تجمیع فیلترهای تطبیقی تناسبی در آکوستیک: کاربردی بر ای کنترل فعال نویز

چکیده

طرح‌های تطبیقی تناسبی ارائه‌شده‌اند تا از کم‌پشتی بهر برده شده و به هم‌گرائی فیلتر در حذف پژواک آکوستیک سرعت بخشیده شود. اخیراً، تجمیع فیلترهای تطبیقی گسترش داده‌شده‌اند تا با طرح‌های تناسبی فعالیت کنند. این کار برای رسیدن به عملیاتی مقاوم درزمانی است که سطح واقعی ارائه‌شده‌اند در راه‌حل بهینه مشخص باشد. علاوه بر این، بهره‌برداری از توزیع نامتقارن انرژی تطبیقی در طرح‌های تناسبی برای کاهش اشتباه تنظیم در فضای حالت کلی امکان‌پذیر است. در این مقاله، توضیح می‌دهیم که این ساختارهای فیلترهای تطبیقی جدید، که اصولاً برای حذف پژواک ارائه‌شده و مورد آزمون قرارگرفته‌اند، چگونه می‌توانند به صورتی مؤثر برای بهبود مصالحه عملکرد معمول بسط داده شوند. لازم به ذکر است که این مصالحه عملکرد معمول به‌وسیله ارائه چندین تغییر کوچک در سناریوهای کنترل فعال نویز ظاهر می‌شوند. نتایج تجربی در سناریوهای واقعی نشان می‌دهند که طرح‌های ارائه‌شده باعث تأمین جایگزین‌هایی جالب برای استفاده سنتی از تک فیلتر تطبیقی می‌شوند.

1. دیباچه

کنترل فعال نویز (ANC) حوزه‌ای موردتوجه است که روش‌های پردازش سیگنال دیجیتال را با آکوستیک‌های سنتی تجمیع می‌کند. استفاده از الگوریتم‌های تطبیقی برای ANC از دهه 1980 به صورتی پیوسته موردمطالعه قرارگرفته است. سیستم‌های ANC قصد دارند تا نویز را به‌وسیله تولید یک ضد نویز کاهش دهند. این ضد نویز باعث حذف نویز اولیه می‌شود. شکل 1 یک پیکربندی معمول برای سیستم ANC را نشان می دهد. سیگنال تولیدشده از طریق منبع نویز از طریق مسیر پژواک اولیه به سمت نقطه‌ای منتشر می‌شود که نویز باید حذف شود، بعد از اضافه شدن نویز $e_0(n)$، سیگنال اختلال $d(n)$ تولید می‌شود. ورودی سیستم کنترل نویز ($x(n)$)، با منبع نویز همبستگی دارد و

ازاین‌رو می‌تواند برای تولید سیگنال $y(n)$ مورداستفاده قرار گیرد. این سیگنال بعد از انتشار از طریق یک مسیرثانویه اجتناب‌ناپذیر با پاسخ ضربه h، به سیگنال اختلال اضافه می‌شوند و سیگنال خطای $e(n)$ را تولید می‌کنند. هدف الگوریتم تطبیقی، ارزیابی مکرر وزن های فیلتر به طریقی است که تابع سیگنال خطای $e(n)$ حداقل شود.

چندین اختلاف بنیادین بین یک پیکربندی ANC و تنظیمات استاندارد برای شناسایی کانال وجود دارد. اول، هیچگاه نمی توان به صورت مستقیم به سیگنال اختلال دسترسی داشت، به طوریکه تنها برای اندازه گیری خطا بعد از حذف نویز امکان‌پذیر است. چنین خطایی به عنوان تجمیع آکوستیکی $d(n)$ و خروجی فیلتر تطبیقی که با h فیلتر شده، بدست می آید در حالی که در یک سناریو شناسایی استاندارد، معمولا یک تفریق در نظر گرفته می‌شود. دوم، مهم تر از همه، ظهور مسیر ثانویه بین خروجی فیلتر تطبیقی $y(n)$ و سنسور نویز (که $e(n)$ در آن اندازه گیری می‌شود) باعث ایجاد نیاز برای ارائه پیکربندی های تک کاره برای ANC می‌شود. روش معمول برای در نظر گیری این پاسخ h شامل فیلتر کردن سیگنال ورودی $x(n)$ از طریق ارزیابی قبلی از این پاسخ h می‌شود. این موضوع، طرح x فیلتر شده مرسوم را تامین می‌کند که در شکل 2 نشان داده شده است. به عنوان جایگزینی برای FX ، ساختار x فیلتر شده تغییر یافته امکان بازیابی سیگنال اختلال ($d'(n)$ در شکل 3) را فراهم می‌کند و در مقایسه با دیگر ساختارهای فیلتر کردن، بهترین عملکرد هم‌گرائی را برای ANC تامین می کنند.

