به نام خدا

پروژه درس سیگنال ها و سیستم ها

استاد درس : دکتر بابک حسین خلج

علی ابراهیمی میمند 402101114

مجتبی دهقانی 402101703

Singal Noise Cancelling

Q1

عنوان: بررسی مدل‌های نویز و روش‌های حذف نویز در حوزه سیگنال‌های زمان گسسته .

بخش اول : تحقیق درباره مدل‌های نویز در حوزه سیگنال‌های زمان گسسته

مقدمه : در بسیاری از سیستم‌های مهندسی، به‌ویژه در حوزه‌های مخابرات، پردازش تصویر، صوت، و پزشکی، سیگنال‌های اصلی تحت تأثیر نویز قرار می‌گیرند . این نویزها می‌توانند منبع طبیعی یا مصنوعی داشته باشند و درک دقیق رفتار آماری آن‌ها کلید طراحی سیستم‌های مؤثر برای حذف یا کاهش اثر آن‌هاست. در این تحقیق به بررسی دقیق و تحلیل مدل‌های مختلف نویز در حوزه زمان گسسته پرداخته می‌شود .

در حالت کلی مدل سیگنال و نویز به صورت زیر بیان میشود :

$$n[n] + s[n] = y[n]$$

که در آن y سیگنال نهایی هست و s و n به ترتیب سیگنال اصلی و نویز هستند .

نویز گوسی گسسته(Discrete Gaussian Noise)

نویز گاوسی یکی از رایج‌ترین مدل‌های نویز است که با توزیع نرمال مدل می‌شود. در حوزه زمان گسسته :

$$\mathcal{N}(0,\sigma^2) \sim n[n]$$

این نویز معمولاً در نویزهای حرارتی، نویز سنسورهای الکترونیکی، و کانال‌های مخابراتی دیده می‌شود.

نویز یکنواخت گسسته(Discrete Uniform Noise)

در این مدل، نویز به طور یکنواخت بین دو مقدار , -A وA توزیع شده است :

$$\mathcal{U}(-A,A) \sim n[n]$$

این نوع نویز در کوانتیزاسیون (Quantization Noise) در سیستم‌های دیجیتال کاربرد زیادی دارد.

نویز سفید گسسته(Discrete White Noise)

نویز سفید یک سیگنال تصادفی با توان ثابت در تمام فرکانس‌ها است و در زمان گسسته به صورت زیر مدل می‌شود:

$$E[n[n]\cdot n[m]] = \begin{cases} \sigma^2 & \text{اگر } n=m \\ 0 & \text{اگر } n\neq m \end{cases}$$

.

نویز ضربه‌ای گسسته(Impulse Noise)

$$n[n] = \delta[n - n_0]$$

این نویز به صورت ناگهانی در یک لحظه ظاهر می‌شود، مانند نویزهای ناشی از جرقه در خطوط برق و که δ[n] تابع کرونکر دلتا است. در بسیاری از سیستم‌ها مانند خطوط DSL یا شبکه‌های صنعتی دیده می‌شود.

نویز برق شهری(Power Line Noise)

در کشورهایی مانند ایران که برق با فرکانس ۵۰ هرتز توزیع می‌شود، نویز سینوسی با آن فرکانس به صورت زیر مدل می‌شود:

$$n[n] = A\sin(2\pi f n T)$$

این نوع نویز معمولاً در اندازه‌گیری‌های پزشکی و صنعتی وجود دارد مثلاً در ECG یا سنسورهای صنعتی .

کاربرد رایج	ویژگی اصلی	نوع نویز
نویز حرارتی، نویز سنسور	توزیع نرمال، واریانس مشخص	گاوسی
نویز کوانتیزاسیون	بین بازه ثابت پخش شده	یکنواخت
پایه بسیاری از مدل‌های نویز	بدون همبستگی زمانی، طیف یکنواخت	سفید
شبکه‌های برق، سیستم‌های صنعتی	بسیار قوی و متمرکز در یک لحظه	ضربه‌ای
نویز ۶۰/۵۰ هرتز در ایران و اروپا	سینوسی با فرکانس مشخص	برق شهری

Noise Cancelling Methods (Excluding Adaptive Filtering)

Q2

حذف نویز (Noise Cancellation) یکی از چالش‌های اصلی در پردازش سیگنال‌های دیجیتال است. هدف بازیابی سیگنال اصلی از سیگنال نویزی مشاهده شده $y[n] = s[n] + n[n]$ است. بسته به نوع نویز ساختار سیگنال و نیاز کاربردی روش‌های متفاوتی برای حذف نویز به کار گرفته می‌شود. در این پاسخ، سه روش پایه‌ای و مهم بررسی می‌شوند : فیلتر FIR و فیلتر IIR و تبدیل موج .

