

## شکل دهی طیفی سیگنال فرایهین باند مرکب گوسی با استفاده از الگوریتم PSO

سیدنورالدین کشاورز<sup>۱</sup>، حسین خوشبین<sup>۲</sup> و مهدی حمیدی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>گروه برق دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، snkt20@yahoo.com

<sup>۲</sup>گروه برق دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، khoshbin@um.ac.ir

<sup>۳</sup>گروه برق دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، mehdi\_hamidi@yahoo.com

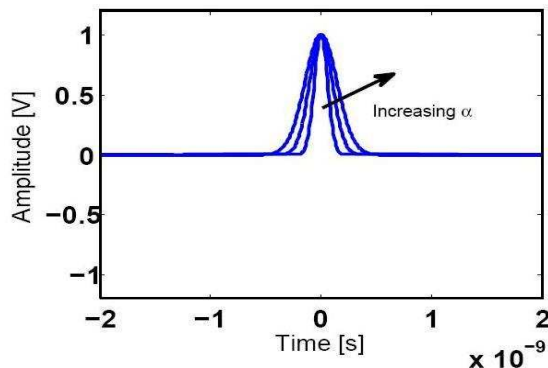
چکیده - در این مقاله یک روش جدید طراحی پالس سیگنال فرایهین باند مرکب گوسی بهینه‌سازی شده با استفاده از الگوریتم PSO ارائه گردیده است. در واقع از آنجا که یک پالس مشتق گوسی به تنهایی نمی‌تواند قیدهای طیفی FCC را برای طیف سیگنال فرایهین باند برآورده نماید، به روشهای ترکیبی مشتقات گوسی روی می‌آوریم و با وزن دهی مناسب مشتقات مراتب مختلف گوسی، طیفی را ایجاد می‌کنیم که شباهت بیشتری با پوشش طیفی استاندارد شده FCC برای سیستمهای فرایهین باند داشته باشد. بدلیل سادگی‌ای که در تولید و پیاده‌سازی مشتقات مراتب مختلف گوسی وجود دارد، به استفاده از این پالسها در قالب یک روش ترکیب خطی ترغیب می‌شویم. در این مقاله سعی شده است که سه روش: ترکیب تصادفی، ترکیب بر مبنای مینیمم‌سازی خطای مربعات با استفاده از الگوریتم PSO و ترکیب بر مبنای مینیمم‌سازی مساحت ناحیه محصور بین پوشش طیفی FCC و چگالی طیف توان سیگنال طراحی شده با استفاده از الگوریتم PSO، مورد بررسی قرار گیرند و در نهایت، یک شکل پالس مرکب گوسی که تنها با استفاده از مشتق مرتبه اول، چهارم و پنجم تابع گوسی بدست می‌آید، ارائه گردیده است که در مقایسه با سیگنالهای طراحی شده در گذشته، پوشش طیفی بهتری حتی برای فرکانسهای کمتر از یک گیگاهرتز دارد.

کلید واژه - الگوریتم PSO، پالس UWB، شکل دهی طیفی، مشتقات گوسی

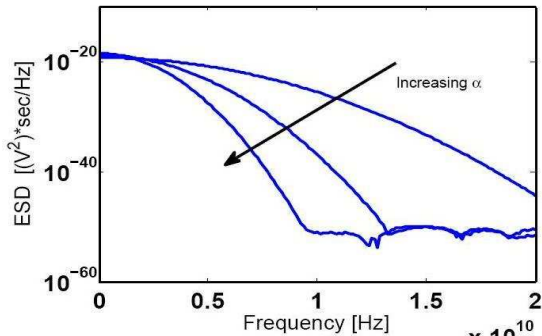
### ۱- مقدمه

روشهای مختلف بهینه‌سازی شکل موج سیگنال فرایهین باند برای انطباق هر چه بیشتر طیف سیگنال با پوشش طیفی سازمان تنظیم فرکانس (FCC: Federal Communication Commission) برای سیستمهای فرایهین باند، ارسال موفق اطلاعات و کاهش تداخل بین سیستمی، انجام شده است [۲] که هر یک مزایا و معایب خاص خود را دارد. در عمل سیگنال UWB یک سیگنال باند پایه می‌باشد. این پالسها به منظور انتشار هر چه مؤثرتر آنتن، نباید مولفه DC داشته باشند [۳]. بعلاوه، بمنظور حداکثر کردن توان ارسالی بر اساس محدودیت FCC، پالس باید دارای یک عرض باند صاف روی طیف باشد [۴]. از میان پالسهای با تعاریف ریاضی مشخص، عموماً پالسهای منوسیکل گوسی، دوبلت گوسی [۵]، منوسیکل رایلی و منوسیکلهای هریمیتی استفاده می‌شوند [۲]. منوسیکل گوسی به طور گسترده‌ای مورد مطالعه و استفاده قرار گرفته است، زیرا توانایی تفکیک پذیری خوبی هم در حوزه زمان و هم در حوزه فرکانس دارد. استفاده از معیار نایکویست و الگوریتم ژنتیک در طراحی سیگنال UWB نیز بترتیب در [۶] و [۷] مورد بررسی قرار گرفته است. روشهای طراحی پالس بر اساس فیلترینگ

