امیرحسین آقایاری  
در سیگناها و سیستم ها  
40112340119033

چرا در سیگنال ها و سیستم ها فیلتر ایده عال نداریم؟

در نظریه سیگنال‌ها و سیستم‌ها، فیلتر ایده‌آل به فیلتری گفته می‌شود که توانایی جداسازی کامل فرکانس‌های دلخواه را بدون هیچ‌گونه اعوجاج و تداخل در باندهای دیگر دارد. به عنوان مثال، یک فیلتر پایین‌گذر ایده‌آل فرکانس‌های پایین‌تر از فرکانس قطع خود را بدون تغییر عبور می‌دهد و فرکانس‌های بالاتر را کاملاً حذف می‌کند. اما چنین فیلتری در عمل وجود ندارد و قابل پیاده‌سازی نیست، دلایل این محدودیت شامل موارد زیر است:

پاسخ زمانی بی‌پایان: فیلتر ایده‌آل در حوزه فرکانس، دارای پاسخ پله‌ای است، اما در حوزه زمان، این پاسخ باید پاسخی نامحدود و غیرمحدود داشته باشد (مثلاً یک تابع سینک

sinc

sinc). این پاسخ به دلیل دامنه زمانی بی‌نهایت، نیازمند حافظه و زمان بی‌نهایت است که در دنیای واقعی غیرممکن است.

غیرعلیتی بودن: فیلتر ایده‌آل یک سیستم غیرعلیتی است، به این معنا که باید بتواند به ورودی‌هایی که در آینده اتفاق می‌افتند، واکنش نشان دهد. اما در سیستم‌های واقعی که علیتی هستند، امکان واکنش به آینده وجود ندارد و فیلتر باید تنها از اطلاعات گذشته و حال برای پردازش استفاده کند.

عدم پیاده‌سازی در حوزه آنالوگ و دیجیتال: پیاده‌سازی دقیق یک فیلتر ایده‌آل در حوزه آنالوگ نیاز به عناصر مدار با رفتارهای ایده‌آل و بدون خطا دارد، که در عمل امکان‌پذیر نیست. در حوزه دیجیتال نیز، نمونه‌برداری و پردازش با دقت بی‌نهایت امکان‌پذیر نیست و همیشه مقداری خطا و اعوجاج در پیاده‌سازی به وجود خواهد آمد.

مشکلات پایداری و نویز: فیلترهای ایده‌آل می‌توانند باعث بروز ناپایداری و یا تقویت بیش از حد نویز در فرکانس‌های خاص شوند. همچنین، در مرز فرکانس قطع، پاسخ ایده‌آل دارای افت ناگهانی است که منجر به اعوجاج و افزایش حساسیت به نویز می‌شود.

به همین دلایل، در عمل از فیلترهای واقعی یا تقریباً ایده‌آل استفاده می‌شود که به شکلی طراحی می‌شوند تا نزدیک به رفتار فیلتر ایده‌آل باشند، اما در عین حال قابل پیاده‌سازی و کارآمد باشند.