

بررسی استخراج سیگنال‌های تضعیف شده مخابراتی در محیط‌های نویزی

الهام محمدزاده^۱، مهدی زارع^{۲*}، مژده مهدوی^۳

۱: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر قدس، تهران، ایران
*۲: استادیار گروه برق، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر قدس، تهران، ایران، zare@qodsiau.ac.ir

۳: استادیار، گروه برق، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر قدس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۳۰

چکیده

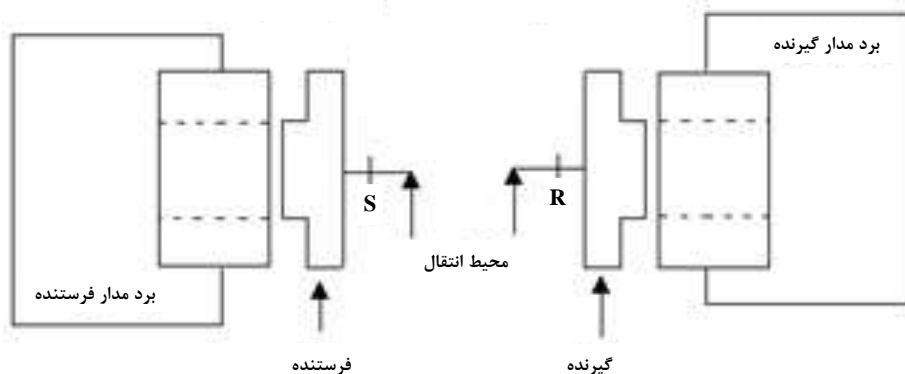
روش‌های متداول استخراج سیگنال دریافتی در خروجی سیستم‌های مخابراتی عموماً مبتنی بر متدهای خطی هستند. این روش‌ها دارای محدودیت‌های بسیاری بوده که از جمله آن‌ها می‌توان به عدم توانایی در حذف نویز داخل باند اشاره کرد. هدف از این مقاله، بررسی بازسازی سیگنال اصلی از روی سیگنال تضعیف دریافت شده است، تا بتوان سیگنال اصلی را از درون انواع نویزهای موجود بیرون کشید. در این حالت از روش میانگین‌گیری جهت کاهش اعوجاج استفاده می‌شود تا سیگنال دریافتی بتواند قوی‌تر و در گیرنده استخراج شود. آزمایش‌های این پژوهش در قالب چند سناریو طراحی و شبیه‌سازی شده است که نتایج آنها بیانگر آن است که در تعداد کانال مشخص، افزایش تعداد تکرارها، معمولاً باعث افزایش سیگنال به نویز می‌گردد. همچنین با کاهش دامنه در آزمایش‌های مختلف و در تعداد تکرار ثابت، نتایج سیگنال به نویز کاهش می‌یابد. نتایج شبیه‌سازی بیانگر آن است که چنانچه سطح سیگنال دریافتی بیشتر از نصف دامنه نویز باشد، سیگنال اصلی قابل استخراج است. ولی در صورتی که سطح سیگنال دریافتی کمتر از نصف دامنه نویز باشد، استخراج سیگنال اصلی بسیار سخت و گاهی امکان‌پذیر نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: استخراج سیگنال، بهبود کیفیت سیگنال، سیستم‌های مخابراتی، پردازش غیرخطی

۱- مقدمه

تقاضای بی‌سابقه برای افزایش سیستم‌های انتقال اطلاعات، توسعه‌ی این سیستم‌های با برد زیاد را ایجاب می‌کند. تجهیزات الکترونیکی به شدت وابسته به نرخ داده و اطلاعات می‌باشند. بنابراین می‌توان به اهمیت این نوع سیستم‌ها پی برد. در این پژوهش به بررسی کیفیت و بهبود سیگنال‌های تضعیف شده در انتقال اطلاعات سیستم‌های مخابراتی پرداخته می‌شود. مواردی که در تضعیف سیگنال مخابراتی دخیل می‌باشند شامل محیط انتقال و سوئیچینگ سیگنال می‌باشند. عملیات سوئیچینگ سه مرحله اساسی کنترل، سیگنالینگ و خود سوئیچینگ را دربرمی‌گیرد [۱]. از جمله کارهایی که در جهت توسعه این سیستم‌ها انجام می‌شود می‌توان به (۱) توسعه فرآیندهای سوئیچینگ، (۲) مدیریت شبکه‌های هوشمند و پروتکل‌هایی که فرمان‌های خودکار را ممکن می‌سازد و (۳) معماری شبکه‌های هوشمند، اشاره کرد [۲].

در یک سیستم ارتباطی، سیگنال صدا، تصویر و داده‌ها به ایستگاه تقویت منتقل می‌شوند و سپس ارسال می‌شوند. در ایستگاه دریافت نیز، اطلاعات پس از عبور از فیلتر و تقویت‌کننده به دستگاه پردازنده وارد می‌شوند. ساختار یک سیستم ارتباط مخابراتی مشابه با هر سیستم ارتباط الکترونیکی دیگر، شامل مولفه‌های متعددی از جمله فرستنده، محیط انتقال و گیرنده هست. در شکل ۱ نقطه S مبین یک نقطه مرجع بر ای ارسال، و نقطه R مبین نقطه مرجع برای دریافت است.



شکل ۱. نمودار سیستم ارتباط فیبر نوری [۳]

طراحی و ارزیابی درست عملیات یک سیستم ارتباطی نیازمند شناخت مشخصات منابع، محیط انتقال و ابزارهای اتصال است. ابزارهای اتصال برای پیوند نقاط اتصال به یکدیگر و منابع مورد استفاده قرار می‌گیرند. معیارهایی که بر انتخاب نوع یک سیستم تاثیر گذارند عبارتند از تضعیف سیگنال، ظرفیت انتقال اطلاعات، بازدهی ابزارهای اتصال دهنده، نوع منبع و غیره [۴-۶]. هدف اصلی این پژوهش، ارائه راهکاری جهت بهبود کیفیت سیگنال‌های تضعیف شده در سیستم‌های مخابراتی و حل مسئله بازیابی سیگنال‌های ورودی می‌باشد. این روش یک پروسه بازگشتی است که در برخی موارد قابلیت استخراج دقیق سیگنال ورودی را دارد و در مواردی که سیگنال دریافتی بسیار ضعیف است، این کار به طور تقریبی انجام می‌پذیرد.

ایده اصلی مقاله: در این مقاله سعی شده است تا روش میانگین‌گیری را در سیستم‌هایی که دارای فرستنده و گیرنده ثابت هستند و در محیط‌هایی که دارای نویز بالا می‌باشند بررسی کنیم. با توجه به قدرت سیگنال ارسالی و انجام تکرارهای مختلف، تعداد تکرارهایی که موجب استخراج سیگنال اصلی از درون نویز می‌شوند را در حالات مختلف شبیه‌سازی خواهیم کرد. در نهایت محدوده تکرار برای یک سیگنال با قدرت ارسال ثابت جهت استخراج آن از درون نویز بدست خواهد آمد. در شبیه‌سازی مشاهده خواهد شد که در صورت ضعیف بودن یک سیگنال، تعداد تکرارهای آن جهت استخراج، به میزان زیادی افزایش خواهد یافت. لذا استخراج سیگنال در این گونه موارد به صرفه نمی‌باشد و ممکن است هزینه زیادی را جهت انجام تکرارهای متوالی دربر بگیرد.

در ادامه مقاله موارد زیر را بررسی خواهیم کرد: در بخش ۲ به مروری بر کارهای قبلی انجام شده خواهیم پرداخت. در بخش ۳ مبانی اصلی جهت کاهش نویز سیگنال مورد بررسی قرار خواهد گرفت و در بخش ۴ به بررسی استخراج سیگنال تضعیف شده در محیط انتقال نویزی می‌پردازیم. شبیه‌سازی حالت‌های مختلف دریافت سیگنال با نسبت‌های سیگنال به نویز متفاوت در بخش ۵ انجام خواهد شد و نهایتاً نتیجه‌گیری در بخش ۶ ارائه می‌شود.

۲- پیشینه کارهای انجام شده

مقاله [۷] یک روش جدید استخراج سیگنال برای تشخیص موثر سیگنال‌های تصادفی که در اثر نشتی جزئی در کابل‌های برق بوجود می‌آیند را برای دو نویز سفید و نویز باریک دوره‌ای، پیشنهاد می‌دهد. بدین صورت که ابتدا، سیگنال موجود در کابل برق تجزیه شده و نویز باریک دوره‌ای در آن از بین می‌رود. سپس برای فیلتر کردن نویز سفید باقیمانده در سیگنال، از روش آستانه بسته مویک استفاده می‌شود.