فیلتر FIR پاسخ ضربه‌ای محدود

فیلتر FIR از نمونه‌های ورودی در گذشته استفاده می‌کند و پاسخ آن به صورت یک مجموع وزنی از سیگنال ورودی است:

$$\hat{s}[n] = \sum_{k=0}^{N} b_k \cdot y[n-k]$$

مزایا:

- ذاتاً پایدار است (عدم وجود فیدبک)
- طراحی ساده و متنوع با استفاده از روش پنجره، نمونه‌برداری فرکانسی
- قابلیت ایجاد فاز خطی (مناسب برای پردازش صوت و تصویر)

معایب:

- معمولاً برای حذف نویز مؤثر نیاز به مرتبه بالا دارد

منابع پردازشی بیشتری نسبت به IIR نیاز دارد (زمان، حافظه)

فیلتر IIR پاسخ ضربه‌ای نامحدود

فیلتر IIR علاوه بر استفاده از ورودی‌های گذشته، از خروجی‌های گذشته نیز استفاده می‌کند (ساختار بازگشتی):

$$\hat{s}[n] = \sum_{k=0}^{M} b_k \cdot y[n-k] - \sum_{j=1}^{N} a_j \cdot \hat{s}[n-j]$$

مزایا:

- دستیابی به پاسخ مطلوب با مرتبه پایین‌تر نسبت بهFIR
- مصرف حافظه و محاسبات کمتر

معایب:

- ممکن است ناپایدار شود اگر ضرایب بازگشتی به‌درستی تنظیم نشوند
- طراحی پیچیده‌تر (نیاز به آنالیز مکان قطب و صفر)
- معمولاً فاز غیرخطی دارد

حذف نویز با تبدیل موجک(Wavelet Denoising)

روش مبتنی بر تجزیه سیگنال با تبدیل موجک است. نویز معمولاً در ضرایب با فرکانس بالا متمرکز است. بنابراین می‌توان با اعمال آستانه‌گذاری (Thresholding) بر روی این ضرایب، نویز را حذف کرد و سپس سیگنال را بازسازی کرد.

مراحل انجام به صورت زیر خواهد بود :

1. تجزیه سیگنال با تبدیل موجک گسسته(DWT)
2. اعمال آستانه‌گذاری Soft یا Hard روی ضرایب
3. بازسازی سیگنال بدون نویز با تبدیل موجک معکوس (IDWT)

مزایا:

- مناسب برای سیگنال‌های غیرایستا مانند گفتار، EEG، ECG
- حفظ همزمان اطلاعات زمانی و فرکانسی
- مؤثر در حذف نویز گذرا (مانند پالس یا ضربه)

معایب:

- نیاز به انتخاب دقیق موجک پایه، تعداد سطوح، و نوع آستانه‌گذاری
- پیچیدگی محاسباتی بیشتر نسبت به فیلترهای خطی

روش	مزایا	معایب
FIR	ساده، پایدار، فاز خطی	مرتبه بالا برای حذف مؤثر، نیاز به حافظه بیشتر
IIR	مرتبه پایین‌تر، مصرف کمتر منابع	ممکن است ناپایدار باشد، طراحی پیچیده‌تر
تبدیل موجک	عملکرد عالی برای سیگنال‌های غیرایستا، تحلیل زمان-فرکانس	نیاز به انتخاب پارامتر، پیچیدگی محاسبات

Eigen Signals

تعریف سیگنال های ویژه:

در ریاضیات و پردازش سیگنال به مجموعه‌ای از سیگنال‌های متعامد (Orthogonal)

گفته می‌شود که تحت یک تبدیل خطی خاص، فقط مقیاس (دامنه) آن‌ها تغییر می‌کند و جهت کلی آن‌ها ثابت باقی می‌ماند مشابه مفهوم بردار ویژه در جبر خطی .... (Eigenvector)

اگر یک تابع تبدیل خطی روی یک سینگال اعمال شود و و خروجی آن صرفا یک ضریبی از همان باشد انگاه به این سیگنال ویژه خواهیم گفت .

$$T(x) = \lambda x$$

کاربرد های سیگنال ویژه در پردازش سیگنال :

فشرده‌سازی داده‌ها

سیگنال‌ها به‌صورت (PCA) در روش‌هایی مانند تجزیه مؤلفه‌های اصلی ترکیبی از سیگنال‌های ویژه نمایش داده می‌شوند. در این حالت، تنها مؤلفه‌های اصلی و مهم (دارای مقدار ویژه بالا) نگهداری می‌شوند و مؤلفه‌های کم‌اهمیت حذف می‌گردند. این روش در فشرده‌سازی تصویر و سیگنال‌های صوتی بسیار مؤثر است (JPEG مانند الگوریتم).

