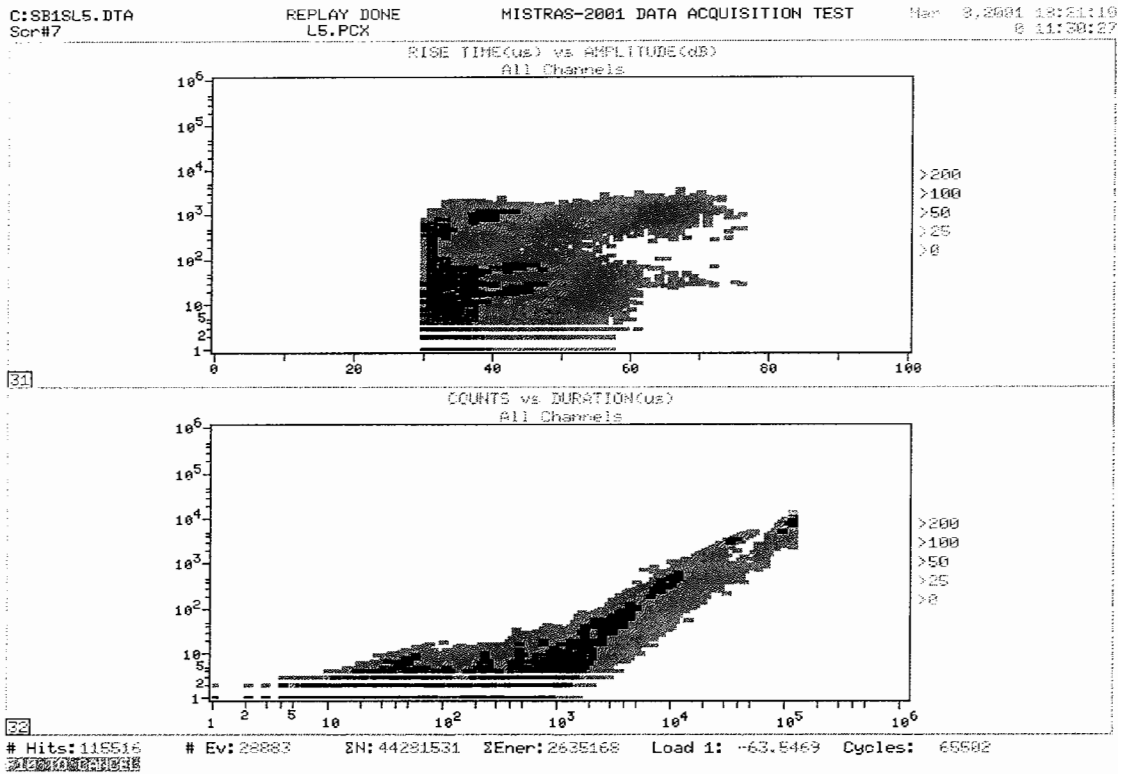


شکل پ-۷ - ب - سیگنالهای گروه اول، پرونده‌های شماره ۳ و ۴، برای نمونه تیر ورق SG1





ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

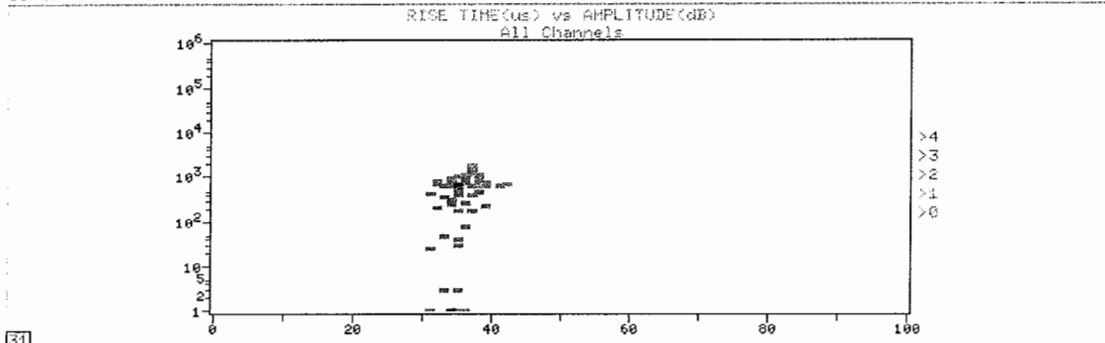


شکل پ-۷ ج - سیگنالهای گروه اول، پروندههای شماره ۵ و ۶، برای نمونه تیر ورق SG1

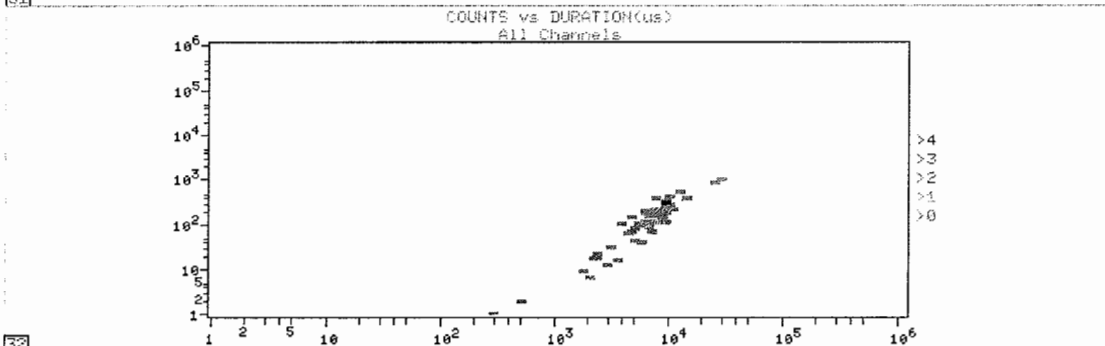


ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

C:\SB1120M.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 3, 2001 17:13:23  
 Sor#7 L20MM1.PCX 0 09:06:12



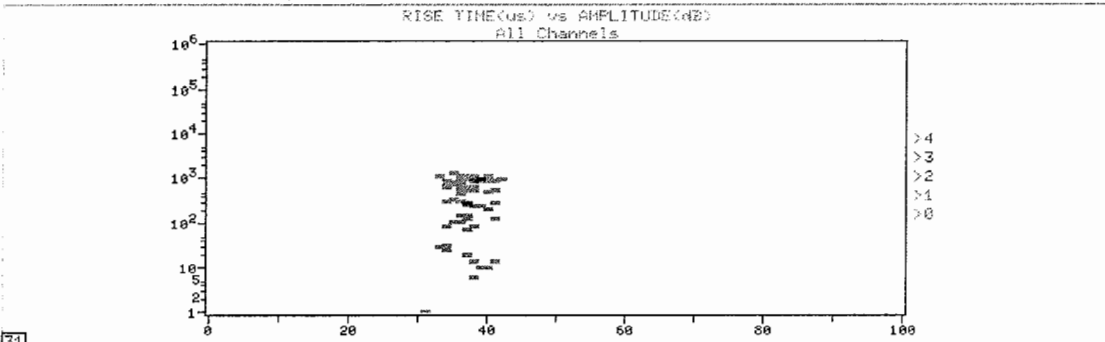
31



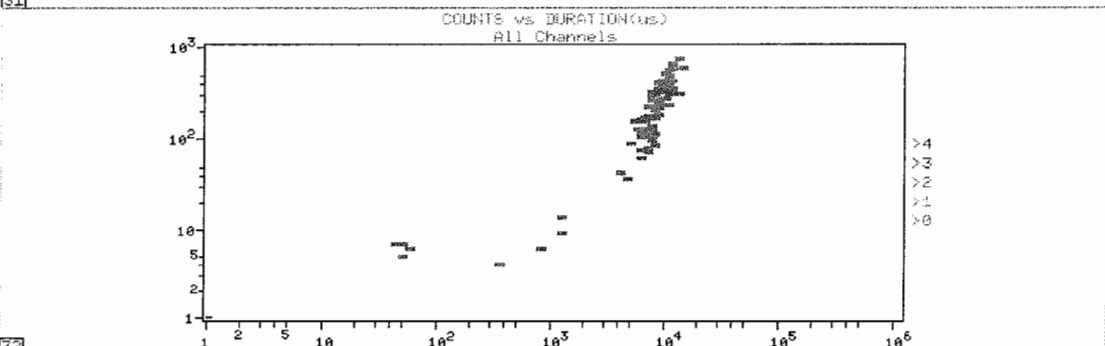
32

# Hits: 56 # Ev: 14 ΣN: 10310 ΣEner: 597 Load 1: -58.0463 Cycles: 49444

C:\SB1220M.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 4, 2001 04:21:03  
 Sor#7 L20MM2.PCX 0 14:28:30