ژانگ یانگلی و همکارانش در سال ۲۰۱۹ در [۸] برای شناسایی و استخراج سیگنال موج شوک از پارامترهای نسبت سیگنال به نویز (SNR) و ردیابی قدرت سیگنال استفاده کردند. برای این کار قدرت نویز و SNR با توان لحظه‌ای موج شوک مقایسه و سیگنال موج شوک اندازه‌گیری می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که این روش قدرت متوسط نویز را کاهش می‌دهد ولی نرخ خطا می‌تواند تا ۷۰٪ باشد. در سال ۲۰۲۰ روش پیشنهادی در [۹] از سری زمانی برای پردازش مویک سنتی مشاهده شده در ۲۷ ایستگاه شبکه‌ای، استفاده کرده است. در این مقاله نتایج حاصل از ۵۰۰ بار شبیه‌سازی نشان می‌دهد که سیگنال‌های استخراج شده توسط روش پیشنهادی نسبت به روش‌های قبلی، به سیگنال‌های واقعی نزدیکتر هستند.

در سال ۲۰۱۷ گیارنتی و همکارانش در مقاله‌ای، نسخه غیر بازگشتی از حداقل مربعات خطی متناسب با تخمین فرکانس را ارائه دادند. این مسأله با بهره‌گیری از سری تیلور، یک راه‌حل را ارائه می‌دهد که با رعایت شرایطی خاص، پیچیدگی محاسباتی را کاهش می‌دهد. همچنین این روش اطمینان می‌دهد که دقت به مرز کرامر-رائو می‌رسد [۱۰]. همچنین در [۱۱] گیارنتی و همکارانش روشی جدیدی برای تقریب کمترین مربعات اتصالات چند هارمونی ارائه کرده‌اند. ایده اصلی آن است که کمترین مربع هزینه، پیرامون یک مقدار مرکزی گسترش داده شود. بنابراین تخمین فرکانس، در حد محاسبه ریشه‌ی یک چند جمله‌ای کاهش می‌یابد. نتایج نشان دهنده آن است که الگوریتم پیشنهادی در یک محدوده باریک از فرکانس به مرز کرامر-رائو می‌رسد.

در مقاله [۱۲]، کوما و همکارانش در سال ۲۰۱۶ طرحی اصلاح شده برای ناهنجاری سیگنال الکتروانسفالوگرام براساس فیلتر بازگشتی ارائه دادند. در این رویکرد به محاسبات زیاد احتیاج نیست و امکان اجرای طرح را مستقیماً در دستگاه‌های موبایل فراهم می‌کند. طرح پیشنهادی اجازه می‌دهد تا جابجایی با استفاده از استراتژی مبتنی بر شرایط مرزی انجام شود [۱۳]. در [۱۴] به طراحی و شبیه‌سازی یک فیلتر تطبیقی با الگوریتم حداقل میانگین مربعات با استفاده از پارامتر "اندازه گام متغیر" به منظور حذف نویز برق شهر از سیگنال الکتروانسفالوگرام پرداخته شده است. مقایسه فیلترها با اندازه گام ثابت و متغیر، در این مقاله به انجام شده و برتری استفاده از اندازه گام متغیر به اثبات رسیده است. در مقاله [۱۵] کاربردهای حذف نویز از سیگنال‌های پزشکی با استفاده از الگوریتم حداقل میانگین مربعات بررسی می‌شود. برای رفع مشکل مرتبه فیلتر و ضرایب آن، در این مقاله الگوریتم جدیدی به نام "فیلتر تطبیقی ساختار پویا" ارائه گردیده که در آن مرتبه فیلتر و ضرایب آن با توجه به شرایط محیطی و وضعیت بیمار تغییر پیدا می‌کند تا بهترین نتیجه حذف نویز را از نظر زمان همگرایی و خطای نهایی حاصل کند. مقاله [۱۶] به بررسی حذف تطبیقی نویز برق شهر از سیگنال‌های پزشکی با استفاده از میکروکنترلر AVR پرداخته است. الگوریتم ارائه شده برای حذف نویز همان الگوریتم حداقل میانگین مربعات نرمال شده است که حجم محاسباتی کمی دارد. نتایج بدست آمده در تست سخت افزار قابل قبول بوده و نکته مهم در این پروژه کم هزینه بودن آن است. چرا که استفاده از دیگر راه‌حل‌ها به منظور حذف نویز قطعاً هزینه‌های بیشتری را به همراه خواهد داشت. در [۱۷] به ارائه روشی برای حذف نویز موجود در سیگنال الکتروکاردیوگرام پرداخته شده است. نویز معرفی شده شامل نویز برق شهر و همچنین نویز حاصل از سیگنال الکتروکاردیوگرام است. الگوریتم استفاده شده از روش اصلاح شده حداقل میانگین مربعات است که در آن مرجع برق شهر و هارمونیک آن به روش ریاضی ساخته شده است. در مقاله [۱۸] کارایی روش‌های مختلف پیاده‌سازی الگوریتم حداقل میانگین مربعات برای حذف نویزها بررسی شده است. نویز معرفی شده در این مقاله شامل نویز مرجع برق شهر و همچنین نویز حاصل از حرکت در هنگام نمونه‌برداری است. نتیجه‌ای حاصل شده آن است که همواره بین خطای نهایی و ضریب اندازه گام موازنه وجود دارد.

۳- روش میانگین‌گیری

در این مطالعه و در گیرنده از روش میانگین‌گیری برای حذف نویز استفاده می‌شود. براین اساس و با فرض غیرایستایی بودن سیگنال، به استخراج سیگنال‌های اصلی و حذف نویز موجود در آن پرداخته می‌شود. فرض کنید پالس ارسال شده از سوی فرستنده دارای شکل زمانی رابطه (۱) باشد [۲۱]:

$$A(t)e^{j(2\pi f_0 t + \varphi_0(t))} \quad (1)$$

که در آن f_0 فرکانس کریپر، $\varphi_0(t)$ فاز اولیه ارسال و $A(t)$ شکل پالس در گیرنده است. موج تابیده شده پس از انتشار در محیط، در محل گیرنده دریافت می‌شود. در این زمان چند اثر بر روی پالس به وجود می‌آید. پالس ارسالی پس از مدت زمانی برابر $T = \frac{R}{c}$ به محل گیرنده می‌رسد که در آن R برابر با فاصله تا مقصد و c سرعت انتشار می‌باشد. دامنه سیگنال دریافت شده بسیار ضعیف‌تر از پالس ارسالی بوده و توان آن از معادله توان محاسبه می‌شود [۱۹]. فرکانس نیز تحت تاثیر حرکت سیگنال ارسالی قرار می‌گیرد. اصل شناخته شده اثر داپلر بیان می‌کند که اگر گیرنده به سمت فرستنده نزدیک یا دور شود، سیگنال دریافتی نسبت به سیگنال ارسالی دارای شیفت فرکانسی متناسب با سرعت شعاعی گیرنده خواهد شد که فرکانس داپلر آن مطابق رابطه (۲) محاسبه می‌شود [۲۱]:

$$f_d = \frac{2V_r}{\lambda} \quad (2)$$

در رابطه (۲) V_r سرعت شعاعی و λ طول موج کریر می‌باشد. براساس معادله بالا در صورتی که سرعت گیرنده صفر شود، داپلر صفر خواهد بود. توقف اهداف معمولاً به صورت آنی انجام نمی‌شود و با حالتی میرا شونده این کار صورت می‌گیرد. همچنین تغییر سرعت گیرنده سبب به وجود آمدن تغییر فرکانس در داپلر می‌گردد.

موردی که باید دقت داشت، مسأله چندمسیری است. داده های ارسالی براساس پدیده چندمسیری ممکن است با تأخیرهای مختلف به فرستنده برسند، لذا تشخیص اولین پیام جهت اندازه‌گیری برخی معیارها نیازمند تکنیک‌های خاصی می‌باشد. در اینجا از قاعده چندمسیری استفاده نشده و لذا این تحقیق برای کاربردهایی قابل اعمال است که تک مسیره بوده و در نتیجه زمان انتقال داده برای یک مسیر مشخص و دریافت فرکانس، همیشه یکسان است.