تشخیص گفتار و الگو

سیگنال‌های ویژه می‌توانند به‌عنوان پایه‌هایی برای مدل‌سازی صدا یا استخراج ویژگی‌های مربوط به گفتار مورد استفاده قرار گیرند. یکی از کاربردهای رایج در این زمینه، استفاده از مدل‌های مبتنی بر سیگنال‌های ویژه برای تشخیص صدا و گفتار است که در شناسایی گوینده و تحلیل محتوای صوتی کاربرد دارند .

حذف نویز

از آن‌جایی که سیگنال‌های ویژه به‌صورت متعامد تعریف می‌شوند، می‌توان با بهره‌گیری از آن‌ها، فضای اصلی حاوی اطلاعات مفید سیگنال را شناسایی کرد و بخش‌هایی از سیگنال که با این فضا هم‌راستا نیستند و اغلب شامل نویز یا اطلاعات اضافی هستند را حذف نمود. این

روش معمولاً در کنار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یا تجزیه به مقادیر ویژه به‌کار گرفته می‌شود .

بازسازی تصویر

در فشرده‌سازی تصویر با استفاده از تجزیه مقدار ویژه، تنها مؤلفه‌های اصلی که اطلاعات مهم تصویر را در خود دارند حفظ می‌شوند و تصویر نهایی با همین مؤلفه‌ها بازسازی می‌گردد. این کار موجب کاهش حجم داده و حذف نویزهای غیرضروری بدون افت محسوس کیفیت می‌شود .

مزایای استفاده از سیگنال‌های ویژه

نمایش فشرده

تنها تعداد اندکی از سیگنال‌های ویژه برای بازسازی دقیق سیگنال کافی هستند و در نتیجه فضای ذخیره‌سازی کاهش می‌یابد

کاهش نویز

با حذف مؤلفه‌هایی که اهمیت آماری کمتری دارند (یعنی مقادیر ویژه کوچک دارند) می‌توان نویز را تا حد زیادی کاهش داد

پایه های متعامد

سیگنال‌ها در چارچوبی تعریف می‌شوند که اجزای آن با یکدیگر زاویه‌دار و مستقل هستند، که این امر تحلیل، فیلتر کردن و پردازش را ساده‌تر می‌سازد

استخراج ویژگی‌ها

در سامانه‌های هوشمند مانند یادگیری ماشینی و تشخیص الگو، استفاده از سیگنال‌های ویژه برای استخراج ویژگی‌ها، باعث افزایش دقت و کارآمدی مدل‌ها می‌شود

Adaptive Filtering

مقدمه برای فیلتر تطبیقی

فیلتر تطبیقی یک نوع فیلتر دیجیتال است که ضرایب آن در طول زمان به‌صورت پویا و هوشمند تنظیم می‌شوند. هدف آن، کمینه کردن خطا بین سیگنال خروجی فیلتر و سیگنال هدف است .

الگوریتم‌های فیلتر تطبیقی بر اساس یک معیار یادگیری معمولاً کمینه‌سازی کار می‌کنند و قادرند خود را با تغییرات محیط (LMS) میانگین مربعات خطا نویزی وفق دهند .

فرمول‌بندی ریاضی الگوریتم

فرض‌ها :

سیگنال ورودی: $\mathbf{x}[n] = [x[n], x[n-1], \ldots, x[n-M+1]]^T$

ضرایب فیلتر: $\mathbf{w}[n] = [w_0[n], w_1[n], \ldots, w_{M-1}[n]]^T$

سیگنال خروجی و خطای فیلتر :

$$\hat{y}[n] = \mathbf{w}^T[n] \cdot \mathbf{x}[n]$$

$$e[n] = d[n] - \hat{y}[n]$$

قانون به روز رسانی ضرایب فیلتر :

$$\mathbf{w}[n+1] = \mathbf{w}[n] + \mu \cdot e[n] \cdot \mathbf{x}[n]$$

توضیح الگوریتم

ابتدا مقادیر اولیه ضرایب فیلتر را برابر صفر یا مقدار دلخواهی قرار میدهیم .

سپس برای هر لحظه زمان n خواهیم داشت ...

بردار ورودی x[n] را تشکیل میدهیم .

