



**دانشگاه تهران**  
**پردیس دانشکده های فنی**  
**دانشکده ی برق و کامپیوتر**



مهلت تحویل : ۱۴۰۰/۰۴/۳۱	پروژه ی نهایی "Additive Watermarking"	پردازش سیگنال های دیجیتال بهار ۱۴۰۰
----------------------------	--	--

\*توضیحات :

در این پروژه شما با یکی از کاربردهای عملی پردازش سیگنال های دیجیتال، یعنی واترمارک آشنا خواهید شد. هدف از watermarking پنهان کردن اطلاعات در دل یک سیگنال دلخواه است، به نحوی که تغییرات سیگنال اصلی به نحوی نباشد که هر گیرنده ای بتواند به پنهان بودن اطلاعات در دل آن پی ببرد.

یکی از روش های نهان نگاری، "نهان نگاری جمع شونده" (Additive Watermarking) است. فرض کنید می خواهیم یک بیت اطلاعات  $w$  را در بردار  $N$  تایی  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$  نهان کنیم.  $w$  از مجموعه ی  $\{0, 1\}$  انتخاب می شود. در روش جمع شونده، اگر بخواهیم بیت با مقدار ۱ را نهان کنیم بردار  $X$  را با بردار  $PN_1$  و اگر بخواهیم بیتی با مقدار ۰ را نهان کنیم، بردار  $X$  را با بردار  $PN_2$  جمع می کنیم. بنابراین بیت اطلاعات به صورت زیر خواهد بود :

$$Y = X + \alpha PN_w$$

بردار  $PN_w$  یک بردار  $N$  تایی تصادفی است که هر کدام از مولفه های آن مقادیر خود را به صورت تصادفی از مجموعه ی  $\{-1, +1\}$  انتخاب می کند. بردار  $Y$  حاوی بیت اطلاعات ما است که می خواهیم آن را به سمت گیرنده بفرستیم.  $\alpha$  ضریب بهره است که برای مثال می تواند ۰.۰۰۱ انتخاب شود. از این پس به جای بردار از کلمه ی سیگنال استفاده می کنیم. در گیرنده با داشتن سیگنال  $Y$  باید قادر باشیم بیت نهان شده را از این سیگنال استخراج کنیم. برای استخراج بیت نهان شده از معادله ی تصمیم گیری زیر استفاده می کنیم :

$$w^* = \begin{cases} 1, & Y^T PN_1 > 0 \\ 0, & Y^T PN_0 > 0 \end{cases}$$

توجه داشته باشید که دو بردار  $PN_1$  و  $PN_0$  دو بردار مستقل هستند که به صورت تصادفی تولید شده اند و در اختیار گیرنده و فرستنده قرار دارد. به عنوان مثال در نرم افزار MATLAB می توانید با دستور randi یک بردار تصادفی تولید کنید. (با اعمال تغییراتی اعداد تولید شده را -۱ و ۱ قرار دهید) در این حالت بردار تصادفی دوم که باید به بردار اول عمود باشد، به راحتی با قرینه کردن بردار اول به دست می آید.

نهان نگاری باید از پایداری بالایی برخوردار باشد. برای بالا بردن پایداری می توان  $N$  و  $\alpha$  را بزرگ انتخاب کرد. اما با بزرگ بودن  $N$  ظرفیت نهان نگاری کاهش می یابد و با افزایش  $\alpha$  اعوجاج در سیگنال  $Y$  بیشتر می شود.

در این پروژه می خواهیم داده ی متنی را در یک فایل صوتی پنهان کنیم. داده ی متنی، شماره ی دانشجویی شماست. در ابتدا هر رقم شماره ی دانشجویی خودتان را به یک رشته ی ۴ بیتی تبدیل کنید و سپس ۳۶ بیت حاصله را در فایل صوتی host.wav که در اختیارتان قرار گرفته است نهان کنید. به طور مثال :

$$810196123 = 100000010000000110010110000100100011$$

طول بردار  $N$  می تواند 20000 باشد.