۳-۱- مدل سازی سیگنال

حذف نویز از سیگنال یک مشکل قدیمی در پردازش سیگنال‌ها می‌باشد. برطرف نمودن نویز از سیگنال، کاربردهای زیادی در زمینه‌های مختلف دارد که از جمله آنها می‌توان به تخمین کانال در مخابرات بی‌سیم، تخمین تحلیل دقیق سیگنال و غیره اشاره کرد. برای انجام محاسبات و آنالیز آن، نیاز به فضای فاز می‌باشد. سیگنال دریافتی می‌تواند هر دو مدولاسیون دامنه و فاز را داشته باشد. لذا می‌توان آن را به صورت رابطه (۳) در نظر گرفت [۲۱]:

$$Y(t) = a_r(t)e^{j2\pi f(f_c \pm f_d) + j\varphi_0} \quad (3)$$

که در این معادله $ar(t)$ دامنه سیگنال و φ_0 فاز اولیه فرکانسی ارسالی f_0 است. سیگنال دریافتی در صورتی که از یک نقطه‌ای که با سرعت ثابت حرکت می‌کند باشد، در باند پایه به صورت رابطه (۴) قابل نمایش است [۲۱]:

$$Z(t) = a_r(t)e^{j2\pi f_d t} = a_r(t)e^{j\varphi_0} \quad (4)$$

در رابطه (۴)، $Z(t)$ نسخه شیفیت یافته‌ی $Y(t)$ می‌باشد. در صورتی که سیگنال دریافتی دارای فرکانس داپلر مختلف و نتیجتاً غیر ثابت باشد، ساده‌ترین حالتی که می‌توان برای تغییرات داپلر آن در نظر گرفت، تغییرات خطی است که منجر به رابطه زیر می‌شود که همان رابطه چیرپلت در روش بازگشتی است [۲۱].

$$Z(t) = a_r(t)e^{j2\pi(\alpha t + \beta)t} \quad (5)$$

۳-۲- مدل سازی نویز

نویز دریافتی در سیگنال، ناشی از ترکیب نویز داخلی سیستم (نویز گیرنده) و نویز محیطی می‌باشد. نمونه آماری که معمولاً برای توزیع نویز در نظر گرفته شده است، تابع گوسی می‌باشد. نویز گیرنده از نظر طیفی، سفید و تابع توزیع دامنه آن گوسی فرض شده است [۲۱]:

$$E\{n_i n_j\} = \begin{cases} \sigma_n^2 & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases} \quad (6)$$

در رابطه (۶) σ_n^2 برابر با توان نویز می‌باشد. نویز اعمالی به صورت تصادفی اعمال می‌شود و دارای دامنه نرمال ۰ تا ۱ می‌باشد. ماتریس کواریانس نویز به صورت رابطه (۷) تعریف می‌شود [۲۱]:

$$R_n = \sigma_n^2 I_n \quad (7)$$

که در این رابطه I_n ماتریس همانی $N \times N$ است. با توجه به اینکه تبدیل چیرپلت پنجره گوسی، تطبیق‌پذیری خوبی با سیگنال از خود نشان می‌دهد، اگر بتوان سیگنال دریافتی را با مجموع q چیرپلت گوسی مختلط تخمین زد، می‌توان ماسکی ایجاد کرد که از آن به عنوان حذف نویز سیگنال استفاده شود. عموماً این مسئله می‌تواند به صورت رابطه (۸) مطرح شود [۲۱]:

$$y(n) = \sum_k x(k) h(n-k) + w(n) \quad (8)$$

که در این رابطه $x(n)$ سیگنال ارسالی، $h(n)$ پاسخ ضربه کانال LTI ، $w(n)$ نویز سفید گوسی و $y(n)$ سیگنال دریافتی با نویز است. حذف نویز با نگاه به الگوی سیگنال دریافتی و نوع نویز صورت می‌گیرد. برای بدست آوردن منحنی‌های متوسط SNR در قبل و بعد از حذف نویز، آزمایشها برای دفعات مکرر با تغییر کانال ارسال و مقدار نویز تکرار می‌شود. SNR در حالت‌های مختلف مطابق روابط (۹) و (۱۰) محاسبه می‌شود [۲۱]:

$$SNR_{after\ denoising} = 10 \log_{10} \frac{\sum_n |y(n)|^2}{\sum_n |y(n) - \hat{y}(n)|^2} \quad (9)$$

$$SNR_{original} = 10 \log_{10} \frac{\sum_n |y(n)|^2}{\sum_n |y(n) - x(n)|^2} \quad (10)$$

در روابط فوق، $y(n)$ سیگنال دریافت شده، $\bar{y}(n)$ سیگنال دریافت شده بعد از حذف نویز و $x(n)$ سیگنال اصلی می‌باشند. نکته ای که بایستی به آن اشاره کرد آن است که در این مقاله فرض بر آن است که ارسال و دریافت اطلاعات توسط فرستنده و گیرنده ثابت اتفاق می‌افتد و لذا فرکانس داپلر صفر خواهد بود و تاثیری در محاسبات نخواهد داشت.

۴- استخراج سیگنال تضعیف شده

هدف از این مقاله بازسازی سیگنال اصلی از روی سیگنال ضعیفی که دریافت شده است، می‌باشد. در واقع یک سیگنال تضعیف شده و مملو از نویز وجود دارد و قرار است از درون نویز استخراج شود. در این حالت تا زمانی که گیرنده قادر به استخراج سیگنال اصلی نشده است، سیگنال تأیید را برای فرستنده ارسال نمی‌کند. بدین ترتیب فرستنده موظف است تا زمانی که تأیید را از گیرنده دریافت نکرده است، سیگنال را برای گیرنده دائماً ارسال کند. اگر سیگنال قوی باشد، گیرنده با یک بار دریافت و یا با تعداد دفعات تکرار کم قادر به بازسازی سیگنال اصلی است. اما اگر سیگنال خیلی ضعیف باشد، آن سیگنال تخریب شده و امکان دریافت آن کاهش خواهد یافت.

جهت ساخت سیگنال تضعیف شده، فرض می‌شود که محیط انتقال سیگنال دارای نویز بالایی است و توانایی تخریب بالایی بر روی سیگنال ارسالی دارد. لذا جهت برآورد انتقال سیگنال و دریافت سیگنالی کاملاً خراب و اعوجاج یافته، در ورودی باید نویزی قوی با دامنه‌ای که در محدوده سیگنال اصلی است را تولید نموده و آن را با سیگنال اصلی مخلوط کرد. بدین ترتیب سیگنال‌های دریافتی در کانال‌ها یا دارای مقدار ضعیفی می‌باشند و یا در دریایی از نویز غرق شده‌اند و به وضوح دیده نمی‌شوند.

در ارسال اطلاعات از سیگنال‌های دیجیتال یا سیگنال‌های زمان گسسته استفاده می‌گردد. با توجه به نویزی بودن مسیر انتقال، احتمال تخریب سیگنال در دفعات بعدی ارسال نیز بالا است و لذا تکرار ارسال اطلاعات نیز بالا می‌رود. به همین منظور در هر بار دریافت سیگنال، آن را با سیگنال قبلی دریافت شده جمع می‌کنیم تا بتوانیم قدرت سیگنال به نویز را افزایش داده و اعوجاج سیگنال دریافتی را کاهش دهیم. بدین ترتیب چنانچه در نمونه i -ام تنها نویز وجود داشته باشد، با توجه به اینکه مقدار نویز تصادفی است، با جمع نمونه‌های دریافتی i -ام در تکرارهای مختلف، مقدار دریافتی به سمت صفر میل خواهد کرد. ولی چنانچه در نمونه i -ام سیگنال مورد نظر وجود داشته باشد، مقدار آن تصادفی نبوده و دارای مقدار ضعیفی می‌باشد. لذا با جمع نمونه‌های دریافتی i -ام در تکرارهای مختلف، مقدار دریافتی بزرگتر خواهد شد.

$$\sum_{n=0}^{\infty} x_i[n] \rightarrow 0 \quad (11)$$

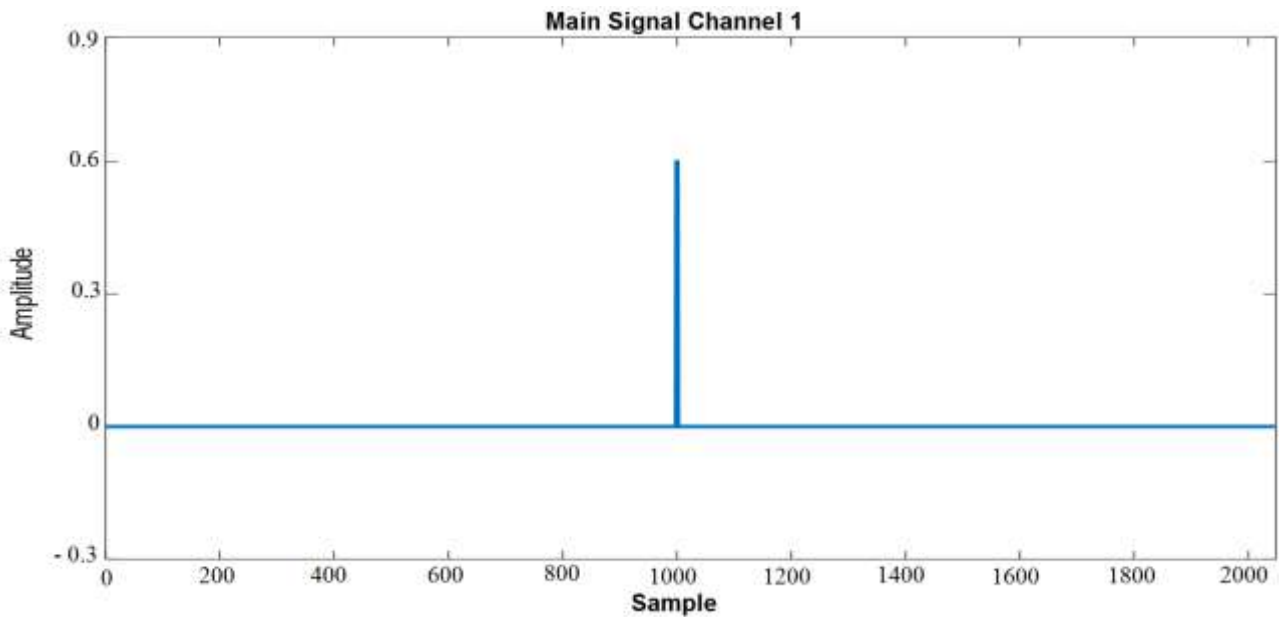
$$\sum_{n=0}^{\infty} x_j[n] \rightarrow \infty \quad (12)$$