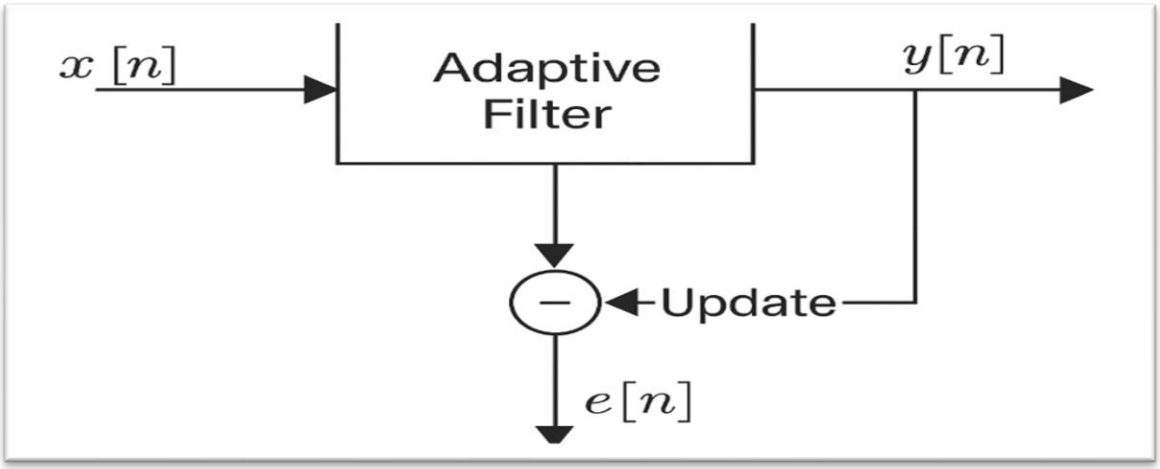
سیگنال تخمینی زیر را محاسبه میکنیم :

$$\hat{y}[n] = \mathbf{w}^T[n] \cdot \mathbf{x}[n]$$

حال محاسبه خطا را کرده و براساس فرمول های بالا که ذکر شد ضرایب فیلتر را بروز رسانی میکنیم .

و در نهایت این مراحل را برای تمام داده ها تکرار کرده تا در نتیجه خطا کمینه شود .

نمودار نحوه عملکرد فیلتر تطبیقی :



.

نقش سیگنال های ویژه در فیلتر تطبیقی :

سیگنال‌های ویژه به‌عنوان پایه‌هایی متعامد و فشرده برای نمایش سیگنال‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در فیلتر تطبیقی، به‌کارگیری سیگنال‌های ویژه در دو زمینهٔ اصلی کاربرد دارد .

پیش‌پردازش

با تبدیل سیگنال ورودی به فضای سیگنال‌های ویژه (برای نمونه با استفاده از تجزیه مؤلفه‌های اصلی)، تعداد ابعاد کاهش یافته و فیلتر تطبیقی فقط بر روی مؤلفه‌های اصلی اعمال می‌شود. این کار موجب افزایش سرعت همگرایی الگوریتم خواهد شد .

تحلیل میزان سازگاری فیلتر

سرعت همگرایی فیلتر تطبیقی با ماتریس پراکندگی ارتباط مستقیم دارد .

اگر نسبت بزرگ‌ترین به کوچک‌ترین مقدار ویژهٔ این ماتریس (که به آن پراکندگی ویژه گفته می‌شود) بالا باشد ، فرآیند همگرایی کند می‌شود . استفاده از سیگنال‌های ویژه به‌عنوان ورودی ، این پراکندگی را کاهش داده و باعث بهبود سرعت و پایداری همگرایی الگوریتم تطبیقی می‌گردد.

بررسی توابع خطا در فیلتر تطبیقی

در الگوریتم‌های مربوط به فیلترهای تطبیقی، انتخاب یک تابع خطا از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است؛ چرا که این تابع، میزان اختلاف میان سیگنال واقعی و سیگنال تخمینی را اندازه‌گیری می‌کند. سپس الگوریتم به‌گونه‌ای طراحی می‌شود که این اختلاف را به کمترین مقدار ممکن برساند. در واقع، تابع خطا نقش معیار یادگیری و تطبیق‌پذیری فیلتر را ایفا می‌کند. نوع تابع خطا انتخاب‌شده، تأثیر مستقیمی بر دقت عملکرد، سرعت همگرایی، پایداری و حساسیت الگوریتم نسبت به نویز و اختلالات محیطی خواهد داشت .

توابع خطای رایج در فیلتر تطبیقی

تابع خطای میانگین مربعات (LMS - Least Mean Squares)

این تابع متداول‌ترین و پرکاربردترین معیار در فیلترهای تطبیقی است. هدف آن کمینه‌سازی میانگین مربعات خطا بین سیگنال خروجی فیلتر و سیگنال مرجع است .

$$J(n) = E[e^2(n)] = E[(d(n) - \hat{y}(n))^2]$$

d[n] سیگنال هدف هست و E مقدار میانگیم ریاضی

الگوریتم LMS با استفاده از گرادیان تابع خطا و یک ضریب یادگیری μ ضرایب فیلتر را به صورت زیر به‌روزرسانی می‌کند :

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \mu \cdot e(n) \cdot \mathbf{x}(n)$$

.