همان طور که در دیگر کاربردهای آکوستیک رخ می دهد، ملزوماتی برای فیلترهای تطبیقی طولانی در ANC وجود دارد. در ادبیات علمی فیلترکردن تطبیقی، این مسئله که الگوریتم های تصادفی گرادیان مانند حداقل مربع متوسط (LMS) یا LMS نرمالیزه شده (NLMS)، از همگرایی آهسته در چنین شرایطی بهره می برند به خوبی شناخته شده است. به منظور افزایش سرعت هم‌گرائی، تطبیق تناسبی برای شناسایی سیستم های کم پشت یا شبه کم پشت (برای مثال سیستم هایی که در آن تنها چندین ضریب فعال برجسته است) ارائه‌شده‌اند . اصول اجرایی برای تطبیق تناسبی نسبتا ساده است: توزیع نامتوازن انرژی تطبیقی فیلتر میان این ضرایب، تنظیم سریع تر ضرایب فعال.

طرح‌های تناسبی که به صورت اولیه برای حذف پژواک شبکه و آکوستیک ارائه شدند و تا جایی که اطلاع داریم، هیچ کاری در ادبیات علمی در حوزه ANC گزارش نشده است. بنابراین، هدف اولیه این مقاله مطالعه رفتار طرح‌های

تناسبی در پیکربندی های FX و MFX برای ANC است. این بسط ارائه‌شده تاثیر گرفته از این اصل است که راه‌حل های بهینه در نظر گرفته شده در حذف پژواک و ANC مشخصاتی مشابه دارند، خصوصا سطح بالایی (ن اشناخته) از ارائه‌شده‌اند . در میان طرح‌هایی که در دسترس هستند، فیلتر NLMS (IPNLMS) تناسبی بهبود یافته مقاله 8 در نظر گرفته می‌شود که در مقایسه با دیگر طرح‌های مشابه، رفتار مقاومتری را ارائه می‌کند.

کاربرد فیلترهای تناسبی در معرض انواع مختلفی از سازش قرار دارد. برای مثال، همانند دیگر انواع فیلتر تطبیقی، انتخاب اندازه گام باعث ارائه مصالحه ای می‌شود که شامل سرعت هم‌گرائی، تنظیم اشتباه فضای حالت و توانایی ره گیری می‌شود. علاوه بر این، فیلتر IPNLMS باعث ارائه یک پارامتر نامتقارن اضافی می‌شود که در عمل به ندرت شناخته شده است. انتخاب بهینه این پارامتر وابسته به سطح ارائه‌شده‌اند راه‌حل بهینه است. در 9، نشان داده شده است که رویکردهای تجمیع، که در آن فیلتر هایی با توانایی های مکمل به صورتی تطبیقی برای تولید یک خروجی با کیفیت بهبود یافته، فاز بندی شده اند، می توانند به صورتی موفقیت آمیز برای کاهش دو مصالحه IPNLMS فوقالذکر به کار برده شوند.

بسط دهی تجمیع طرح فیلترهای تطبیقی به ANC ساده نیست و نیازمند ارائه تغییراتی است (مثالی از الگوریتم های تطبیقی که در 11 ارائه‌شده است را ببینید). بنابراین، هدف دوم این مقاله، ارائه طرح‌های تجمیع IPNLMS است که می توانند به صورتی رضایت بخش با استفاده از پیکربندی های FX و MFX در یک تنظیمات ANC کار کنند. نشان می‌دهیم که طرح‌های استنتاج شده با توجه به فیلترهای IPNLMS استاندارد باعث بهبود هم‌گرائی، خطای فضای حالت و مقاومت در برابر سطوحی ناشناخته یا متغیر با زمان از ارائه‌شده‌اند می‌شود.