پس از انجام تعدادی تکرار در ارسال و دریافت اطلاعات، با جمع نمودن نمونه‌های متناظر در تکرارهای مختلف، و میانگین‌گیری از آنها سعی در پیدا نمودن نمونه حاوی اطلاعات در سیگنال دریافتی می‌کنیم. مطابق با روش میانگین‌گیری، با جمع نمونه‌های متناظر، مقادیر نمونه‌هایی که دارای نویز هستند و دارای اطلاعات تصادفی هستند به سمت صفر میل می‌کنند و نمونه‌هایی که حاوی اطلاعات اصلی هستند به مقداری بالاتر از صفر میل می‌کنند. بدین ترتیب و با استفاده از روش میانگین‌گیری نمونه‌های حاوی اطلاعات اصلی را از نمونه‌های حاوی نویز جدا می‌کنیم. مزیت این روش آن است که بدون تقویت قدرت فرستنده و بدون استفاده از ایستگاه تقویت کننده در طی مسیر (که همگی سخت افزاری بوده و نیازمند هزینه می‌باشند) بازسازی سیگنال صورت می‌گیرد. ذکر این نکته نیز ضروری است که روش فوق برای سیستم‌هایی قابل پیاده‌سازی است که تنها یک مسیر بین فرستنده و گیرنده وجود داشته باشد. در صورت وجود چند مسیر بین فرستنده و گیرنده، روش فوق قابل پیاده‌سازی نمی‌باشد.

۵- نتایج شبیه‌سازی

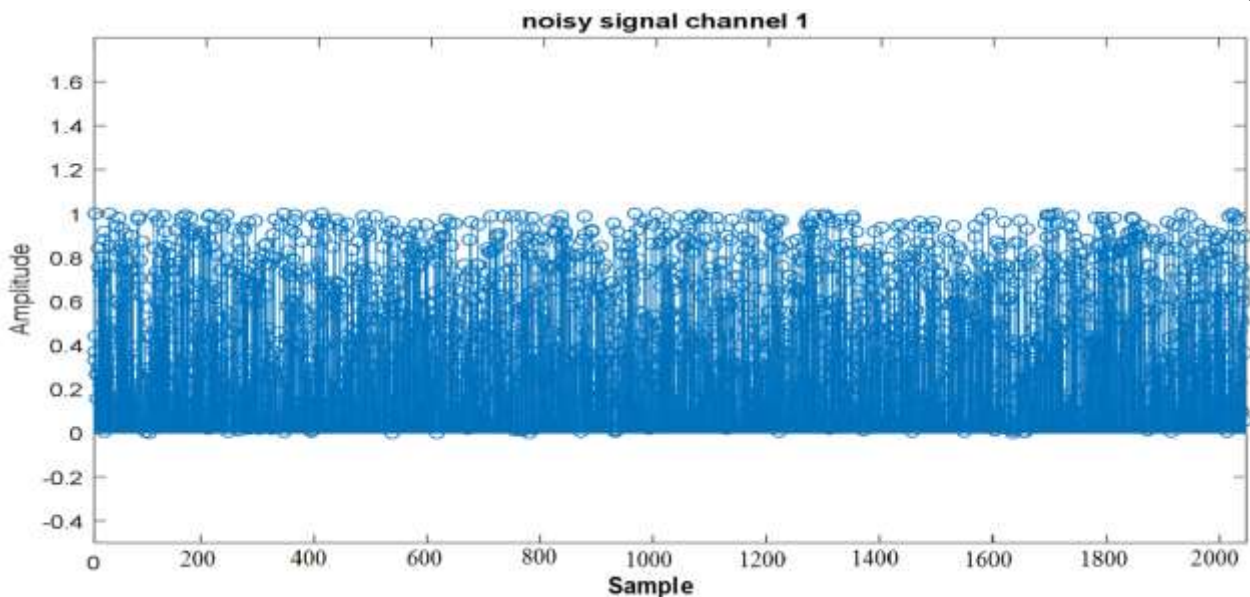
این مقاله به بررسی روش میانگین‌گیری در شرایط مختلف نویزی پرداخته و نتیجه سیگنال استخراج شده را در حالت‌های مختلف بررسی می‌کند. در این مطالعه فرض شده است که پنج نوع کانال ارسال و دریافت اطلاعات در دسترس است. این کانال‌ها در نمونه-هایی از زمان دارای اطلاعات اصلی بوده و دارای دامنه بیش از صفر هستند. نمونه برداری در این کانال‌ها به صورت بسته‌های ۲۰۴۸ تایی در نظر گرفته می‌شود. همچنین کلیه آنالیزهای موردنظر با نرم افزار متلب (*R2016a* با نسخه ۹,۰,۰,۳۴۱۳۶۰) روی ویندوز ۶۴ بیتی انجام می‌شود. آزمایش‌ها و سناریوها، اعم از تعداد آزمایشات و تعداد گام‌ها و مقدار دامنه سیگنال دریافتی بصورت

انتخابی بوده و در آزمایش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. وقتی دامنه سیگنال قوی و برابر یک است احتمالاً همان بار اول توسط گیرنده دریافت می‌شود. اما برای اطمینان از نتایج، ۱۰ بار عمل تکرار ارسال و جمع کردن انجام می‌شود. در آزمایش‌های مختلف و طی هر گام، دامنه سیگنال کم می‌شود تا مشخص شود با کم شدن سیگنال به نویز و ایجاد تضعیف زیاد، سیستم به چه ترتیبی عمل می‌کند. برای بررسی بیشتر این الگوریتم، با تعداد دفعات تکرار مختلف (یعنی با ۱۰، ۲۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ بار تکرار)، به آنالیز نتایج پرداخته می‌شود. بدیهی است که چنانچه بتوان سیگنال اصلی را در تعداد دفعات کمتری تشخیص داد، انتقال اطلاعات با سرعت بالاتری به انجام خواهد رسید. همچنین دامنه سیگنال‌ها یکسان در نظر گرفته می‌شوند و در هر آزمایش به طور یکسان کاهش می‌یابند. عبارتی در هر آزمایش براساس تغییر دو پارامتر مسئله، یعنی دامنه سیگنال و تعداد دفعات تکرار، نتایج بررسی خواهند شد. در ابتدا در شکل ۲ نمودار سیگنال اصلی اولیه (سیگنال بدون نویز) با در نظر گرفتن مقدار دامنه برابر با ۰,۶ مربوط به کانال اول نشان داده شده است.



شکل ۲. نمودار سیگنال بدون نویز کانال اول

همچنین در شکل ۳ سیگنال اعوجاج یافته حاصل از مجموع سیگنال اصلی با نویز تصادفی، برای کانال اول با دامنه ۰,۶ مشاهده می‌شود.



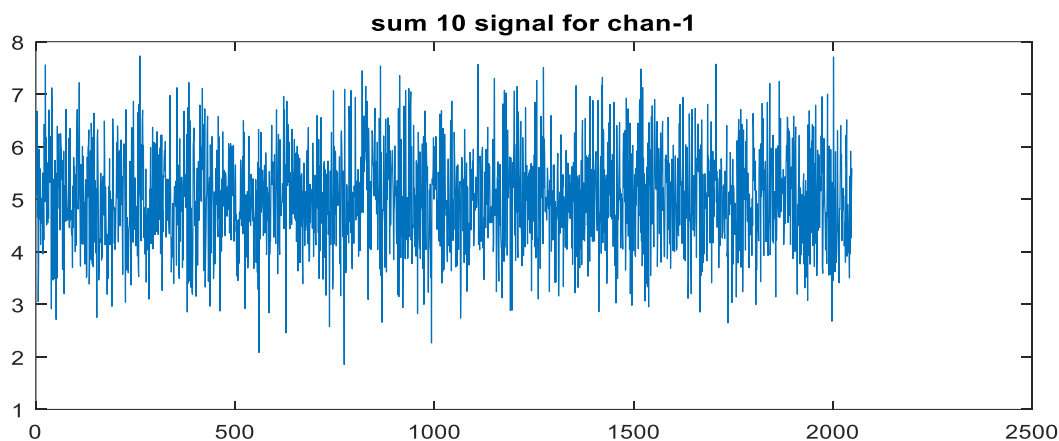
شکل ۳. سیگنال اعوجاج یافته حاصل از مجموع سیگنال اصلی با نویز تصادفی، برای کانال اول

اولین آزمایش، با دامنه نرمال برابر ۱ برای هر پنج کانال و با تکرارهای مختلف انجام شده است. برای ایجاد بدترین حالت دریافت، مقدار تغییرات دامنه نرمال نویز را بین ۰ الی ۱ قابل تغییر فرض کرده ایم. نتایج حاصل از گام‌های آزمایش اول برای هر پنج کانال در جدول ۱ مقایسه شده‌اند. چنانچه مشاهده می‌شود، در این حالت سیگنال اصلی با حداقل تکرار (۱۰ تکرار) نیز قابل استخراج می‌باشد و سیگنال به نویز آن، عددی بالاتر از یک شده است.