از مزایای روش بالا میتوان به سادگی پیاده سازی اشاره کرد و مصرف پایین حافظه و پردازش و همینطور مناسب برای سیستم های بلادرنگ ...

و معایب آن وابستگی سرعت و زمان عملکرد به ضریب u هست . همینطور داشتن عملکرد ضعیف در مکان با نویز بالا و یا داده های غیر خطی ...

تابع خطای میانگین قدر مطلق

این تابع نسبت به مقادیر خطای بزرگ (پیک‌های نویز یا داده‌های پرت) کمتر حساس است و برای محیط‌هایی با نویز ضربه‌ای یا داده‌های غیرنرمال مناسب‌تر است.

$$J(n) = E[|e(n)|]$$

این تابع نسبت به مقادیر خطای بزرگ (پیک‌های نویز یا داده‌های پرت) کمتر حساس است و برای محیط‌هایی با نویز ضربه‌ای یا داده‌های غیرنرمال مناسب‌تر است.

مزایا: مقاوم در برابر نویز ضربه‌ای

معایب: مشتق‌پذیر نبودن در صفر و پیاده‌سازی دشوارتر

تابع خطای Huber

ترکیبی از LMS و LAD است. برای خطاهای کوچک، مانند LMS رفتار می‌کند و برای خطاهای بزرگ، مانند LAD. فرمول آن به‌صورت قطعه‌ای است و در یادگیری مقاوم استفاده می‌شود.

مزایا: ترکیب دقت LMS و مقاومت LAD

معایب: نیاز به انتخاب پارامتر آستانه

تابع خطای لجستیک یا انتروپی متقابل (در یادگیری عمیق بیشتر مربوط هستش)

در کاربردهای طبقه‌بندی یا فیلترهای غیرخطی پیچیده، گاهی از توابع خطای پیچیده‌تر مانند تابع انتروپی متقابل استفاده می‌شود، ولی در فیلترهای کلاسیک تطبیقی رایج نیستند.

تابع خطای LMS به دلیل سادگی و عملکرد مناسب در بسیاری از شرایط، پرکاربردترین تابع خطا در الگوریتم‌های فیلتر تطبیقی است. با این حال، در محیط‌هایی که داده‌ها نویز ضربه‌ای دارند یا نویز شدید وجود دارد، استفاده از توابع مقاوم‌تر مانند LAD یا Huber توصیه می‌شود. انتخاب تابع خطا باید با توجه به ماهیت داده‌ها، سرعت همگرایی موردنیاز، حساسیت به نویز، و توان محاسباتی سیستم انجام شود.

مزیت فیلتر تطبیقی در مقایسه با فیلتر ساده و حذف نویز برق شهری

فیلتر ساده (مثل فیلتر نچ یا فیلتر پایین‌گذر) دارای ضرایب ثابت است و برای حذف نویزهایی طراحی می‌شود که ویژگی‌های آن‌ها (مانند فرکانس یا دامنه) از پیش مشخص باشند. این نوع فیلترها در محیط‌های ایستا و پیش‌بینی‌پذیر عملکرد مناسبی دارند.

اما فیلتر تطبیقی نوعی فیلتر هوشمند است که ضرایب آن در طول زمان بر اساس خطا بین سیگنال واقعی و سیگنال تخمینی به طور پویا تغییر می‌کنند. این فیلتر میتونه خودش را با تغییرات تدریجی یا ناگهانی در نویز و سیگنال تطبیق دهد.

مزیت اصلی فیلتر تطبیقی نسبت به فیلتر ساده:

توانایی انطباق با شرایط متغیر در زمان واقعی :

در فیلتر تطبیقی، اگر ویژگی‌های نویز (مثلاً فرکانس، دامنه، فاز) تغییر کنند، الگوریتم با مشاهده تفاوت بین سیگنال واقعی و خروجی فیلتر، ضرایب را به‌گونه‌ای تنظیم می‌کند که همچنان نویز حذف شود و این چیزی است که در فیلتر ساده ممکن نیست.