مخابرات فرایهین باند (UWB: Ultra Wideband) یک تکنولوژی بی‌سیم برای دستیابی به سرعت‌های ارسال بالا روی فواصل کوتاه است. سیستم UWB دارای مصرف توان اندک، پیچیدگی کم، مقاوم در برابر چندراهه و باند فرکانسی بزرگ در مقایسه با سیستمهای مخابراتی باند باریک است. سیستمهای UWB بخاطر استفاده از پالسهای بشدت کوتاه، عرض باند وسیع حداقل ۵۰۰ مگاهرتز را اشغال می‌نمایند. سیستمهای UWB در محدوده فرکانسی ۳/۱ تا ۱۰/۶ گیگاهرتز کار می‌کنند. در نتیجه، به طور اجتناب ناپذیری با سیستمهای رادیویی باند باریک فعلی، همپوشانی فرکانسی خواهند داشت و مسأله همزیستی و هماهنگی این سیستمها با یکدیگر، موضوع حیاتی شده است [۱]. بمنظور کاهش تداخل با سیستمهای باند باریک موجود و استفاده مناسب از طیف، در ۱۴ فوریه سال ۲۰۰۲ میلادی، FCC پوشش طیفی، برای سیستمهای UWB درون ساختمانی و شهری را قانونمند ساخت. تاکنون مطالعات زیادی در زمینه



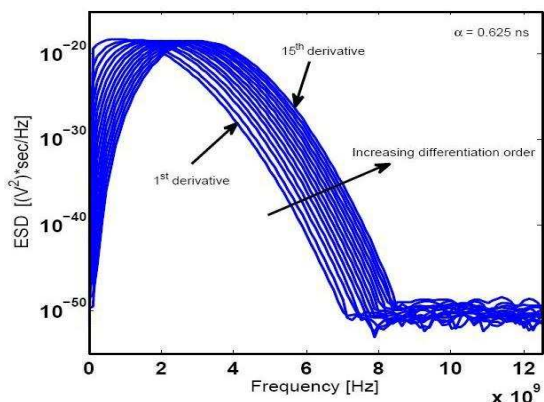
شکل ۱: تأثیر تغییر  $\alpha$  بر شکل پالس UWB در حوزه زمان



شکل ۲: تأثیر تغییر  $\alpha$  بر شکل پالس UWB در حوزه فرکانس

## ۲-۲- مشتق پالس گوسی

در این بخش، به ارزیابی تأثیر عملیات مشتق‌گیری بر روی شکل موج و چگالی طیف توان پالس گوسی می‌پردازیم. با توجه به رابطه (۱)، می‌توان بطور نامحدود مشتقات مراتب مختلف پالس گوسی محاسبه نماییم و با توجه به [۱۰] و [۱۱] به راحتی می‌توان مشتقات مراتب مختلف را در یک مدار ساده پیاده‌سازی کرد. همانطور نیز که در شکل ۳ مشاهده می‌نمایید، افزایش مرتبه مشتق‌گیری برای یک مقدار ثابت  $\alpha$ ، باعث افزایش عرض طیف می‌گردد. درحقیقت چگالی طیف توان به فرکانسهای بالاتر منتقل می‌گردد.



شکل ۳: تأثیر تغییر مرتبه مشتق‌گیری بر شکل پالس UWB در حوزه فرکانس

فرکانسی و بهینه‌سازی فیلتر (FIR:Finite Impulse Response) نیز در [۸] و [۹] مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این مقاله نیز، ما یک روش جدید طراحی پالس سیگنال فرایه‌ن باند مرکب گوسی بهینه‌سازی شده با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی گروه ذرات (PSO:Particle Swarm Optimization) ارائه کرده‌ایم. باقیمانده مطالب این مقاله به صورت زیر آورده شده است. در بخش ۲ مشتقات مراتب مختلف تابع گوسی مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش ۳ به معرفی الگوریتم PSO پرداخته‌ایم. تئوری ساخت پالس فرا پهن باند مبتنی بر ترکیب مشتقات گوسی به همراه شبیه‌سازی‌های انجام شده را در بخش ۴ آورده‌ایم و در بخش ۵ نیز نتایج استخراج گردیده است.

## ۲- مشتقات گوسی

یک پالس گوسی را می‌توان با رابطه (۱) بیان کرد:

$$p(t) = \pm \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\left(\frac{t^2}{2\sigma^2}\right)} = \pm \frac{\sqrt{2}}{\alpha} e^{-\frac{2\pi t^2}{\alpha^2}} \quad (1)$$

جایی که  $\alpha^2 = 4\pi\sigma^2$  بعنوان ضریب شکل و  $\sigma^2$  نیز واریانس می‌باشد. در بیشتر موارد، شکل پالس پذیرفته شده برای تحقیقات UWB، بصورت مشتق مرتبه دوم تابع گوسی مورد استفاده قرار می‌گیرد و آن را با رابطه (۲) نشان می‌دهیم:

$$\frac{d^2 p(t)}{dt^2} = \left(1 - 4\pi \frac{t^2}{\alpha^2}\right) e^{-\frac{2\pi t^2}{\alpha^2}} \quad (2)$$