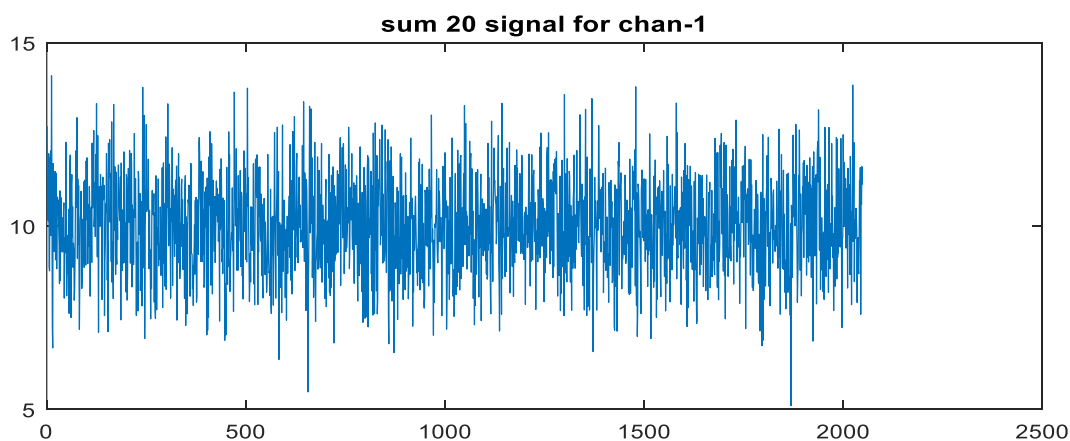
جدول ۱. SNR برای دامنه سیگنال برابر با یک در حالات مختلف

سطح نرمالیزه نویز اعمالی	تکرار ۱۰	تکرار ۲۰	تکرار ۶۰	تکرار ۱۰۰	تکرار ۲۰۰	کانال
تصادفی بین ۰ الی ۱	۱,۵۶۳۳	۱,۸۵۴۰	۲,۳۹۷۹	۲,۶۶۵۷	۳,۱۴۱۳	۱
تصادفی بین ۰ الی ۱	۱,۴۶۹۱	۱,۷۵۸۵	۲,۴۴۶۱	۲,۸۷۶۳	۳,۰۰۳۵	۲
تصادفی بین ۰ الی ۱	۱,۶۳۱۷	۲,۰۱۹۸	۲,۴۴۳۷	۲,۸۹۰۱	۳,۰۶۲۹	۳
تصادفی بین ۰ الی ۱	۱,۷۰۶۱	۲,۰۹۴۷	۲,۶۶۲۶	۲,۸۱۸۶	۳,۱۱۳۲	۴
تصادفی بین ۰ الی ۱	۱,۵۱۶۴	۱,۸۶۰۸	۲,۴۴۰۶	۲,۸۳۰۲	۳,۱۲۷۸	۵

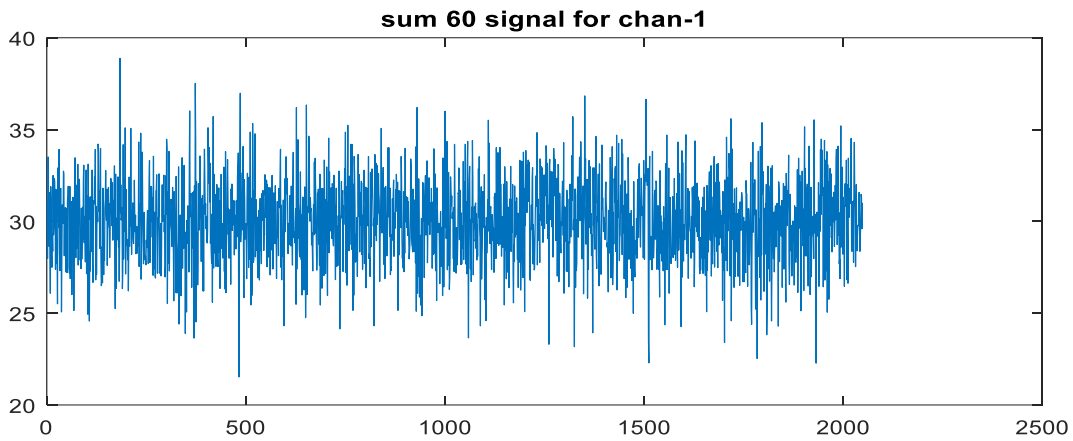
آزمایش‌های دوم، سوم، چهارم و پنجم: در این آزمایشها دامنه‌های نرمال سیگنال‌های اصلی را کم کرده به ترتیب برابر با ۰/۸، ۰/۶، ۰/۵۵ و ۰/۵ در نظر گرفته‌ایم. جهت مشاهده نتایج خروجی، نتایج آزمایش سوم با دامنه برابر ۰/۶ و با تکرارهای مختلف در شکل‌های ۴ الی ۸ نمایش داده شده است.



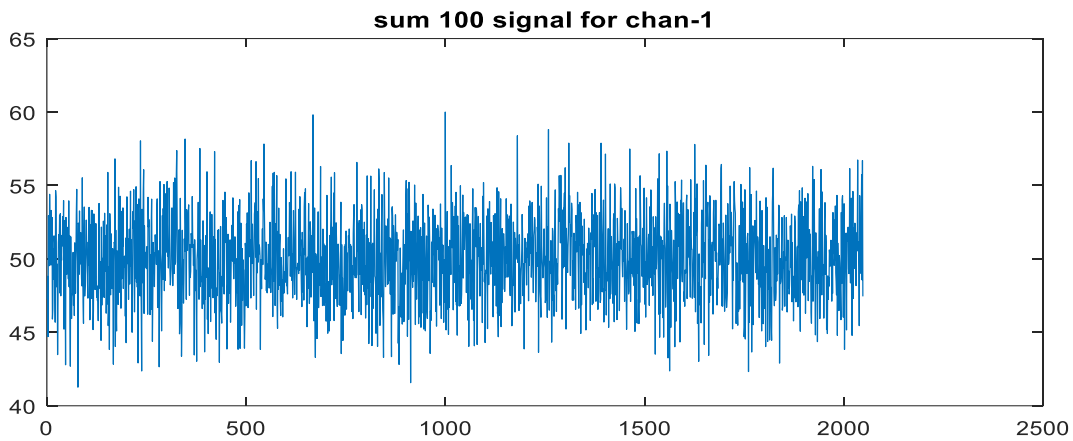
شکل ۴. انجام ۱۰ بار تکرار برای استخراج سیگنال اصلی با دامنه ۰/۶



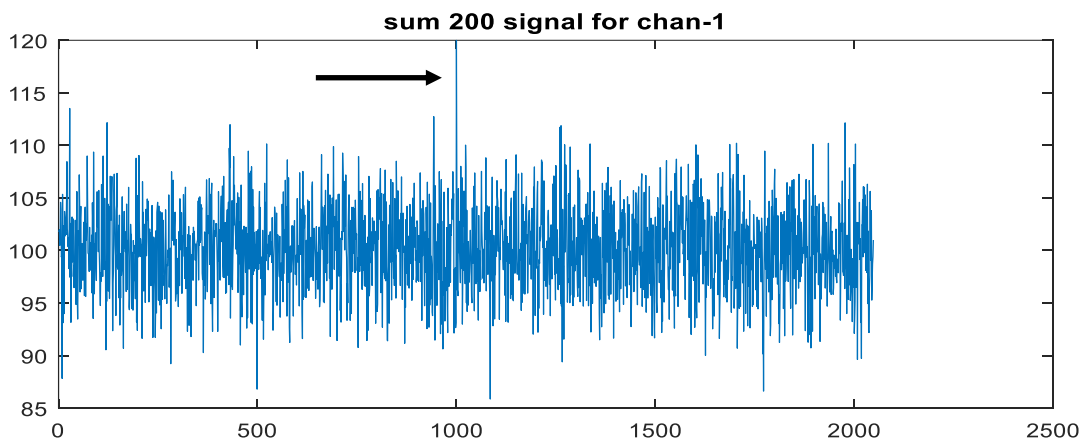
شکل ۵. انجام ۲۰ بار تکرار برای استخراج سیگنال اصلی با دامنه ۰/۶