کاربرد در حذف نویز برق شهری

نویز برق شهری معمولاً به صورت یک موج سینوسی با فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز ظاهر می‌شود، اما در شرایط واقعی ممکن است :

فرکانس کمی نوسان داشته باشد

دامنه تغییر کند

فاز نسبت به سیگنال اصلی ثابت نباشد

در فیلتر ساده :

فقط یک فرکانس خاص را حذف می‌کند

در صورت تغییر فرکانس نویز، فیلتر بی‌اثر می‌شود یا به سیگنال مفید آسیب می‌زند

در فیلتر تطبیقی :

ابتدا نویز تخمینی (مثلاً یک موج سینوسی ۵۰ هرتز) را تولید می‌کنیم و به عنوان ورودی مرجع به فیلتر می‌دهیم

فیلتر تطبیقی سیگنال اصلی را با این مرجع مقایسه کرده و با یادگیری تدریجی، فقط نویز را جدا می‌کند

اگر فرکانس یا دامنه نویز تغییر کند، فیلتر خود را هماهنگ می‌کند

نتیجه ای که از موارد بالا میتونیم بگیریم : مزیت اصلی فیلتر تطبیقی، توانایی آن در حذف نویزهایی با ویژگی‌های نامعلوم یا متغیر در زمان واقعی است .در حذف نویز برق شهری که ممکن است در عمل دچار نوساناتی در فرکانس یا دامنه باشد، فیلتر تطبیقی بسیار مؤثرتر از فیلترهای ثابت مانند نچ عمل می‌کند، زیرا می‌تواند خود را با تغییرات نویز هماهنگ کند و از آسیب به سیگنال اصلی جلوگیری نماید.

بررسی همگرایی الگوریتم فیلتر تطبیقی و مقایسه روش‌های نزول گرادیان

فیلتر تطبیقی به عنوان یکی از ابزارهای اصلی در پردازش سیگنال، بر اساس الگوریتم‌هایی مانند نزول گرادیان عمل می‌کند تا ضرایب خود را به نحوی تنظیم کند که خطا بین سیگنال واقعی و سیگنال تخمینی به حداقل برسد .

عملکرد این الگوریتم‌ها وابسته به سرعت همگرایی آن‌هاست یعنی اینکه چقدر سریع می‌توانند ضرایب را به سمت مقدار بهینه هدایت کنند .

ابتدا مفهوم همگرایی در فیلتر تطبیقی را بررسی کرده سپس الگوریتم‌های نزول گرادیان (GD)و نزول گرادیان تصادفی (SGD) را معرفی و در نهایت از نظر سرعت همگرایی مقایسه می‌کنیم .

تعریف همگرایی در فیلتر تطبیقی

همگرایی در الگوریتم‌های تطبیقی به معنای نزدیک شدن ضرایب فیلتر به مقادیر بهینه‌ای است که خطای میانگین را کمینه می‌کنند و دو معیار مهم برای تحلیل همگرایی عبارت‌اند از :

سرعت همگرایی :نشان می‌دهد که الگوریتم با چه سرعتی به نزدیکی نقطه بهینه میرشد .

پایداری همگرایی **:**بیانگر این است که آیا الگوریتم پس از رسیدن به مقدار بهینه در آن حوالی باقی می‌ماند یا نوسان دارد .

سرعت و پایداری همگرایی به عواملی مانند نرخ یادگیری و ویژگی‌های آماری سیگنال ورودی (مثلاً طیف یا ماتریس کوواریانس) و نوع تابع خطا بستگی دارد .

الگوریتم نزول گرادیان

(Gradient Descent)

در این الگوریتم، محاسبه شده و در جهت معکوس آن حرکت می‌شود تا مقدار خطا کاهش یابد. برای به‌روزرسانی ضرایب فیلتر، گرادیان تابع خطا نسبت به ضرایب فرمول به‌روزرسانی به شکل زیر است :

$$\mathbf{w}_{k+1} = \mathbf{w}_k - \eta \cdot \nabla J(\mathbf{w}_k)$$

ویژگی‌ها : از کل داده‌ها یا سیگنال‌ها برای محاسبه گرادیان استفاده می‌شود

نیازمند حافظه و زمان بیشتر و مسیر هموارتر به سمت نقطه بهینه دارد و همچنین سرعت همگرایی :نسبتاً آهسته اما پایدار، به‌ویژه زمانی که تعداد داده‌ها زیاد است .

الگوریتم نزول گرادیان تصادفی

در این روش، گرادیان تابع خطا بر اساس یک نمونه یا دسته‌ای کوچک از نمونه‌ها در هر مرحله محاسبه می‌شود. فرمول آن به صورت زیر هستش :

$$\mathbf{w}_{k+1} = \mathbf{w}_k - \eta \cdot \nabla J_i(\mathbf{w}_k)$$

.