یک پالس گوسی، به خوبی تحقیق ما را برای شکل‌دهی طیف سیگنال فرایه‌ن باند، پوشش می‌دهد، زیرا که شکل طیف آن را می‌توان مستقیماً با تغییر در ضریب شکل  $\alpha$ ، براحتی تغییر داد و شکل طیف را تصحیح نمود و یا با اعمال مشتقات متوالی بر روی پالس گوسی، شکل موجهای متفاوتی، بدست آورد و اثرات تغییر ضریب شکل  $\alpha$ ، بر مشتقات مراتب گوناگون را بررسی کرد و همچنین با ترکیب چندین تابع مشتق گوسی با یکدیگر و وزن-دهی متفاوت و مناسب برای هر شکل پالس، به پالس مطلوبی دست یافت که حداکثر انطباق طیفی و توانی را با استاندارد FCC داشته باشد.

## ۲-۱- تغییر عرض پالس گوسی

در پالس گوسی، عرض پالس شدیداً به ضریب شکل  $\alpha$  وابسته می‌باشد. کاهش مقدار  $\alpha$ ، پالس را کوتاه‌تر می‌کند، درنتیجه عرض باند سیگنال ارسالی را بزرگ می‌نماید. اثر تغییر ضریب شکل  $\alpha$  بر روی شکل پالس و طیف آن در شکل‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

### ۳- الگوریتم PSO

(۴) به ازای هر  $i$  اگر  $J_k[i] > J_{gk}$  آنگاه  $g_k = X_k[i]$

گام چهارم: تغییر نسل را با معادله زیر انجام می‌دهیم:

$$X_{k+1}[i] = X_k[i] + V_k[i] \quad (\text{به ازای هر } i)$$

$$V_k[i] = \kappa \times \{V_{k-1}[i] + c_1 \times \Gamma(g_k - X_k[i]) + c_2 \times \Lambda(p_k[i] - X_k[i])\} \quad (5)$$

جایی که  $\kappa, c_1, c_2$ ، ضرایب وزنی می‌باشند و  $\Gamma, \Lambda$  نیز به صورت زیر تعریف می‌شوند.

$$\Gamma = \text{diag}[\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_d]$$

$$\Lambda = \text{diag}[\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_d] \quad (6)$$

جایی که  $\gamma_i \in [0, 1]$  و  $\lambda_i \in [0, 1]$  به ازای  $i=1, 2, \dots, d$  اعداد شبه تصادفی یکنواخت می‌باشند.

گام پنجم: با تعیین  $k=k+1$ ، گامهای دوم تا پنجم را تکرار می‌کنیم.

### ۳-۱- روش ضریب محدودیت (CFA: Constriction Factor Approach)

در الگوریتم PSO، طراحی مقدار پارامترهای مسأله بدلیل تأثیری که بر روی عملکرد جستجوی پاسخ بهینه دارد، دارای اهمیت ویژه‌ای است. بطور مثال، در مواردی که گروه دارای رفتار واگرا است، ذرات در تمام ناحیه جستجو پخش خواهند شد. در نتیجه، رفتار الگوریتم PSO شبیه به یک جستجوی تصادفی خواهد شد که مطلوب نمی‌باشد. از طرفی، در یک گروه با رفتار همگرا نیز، تنها نواحی محلی، مورد جستجو قرار می‌گیرد که در این حالت نیز عملیات جستجو با مشکل روبرو خواهد شد. بهر حال برای طراحی هرچه بهتر مقدار پارامترهای الگوریتم یکی از دو روش وزن‌های اینرسی (IWA: Inertia Weights Approach) و CFA استفاده می‌شود [۱۰] و [۱۱]. طبق روش طراحی CFA، ضرایب وزنی  $c_1, c_2$  و  $\kappa$  موجود در معادله (۵) را با فرمول زیر تعیین می‌کنیم:

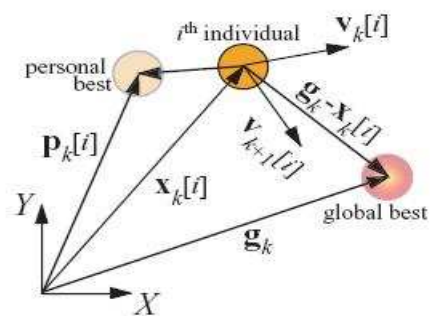
$$\kappa = \frac{2}{2 - \phi - \sqrt{\phi^2 - 4\phi}} \quad (7)$$

درجایی که  $\phi = c_1 + c_2$  و  $(\phi > 4)$  است. در واقع  $c_1$  و  $c_2$ ، بگونه‌ای انتخاب می‌شوند که، مجموعاً بیش از ۴ شوند. با این انتخاب، رفتار گروه بطور تدریجی، همگرا خواهد شد، زیرا که برای هر مقدار  $\phi$  همواره  $\kappa < 1$  خواهد شد. بنابراین، در روش طراحی CFA، ضرایب وزنی مربوط به  $X_k, p_k$  و  $g_k$ ، تنها با استفاده از یک پارامتر قابل تنظیم خواهند بود.