34



33

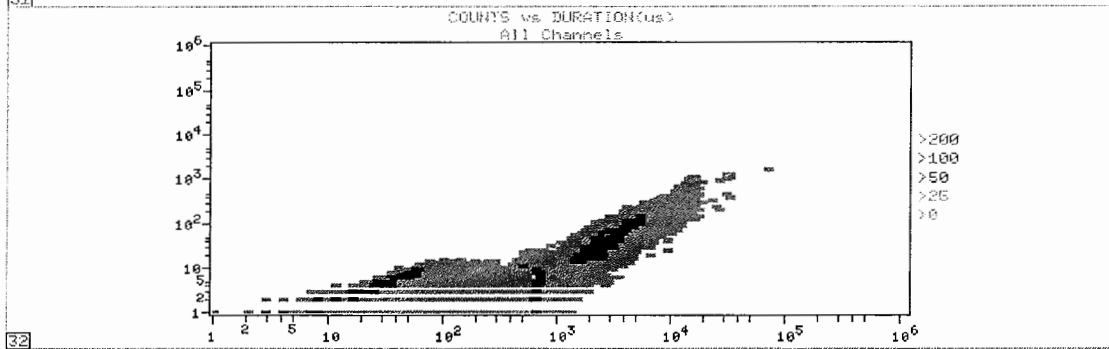
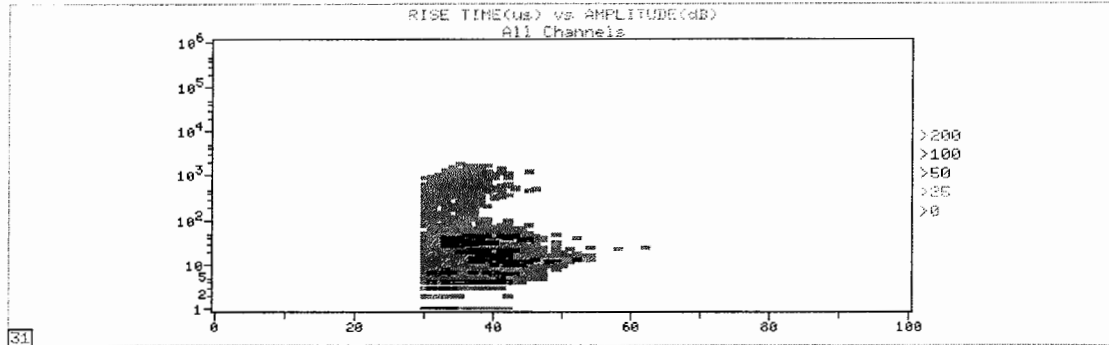
# Hits: 76 # Ev: 19 ΣN: 10497 ΣEner: 939 Load 1: -49.5055 Cycles: 79698

شکل پ-۸ - الف - سیگنالهای گروه دوم، پرونده‌های شماره ۱ و ۲، برای نمونه تیر ورق SG1

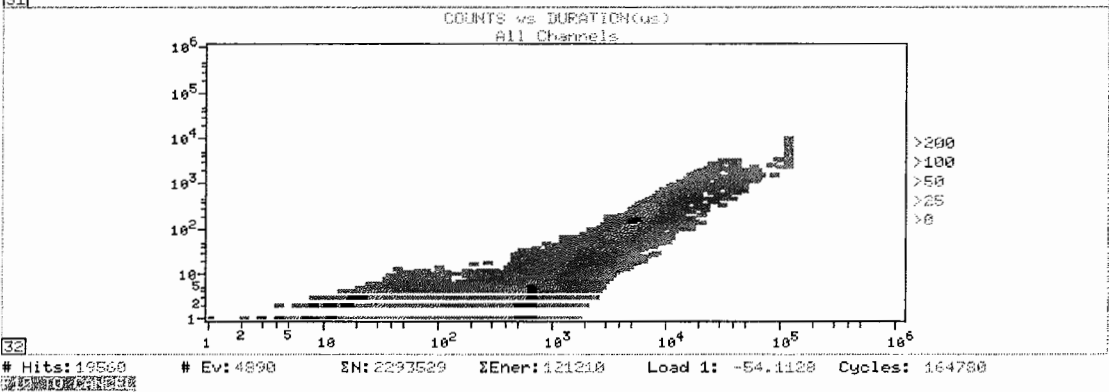
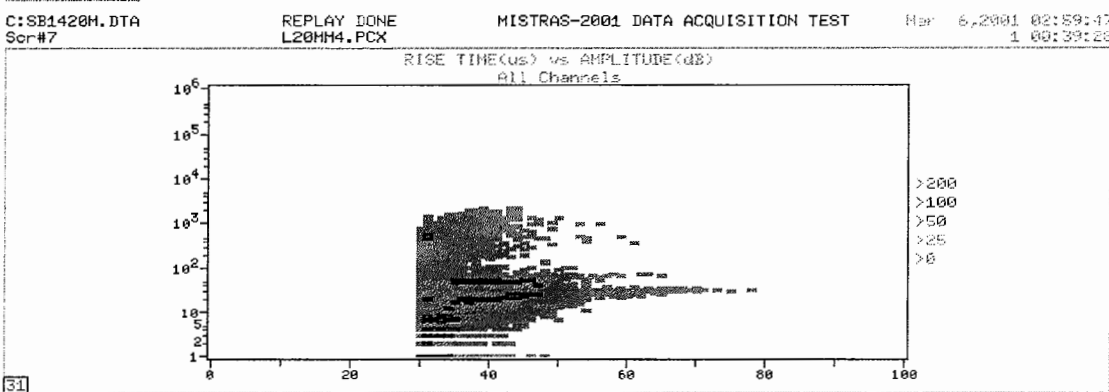


ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

C:\SB1320H.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 4, 2001 19:07:56  
 Scr#7 L20HH3.PCX 1 07:20:19



C:\SB1420H.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 6, 2001 02:59:47  
 Scr#7 L20HH4.PCX 1 00:39:28

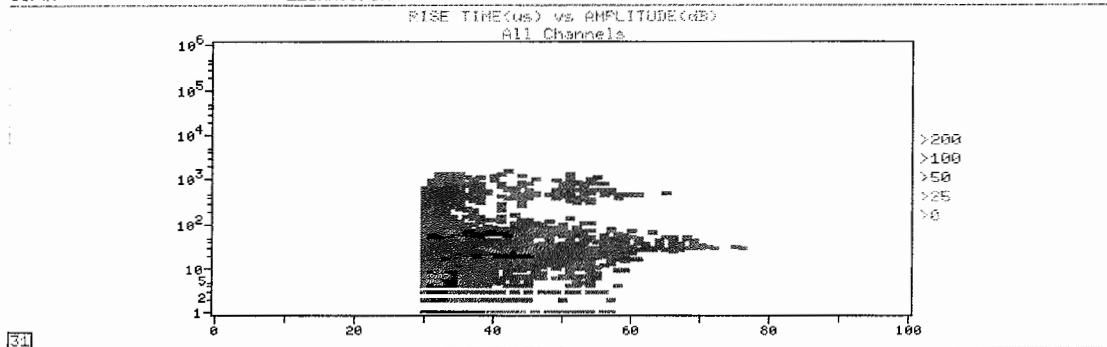


شکل پ-۸ - ب - سیگنالهای گروه دوم، پرونده‌های شماره ۳ و ۴، برای نمونه تیر ورق SG1

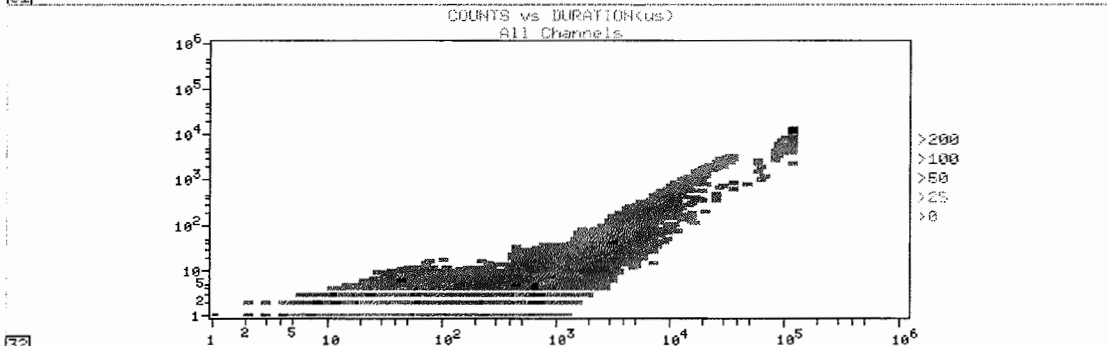


ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

C:\SB1520H.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 8, 2001 18:31:19  
 Scr#7 L20HH5.PCX 0 11:30:27