ویژگی‌ها :

سیار سریع‌تر از GD از نظر محاسباتی و مناسب برای داده‌های بزرگ یا جریان پیوسته (Online Learning) و همچنین مسیر همگرایی پرنوسان‌تر است، اما ممکن است سریع‌تر به نزدیکی نقطه بهینه برسد و سرعت همگرایی :سریع‌تر از GD در مراحل اولیه، اما در نزدیکی نقطه بهینه دارای نوسان بیشتر هست .

نتیجه نهایی از موارد بالا :

همگرایی در فیلترهای تطبیقی عامل کلیدی در عملکرد آن‌هاست. انتخاب نوع الگوریتم به شرایط مسئله بستگی دارد. اگر محیط نسبتاً پایدار باشد و منابع پردازشی کافی در اختیار باشد، استفاده از نزول گرادیان استاندارد توصیه می‌شود. ولی برای کاربردهای بلادرنگ یا محیط‌های پویا نزول گرادیان تصادفی عملکرد بهتری خواهد داشت. در نهایت ترکیب این دو روش مانند MinibatchSGD یا الگوریتم‌های بهینه‌سازی پیشرفته در بسیاری از سیستم‌های واقعی کاربرد دارد.

حذف نویز فعال

حذف نویز فعال یک روش پیشرفته برای کاهش نویز است که برخلاف روش‌های سنتی به‌صورت فعال یک موج معکوس از نویز تولید می‌کند تا آن را از بین ببرد. این روش از اصول تداخل امواج بهره می‌برد: اگر دو موج با دامنه‌های مساوی و فاز مخالف با هم ترکیب شوند، یکدیگر را خنثی می‌کنند.

سیستم ANC معمولاً از سه جزء اصلی تشکیل شده است :

میکروفون حسگر نویز که نویز محیطی را دریافت می‌کند .

پردازنده سیگنال (فیلتر تطبیقی) :سیگنال نویز را پردازش کرده و یک موج ضدنویز تولید می‌کند.

بلندگوی خروجی :موج ضدنویز را پخش می‌کند تا نویز اصلی را خنثی کند.

در فیلتر تطبیقی، سیگنال نویز محیط (که توسط میکروفون دریافت شده) به عنوان ورودی وارد سیستم می‌شود. فیلتر تطبیقی مثلاً بر پایه الگوریتم ضرایب خود را به گونه‌ای تنظیم می‌کند که خروجی آن یک سیگنال برابر با نویز محیطی اما با فاز معکوس باشد. این سیگنال ضد نویز در بلندگو پخش شده و باعث تداخل مخرب با نویز اصلی می‌شود و در نتیجه سیگنال نهایی کم نویز تر خواهد بود .

کاربرد ها :