دانشگاه تهران  
پردیس دانشکده های فنی  
دانشکده ی برق و کامپیوتر



مehrt تحویل : ۱۴۰۰/۰۴/۳۱	پروژه ی نهایی "Additive Watermarking"	پردازش سیگنال های دیجیتال بهار ۱۴۰۰
-----------------------------	--	--

سوالات :

۱. چرا با بزرگ شدن  $N$  ظرفیت نهان نگاری کاهش می یابد؟
۲. چرا سیگنال  $PN_W$  یک سیگنال فرکانس بالا است؟
۳. کد MATLAB ی بنویسید که ورودی آن سیگنال  $X$  (میزبان)، شماره ی دانشجویی،  $\alpha$  و  $N$  و خروجی آن سیگنال نهان نگاری شده باشد.

```
function Y = embedding( X, StdID, alpha, NLength )
```

۴. کد MATLAB ی بنویسید که ورودی آن سیگنال  $Y$ ، مقدار  $\alpha$  و طول بردار  $N$  و خروجی آن یک عدد ۹ رقمی برابر با شماره ی دانشجویی نهان شده باشد.

```
function StdID = extracting( Y, alpha, NLength )
```

۵. مقدار  $\alpha$  و  $N$  را به نحوی انتخاب کنید که سیگنال خروجی نهان نگاری شده از نظر شنیداری دچار مشکل نشده باشد. در این باره توضیح دهید.
۶. برای سیگنال داده شده ی  $X$  و خروجی تولید شده توسط قطعه کد خودتان که  $Y$  نام دارد، نمودار مقدار میانگین مربعات خطا را بر حسب  $\alpha$  برای ۱۰ نقطه با فاصله ی برابر از  $\alpha = 0.0001$  تا  $\alpha = 0.01$  رسم کنید. با توجه به شکل حاصل شده چه نتیجه ی منطقی ای می گیرید؟

$$MSE = Mean\{(Y - X)^2\}$$

۷. برای سیگنال داده شده ی  $X$  و خروجی تولید شده توسط قطعه کد خودتان که  $Y$  نام دارد، نمودار مقدار میانگین مربعات خطا را بر حسب  $N$  برای ۱۰ نقطه با فاصله ی برابر از  $N = 15000$  تا  $N = 20000$  رسم کنید. با توجه به شکل حاصل شده چه نتیجه ی منطقی ای می گیرید؟

۸. پنج فیلتر پایین گذر با فرکانسهای قطع ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۵۰۰۰ هرتز تولید کنید (دیگر پارامترهای فیلتر را به دلخواه و بر اساس دانسته های خود در نظر بگیرید). سپس فیلترها را به سیگنال نهاننگاری شده با پارامترهای بند پنجم اعمال کنید. کیفیت صوت خروجی در هریک از حالات به چه صورت است؟ بررسی کنید که آیا میتوان دادههای نهان نگاری شده را از سیگنال فیلتر شده در هر یک از حالات استخراج نمود؟



دانشگاه تهران  
پردیس دانشکده های فنی  
دانشکده ی برق و کامپیوتر



مehrt تحویل : ۱۴۰۰/۰۴/۳۱	پروژه ی نهایی "Additive Watermarking"	پردازش سیگنال های دیجیتال بهار ۱۴۰۰
-----------------------------	--	--

نکات پایانی :

- تمامی قطعه کدها برای حل سوالات باید با استفاده از MATLAB نوشته شده باشند.
- در زمان ارزیابی تمرین شما، گزارش کار از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. سعی کنید گزارش خود را کامل و به همراه تمام جزئیات خواسته شده ارائه دهید. فایل های صوتی تولید شده را هم ضمیمه کنید.
- قطعه کدهای مربوط به هر تمرین را در یک فایل جداگانه آماده کنید و تمام کدهای تمرین را به هیچ وجه در یک فایل MATLAB قرار ندهید.
- در نهایت تمامی کدها را در پوشه ای به اسم "code" قرار دهید. این پوشه را به همراه pdf گزارش کار خود به صورت فشرده با الگوی نامگذاری DSP\_Project\_FullName\_SID در سایت درس آپلود کنید.
- هیچ تمرینی پس از پایان مهلت تحویل، تحویل گرفته نخواهد شد حتی با کسر نمره!
- هنگام ارزیابی تکالیف کامپیوتری، تمامی کدهای ارسالی به طور مستقل اجرا خواهند شد. در صورتی که کد شما خروجی های مورد استفاده در گزارش کار را تولید نکنند، به شما نمره ای تعلق نخواهد گرفت.
- استفاده از منابع اینترنتی و دیگر منابع موجود برای حل سوالات آزاد است، اما توجه داشته باشید که در صورت استفاده مستقیم از این منابع امکان پیدا شدن شباهت بین کار شما و دیگران افزایش می یابد و ممکن است نمره ی آن بخش یا تمرین را از دست بدهید. پس در صورتی که از منابع برای حل سوالات استفاده می کنید، سعی کنید حتما برداشت شخصی خودتان را ارائه دهید. در انتها هم به منبعی که استفاده کردید ارجاع دهید.
- در صورتی که درباره ی سوال ها نیاز به راهنمایی داشتید به دستیاران آموزشی محترم ایمیل بزنید :

[mirsharji@ut.ac.ir](mailto:mirsharji@ut.ac.ir)

موفق باشید