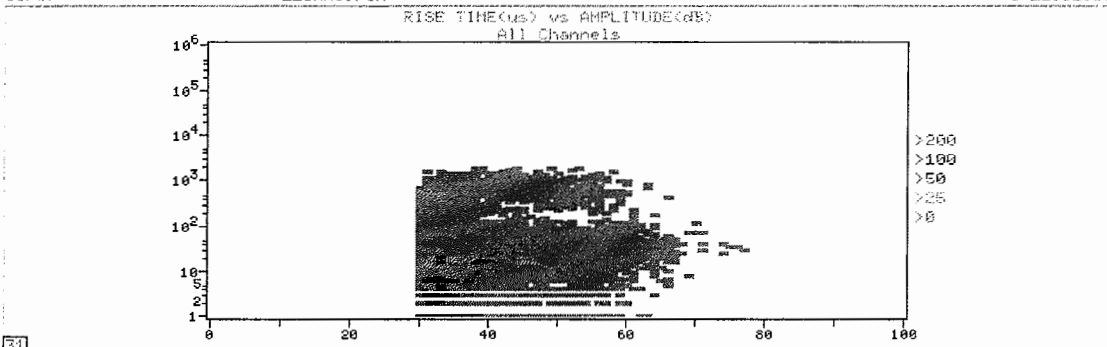
31



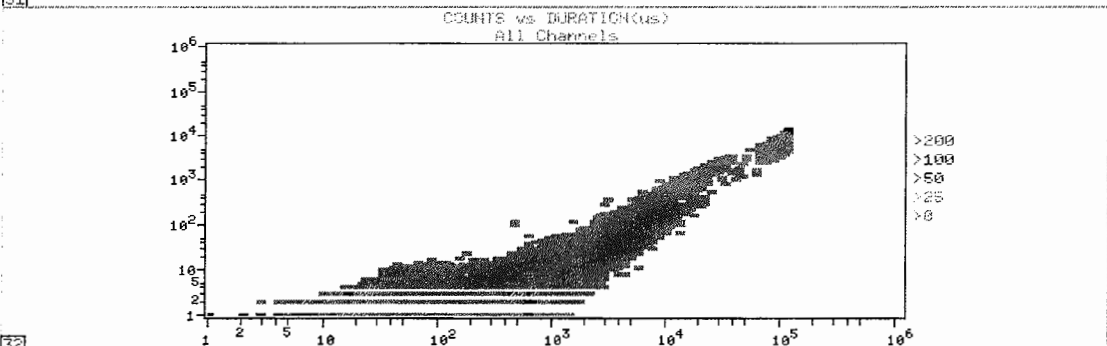
32

# Hits: 29368 # Ev: 7343 ΣN: 5397997 ΣEner: 389646 Load 1: -63.5469 Cycles: 65582

C:\SB1620H.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 9, 2001 18:31:41  
 Scr#7 L20HH6.PCX 0 11:54:35



31



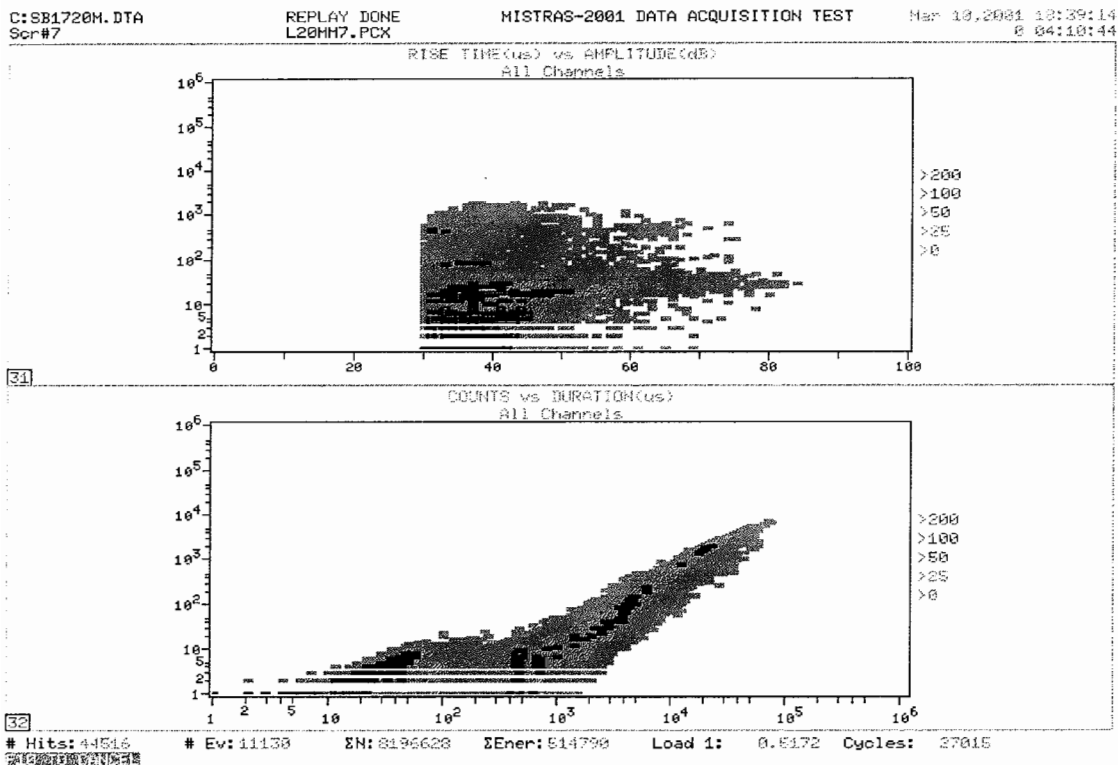
32

# Hits: 20146 # Ev: 5839 ΣN: 23835098 ΣEner: 1455025 Load 1: -35.6061 Cycles: 77636

شکل پ-۸-ج - سیگنالهای گروه دوم، پرونده‌های شماره ۵ و ۶، برای نمونه تیر ورق SG1



ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

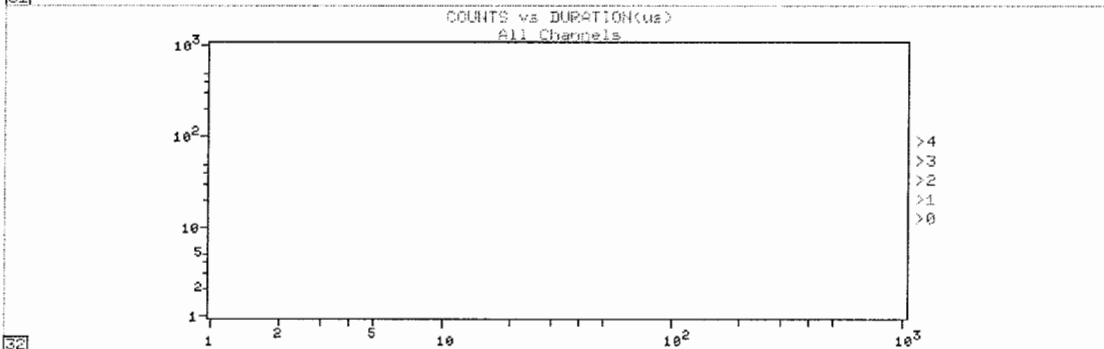
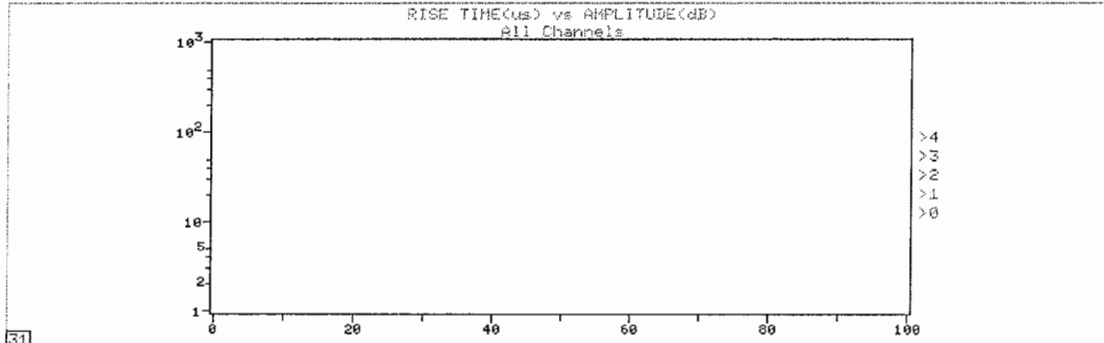