باقی مقاله به صورت پیش رو سازمان دهی شده است: دو بخش بعدی، به ترتیب به عمومی سازی IPNLMS و طرح‌های تجمیعی برای پیکربندی های ANC تخصیص داده شده است. سپس، عملکرد طرح‌های جدید و مزایای مختلف آنها به همراه نتایج تجربی در بخش 4 مورد بحث قرار می گیرد. مقاله با ارائه نتایج اصلی کارمان به اتمام می رسد.

2. فیلترهای تطبیقی تناسبی برای ANC

در این مقاله، الگوریتم IPNLMS از 8 را به ANC بسط می‌دهیم . در ارائه ما، هر دو ساختار x فیلتر شده تغییر یافته و سنتی را در نظر می گیریم که منجر به دو طرح می‌شود. دو طرحی که در تمام این مقاله به ترتیب به عنوان IPNLMS-FX و IPNLMS-MFX مورد خطاب قرار می گیرند. بنابر نشان گذاری جدول 1، هر دو الگوریتم با معادلات پیش رو تشریح می‌شوند:

$$e(n) = d(n) + y(n) * \mathbf{h}, \qquad (1)$$

$$y(n) = \mathbf{w}^T(n)\mathbf{x}(n), \qquad (2)$$

$$\mu_l(n) = \frac{\mu g_l(n)}{\delta + \sum_{k=0}^{L-1} g_k(n) v^2(n-k)}, \qquad (3)$$

که در آن $\mathbf{w}(n)$ برابر با طول بردار وزن L IPNLMS در تکرار n است،

$$v(n) = \mathbf{x}_M^T(n)\hat{\mathbf{h}} \qquad (4)$$

برابر با نسخه ای فیلتر شده از سیگنال ورودی از میان مسیر ارزیابی شده ثانویه است، δ پارامتری کوچک برای اجتناب از تقسیم بر صفر است و $\mu_l(n),\ l = 0, \cdots, L-1$ سرعت تطبیق برای هر وزن فیلتر را مشخص می‌کند و u اندازه گام برای فیلتر IPNLMS است و

$$g_l(n) = (1-\kappa)\frac{1}{2L} + (1+\kappa)\frac{|w_l(n)|}{\varepsilon + 2\sum_k |w_k(n)|} \qquad (5)$$

فاکتورهای بهره تطبیق هستند. در عبارت $g_l(n)$، ε ثابتی کوچک است که باعث اجتناب از تقسیم بر صفر می‌شود و $\kappa \in [-1, 1]$ برابر با فاکتور تقارن است. اگر k=-1 باشد، فیلتر به NLMS استاندارد کاهش پیدا می‌کند و وزن همه فیلترها با انرژی مشابهی به روز رسانی می‌شود. در مقابل، برای k=1، تطبیق متناسب با مقدار مطلق برای وزن هر فیلتر است که هم‌گرائی فیلتر برای راه‌حل های ارائه‌شده‌اند را سرعت می بخشد.

وزن های IPNLMS-FX در هر تکرار بنا به معادله زیر به روز رسانی می‌شود:

$$w_l(n) = w_l(n-1) - \mu_l(n)e(n)v(n-l), \quad l = 0, \ldots, L-1. \qquad (6)$$

در حالتی جایگزین، IPNLMS-MFX قانون به روز رسانی پیش رو را دنبال می‌کند:

$$w_l(n) = w_l(n-1) - \mu_l(n)e'(n)v(n-l), \quad l = 0,...,L-1. \qquad (7)$$

که در ان

$$e'(n) = d'(n) + y'(n), \qquad (8)$$

$$d'(n) = e(n) - \mathbf{y}^T(n)\hat{\mathbf{h}}, \qquad (9)$$

$$y'(n) = \mathbf{v}^T(n)\mathbf{w}(n). \qquad (10)$$

همان طور که در 9 بحث شده است، فیلتر IPNLMS در معرض دو مصالحه پیش رو است:

- انتخاب اندازه گام u یک مبادله را با توجه به سرعت هم‌گرائی (برای u بزرگ، سریعتر است) و اشتباه تنظیم فضای حالت (که برای u کوچک کاهش داده می‌شود) ارائه می دهد.
- یک فاکتور نامتقارن $\kappa \approx 1$ بیشترین بهره هم‌گرائی را برای سیستم های کم پشت تامین می‌کند. بهر حال، اگر راه‌حل فیلتر چندان کم پشت نباشد، چنین تنظیماتی می تواند در حقیقت باعث کاهش عملکرد شود. موقعیت متضاد برای k=-1 دیده می‌شود. از آنجایی که سطح واقعی کم پشت بودن برای راه‌حل به ندرت به صورت قیاسی و یا حتی متغیر با زمان شناخته می‌شود، لذا مقادیر k=0 یا k=-0.5 معمولا نشان داده می‌شوند.

در بخش بعدی، رویکردهای تجمیع را برای کاهش هر دو نوع مصالحه ارائه می کنیم.

3. تجمیع برجسته الگوریتم های IPNLMS

تجمیع تطبیقی فیلترها راهی ساده اما موثر برای بهبود عملکرد الگوریتم های تطبیقی است. اخیرا، توجه به این الگوریتم ها، در جنبه های تئوری و نیز در مطالعه و ارائه قوانین عملی برای پیاده سازی تجمیع ها فزاینده شده است. در اینجا، تجمیع دو فیلتر IPNLMS را در نظر خواهیم گرفت که متناسب با اندازه گام های آنها (u1 و u2) یا فاکتورهای نامتقارن آنها (k1 و k2) متفاوت است:

- تنظیمات $\mu_1 > \mu_2$ و $\kappa_1 = \kappa_2$، فیلتر سراسری از هم‌گرائی سریعتری برای فیلتری با u1 بهره می برد. این هم‌گرائی سریع تر همراه با خطای فضای حالت کوچکتر همراه با اندازه گام u2 است.

- انتخاب $\mu_1 = \mu_2,\ \kappa_1 \lessapprox 1$ و $\kappa_2 = -0.5$ باعث می‌شود که فیلتر سراسری قادر به بهره گیری از سطح بالایی از ارائه‌شده‌اند شود اما در موقعیتی با راه‌حل های پاشش گرای بهینه بتواند رفتاری مقاوم نشان دهد.

در ادامه این بخش، به صورتی مختصر اصول طرح‌های تجمیع را مرور می کنیم و توجهی خاص به برخی تغیرات تک کاره خواهیم داشت. این تغییرات برای بسطشان به ANC مورد نیاز است. چنین تغییراتی از طریق تعیین مشخصات کاربرد، حضور مسیر ثانویه و دسترسی ناپذیری $d(n)$ برای پیکربندی FX، تراز بندی می‌شوند.

3.1. اصول کلی برای طرح‌های تجمیع

تجمیع برجسته دو فیلتر که به‌وسیله معادله زیر مشخص شده اند را در نظر می گیریم:

$$y(n) = \lambda(n)y_1(n) + [1-\lambda(n)]y_2(n), \qquad (11)$$

که در آن y1(n) و y2(n) برابر با خروجی های فیلترهای IPNLMS هستند و $\lambda \in [0,1]$ ، برابر با پارامتر ترکیب کننده است که مشخصات تجمیع برجسته را مشخص می نماید.

برای رفتاری مناسب در فیلتر تجمیع، هر دو مولفه IPNLMS باید به صورتی مستقل از یکدیگر و با استفاده از قوانین تطبیق دهی شان (که در بخش قبلی مرور شد) و پارامترها به روز رسانی شوند، به طوریکه پارامترهای تجمیع باید به منظور حداقل سازی توان سیگنال خطای کلی، به روز رسانی شوند. از طرح تجمیع در 13 استفاده خواهیم کرد. این طرح تضمین می‌کند که $\lambda(n)$ از طریق تعریف آن به عنوان خروجی تابع فعال سازی در محدوده قرار می گیرد.