### ۴- طراحی پالس فرابهن باند مرکب گوسی

در تقریب طیف استاندارد معرفی شده توسط FCC برای

الگوریتم PSO یک روش بهینه‌سازی رفتار گروهی دسته‌ای از ذرات می‌باشد [۱۰] و [۱۱] که از حرکت پرندگان، زنبورها و ماهیها الهام گرفته شده است. در این الگوریتم، ذرات (افراد) حاوی اطلاعاتی از موقعیتشان در فضای حرکت ذرات و همچنین یک مقدار عددی که بیانگر میزان برتری ذره در میان جمع است و از یک تابع ارزیابی (سنجش) بدست می‌آید، می‌باشند. جهت حرکت هر ذره بوسیله جهت فعلی حرکت ذره، بهترین موقعیت ذره در گذشته و بهترین موقعیت گروه، تعیین می‌گردد. هر فرد با جستجوی بهترین موقعیت که می‌تواند بهترین مقدار برتری را نتیجه دهد، به سمت آن موقعیت حرکت می‌کند. در این قسمت ما الگوریتم PSO را شرح خواهیم داد و در ادامه نیز، این الگوریتم را برای بهینه‌سازی طیف سیگنال فرابهن باند به کار خواهیم گرفت. قبل از هر چیز، ما، تعداد ذرات  $N$  و فضای جستجوی بهینه‌سازی مسأله  $d$ ، را تعیین می‌کنیم. موقعیت هر فرد در  $k$  امین نسل را با  $X_k[i]$  مشخص می‌کنیم و سرعت ذرات و مقدار رتبه (برتری) هر ذره در میان جمع را به ترتیب با  $V_k[i]$  و  $J_k[i]$  نشان می‌دهیم که در آن  $i=1, 2, \dots, N$  شماره هر فرد می‌باشد. بهترین موقعیت فرد و بهترین مقدار برتری فرد در گذشته را نیز به ترتیب با  $p_k[i]$  و  $J_{pk}[i]$  نمایش خواهیم داد. همچنین بهترین موقعیت و مقدار برتری تمام ذرات گروه در نسل گذشته را به ترتیب با  $g_k$  و  $J_{gk}$  مشخص‌سازی می‌کنیم. رفتار ذرات در یک فضای دو بعدی را می‌توانید در شکل ۴ مشاهده نمایید. پس از تعاریف بالا، اکنون می‌توانیم گامهای این الگوریتم را بصورت زیر بیان کنیم:



شکل ۴: رفتار یک ذره در فضای جستجوی ۲ بعدی

گام اول: ذرات  $X_0[i]$  را به ازای  $i \in \{1, 2, \dots, N\}$  در نسل اولیه (یعنی  $k=0$ )، بطور تصادفی تولید می‌نماییم.

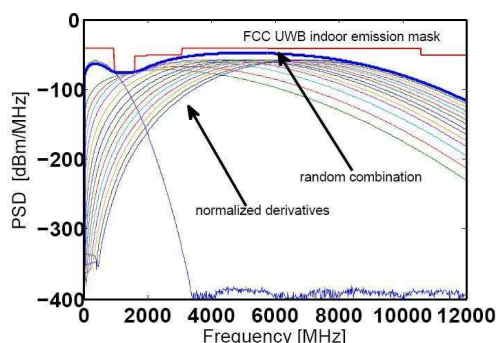
گام دوم: مقدار رتبه هر ذره را براساس تابع ارزیابی محاسبه کرده و  $P_k[i]$  را برای همه ذرات، بصورت زیر به روز می‌نماییم:

$$p_k[i] = X_k[i] \quad \text{به ازای هر } i \text{ اگر } J_k[i] > J_{pk}[i] \quad (3)$$

گام سوم:  $g_k$  را نیز با استفاده از معادله زیر به روز می‌نماییم:

جدول ۱: ضرایب  $\alpha_i$  و  $w_i$  برای دو حالت ترکیب تصادفی

| $i$ | حالت اول   |        | حالت دوم   |        |
|-----|------------|--------|------------|--------|
|     | $\alpha_i$ | $w_i$  | $\alpha_i$ | $w_i$  |
| ۱   | ۰/۶۲۵ ns   | -۰/۰۳۸ | ۱/۵۲۵ ns   | -۰/۰۸۲ |
| ۲   | ۰/۶۲۵ ns   | ۰/۰۰۳  | ۰/۳۲۵ ns   | ۰/۳۵۵  |
| ۳   | ۰/۶۲۵ ns   | -۰/۰۱۳ | ۰/۳۲۵ ns   | ۰/۰۷۶  |
| ۴   | ۰/۶۲۵ ns   | ۰/۰۴۵  | ۰/۳۲۵ ns   | ۰/۸۳۱  |
| ۵   | ۰/۶۲۵ ns   | -۰/۰۴۴ | ۰/۳۲۵ ns   | -۰/۸۶۰ |
| ۶   | ۰/۶۲۵ ns   | ۰/۰۹۱  | ۰/۳۲۵ ns   | -۰/۹۷۳ |
| ۷   | ۰/۶۲۵ ns   | -۰/۰۲۹ | ۰/۳۲۵ ns   | ۰/۹۰۳  |
| ۸   | ۰/۶۲۵ ns   | ۰/۲۳۶  | ۰/۳۲۵ ns   | ۰/۰۳۰  |
| ۹   | ۰/۶۲۵ ns   | ۰/۵۰۵  | ۰/۳۲۵ ns   | ۰/۵۰۰  |
| ۱۰  | ۰/۶۲۵ ns   | ۰/۰۶۲  | ۰/۳۲۵ ns   | ۰/۲۱۷  |
| ۱۱  | ۰/۶۲۵ ns   | ۰/۶۱۵  | ۰/۳۲۵ ns   | ۰/۶۹۷  |
| ۱۲  | ۰/۶۲۵ ns   | -۰/۷۷۸ | ۰/۳۲۵ ns   | ۰/۴۹۴  |
| ۱۳  | ۰/۶۲۵ ns   | ۰/۰۷۸  | ۰/۳۲۵ ns   | -۰/۱۴۴ |
| ۱۴  | ۰/۶۲۵ ns   | -۰/۵۵۰ | ۰/۳۲۵ ns   | ۰/۱۸۱  |
| ۱۵  | ۰/۶۲۵ ns   | ۰/۸۱۷  | ۰/۳۲۵ ns   | ۰/۷۹۰  |



شکل ۵: ترکیب تصادفی مشتقات گوسی با مقادیر وزنی جدول ۱ (حالت ۲)

#### ۴-۲- استفاده از الگوریتم PSO در طراحی پالس UWB

انتخاب تصادفی ضرایب  $\alpha_i$  و  $w_i$  ها، تنها راه حل ممکن برای ترکیب مشتقات گوسی نمی‌باشد. راه حل دیگر، استفاده از الگوریتم PSO برای بهینه‌سازی یک تابع هزینه مناسب، بمنظور تقریب پوشش طیفی می‌باشد. در اینجا ۲ تابع هزینه را تعریف کرده و بر اساس آن طیف ترکیبی را ایجاد می‌کنیم:

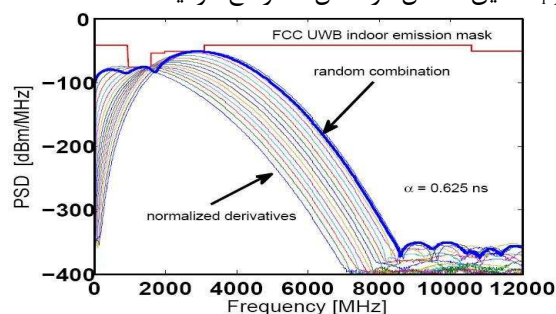
الف) مینیمم سازی خطای مربعات

در این روش تابع هزینه را بصورت یک تابع خطا معرفی می‌کنیم. این تابع بصورت زیر تعریف می‌شود:

سیستمهای فرایه‌ن باند، توجه خود را به تمام بازه فرکانسی معطوف می‌نماییم و حتی فاصله فرکانسی ۰ تا ۰/۹۶ گیگاهرتز را نیز لحاظ می‌کنیم. در این روش طراحی از ترکیب ۱۵ مشتق اول گوسی استفاده می‌کنیم و با در نظر گرفتن دو بردار با طول ۱۵ که یکی بردار ضرایب وزن  $w_i$  و دیگری بردار ضرایب شکل  $\alpha_i$  هستند و تغییر اعضای هر یک از این دو بردار، شکل موجهای متفاوتی بدست می‌آوریم. خواهیم دید که داشتن قدرت انتخاب بالا در بکارگیری مشتقات مختلف با ضرایب متفاوت، انعطاف پذیری بسیار بالایی را برای تولید شکل موج پالس فرایه‌ن باند در اختیار ما قرار می‌دهد.

#### ۴-۱- ترکیب تصادفی

در ابتدا بطور تصادفی بردارهای  $w_i$  و  $\alpha_i$  را تولید خواهیم کرد و بر اساس آنها شکل موج حاصل از این ۱۵ مشتق را بدست می‌آوریم. اکنون به مقایسه شکل موج بدست آمده با شکل طیف استاندارد می‌پردازیم. اگر که طیف این سیگنال بطور کامل پایینتر از پوشش طیفی FCC قرار گیرد، آنرا ذخیره می‌نماییم و در غیر اینصورت مراحل قبل را تکرار کرده و دسته جدیدی از ضرایب را تولید کرده و بر اساس این ضرایب، سیگنال جدیدی را تولید خواهیم کرد. این عملیات آنقدر تکرار خواهد شد، تا اینکه شرایط مورد نیاز ما برای طیف مناسب، برآورده گردد. در شکلهای ۵ و ۶ طیف دو سیگنال بدست آمده از اجرای برنامه MATLAB و همگرایی آن بسمت طیف استاندارد نمایش داده شده است. هر یک از این شکل طیفها با استفاده از ۱۵ مشتق اول گوسی بدست آمده است. مقادیر بدست آمده برای  $\alpha_i$  و  $w_i$  مربوط به این دو شکل در جدول ۱ آورده شده است. اگر به شکل ۵ توجه نماییم، می‌بینیم که ترکیب چندین شکل موج مشتق گوسی با مقادیر مختلف  $\alpha_i$  و  $w_i$ ، تقریب بهتری از پوشش طیفی FCC را برای ما فراهم می‌آورد، اما همچنان در فاصله فرکانسی ۰ تا ۰/۹۶ گیگاهرتز، طیف سیگنال، پوشش مناسبی ندارد، با اینحال با انتخاب دسته‌های دیگر از مقادیر  $\alpha_i$  و  $w_i$ ، این مشکل در شکل ۶ مرتفع گردیده است.