شکل ۶. انجام ۶۰ بار تکرار برای استخراج سیگنال اصلی با دامنه ۰/۶



شکل ۷. انجام ۱۰۰ بار تکرار برای استخراج سیگنال اصلی با دامنه ۰/۶



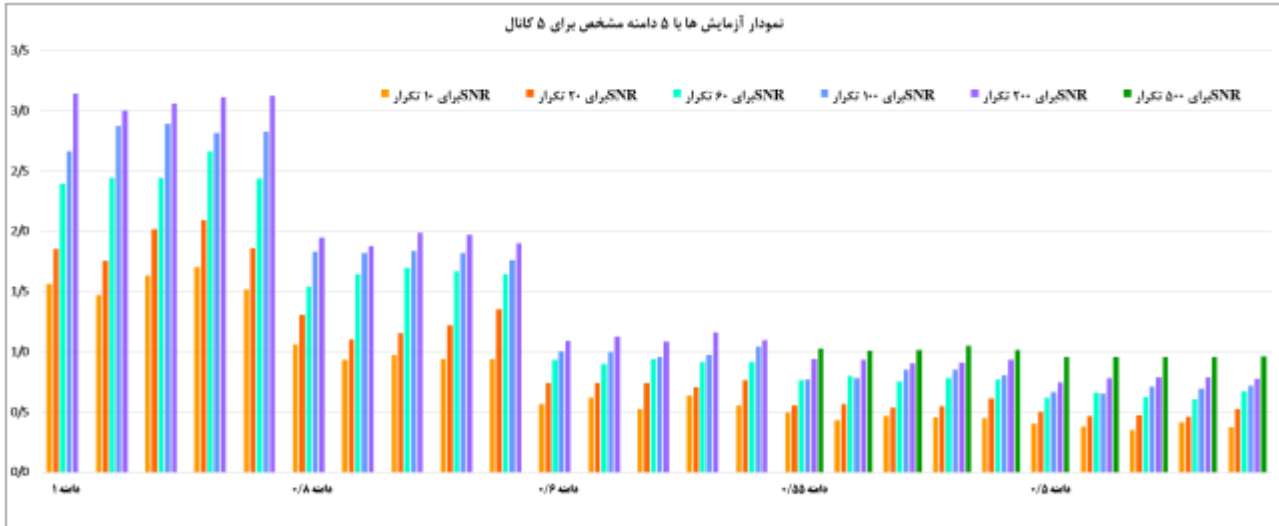
شکل ۸. انجام ۲۰۰ بار تکرار برای استخراج سیگنال اصلی با دامنه ۰/۶

چنانچه در شکل‌های ۴ الی ۸ مشاهده می‌شود، سیگنال اصلی که در نمونه ۱۰۰۰-ام است از درون نویز خارج نشده است و قابل تشخیص نمی‌باشد. ولی با انجام ۲۰۰ بار تکرار در شکل ۸، سیگنال اصلی در نمونه ۱۰۰۰-ام استخراج شده و دامنه آن حدود ۱۰٪ بالاتر از دامنه نویز رفته است. جهت مقایسه نتایج حاصل از پنج آزمایش، مقدار SNR با دامنه‌ها و تکرارهای مختلف، در جدول ۲ و همچنین شکل ۹ آورده شده است.

نتایج حاصل از آزمایشها برای پنج کانال با تکرارهای ۱۰، ۲۰، ۶۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ قابل مشاهده هستند. همانطور که ملاحظه می‌شود، به دلیل پایین بودن دامنه سیگنال در آزمایش پنجم، حتی با وجود ۵۰۰ بار تکرار نیز سیگنال اصلی از نویز بیشتر نشده است. لذا در صورت رسیدن دامنه به ۰/۵ و کمتر، استخراج سیگنال عملاً بسیار سخت و با تکرارهای بسیار بالا امکان پذیر می‌باشد که ممکن است به صرفه نباشد.

جدول ۲. مقایسه نتایج حاصل از ۵ آزمایش با دامنه های مشخص برای ۵ کانال

شماره کانال	سطح نرمالیزه نویز اعمالی	SNR برای ۱۰ تکرار	SNR برای ۲۰ تکرار	SNR برای ۶۰ تکرار	SNR برای ۱۰۰ تکرار	SNR برای ۲۰۰ تکرار	SNR برای ۵۰۰ تکرار
دامنه ۱	تصادفی بین ۰ الی ۱	۱/۵۶	۱/۸۵	۲/۴۰	۲/۶۷	۳/۱۴	-
	تصادفی بین ۰ الی ۱	۱/۴۷	۱/۷۴	۲/۴۵	۲/۸۸	۳/۰۰	-
	تصادفی بین ۰ الی ۱	۱/۶۳	۲/۰۲	۲/۴۴	۲/۸۹	۳/۰۶	-
	تصادفی بین ۰ الی ۱	۱/۷۱	۲/۰۹	۲/۶۶	۲/۸۲	۳/۱۱	-
	تصادفی بین ۰ الی ۱	۱/۵۲	۱/۸۶	۲/۴۴	۲/۸۳	۳/۱۳	-
دامنه ۰/۸	تصادفی بین ۰ الی ۱	۱/۰۶	۱/۳۱	۱/۵۴	۱/۸۳	۱/۹۵	-
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۹۳	۱/۱۰	۱/۶۴	۱/۸۲	۱/۸۸	-
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۹۸	۱/۱۵	۱/۷۰	۱/۸۴	۱/۹۹	-
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۹۴	۱/۲۲	۱/۶۷	۱/۸۲	۱/۹۷	-
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۹۴	۱/۳۵	۱/۶۴	۱/۷۶	۱/۹۰	-
دامنه ۰/۶	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۵۷	-۰/۷۴	-۰/۹۳	۱/۰۱	۱/۰۹	-
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۶۳	-۰/۷۴	-۰/۹۰	۱/۰۰	۱/۱۲	-
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۵۲	-۰/۷۴	-۰/۹۴	۰/۹۶	۱/۰۹	-
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۶۴	-۰/۷۱	-۰/۹۲	۰/۹۸	۱/۱۶	-
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۵۶	-۰/۷۷	-۰/۹۱	۱/۰۴	۱/۱۰	-
دامنه ۰/۵۵	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۵۰	-۰/۵۶	-۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۹۴	۱/۰۳
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۴۳	-۰/۵۷	-۰/۸۰	۰/۷۸	۰/۹۳	۱/۰۱
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۴۷	-۰/۵۴	-۰/۷۵	۰/۸۵	۰/۹۰	۱/۰۱
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۴۶	-۰/۵۵	-۰/۷۸	۰/۸۵	۰/۹۱	۱/۰۵
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۴۵	-۰/۶۲	-۰/۷۷	۰/۸۰	۰/۹۳	۱/۰۲
دامنه ۰/۵	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۴۰	-۰/۵۰	-۰/۶۲	۰/۶۶	۰/۷۵	۰/۹۶
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۳۸	-۰/۴۷	-۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۷۸	۰/۹۶
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۳۵	-۰/۴۷	-۰/۶۳	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۹۶
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۴۱	-۰/۴۶	-۰/۶۱	۰/۷۰	۰/۷۹	۰/۹۶
	تصادفی بین ۰ الی ۱	-۰/۳۷	-۰/۵۳	-۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۷۸	۰/۹۶



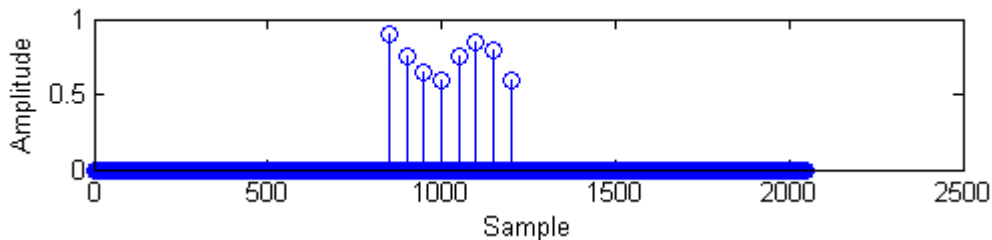
شکل ۹. نمودار مربوط به آزمایش ها با ۵ دامنه مشخص برای ۵ کانال

بنابراین می توان نتیجه گرفت که روش مذکور زمانی به جواب مورد نظر خواهد رسید که دامنه سیگنال دریافتی بیشتر از نصف دامنه نویز موجود باشد. به طوریکه در آزمایش های اول تا چهارم که دامنه سیگنال بالاتر از نصف دامنه نویز می باشد، پس از تکرارهای مختلف نسبت SNR به مقداری بالاتر از ۱ رسیده است. به طور کلی می توان موارد زیر را از جدول مذکور نتیجه گیری نمود:

الف) در هر آزمایش، افزایش تعداد تکرارها، باعث افزایش نسبت سیگنال به نویز می گردد.

ب) با کاهش دامنه سیگنال در آزمایش های مختلف و در تعداد تکرار ثابت، نسبت سیگنال به نویز کاهش می یابد.