$$\lambda(n) = \text{sigmoid}[a(n)] = \{1+\exp[-a(n)]\}^{-1}. \qquad (12)$$

سپس، در هر تکرار، a(n) با استفاده از یک طرح نزول گرادیان به روز رسانی می‌شود:

$$a(n+1) = a(n) - \frac{\mu_a}{p(n)} \cdot \frac{\partial e^2(n)}{\partial a(n)}, \qquad (13)$$

که در آ ن ua برابر با اندازه گام برای تجمیع و p(n) برابر با فاکتور نورمالیزه سازی است. در ادامه، $\lambda(n)$ براساس 12 بازیابی می‌شود. عبارت تحلیلی خاص برای مشتق در 13 به این مسئله وابسته است که کدام پیکربندی ANC پیاده سازی شده است و کدام یک برای ساختارهای FX و MFX ارائه خواهد شد.

3.2. ساختار x فیلتر شده متعارف

تجمیع فیلترهای IPNLMS که از ساختار FX استفاده می کنند، الگوریتمی ارائه می‌دهند که این الگوریتم را با CIPNLMS-FX مورد خطاب قرار می‌دهیم . با در نظر گیری مشتق از $e^2(n)$ با توجه به a(n) معادله پیش رو بدست می آید:

$$a(n+1) = a(n) - \frac{\mu_a}{p(n)} e(n)[e_1(n) - e_2(n)]\lambda(n)[1-\lambda(n)], \quad (14)$$

که در آن p(n) به‌وسیله 13 ارائه می‌شود:

$$p(n) = \beta p(n-1) + (1-\beta)[e_1(n) - e_2(n)]^2 \qquad (15)$$

β ثابتی نزدیک به یک است. بهر حال، ساختار FX تنها سیگنال خطا $e(n)$ را تامین می‌کند و بدست آوری سیگنال های خطای $e_1(n)$ and $e_2(n)$ برای به روز رسانی a(n) ساده نیست. بنابراین، مجبور خواهیم بود تا به ارزیابی هایی اتکا کنیم. این ارزیابی ها به صورت پیش رو بدست می آید.

با استفاده از h، سیگنال اختلال ارزیابی شده به صورت زیر داده می‌شود

$$\hat{d}(n) = e(n) - \mathbf{y}^T(n)\,\hat{\mathbf{h}}, \qquad (16)$$

و سیگنال های خطای فیلترهای تطبیقی مولفه اکنون می توانند به صورت زیر تخمین زده شوند:

$$\hat{e}_i(n) = \hat{d}(n) + \mathbf{y}_i^T(n)\hat{\mathbf{h}}, \quad i = 1,2. \qquad (17)$$

این ارزیابی ها می توانند در 14 و 15 برای به روز رسانی پارامتر ترکیب کردن به کار برده شوند. الگوریتم CIPNLMS-FX برای ANC در الگوریتم 1 تشریح می‌شود.

3.3. ساختار x فیلتر شده تغییر یافته

تجمیع فیلترهای IPNLMS با ساختار MFX باعث ارائه الگوریتم CIPNLMS-MFX می‌شود. این الگوریتم، سیگنال اختلال و خطاهای هر مولفه را براساس 8-10 ارزیابی می‌کند..

در این حالت، مشتق توان دو سیگنال خطا با توجه به a(n) منجر می‌شود به:

$$a(n+1) = a(n) - \frac{\mu_a}{p(n)} e(n)[y_1(n) - y_2(n)]\lambda(n)[1-\lambda(n)], \quad (18)$$

که در آن $p(n) = \beta p(n-1) + (1-\beta)[y_1(n) - y_2(n)]^2$ است.

4. نتایج شبیه سازی

در این مقاله، مجموعه ای از آزمایشات را در یک تنظیمات ANC انجام می‌دهیم تا عملکرد الگوریتم های تطبیقی که ارائه‌شده‌اند را نشان دهیم. با ارائه مزایای بالقوه طرح‌های تناسبی در NLMS استاندارد برای پاسخ های واقعی اتاق شروع می کنیم. سپس، توجه خود را به مسئله افزایش عملکرد IPNLMS بیشتر می کنیم، این کار به‌وسیله تجمیع است. هر دو ساختار x فیلتر شده تغییر یافته و معمول برای ANC در نظر گرفته خواهد شد.