شکل ۴: ترکیب تصادفی مشتقات گوسی با مقادیر وزنی جدول ۱ (حالت ۱)

$$e_{s1}(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} |e_1(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{+\infty} \left| f(t) - \sum_{k=1}^N a_k f_k(t) \right|^2 dt \quad (8)$$

در این رابطه،  $f(t)$  تابع هدف می‌باشد. چون هدف ما طراحی طیف مناسب منطبق با پوشش طیفی FCC می‌باشد، میزان خطا را بصورت زیر بازنویسی می‌کنیم:

$$e_1 = \int_{-\infty}^{+\infty} |P_M(f) - F(f)|^2 df \quad (9)$$

جایی که،  $P_M(f)$  نشاندهنده پوشش طیفی FCC و  $F(f)$  نیز چگالی طیف توان سیگنال بدست آمده می‌باشد.

(ب) مینیمم‌سازی خطای سطح

در روشی دیگر تابع خطا را با رابطه زیر تعریف می‌نماییم:

$$e_2 = \left| \int_0^{10.6} (P_M(f) - F(f)) df \right| \quad (10)$$

با استفاده از این رابطه مساحت سطح ایجاد شده بین نمودار چگالی طیف توان سیگنال تولید شده و پوشش طیفی FCC را بعنوان تابع خطا در نظر می‌گیریم و با توجه به منفی بودن مقدار این سطح، سعی می‌کنیم که قدر مطلق آنرا مینیمم کنیم. بهر حال در هر دو روش اخیر مینیمم‌سازی خطای مربعات و یا خطای سطح، می‌توانیم از الگوریتم بهینه‌ساز PSO استفاده نماییم.

#### ۴-۳- کدینگ مسئله با استفاده از الگوریتم PSO

در PSO، ذرات در  $k$ امین نسل دارای موقعیت مکانی  $X_k[i]$ ، سرعت  $V_k[i]$  و رتبه برتری  $J_k[i]$  می‌باشند. بعلاوه این ذرات بهترین موقعیت مکانی گذشته خود  $p_k[i]$  را در ذهن دارند. PSO یک تکنیک بهینه‌سازی با ایجاد تغییر نسل برای جستجوی بهترین موقعیت مکانی با توجه به تابع ارزیابی می‌باشد. این تغییر نسل با استفاده از  $X_k[i]$ ،  $V_k[i]$  و  $p_k[i]$  بهترین موقعیت مکانی ذره  $g_k$  انجام می‌پذیرد. راه حل ما برای استفاده از این الگوریتم در بهینه‌سازی بردار  $[w_j \alpha_j]$  می‌باشد. از آنجا که ما از ۱۵ مشتق گوسی استفاده می‌کنیم، نیازمند تعیین  $\alpha_j$  و  $w_j$  به ازای  $j=1, 2, \dots, 15$  می‌باشیم. پس بردار  $[w_j \alpha_j]$  یک بردار با طول ۳۰ خواهد بود و با  $X_k^{d_m}[i]$  نمایش داده می‌شود که در آن  $i$  بیانگر  $k$ امین ذره در هر نسل  $(i=1, 2, \dots, N)$  و  $m$  نماینده طول هر ذره یا ابعاد مسئله و  $k$  نیز بیانگر  $k$ امین نسل است. این بردار نقش یک ذره را در الگوریتم PSO بازی می‌کند و با توجه به تعداد اعضای این بردار که ۳۰ می‌باشد، فضای مسئله ما بصورت یک مسئله PSO در فضای ۳۰ بعدی می‌باشد. جمعیت اولیه‌ای که برای این مسئله در نظر می‌گیریم متشکل از ۱۰ ذره با طول ۳۰ است.