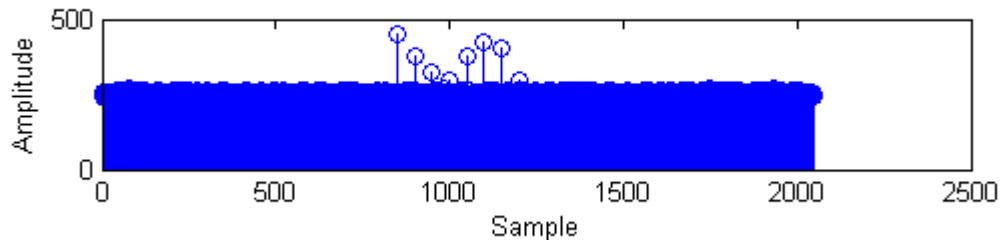
آزمایش های فوق تنها دارای یک سیگنال اصلی در نمونه ۱۰۰۰-ام هستند. کاربرد این نوع نمونه ها بیشتر در ارسال سیگنال های مخابرات نوری است. لذا به منظور گسترش آزمایش به سیستم های دیگر که دارای سیگنال های بیشتری بر روی نمونه های مختلف می باشند، آزمایش دیگری را انجام می دهیم تا بتوانیم نتایج حاصل از آن را نیز بررسی کنیم. بدین منظور سیگنال فرضی را مطابق با شکل ۱۰ در نظر می گیریم که دارای سیگنال های زیاده تر بر روی نمونه های مختلف است. دامنه سیگنال های نرمالیزه در محدوده ۱ الی ۰/۶۵ در نظر گرفته شده اند.



شکل ۱۰. نمونه های متوالی از یک سیگنال گسسته

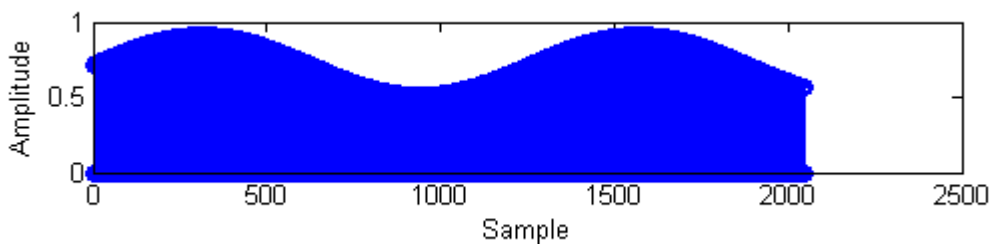
پس از آن سیگنال را با نویزی قوی که دارای محدوده نرمالیزه ۰ الی ۱ است مخلوط کرده ایم و روش موجود را بر روی آن اعمال کرده ایم. جهت استخراج سیگنال مورد نظر، آزمایش را با تکرارهای مختلف انجام داده و سرانجام پس از ۵۰۰ بار تکرار موفق به استخراج سیگنال مورد نظر از درون نویز شدید. چنانچه در شکل ۱۱ مشاهده میشود، سیگنال مورد نظر در تمامی نمونه ها استخراج شده و دارای دامنه سیگنال به نویز بالاتر از ۱ می باشد. با توجه به اینکه در این آزمایش دارای سیگنال های بیشتری هستیم و نیاز به استخراج تمامی آنها داریم، بایستی تکرارهای بیشتری را نسبت به حالتی که تنها دارای یک سیگنال هستیم انجام دهیم. لذا در این حالت میتوان نتیجه گرفت که برای به صرفه بودن روش و عدم ارسال تکرارهای بیش از حد، دامنه نرمالیزه تمامی سیگنال های موجود در شکل موج میبایست بالاتر از ۰/۶۵ باشند. این درحالیست که در حالت تک سیگنالی، می توانستیم سیگنالی با دامنه نرمالیزه ۰/۵۵

داشته باشیم. بنابراین در حالتی که دارای رشته ای از اطلاعات هستیم، بایستی سیگنال را با دامنه قویتری ارسال نماییم تا در گیرنده بتوان آن را با تکرارهای قابل قبول استخراج نمود.

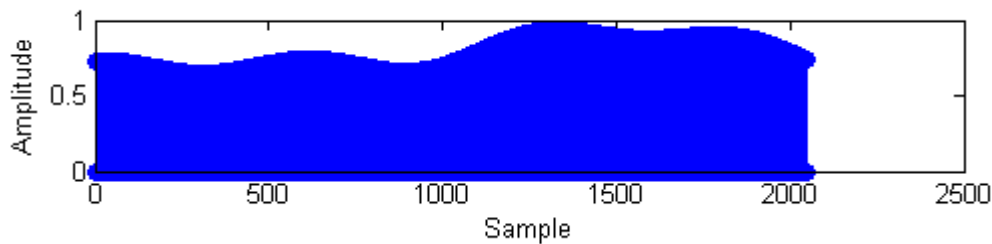


شکل ۱۱. نمونه های استخراج شده از نویز پس از ۵۰۰ بار تکرار

به منظور بررسی دقیقتر روش فوق، شکل موجی با تعداد نمونه های فراوان را در نظر گرفته ایم که دارای ۱۰۰۰ سیگنال در نمونه های مختلف باشد. در این حالت تعداد تکرار را ثابت و برابر ۵۰۰ در نظر میگیریم تا روش فوق قابل اعمال باشد. در حالت اولیه دامنه نرمالیزه سیگنالها را در محدوده ۰/۶۵ الی ۱ در نظر میگیریم. لذا در صورتی که نتوانیم پس از ۵۰۰ بار تکرار سیگنالها را استخراج کنیم، دامنه را افزایش میدهیم تا محدوده قابل استخراج را پیدا کنیم. برای این منظور دو سیگنال مختلف را در نظر گرفته ایم. شکل ۱۲(الف) شکل موج یک سیگنال سینوسی ساده را نشان میدهد و شکل ۱۲(ب) شکل موج یک سیگنال صوتی را نشان میدهد.



(الف)

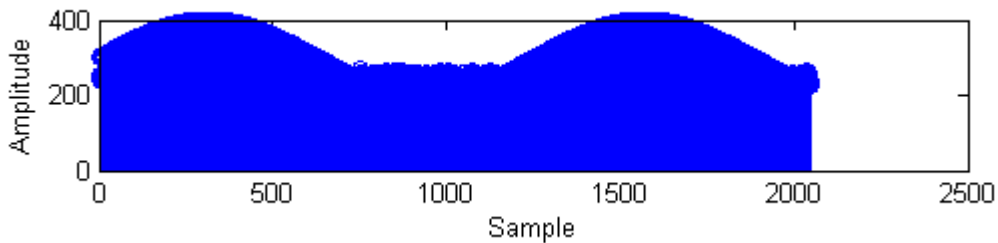


(ب)

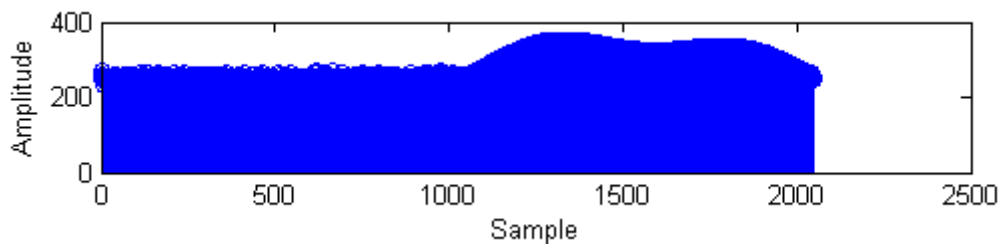
شکل ۱۲. سیگنالهایی یا ۱۰۰۰ نمونه (الف) شکل موج سینوسی ساده (ب) شکل موج سیگنال صوتی

پس از اعمال روش فوق و تکرار آن برای دامنه ای مختلف سیگنالهای ورودی، در نهایت برای محدوده دامنه نرمالیزه ۰/۷۵ الی ۱ و پس از ۵۰۰ بار تکرار، نمونه های سیگنال سینوسی مطابق با شکل ۱۳(الف) استخراج میشوند. چنانچه مشاهده میشود، تعدادی از نمونه های شکل موج سنوسی که بر روی پیک منفی قرار دارند هنوز در درون نویز قرار دارند. ولی به دلیل استخراج اکثر نمونه ها و شناخته بودن شکل موج سینوسی، میتوان نمونه های پیک منفی را بازیابی نمود و سیگنال را اصلاح کرد. ولی همانگونه که در شکل ۱۳(ب) نشان داده شده است، سیگنال صوتی به طور کامل استخراج نشده است. همچنین به دلیل ناشناخته بودن این سیگنال، امکان بازیابی و اصلاح آن وجود ندارد. با افزایش محدوده دامنه نرمالیزه به بالاتر از ۰/۸، ممکن است تعداد نمونه های بیشتری استخراج شوند، ولی باز هم تعدادی از نمونه ها استخراج نخواهند شد و به دلیل ناشناخته بودن سیگنال استخراج آن کامل انجام نمیشود.

بنابراین میتوان نتیجه گرفت که با زیاد شدن تعداد نمونه های سیگنال، استخراج آن سختتر شده و در مواردی که نوع سیگنال از قبل شناخته شده نباشد، روش فوق توانایی استخراج کامل سیگنال را ندارد.