برای تحلیل مقاومت الگوریتم ها در زمان شناسایی مسیرهایی با سطوح مختلفی از ارائه‌شده‌اند ، همه شبیه سازی های ما در ابتدا از مسیری اولیه بدون ارائه‌شده‌اند استفاده می کنند که در ادام ه به یک مسیر کم پشت تغییر می کنند. این مسئله باعث هم‌گرائی مجدد فیلتر تطبیقی می‌شود. هر دو مسیر اولیه پاسخ های و اقعی ضربه با 350 انشعاب است. مسیر اولیه کم پشت از طریق تبدیل 105 نمونه اولیه پاسخ های ضربه متناظر و لایی گذاری صفر به طول 350 بدست می آید. مسیر ثانویه بین بلندگو و سنسور خطا نیز در شکل 5 نشان داده می‌شود و فرض می‌شود که کنترل تطبیقی آن را می شناسد (مثلا از طریق ارزیابی آفلاین اولیه). این مسیر ثانویه، با تنها 11 ضریب فعال، از طریق گرد کردن پاسخ ضربه واقعی ایجاد شده است. باقی تنظیمات برای سناریو ANC به صورت پیش رو است: سیگنال ورودی یک متغیر تصادفی گاوسی با میانگین صفر با واریانس واحد است به طوریکه سیگنال اختلال d(n) به صورت خروجی مسیر اولیه بدست می آید و به‌وسیله نویز افزایشی گاوسی با میانگین صفر ،$e_0(n)$، با واریانس تنظیم شده برای رسیدن به SNR=30 dB آلوده شده است.

تنظیمات معمول برای فیلترهای تطبیقی NLMS و IPNLMS برابر با $L = 320,\ \delta = 10^{-7},\ \text{and}\ \varepsilon = 10^{-6},$ است. به طوریکه اندازه گام ها و پارامترهای نامتقارن (k) متناسب با هدف آزمایش در مقادیری مختلف تنظیم می‌شوند. با توجه به سازگاری پارامتر تجمیع، در تمام موارد از $\mu_a = 0.1 \text{ and } \beta = 0.9$ استفاده می کنیم.

معیار شایستگی برای ارزیابی عملکرد روش‌های مختلف برابر با متوسط مربع خطای مازاد ($E\{[e(n) - e_0(n)]^2\}$ $= \text{EMSE}(n)$) خواهد بود که از طریق میانگین گیری 100 اجرای مستقل الگوریتم ها بدست می آید.

4.1. مقایسه فیلترهای IPNLMS-FX و NLMS-FXپ

برای شروع، بهره عملکرد را نشان می‌دهیم که از طریق استفاده از طرح‌های تناسبی در ساختارهای فیلترینگ ANC بدست می آید. برای این هدف، شکل 6 EMSE در فیلترهای NLMS و IPNLMS در ساختار FX را نشان می دهد (به ترتیب الگوریتم های NLMS-FX و IPNLMS-FX). این عمل در زمان استفاده از اندازه گام $(\mu = 0.2)$ و $\kappa = -0.5$ برای IPNLMS-FX است (همان طور که در 8 توصیه شده است). همان طور که می توان دید، IPNLMS-FX بعد از تغییر در مسیر اولیه، هم‌گرائی سریعتری در ابتدا و به صورت خاص نشان می دهد. این مسئله باعث افزایش سطح ارائه‌شده‌اند مسیر برای شناسایی می‌شود. نتایجی مشابه برای ساختار MFX بدست آمده است (در اینجا نشان داده نشده است) .