اکنون گامهای مختلف این الگوریتم را با توجه به فضای مسئله شرح می‌دهیم. در گام نخست، جمعیت اولیه  $X_k^{d_m}[i]$  را به ازای  $k=0, 1, 2, \dots, 30$  و  $m=10$  را بطور تصادفی تولید می‌کنیم. یعنی:

$$\begin{aligned} X_0^{d_m}[1] &= [X_0^{d_1}[1] \quad \dots \quad X_0^{d_{30}}[1]] && \text{ذره ۱ در نسل ۱} \\ &\vdots && \\ X_0^{d_m}[10] &= [X_0^{d_1}[10] \quad \dots \quad X_0^{d_{30}}[10]] && \text{ذره ۱۰ در نسل ۱} \end{aligned} \quad (11)$$

در گام بعدی طیف ایجاد شده توسط هر بردار  $X_0^{d_m}[i]$  را بدست می‌آوریم و براساس تابع ارزیابی رابطه (۹) یا (۱۰) مقدار خطای ایجاد شده توسط هر ذره را محاسبه می‌کنیم و براساس گام بیان شده در رابطه (۳) نیز موقعیت هر ذره را تعیین می‌نماییم. طبق رابطه (۴) نیز موقعیت کل ذرات گروه را به روز می‌نماییم و براساس رابطه (۵) نیز نسل جدیدی از ذرات را تولید می‌کنیم. در نسل تولید شده جدید، باز هم با ۱۰ ذره به طول ۳۰ مواجه هستیم. اکنون با مشخص کردن  $k=k+1$ ، تمام گامهای دوم تا چهارم را برای این دسته از ذرات نیز انجام می‌دهیم. سرانجام بعد از ۲۰ نسل، همه ذرات بسمت یک نقطه خاص در یک فضای ۳۰ بعدی متمایل می‌شوند که این نقطه، در واقع همان مقادیر  $\alpha_j$  و  $w_j$  ها و برای مشتقات گوسی می‌باشند. مقادیر  $\alpha_j$  و  $w_j$  و ترسیمی از طیف حاصل با استفاده از بهینه‌سازی رابطه (۹)، بترتیب در جدول ۲ و شکل ۶ نمایش داده شده است. اگر در الگوریتم PSO، تابع ارزیابی را بصورت (۱۰) در نظر بگیریم، مقادیر  $\alpha_j$  و  $w_j$  بصورت جدول ۳ بدست می‌آیند. ترسیمی از طیف بدست آمده را نیز در شکل ۷ مشاهده می‌نمایید.

#### ۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله به طراحی و بهینه‌سازی طیف سیگنال فرابهن باند مرکب گوسی با استفاده از الگوریتم PSO پرداختیم. در واقع از آنجا که یک پالس مشتق گوسی به تنهایی نمی‌تواند بطور کامل قیده‌های پوشش طیفی و توانی FCC برای سیستمهای فرابهن باند را برآورده نماید و امکان تولید و پیاده‌سازی مشتقات مراتب بالاتر تابع گوسی با استفاده از مدارات ساده وجود دارد [۱۲] و [۱۳] به روش ترکیبی مشتقات گوسی روی می‌آوریم. اما با توجه به اینکه توان سیگنال گوسی با افزایش مرتبه مشتق‌گیری، کاهش می‌یابد سعی کردیم که با بکارگیری الگوریتم PSO یک شکل طیف بهینه را از مشتقات مراتب پایینتر تابع گوسی استخراج نماییم. با استفاده از این الگوریتم توانستیم پس از بررسی ترکیب‌های مختلف توابع مشتق گوسی، طیفی را

گردیده است. از زحمات تمامی مسؤولین این مرکز قدردانی می‌نماییم.

جدول ۲: ضرایب  $\alpha_i$  و  $w_i$  برای ترکیب خطی مشتقات گوسی مرتبه ۱، ۴ و ۵ (مینیم‌سازی خطای مربعات با استفاده از الگوریتم PSO)

| $i$        | ۱       | ۴         | ۵        |
|------------|---------|-----------|----------|
| $\alpha_i$ | ۱/۹۶ ns | ۰/۰۷۵۸ ns | ۰/۲۳۱ ns |
| $w_i$      | -۰/۰۰۷۹ | -۰/۰۳۲۳   | ۰/۰۳۹۱   |

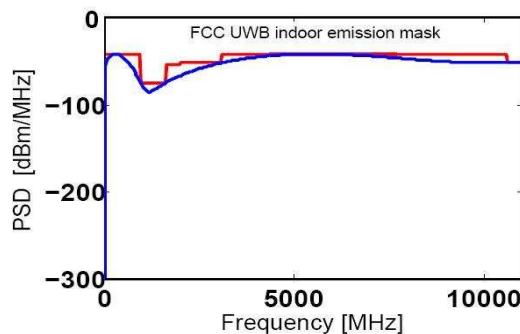
جدول ۳: ضرایب  $\alpha_i$  و  $w_i$  برای ترکیب خطی مشتقات گوسی مرتبه ۱، ۴ و ۵ (مینیم‌سازی خطای سطح با استفاده از الگوریتم PSO)

| $i$        | ۱       | ۴         | ۵        |
|------------|---------|-----------|----------|
| $\alpha_i$ | ۱/۹۶ ns | ۰/۰۷۵۸ ns | ۰/۲۳۱ ns |
| $w_i$      | -۰/۰۰۷۹ | -۰/۰۳۲۳   | ۰/۰۳۹۱   |