(الف)



(ب)

شکل ۱۳. سیگنالهای استخراج شده از (الف) شکل موج سینوسی ساده (ب) شکل موج سیگنال صوتی

در حالت کلی برای سیگنالهایی که حاوی فرمانهای کوتاه برای گیرنده باشند، این روش مناسب و قابل پیاده سازی است. ولی برای سیگنالهایی که دارای اطلاعات زیاد و پشت سر هم هستند، در صورتی روش فوق قابل اعمال است که شکل موج ارسال شناخته شده باشد. در صورت عدم شناخت سیگنال، بایستی شکل موج را از قبل برای گیرنده تعریف نمود تا قابل بازبایی و اصلاح باشد و در غیر این صورت روش فوق توانایی استخراج تمامی نمونه ها را نخواهد داشت. لازم به ذکر است که روش فوق میتواند در موارد زیر مفید واقع شده و کاربردهای متنوعی داشته باشند: ۱- محیطهایی که دارای نویز زیادی هستند. ۲- مواقعی که امکان نصب سخت افزار در فواصل کوتاه امکان پذیر نمیشود. ۳- در موارد نظامی که نیازمند به ارسال سیگنال با دامنه ضعیف به دلیل عدم شناسایی آن توسط دشمن میباشیم.

۶- نتیجه گیری

در این مقاله بازسازی سیگنال اصلی از روی سیگنال ضعیف دریافتی، مدنظر بوده و ایده اصلی در آن روش میانگین گیری می باشد. بدین صورت که سعی بر بررسی روش میانگین گیری و بازدهی آن در شرایط مختلف نویزی در محیط انتقال است. لذا روش تکرار ارسال سیگنال توسط فرستنده مورد استفاده قرار گرفت. به همین دلیل در این پژوهش در هر بار، سیگنال دریافتی با سیگنال قبلی دریافت شده، جمع می شود تا قدرت سیگنال به نویز را افزایش داده و نویز موجود را کاهش دهد. نویز اعمالی به صورت تصادفی بوده و دارای دامنه نرمال ۰ تا ۱ می باشد. در شبیه سازی ها، به منظور ایجاد بدترین حالت ممکن برای سیگنال تضعیف شده، فرض شده است که دامنه نویز مخلوط شده با سیگنال، برابر با دامنه تغییرات سیگنال اصلی است. پس از اجرای آزمایش های گوناگون و با دامنه های دریافتی مختلف برای سیگنال اصلی، مشخص گردید که استخراج سیگنال تا زمانی که دامنه سیگنال بالاتر از نصف محدوده تغییرات نویز باشد، استخراج سیگنال امکان پذیر است ولی در صورت رسیدن دامنه به نصف و یا کمتر از آن، عملاً استخراج سیگنال بسیار سخت می باشد. همچنین با اعمال روش فوق بر روی سیگنالهایی با تعداد نمونه های بالاتر، نتیجه گرفتیم که یا بایستی سیگنال را با دامنه بالاتر ارسال نمود و یا بایستی شکل موج سیگنال از قبل شناخته شده باشد. در غیر این صورت روش فوق قابل اعمال نمیشود.

مراجع

- [1] J. D. Downie, and A. B. Ruffin, "Analysis of Signal Distortion and Crosstalk Penalties Induced by Optical Filters in Optical Networks," *Journal of Light wave Technology*, vol.23, no.9, pp. 1876-1886, 2003.
- [2] J.S. Blasco, E. Iáñez, A. Ubeda and J.M. Azorín. "Visual evoked potential-based brain-machine interface applications to assist disabled people". *Expert Systems with Applications*. vol.39, no.9, pp. 7908-7918, 2012.
- [3] R. Tobias and P. Henning, "Integrating recursive minimum tracking and codebook based noise estimation for improved reduction of non-stationary noise," *Signal Processing*, vol.92, pp.767-779, 2012.
- [4] K. M. Saroj, "Recursive and noise-exclusive fuzzy switching median filter for impulse noise reduction," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol.57, pp.445-450, 2014.
- [5] D. Fonseca, A. V. T. Cartaxo, and P. Monteiro, "Adaptive Opt electrical Filters for Improved Generation of Optical Single Sideband Signals with Different Pulse Shapes," *Journal of Light wave Technology*, vol.25, No.8, 2007.
- [6] M. A. Masry and S. S. Hemami, "A metric for continuous quality evaluation of compressed video with severe distortions," *Signal Processing: Image Communication*, vol.19, pp.133-146, 2010.
- [7] K. Sun, J. Zhang, W. Shi and Jingdie Gou, "Extraction of Partial Discharge Pulses from the Complex Noisy Signals of Power Cables Based on CEEMDAN and Wavelet Packet", *Energies*, vol.12,no.17,pp.3242,2019.
- [8] Z. Yongli, H. Tailin, L. Baihe, L. Yang and L. Fuwen, "Detection and extraction of shockwave signal in noisy environments", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, vol. 37, no. 4, pp. 4499-4510, 2019.
- [9] K. Ji, Y. Shen and F. Wang, "Signal Extraction from GNSS Position Time Series Using Weighted Wavelet Analysis", *Remote Sens*, vol.12,no.6,pp.992, 2020.
- [10] S. Giarnetti, F. Leccese and M. Caciotta, "Non recursive Nonlinear Least Squares for periodic signal fitting," *Elsevier, Measurement*, vol.103, pp.208-216, 2017.
- [11] S. Giarnetti, F. Leccese, M. Caciotta, "Non recursive multi-harmonic least squares fitting for grid frequency estimation," *Elsevier, Measurement*, vol. 66, pp.229-237, 2015.
- [12] S. Cuomo, G. De Pietro, R. Farina, A. Galletti and G. Sannino, "A revised scheme for real time ECG Signal denoising based on recursive filtering," *Biomedical Signal Processing and Control*, vol.27, pp.134-144, 2016.
- [13] A. Ahangi, M. Karamnejad, N. Mohammadi, R. Ebrahimpour and N. Bagheri "Multiple classifier system for EEG signal classification with application to brain-computer interfaces". *Neural Computing and Applications*. Vol.23, no.5, pp.1319-1327, 2013;
- [14] M. Bamdad, H. Zarshenas, H. Grailu "A survey on BCI application in rehabilitation to improve". *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*, vol.9, no.6, pp.1153-1166, 2014.
- [15] G.F. Woodman "A brief introduction to the use of event-related potentials in studies of perception and attention". *Attention, Perception, & Psychophysics*, vol.72, no.8, pp.2031-2046, 2010.
- [16] M.M. Fouad, K.M. Amin, N. El-Bendary and A.E. Hassanien "Brain Computer Interface: A Review". *Brain-Computer Interfaces: Springer*, vol.74, pp. 3-30, 2015.
- [17] A. Roman-Gonzalez "EEG Signal Processing for BCI Applications. Human-Computer Systems Interaction: Backgrounds and Applications 2" *Springer*, vol.98, pp. 571-591, 2012.
- [18] S. Deng, R. Srinivasan, T. Lappas and M. D'Zmura "EEG classification of imagined syllable rhythm using Hilbert spectrum methods". *Journal of neural engineering*, vol.7, no.4, pp.6-7, 2010,
- [19] J.D. Vega Arias, C. Hintermüller and C. Guger "Generic Brain-computer Interface for Social and Human-computer Interaction". *Procedeeeng of the Fifth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions Spain*, 2012, pp.145-9.
- [20] Pérez-Marcos, J.A. Buitrago, F.D. Velásquez "Writing through a robot: A proof of concept for a brain-machine interface". *Medical engineering & physics*, vol.33,no.10, pp.1314-1317, 2011.
- [۲۱] علائی محمد، امیری رضایی، "حذف نویز از سیگنال همدوس بازگشتی رادار با استفاده از تبدیل چیرپلت"، *مجله علمی-پژوهشی علوم و فناوری های پدافند غیرعامل*، پائیز ۱۳۸۹
- [22] C.H. Wu, H.C. Chang, P.L. Lee, K.S.Li, J.J. Sie, C.W. Sun, et al. "Frequency recognition in an SSVEP-based brain computer interface using empirical mode decomposition and refined generalized zero-crossing". *Journal of neuroscience methods*, vol.196, no.1, pp.170-181, 2011.

Inspecting the Attenuated Telecommunication Signals Extraction in the Noisy Environments

Elham Mohammadzadeh¹, Mahdi Zare^{2*}, Mojdeh Mahdavi³

1: MSc. Student of Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods Branch, Tehran, Iran

2*: Assistant Professor, Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods Branch, Tehran, Iran, zare@qodsiau.ac.ir

3*: Assistant Professor, Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods Branch, Tehran, Iran

ABSTRACT:

Common methods of reducing signal distortion received at the output of telecommunication systems are generally based on linear methods. These methods have many limitations, including the inability to remove the noise inside the band. The purpose of this paper is to reduce distortion and reconstruction of received weak signal and pull it out of the noise sea. In this paper, we employed averaging method to reduce distortion and improve the received signal. The analysis is performed and simulated in several scenarios and results show that in a certain number of channels, increasing the number of repetitions usually increases the signal to noise. Also, as the amplitude decreases in different experiments, the signal-to-noise decreases with constant repetitions. If the received signal amplitude is more than half of the noise amplitude, the main signal is extracted. However, if the signal amplitude is less than half of the noise amplitude, the main signal will not be extracted.

KEYWORDS: Return methods, Improve signal quality, Telecommunication systems, Nonlinear processing