4.2. تجمیع فیلترهای IPNLMS با اندازه های گام مختلف

در این زیر بخش، تجمیع دو فیلتر IPNLMS را با دو سرعت تطبیق مختلف برای برای ارتقا هم‌گرائی شناخته شده در برابر تبادل تنظیم اشتباه فضای حالت که در فیلترهای تطبیقی ذاتی است، در نظر می گیریم. عملکرد تجمیع دو الگوریتم IPNLMS با دو تنظیمات $\mu_1 = 0.1,\ \mu_2 = 0.3$ و $\kappa_1 = \kappa_2 = -0.5$ را مورد مطالعه قرار داده ایم. شکل 7 ارزیابی EMSE را برای دو فیلتر مولفه و نیز برای تجمیع آنها نشان می دهد. لازم به ذکر است که تجمیع انها از ساختار FX استفاده می‌کند. مجددا، رفتاری مشابه برای پیکربندی MFX بدست می آید.

همان طور که انتظار داشتیم، فیلتر با اندازه گام بزرگ، هم‌گرائی سریع تری را نشان می دهد به طوریکه مولفه ای با $\mu_1 = 0.1$ در فضای حالت به خطای کمتری دست پیدا می‌کند. روش CIPNLMS-FX بهترین ویژگی هر مولفه را به

ارث می برد، بنابراین هم‌گرائی سریع را با اشتباه تنظیم فضای حالت تجمیع می‌کند. این قابلیت در ادبیات علمی فیلترینگ تطبیقی به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است که اکثرا در مورد شناسایی پیکربندی ها است. در اینجا، مشاهده می کنیم که چنین بهبودی می تواند در تنظیمات ANC نیز بدست آید، که در اینجا خروجی فیلترها پیش از افزوده شدن به سیگنال اختلال از مسیر ثانویه عبور می‌کند.

4.3. تجمیع فیلترهای IPNLMS با فاکتورهای نامتقارن مختلف

در زیر بخش 4.1 نشان دادیم که طرح‌های تناسبی چگونه می توانند هم‌گرائی را با توجه به فیلترهای NLMS استاندارد سرعت ببخشند. این مسئله از ارائه‌شده‌اند در پاسخ های ضربه اتاق معمول بهره می برد. وقتی سطح ارائه‌شده‌اند در راه‌حل بهینه بسیار زیاد باشد، لذا عملکرد IPNLMS می تواند با انتخاب k به طوریکه بسیار به یک نزدیک باشد، بیشتر از این بهبود یابد. بهره حال، وقتی چنین کاری انجام شود، عملکرد فیلتر می تواند به صورتی جدی کاهش پیدا کند اگر مسیر به اندازه ای که انتظار می رفت کم پشت نباشد. به منظور بهره گیری از مسیرهای بسیار کم پشت در هر زمان ممکن، در حالیکه به صورت پاسخی مناسب به راه‌حل هایی پراکنده تر باقی می ماند، در این بخش تجمیع دو الگوریتم IPNLMS که تنها در فکتورهای نامتقارنشان متفاوت هستند را در نظر می گیریم. بنابراین، $\mu_1 = \mu_2 = 0.2, \kappa_1 = -0.5$ و $\kappa_2 = 0.9$ را استفاده می کنیم. شکل 8، EMSE در CIPNLMS-FX با طرح FX قرار داده شده و دو فیلتر مولفه آن را نشان می دهد. می بینیم که طرح تجمیع، بهترین ویژگی های هر مولفه را حفظ می‌کند. در طول اولین بخش از آزمایش، فیلتر IPNLMS-FX با k2=0.9 به صورت ضعیف کار می‌کند. بهر حال، دقیقا این فیلتر است که در زمانی که مسیر آکوستیک کم پشت باشد، هم‌گرائی سریع تری را نشان می دهد (بعد از تغییر در تکرار 150000) و تجمیع از این موضوع بهره می برد.

شبیه سازی نتایج با استفاده فیلترهای IPNLMS برمبنای ساختار MFX در شکل 9 نشان داده می‌شوند. نتایج به صورتی مشابه برای FX نیز می توانند مورد بحث قرار گیرند. با توجه به EMSE فضای حالت، با استفاده از پیکربندی MFX، فیلتر CIPNLMS-MFX قادر است تا بهتر از هر دو فیلتر مولفه عمل کند این مسئله ناشی از هم‌گرائی کم بین خطاهای فیلتر مولفه و کاهش واریانس منتج شده از میانگین آنها است.

