

خلاصه ای بر مقاله:

A Stable and Efficient Adaptive Notch Filter for Direct Frequency Estimation

دی ماه ۱۳۹۸

فاطمه نورزاد

۸۱۰۱۹۸۲۷۱

در بسیاری از کاربردها معمولاً با مشکل تخمین فرکانس‌های یک سیگنال به فرم سینوسی به همراه نویز اضافه شونده روبه‌رو هستیم. برای برطرف کردن آن ۲ روش پردازش *on-line processing* و *off-line processing* پیشنهاد میشود.

روش اول به تخمین بر اساس طیف سیگنال (به طور مثال با استفاده از تبدیل فوریه) میپردازد. مشکل روش‌های *off-line processing* محاسبات سنگین و هزینه بر آن‌هاست.

روش دوم بر اساس تکنیک‌های *adaptive notch filtering* است. یکی از مدل‌های محبوبی که بر این اساس کار میکند و ویژگی‌های مثبتی نظیر پایداری بهتر، همگرایی سریعتر و محاسبات بهینه‌تری میباشد، *constrained notch filter* است.

در روش کلاسیک پارامترهای این فیلتر بر اساس چند جمله‌هایی از ضرایب تابع تبدیل آن ساخته میشوند. این ضرایب تابعی از فرکانس‌های شکافی که فیلتر در آن‌ها تقریباً بهره‌ای ندارد، میباشد. فرکانس‌های هدف هم بر اساس تخمین ضرایب تابع تبدیل بدست می‌آیند. به این روش‌ها *indirect frequency method* گفته میشود. اما مشکلی که این تکنیک‌ها دارند این است که به ازای هر وفق دادن، پایداری مدل باید مورد بررسی قرار گیرد. این بررسی‌ها خود باعث افزایش محاسبات خواهد شد.

برای برطرف کردن این مشکلات ابتدا فیلتر شکافی‌ای طراحی شده که برای ساختن پارامترهایش از بخشی از فرکانس‌های شکافی استفاده میشود. این فیلتر همگرایی سریعتری داشت و دیگر هر مرحله بررسی پایداری برای آن مورد نیاز نبود. اما مشکل حیاتی آن این بود که در هر مرحله فرکانس‌های آپدیت شده باید به ضرایب تابع تبدیل فیلتر تبدیل میشدند. این خود باعث افزایش حجم محاسبات میشد و همچنین ویژگی‌های مثبت آن نیز برای دقت‌های محدود که همواره برای روش‌های *real-time* رخ میدهد، از بین میرفت.

بنابراین برای برطرف کردن مشکل بیان شده بالا در این مقاله فیلتر دیگری ساخته میشود که ایده اصلی آن بر اساس عدم تبدیل فرکانس‌ها به تابع تبدیل است. برای این کار از ایده *pure frequency parametrization* استفاده شده است که برای تحقق آن به جای استفاده از فیلتری با مرتبه $2n$ به تعداد n بار از فیلتر مرتبه ۲ استفاده میشود. به این ترتیب الگوریتم نه تنها ساده‌تر و در نتیجه نیازمند محاسبات کمتری میشود، بلکه باعث افزایش مقاومت آن هم خواهد شد.

در مقاله پس از بیان الگوریتم قبلی، الگوریتم جدید که مورد توجه است مورد بررسی قرار گرفته. در الگوریتم جدید تابع تبدیل یک *notch filter* که درجه صورت و مخرج آن ۲ است، در نظر گرفته میشود با این تفاوت که یک پارامتر آزاد β که بسیار نزدیک ۱ است اضافه شده. به این ترتیب برخلاف الگوریتم قبلی پایداری همواره وجود دارد و با محدود شدن دقت به خطر نمی‌افتد. بنابراین نیاز به بررسی آن در هر تکرار نیست. از طرفی با انجام این تغییر دیگر نیازی به تبدیل فرکانس‌ها به ضرایب تابع تبدیل که باعث مشکلات بیان شده میشد، وجود نخواهد داشت. بعد از بیان این موضوعات با تعریف یک تابع هزینه جدید بر اساس خطای تخمین و حداقل کردن آن بر اساس فرکانس‌های شکافی، به تخمین‌های بهینه برای این فرکانس‌ها میرسد.

در این روش با توجه به نحوه تعریف تابع هزینه و همچنین شکل بازگشتی آپدیت کردن خطای تخمین، برعکس روش قدیمی که به *local minimum* همگرا میشد، به مقدار واقعی همگرا میشود و باتوجه به این که بین پارامترها کاپلینگ کمتری وجود دارد سرعت همگرایی بالاتر خواهد بود.