شکل پ-۸ - د - سیگنالهای گروه دوم، پرونده شماره ۷، برای نمونه تیر ورق SG1



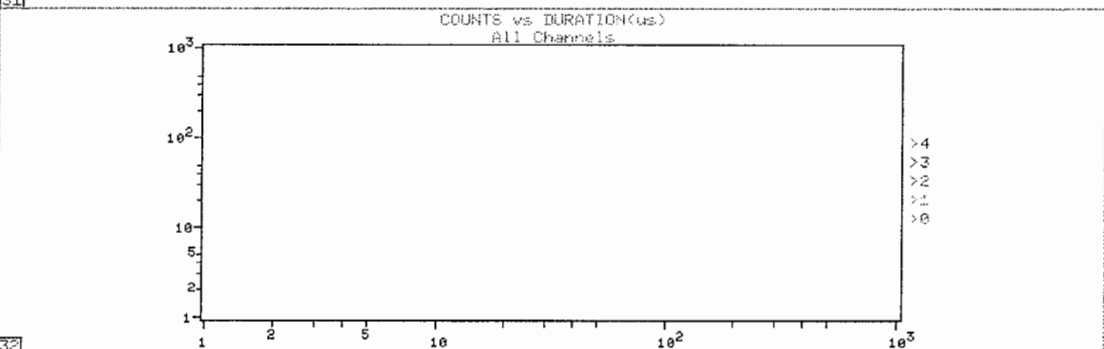
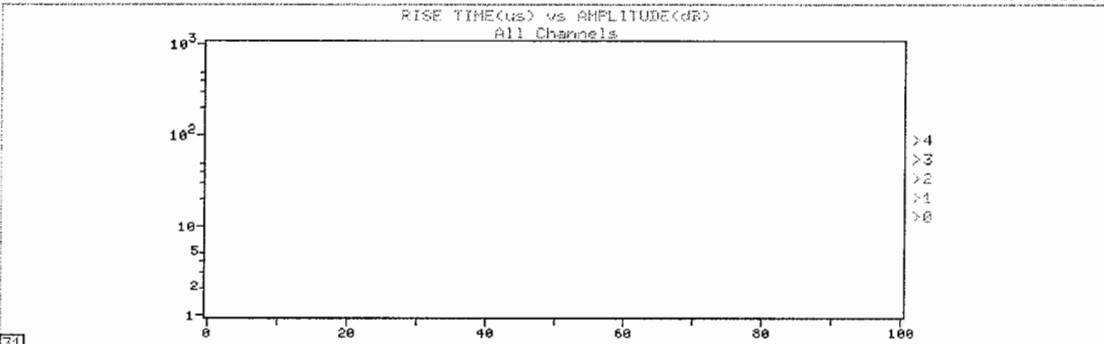
ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

C:\FSB1120M.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 3, 2001 17:13:23  
 Scr#7 FL20MM1.PCX 0 09:06:18



# Hits: 0 # Ev: 0 ΣN: 0 ΣEner: 0 Load 1: -58.0463 Cycles: 49444

C:\FSB1220M.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 4, 2001 04:21:03  
 Scr#7 FL20MM2.PCX 0 14:38:30



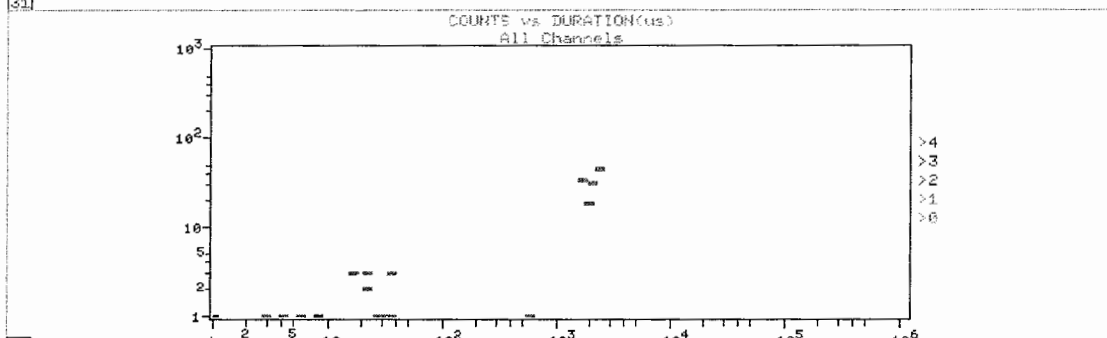
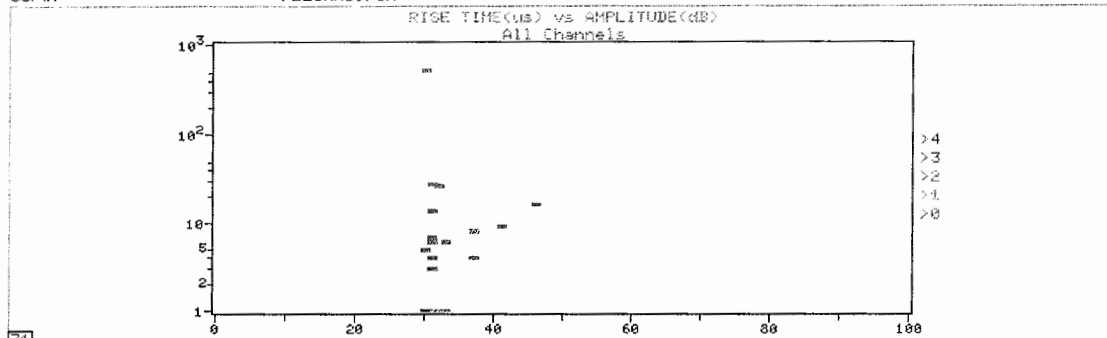
# Hits: 0 # Ev: 0 ΣN: 0 ΣEner: 0 Load 1: -49.5055 Cycles: 79698

شکل پ-۹ - الف - سیگنالهای گروه سوم، پرونده‌های شماره ۱ و ۲، برای نمونه تیر ورق SG1



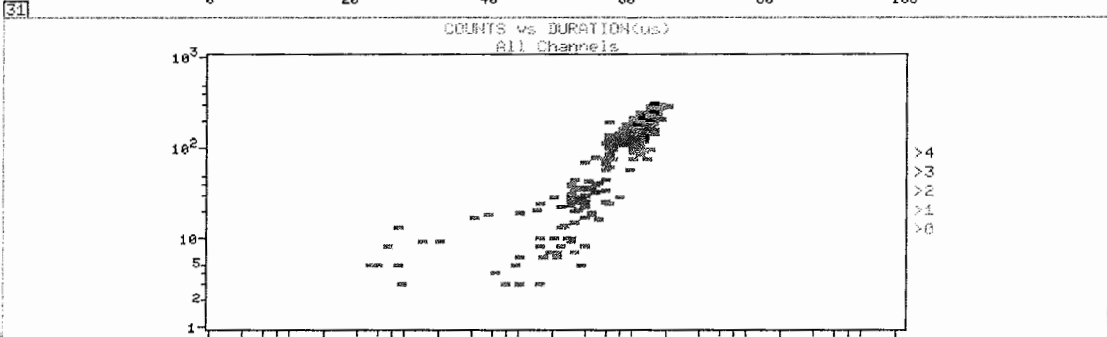
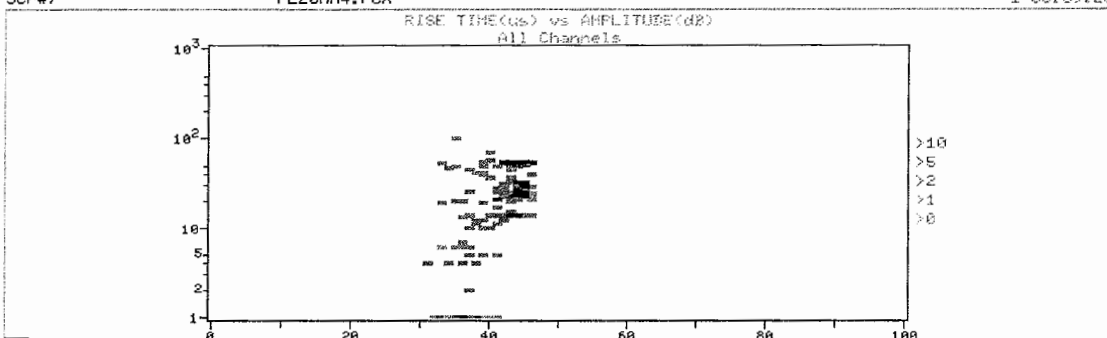
ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

C:\FSB1320M.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 4, 2001 19:07:56  
 Scr#7 FL20HM3.PCX 1 07:29:19



# Hits: 24 # Ev: 6 ΣN: 156 ΣEner: 9 Load 1: -23.5696 Cycles: 182635

C:\FSB1420M.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 5, 2001 02:59:47  
 Scr#7 FL20HM4.PCX 1 00:39:28