5. نتیجه گیری

در این مقاله، الگوریتم های تطبیقی جدیدی برای کاربردهای ANC ارائه کردیم که این کاربردهای ANC از ساختارهای x فیلتر شده تغییر یافته و معمول استفاده می کنند. اول، تطبیق تناسبی پیاده سازی شده با الگوریتم IPNLMS و برمبنای یکی از ساختارهای فیلترینگ قبلی نشان داده اند که هم‌گرائی بهبود یافته ای را ارائه می کنند. این مسئله با توجه به فیلتر تطبیقی بر مبنای الگوریتم NLMS است. برای بهبود هم‌گرائی در برابر خطای فضای حالت، و نیز برای مقاوم تر کردن الگوریتم ها در برابر سطوح متغیر با زمان یا ناشناخته ای از ارائه‌شده‌اند ، تجمیع فیلترهای IPNLMS ارائه‌شده است که چندین تغییر تک کاره را ارائه می نمایند. این تغییرات به‌وسیله مشخصات سیستم های ANC تحریک شده است. نتایج شبیه سازی در شرایط غیر ثابت از مزایای طرح‌های ارائه‌شده پشتیبانی می‌کند. عملکرد چنین طرح‌های تجمیع ، CIPNLMS-FX (برمبنای طرح x فیلتر شده معمول) و CIPNLMS-MFX (برمبنای طرح X فیلتر شده تغییر یافته) نشان داده شده است. این موضوع نشان می دهد که تجمیع فیلترهای IPNLMS با تنظیمات پارامتر مختلف، نشان دهنده این است که تجمیع فیلتر، بهترین مشخصات هر فیلتر مولفه را به ارث می برد و در برخی موارد از هر دو فیلتر بهتر عمل می‌کند.

REFERENCES

[1] S. M. Kuo and D. R. Morgan, *Active Noise Control Systems*, New York: Wiley, 1996.

[2] S. J. Elliott and P. A. Nelson, "Active noise control," *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 10, 4, pp. 12-35, Oct. 1993.

[3] B. Widrow and S. D. Stearns, *Adaptive Signal Processing*, Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall, 1985.

[4] E. Bjarnason, "Active noise cancellation used a modified form of the filtered-x LMS algorithm" in *Proc. 6th European Signal Process. Conf.*, 1992, vol. 2, pp. 1053–1056.

[5] M. Ferrer, A. González, M. de Diego, and G. Piñero, "Fast affine projection algorithms for filtered-x multichannel active noise control," *IEEE Trans. Audio, Speech, Lang. Process.*, vol. 16, pp. 1396–1408, Aug. 2008.

[6] A. H. Sayed, *Fundamentals of Adaptive Filtering*, New York: Wiley, 2003.

[7] D. L. Duttweiler, "Proportionate normalized least-mean-squares adaptation in echo cancelers," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 8, pp. 508–518, Sep. 2000.

[8] J. Benesty and S. L. Gay, "An improved PNLMS algorithm" in *Proc. IEEE ICASSP*, Orlando, FL, 2002, vol. II, pp. 1881-1883.

[9] J. Arenas-García and A. R. Figueiras-Vidal, "Adaptive combination of proportionate filters for sparse echo cancellation," *IEEE Trans. Audio, Speech, Lang. Process.*, vol. 17, pp. 1087–1098, Aug. 2009.

[10] J. Arenas-García, A. R. Figueiras-Vidal, and A. H. Sayed, "Mean-square performance of a convex combination of two adaptive filters," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 54, pp. 1078–1090, Mar. 2006.

[11] M. Ferrer, M. de Diego, A. González, and G. Piñero,"Convex combination of adaptive filters for ANC, " in *Proc. 16th Int. Cong. on Sound and Vibrat.* (ICSV-2009), Cracow, Poland, July, 2009, pp. 1-8.

[12] M. T. M. Silva and V. H. Nascimento, "Improving the tracking capabilities of adaptive filters via convex combination," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 56, pp. 3137–3149, Jul. 2008.

[13] L. A. Azpicueta-Ruiz, A. R. Figueiras-Vidal, and J. Arenas-García, "A normalized adaptation scheme for the convex combination of two adaptive filters," in *Proc. ICASSP*, Las Vegas, NV, 2008, pp. 3301–3304.