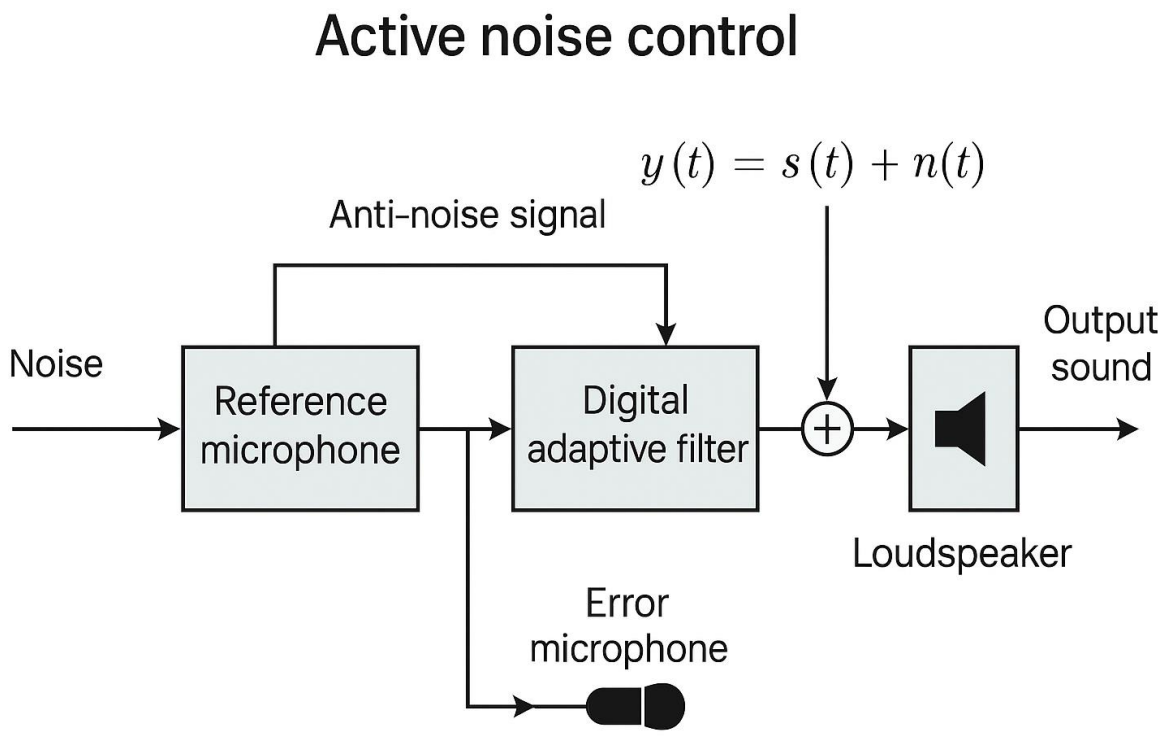
هدفون‌های حذف نویز

هواپیماها و خودروهای لوکس برای کاهش صدای موتور یا باد

دستگاه‌های پزشکی برای فیلتر کردن نویز برق شهری در ECG وEEG

محیط‌های صنعتی برای کاهش نویز ماشین‌آلات

حذف نویز فعال (ANC) یکی از پیشرفته‌ترین روش‌های مقابله با نویز محیطی است که با تولید موجی معکوس نسبت به نویز آن را خنثی می‌کند. این روش در محیط‌هایی که نویز پایین فرکانس و پایدار وجود دارد مانند صدای موتور و یا نویز برق شهر بسیار مؤثر عمل می‌کند و به کمک فیلترهای تطبیقی می‌تواند خود را با شرایط تغییرپذیر محیط و اطرافش هماهنگ کند



نمودار بالا یه نمونه توضیحی برای فرآیند عملکرد آن هستش .

رمزگشایی متن پنهان در یک فایل صوتی با استفاده از نهان‌نگاری بیت کم‌ارزش

علمی است که به مخفی‌سازی اطلاعات در درون یک رسانه (صوت یا تصویر یا ویدیو) به‌گونه‌ای می‌پردازد که وجود اطلاعات پنهان برای افراد غیرمجاز قابل تشخیص نباشد. برخلاف رمزنگاری که محتوای پیام را رمز می‌کند و نهان نگاری اصل وجود پیام را نیز پنهان می‌سازد.

یکی از ساده‌ترین و رایج‌ترین روش‌های نهان‌نگاری در داده‌های دیجیتال روش کم‌ارزش‌ترین بیت یا LSB (LeastSignificantBit) است. در این روش اطلاعات پنهان با جایگزینی بیت‌های کم‌ارزش نمونه‌های رسانه‌ای ذخیره می‌شوند. به دلیل حساسیت پایین گوش یا چشم انسان به تغییرات بسیار کوچک در صدا یا تصویر این تغییرات معمولاً غیرقابل تشخیص هستن .

فایل‌های صوتی دیجیتال از نمونه‌های متوالی تشکیل شده اند و نمونه با تعداد مشخصی بیت (معمولاً 8 یا 16 بیت) نمایش داده می‌شود .

در روش LSB :

آخرین بیت هر نمونه (مثلاً بیت شانزدهم) جایگزین یک بیت از داده‌ی پنهان میشود .

از آنجا که این بیت کمترین تأثیر را بر مقدار کلی نمونه دارد تغییر آن تأثیر محسوسی بر کیفیت صدا نمی‌گذارد .

برای رمزگشایی کافی است بیت‌های انتهایی نمونه‌های متوالی خوانده شده و به داده‌ی اصلی بازگردانده شوند .

ویژگی ها :

سادگی پیاده‌سازی :الگوریتم بسیار ساده و قابل اجرا حتی با زبان‌های برنامه‌نویسی مثل python .

پنهان‌سازی مؤثر :با استفاده از تنها یک بیت در هر نمونه، می‌توان حجم قابل توجهی داده را در رسانه‌ای مثل صوت پنهان کرد .

و همچنین استفاده از این روشش نیازی به الگوریتم های پیچیده رمز نگاری نداره .

LSB از ساده‌ترین و محبوب‌ترین روش‌های رمز نگاری در فایل‌های صوتی است. با جایگزینی بیت‌های کم‌ارزش می‌توان پیام های متنی را به‌صورت مخفی در فایل صوتی ذخیره کرد و بدون آنکه کیفیت شنیداری کاهش محسوس داشته باشد .

با وجود این مزایا مانند سادگی و بازدهی بالا این روش محدودیت‌هایی نیز دارد مثلا در زمینه امنیت و مقاومت در برابر فشرده‌سازی عملکرد خوبی نداره .

بنابراین در کاربردهای حساس باید LSB را با روش‌های رمزنگاری یا محافظتی ترکیب کرد تا امنیت اطلاعات پنهان‌شده افزایش یابد .