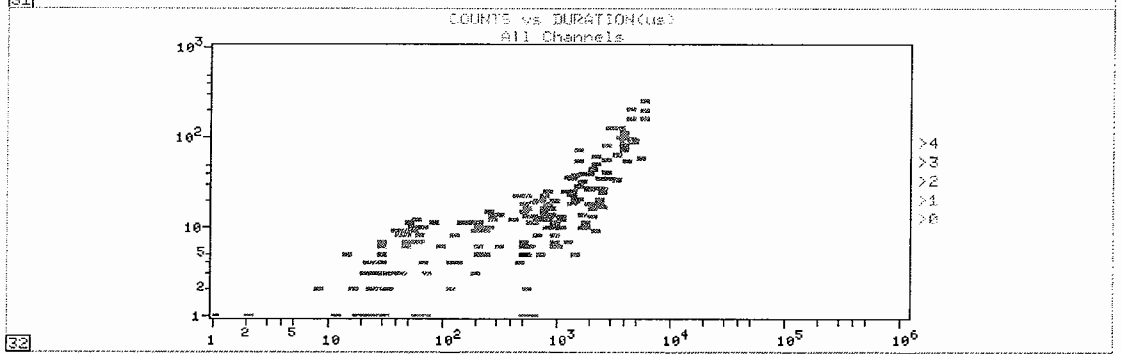
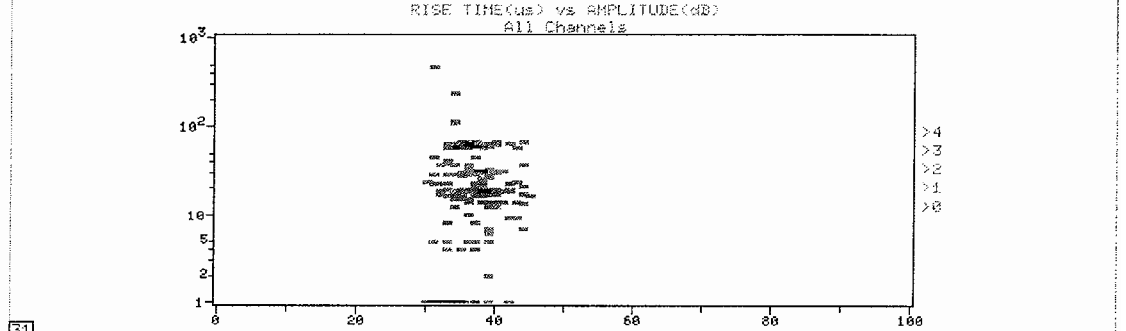
# Hits: 260 # Ev: 65 ΣN: 33153 ΣEner: 1792 Load 1: -54.4128 Cycles: 164798

شکل پ-۹ - ب - سیگنالهای گروه سوم، پروندههای شماره ۳ و ۴، برای نمونه تیر ورق SG1



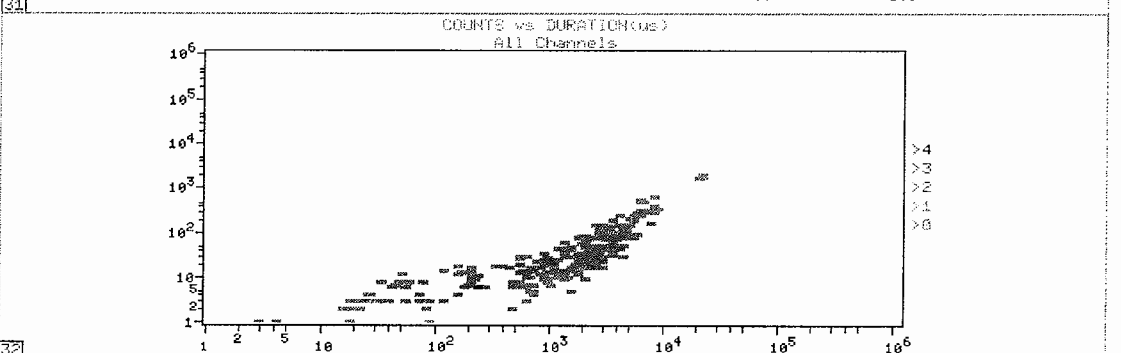
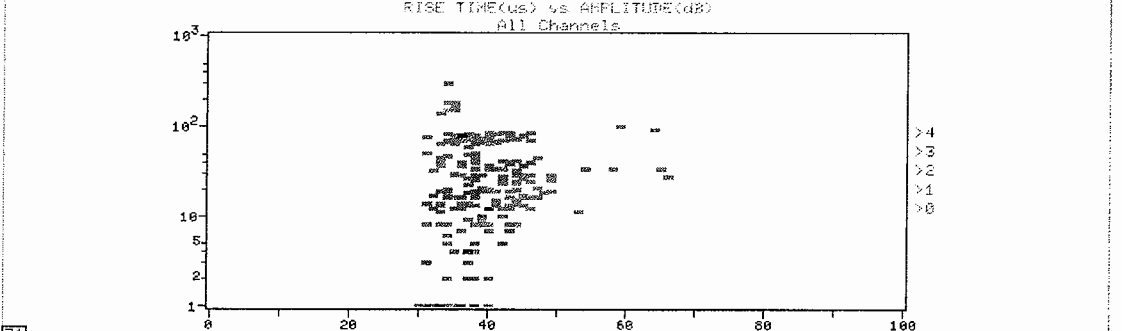
ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

C:\FSB1520H.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 8, 2001 18:21:19  
Scr#7 FL20MM5.PCX 0 11:38:27



# Hits: 213 # Ev: 53 ΣN: 4802 ΣEner: 221 Load 1: -63.5469 Cycles: 65502

C:\FSB1620H.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 9, 2001 18:21:41  
Scr#7 FL20MM6.PCX 0 11:51:25



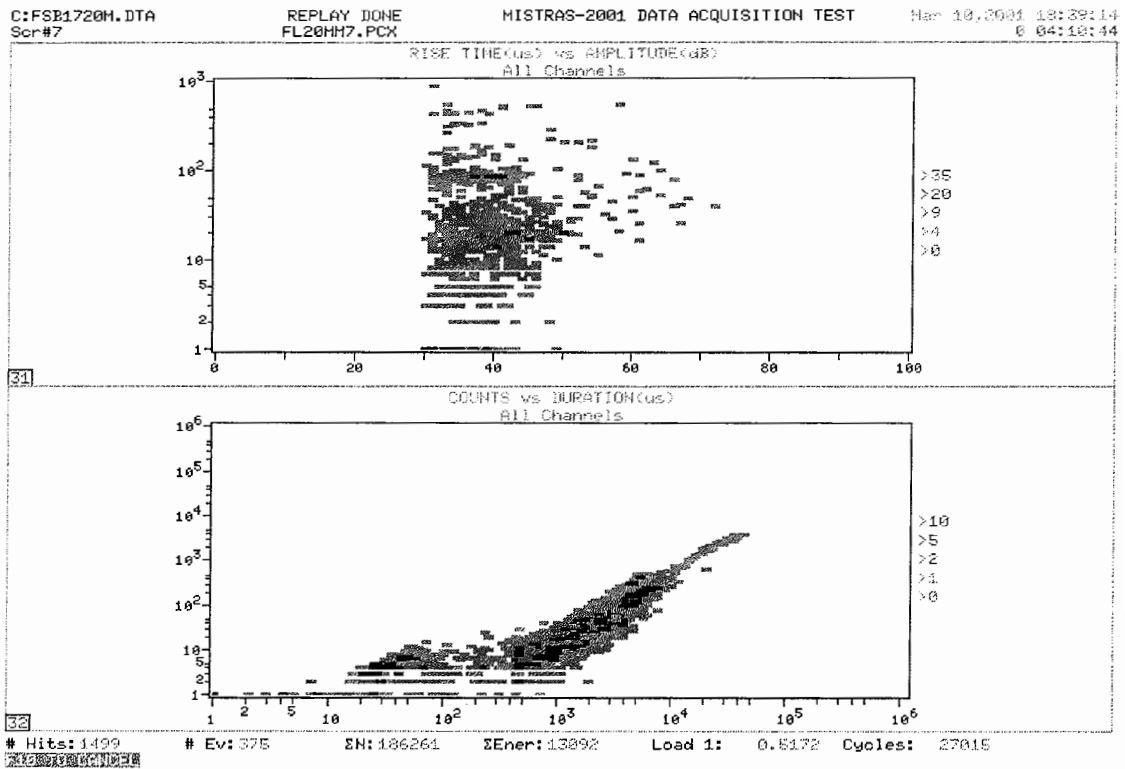
# Hits: 224 # Ev: 56 ΣN: 19803 ΣEner: 4017 Load 1: -35.6051 Cycles: 77636