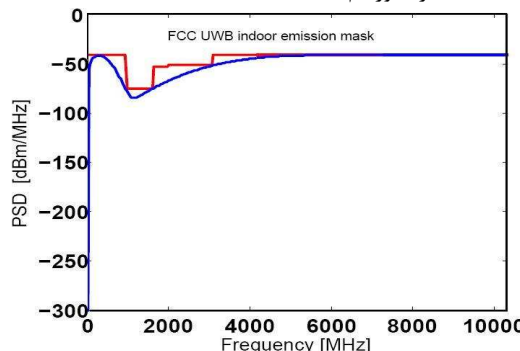
## مراجع

- [1] Federal Communication Commission, "Revision of part 15 of the commission's rules regarding Ultra Wideband transmission system, First Report and Order," ET Docket 98-153, FCC 02-48, pp.1-118, February 14, 2002.
- [2] M. Ghavami, L. B. Michael, S. Haruyama, and R. Kohno. "A novel UWB pulse shape modulation system", *Kluwer Wireless Personal Communications Journal*, pp.105-120, 2002.
- [3] Z. N. Chen, X. H. Wu, H. F. Li, N. Yang, M. Y. W. Chia, "Consideration for source pulses and antennas in UWB radio systems," *IEEE Trans. Antenn. Propag.* 52 pp. 1739-1748, 2004.
- [4] J. D. Taylor, "Ultra Wideband Radar Systems," CRC Press, 2001.
- [5] F. Ramirez-Mireles, "On the Performance of Ultra Wideband Signals in Gaussian Noise and Dense Multipath", *IEEE Trans. on Veh. Tech.*, Vol. 50(1), pp. 244-249, 2001.
- [6] W.M. Jang, "Pulse design in UWB communications using nyquist criterion," *IEEE ICAC*, pp. 559-564, 2006.
- [7] S. H. Liao, M. H. Ho, C. H. Chen, C. C. Chiu, W. C. Chung, "A Novel DS-UWB Pulse Design Using Genetic Algorithm," *IEEE International Conference on Future Computer and Communication*, Compon. Lett., vol. 11, pp. 208-210, 2009.
- [8] J. Hu, Y. Liu, and J. Yang, "The frequency-Domain Method for UWB Pulse Design," *IEEE International Conference on Communication Software and Networks*, Compon. Lett., vol. 11, pp. 208-210, May 2009.
- [9] W. LEE, and S. Jitapunkul, "Optimum Pulse Shape Design for UWB Systems with Timing Jitter," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E91-B, No.3 March 2008.
- [10] J. Han and C. Nguyen, "A new ultra-wideband, ultra-short monocycle pulse generator with reduced ringing," *IEEE Microwave Wireless Compon. Lett.*, vol. 12, pp. 206-208, 2002.
- [11] T. A. Phan, N. S. Kim, "4-7 pJ/pulse 7<sup>th</sup> Derivative Gaussian Pulse Generator for Impulse Radio UWB," *IEEE International Conference on Communication*, pp. 308-310, 2007.
- [12] James Kennedy and Russel Eberhart, "Particle swarm optimization," *Proceeding of IEEE International Conference on Neural Networks*, pp.1942-1948, 1995.
- [13] James Kennedy and Russel Eberhart, "swarm Intelligence," Morgan Kaufmann Pub., 2001.

ایجاد کنیم که تنها با استفاده از ۳ مشتق اول، چهارم و پنجم تابع گوسی ایجاد می‌شود که در مقایسه با شکل پالس‌های طراحی شده در گذشته پوشش بهتری دارد. با توجه به شکل‌های ۶ و ۷، مشاهده می‌گردد که الگوریتم PSO دو طیف متفاوت اما نزدیک به هم را با ضرایب شکلی و وزنی متفاوت ایجاد می‌نماید و این نشان‌دهنده این است که توابع ارزیابی ما به خوبی تعریف شده‌اند. این شکل طیف‌ها در مقایسه با طیف ایجاد شده توسط چند جمله‌ایهای هرمیتی در [۲] بمراتب پوشش طیفی بهتری دارند و به راحتی می‌توان آنها را در یک سیستم چندکاربره همانند شکل پالسهای هرمیتی بکار گرفت. همچنین در طراحی این شکل طیف‌ها برخلاف شکل پالسهای هرمیتی نیازی به ضرب‌کننده و یا شیفته‌دهنده فرکانسی نمی‌باشد. استفاده از الگوریتم PSO در مقایسه با الگوریتم (GA: Genetic Algorithm) در [۷] از پیچیدگی کمتر و سرعت بالاتر برخوردار می‌باشد و شکل پالس بهینه‌تری را ارائه می‌دهد و یا در مقایسه با فیلترینگ FIR در [۹] و یا استفاده از معیار نایکویست در [۶] ترکیب پالسهای گوسی از محاسبات بسیار کمتر و نتیجه بمراتب بهتری برخوردار است.



شکل ۶: ترکیب خطی مشتقات گوسی مرتبه ۱، ۴ و ۵ (مینیم‌سازی خطای مربعات با استفاده از الگوریتم PSO)



شکل ۷: ترکیب خطی مشتقات گوسی مرتبه ۱، ۴ و ۵ (مینیم‌سازی خطای سطح با استفاده از الگوریتم PSO)

## سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مرکز تحقیقات مخابرات ایران انجام