شکل پ-۹-ج - سیگنالهای گروه سوم، پروندههای شماره ۵ و ۶، برای نمونه تیر ورق SG1





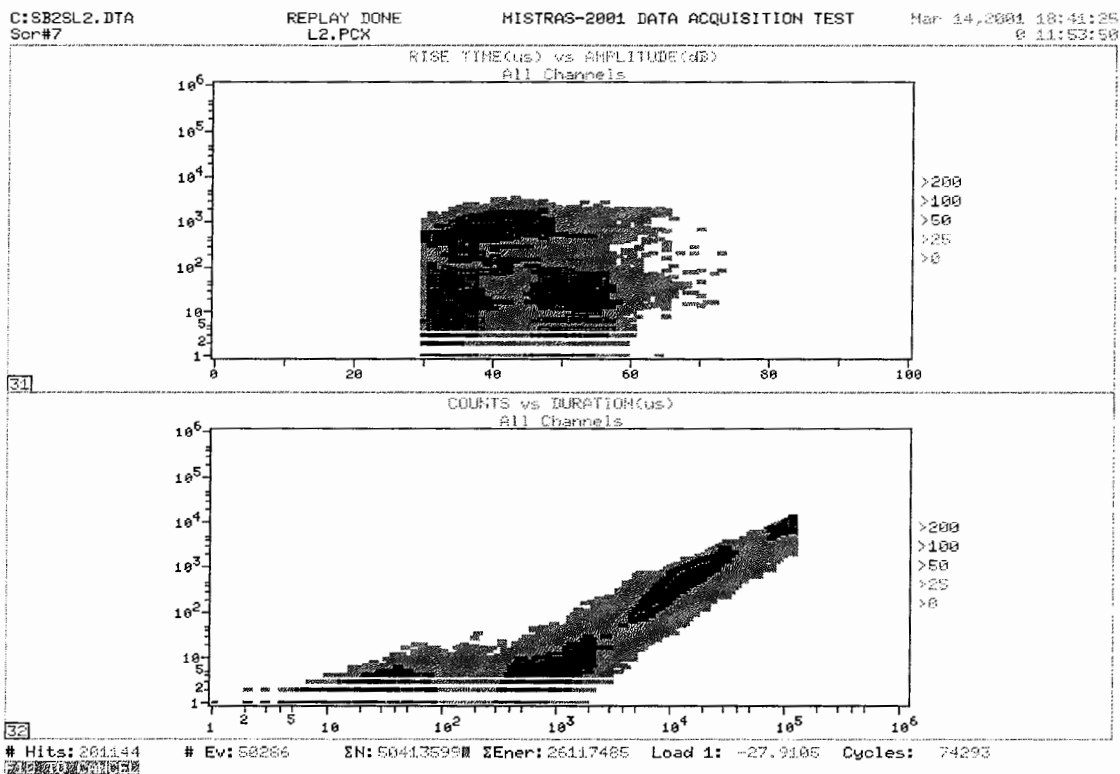
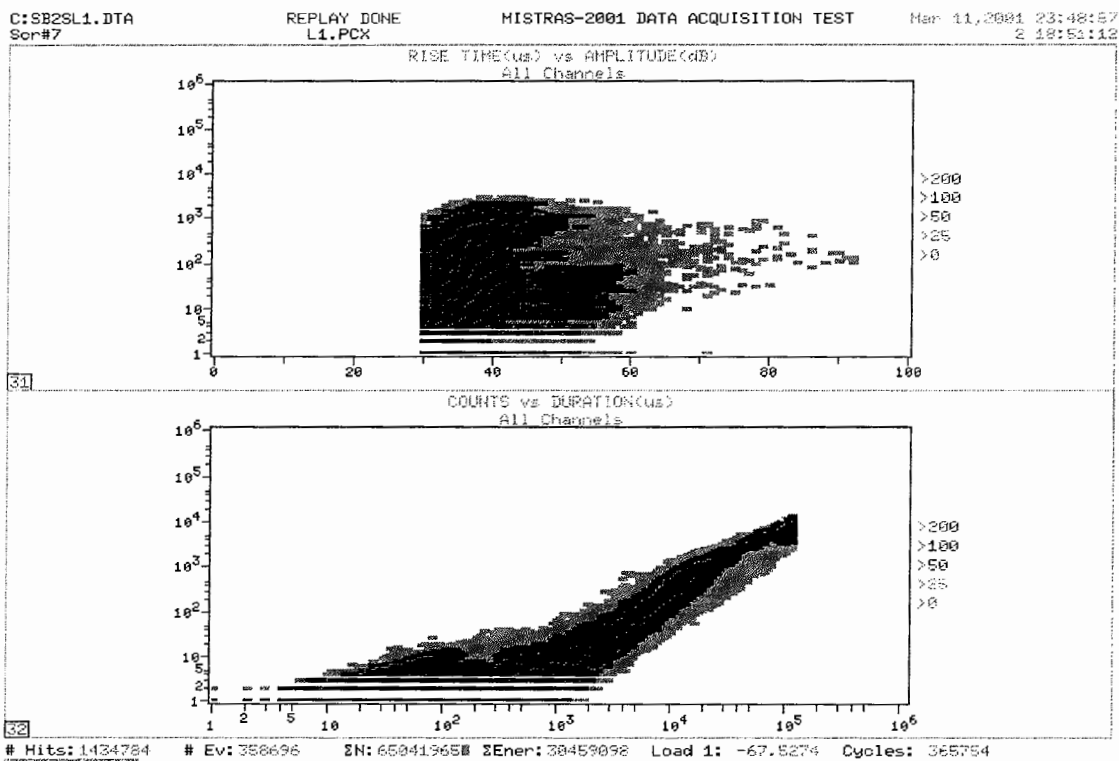
## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک



شکل پ-۹-د - سیگنالهای گروه سوم، پرونده شماره ۷، برای نمونه تیر ورق SG1



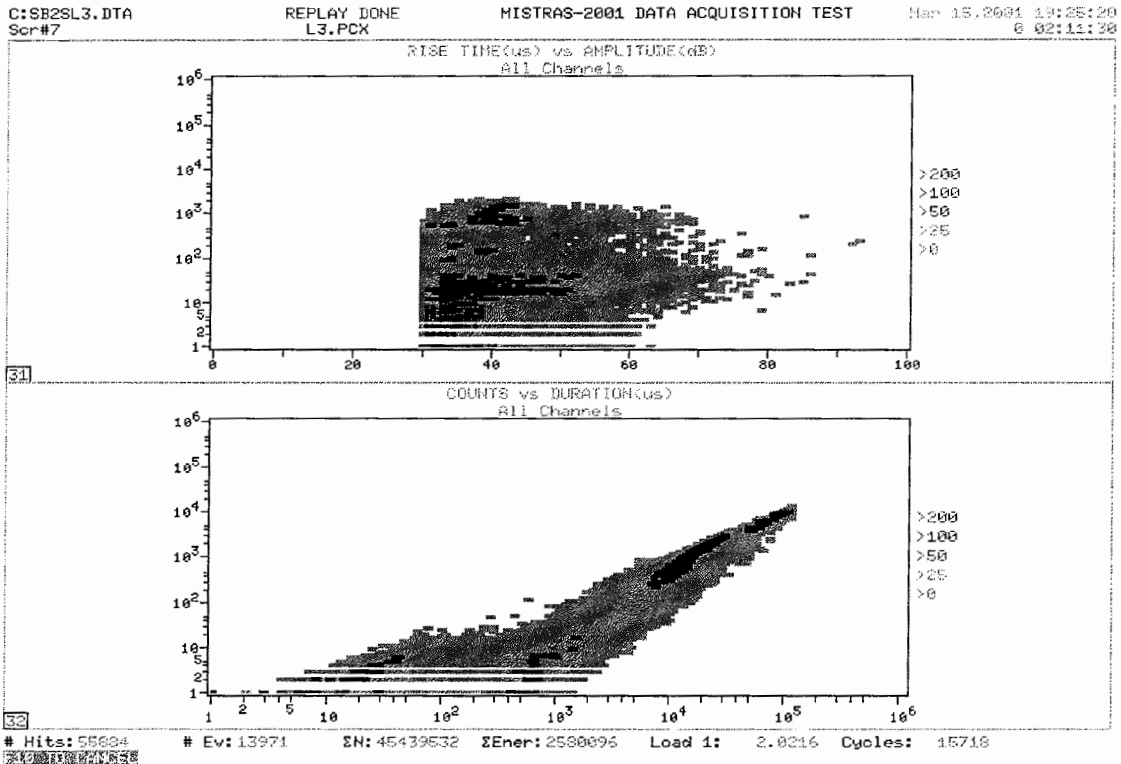
ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک



شکل پ-۱۰ - الف - سیگنالهای گروه اول، پرونده‌های شماره ۱ و ۲، برای نمونه تیر ورق SG2



## ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

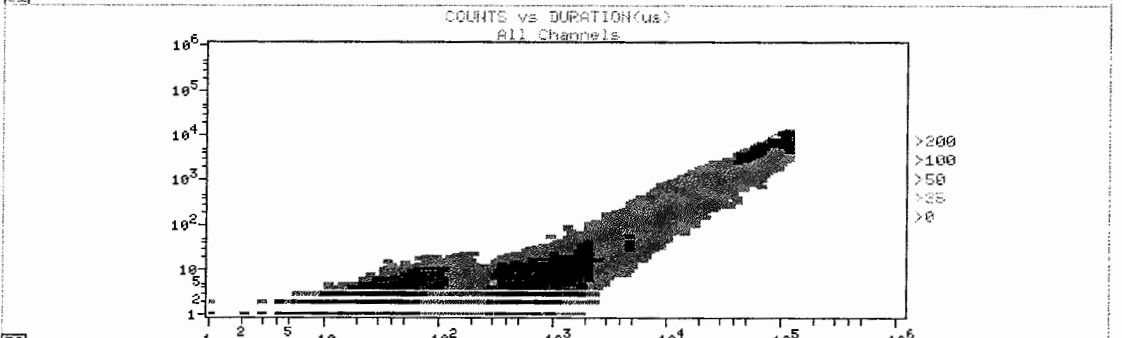
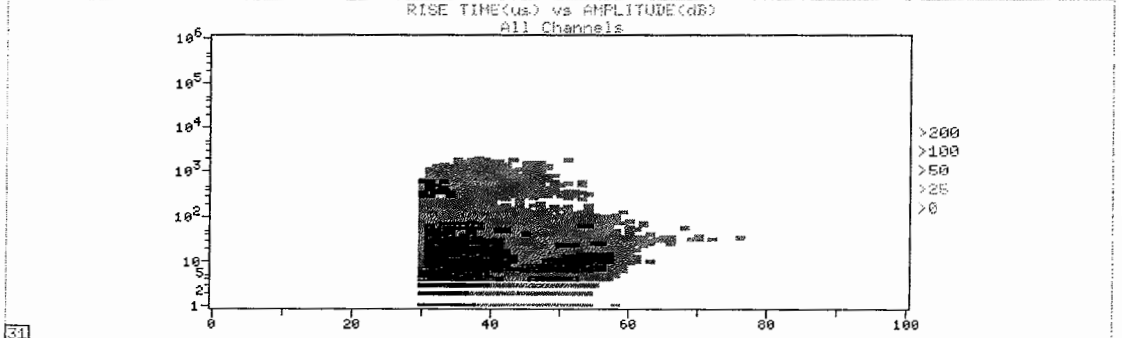


شکل پ-۱۰ - ب - سیگنالهای گروه اول، پرونده شماره ۳، برای نمونه تیر ورق SG2



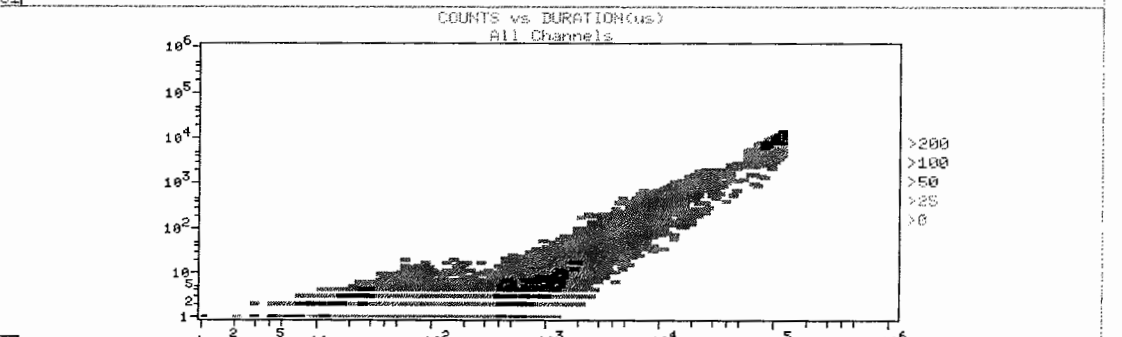
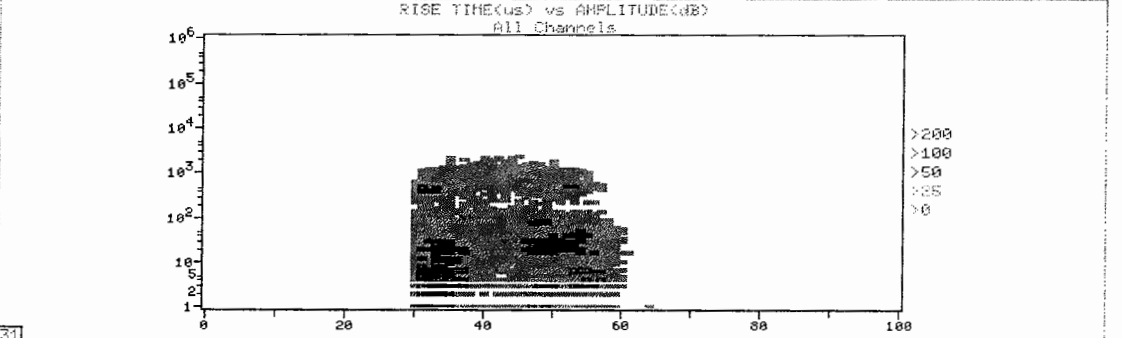
ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

C:\SB2120M.DTA      REPLAY DONE      MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST      Mar 11, 2001 23:48:57  
 Scr#7      L20HM1.PCX      2 18:53:12



# Hits: 222346      # Ev: 55585      ΣN: 13226410      ΣEner: 6010919      Load 1: -67.5274      Cycles: 365754

C:\SB2220M.DTA      REPLAY DONE      MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST      Mar 14, 2001 18:41:25  
 Scr#7      L20HM2.PCX      0 11:53:50

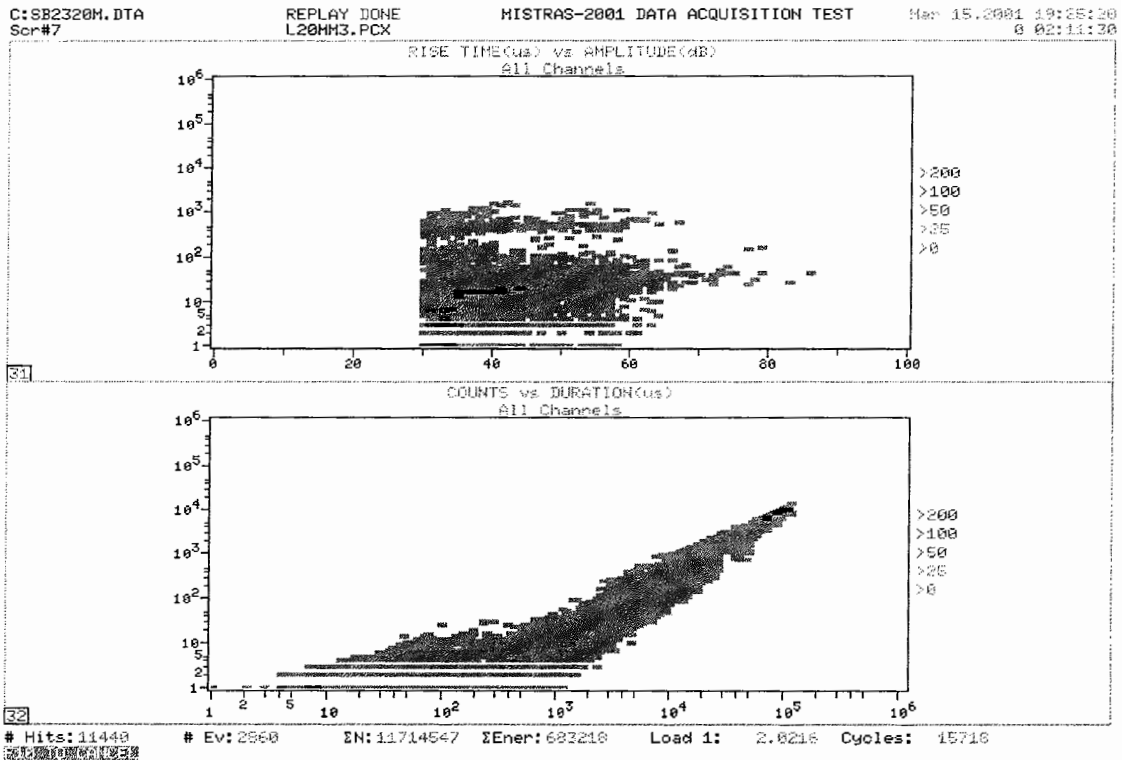


# Hits: 42464      # Ev: 18666      ΣN: 17407589      ΣEner: 9326581      Load 1: -27.9185      Cycles: 74293

شکل پ-۱۱ - الف - سیگنالهای گروه دوم، پروندههای شماره ۱ و ۲، برای نمونه تیر ورق SG2



ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

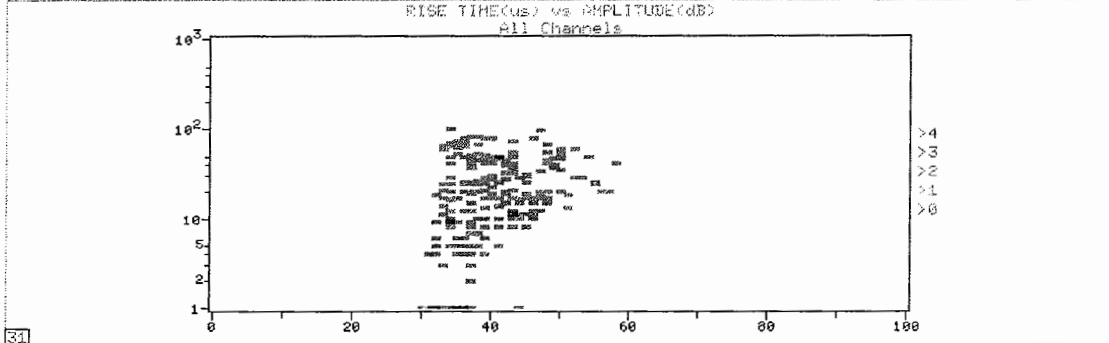


شکل پ-۱۱ - ب - سیگنالهای گروه دوم، پرونده شماره ۳، برای نمونه تیر ورق SG2

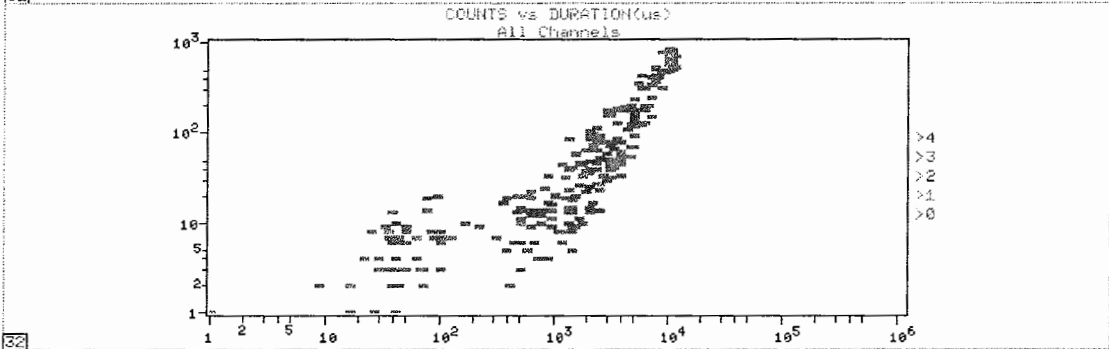


ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک

C:\FSB2120M.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 11, 2001 23:48:57  
 Sor#7 FL20MH1.PCX 2 18:54:12



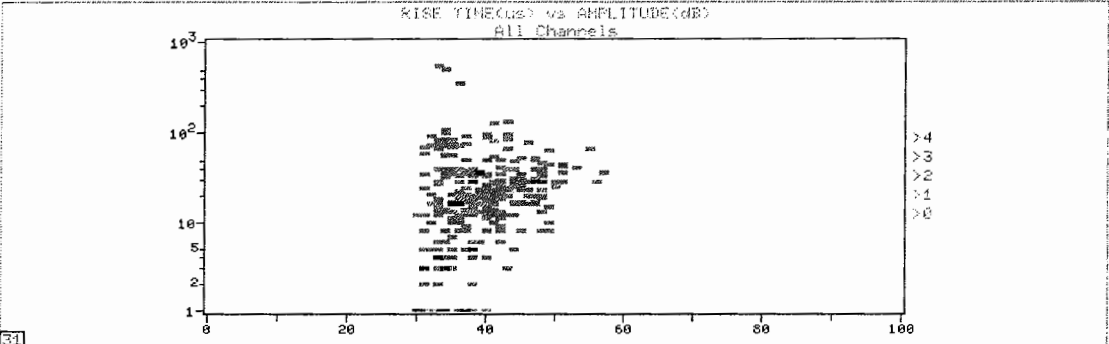
31



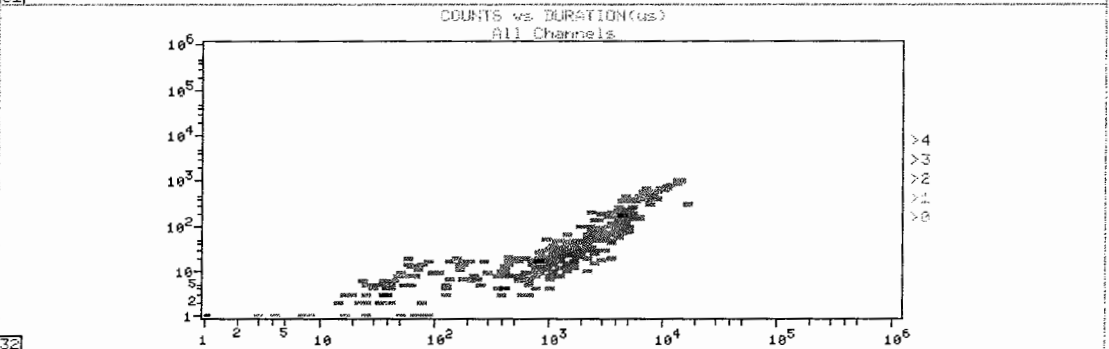
32

# Hits: 242 # Ev: 61 ΣN: 27288 ΣEner: 1157 Load 1: -67.5274 Cycles: 365754

C:\FSB2120N.DTA REPLAY DONE MISTRAS-2001 DATA ACQUISITION TEST Mar 14, 2001 10:41:25  
 Sor#7 FL20MH2.PCX 0 11:53:50



31



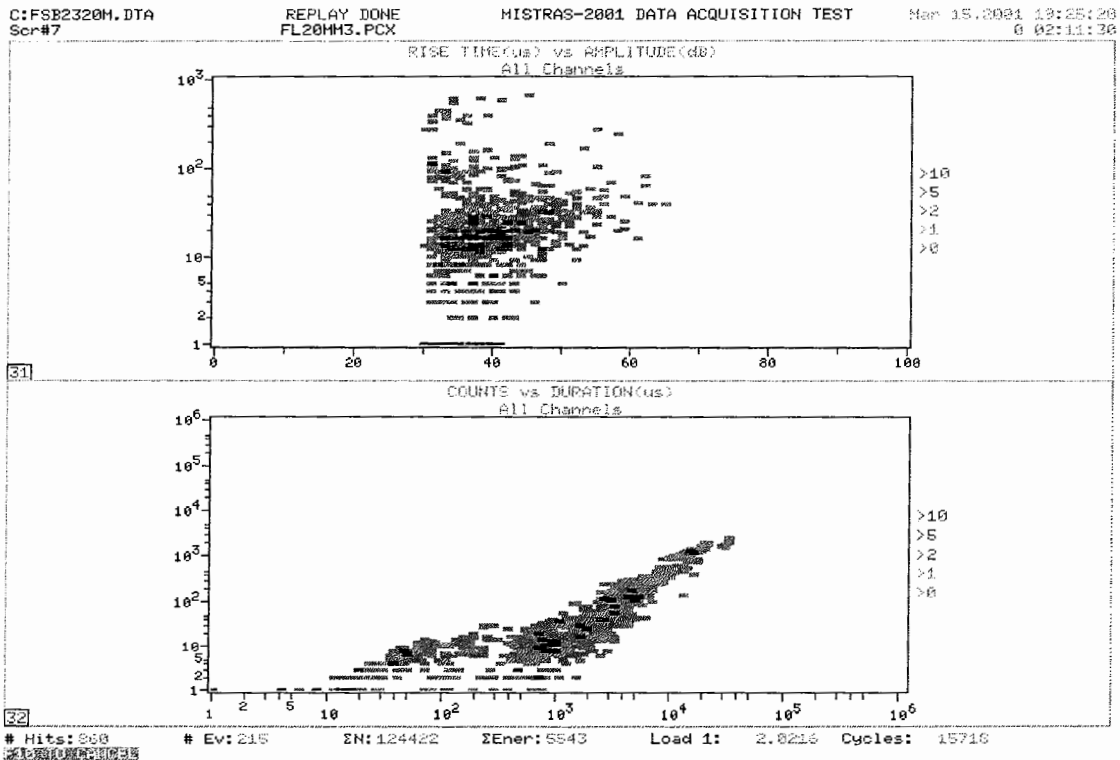
32

# Hits: 368 # Ev: 88 ΣN: 32542 ΣEner: 1226 Load 1: -27.9185 Cycles: 74293

شکل پ-۱۲ - الف - سیگنالهای گروه سوم، پروندههای شماره ۱ و ۲، برای نمونه تیر ورق SG2



ویژگیهای سیگنالهای پخش آوای گسترش ترک



شکل پ-۱۲ - ب - سیگنالهای گروه سوم، پرونده شماره ۳، برای نمونه تیر ورق SG2