

# شبیه سازی اثر عوارض زمین در سیگنال‌های دریافتی توسط گیرنده- های هوابرد

فرامرز کیامقدم، سید محمد علوی

دانشگاه جامع امام حسین(ع)

مسئول مکاتبات: فرامرز کیامقدم

## چکیده

در بسیاری از کاربردهای مخابراتی از جمله سیستم‌های شنود هوابرد، انواع لینک‌ها در فرکانس‌های مختلف و ... در هنگام تست‌های میدانی با مشکلات غیر قابل پیش‌بینی در دریافت سیگنال مواجه می‌شوند که در مواقع محاسبه بودجه لینک، در دید مستقیم بودن و یا پترن آنتن، دریافت، کیفیت دریافت و یا عدم دریافت قابل محاسبه و توجیه نیست، در این مقاله به بررسی اثرات محیطی بالاخص چند مسیریگی با استفاده از نقشه عوارض منطقه می-پردازیم و یک نمونه عملی نیز که تست شده است را در ادامه مقاله ارائه می‌نمائیم و تطبیق آن با استفاده از نرم‌افزار شبیه ساز تولید شده را نیز نمایش می-دهیم.

کلمات کلیدی: گیرنده‌های هوابرد، چند مسیریگی، اثرات محیطی

## مقدمه

برای تولید این مقاله از منابع مختلفی که در انتها به آنها اشاره نمودیم، مطالعه و ایده برداری شده است و از منبع خاصی استفاده مستقیم نشده است و کلیه شبیه سازی‌ها در این مقاله کاملاً ابتکاری بوده و برای رفع مشکلی که در صنعت اتفاق افتاده است طراحی و اجرا شده و همچنین با دیتا برداری از پرنده های واقعی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

## مواد و روش:

برای تولید این نرم افزار شبیه ساز نیازمند نقشه‌های مناسب از منطقه تست و نرم افزار تحلیل گر مناسب می‌باشیم تا بتوانیم روابط ریاضی بدست آمده را توسط آن پیاده نمائیم، برای تهیه نقشه می‌توانیم از نقشه تولید شده توسط سایت گوگل مانند گوگل ارث و یا نقشه موجود در سایت‌های نظامی ایالات متحده و یا سایت‌های معتبری مانند USGS و امثال آنها استفاده کنیم.

برای ابزار تحلیل نیز نرم افزار متلب گزینه مناسبی می‌باشد.

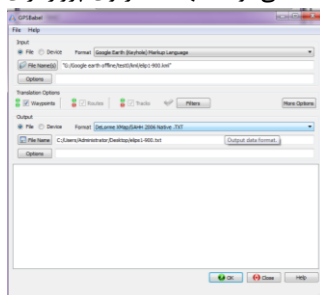
در اینجا توضیح مختصری از چگونگی استفاده از نرم افزار گوگل ارث و سپس روابط ریاضی مورد نیاز ارائه می‌گردد.

ابتدا نرم افزار گوگل ارث را روی یک سیستم متصل به اینترنت نصب می‌کنیم. سپس روی گزینه ی آپشنز در نوار تولز کلیک کرده و در تب کش اندازه می‌زبان حافظه ی اختصاصی را بالا می‌بریم تا مشکلی در ذخیره سازی نداشته باشیم. حال اگر به اینترنت متصل باشیم می‌توانیم روی منطقه‌ی مورد نظر خود زوم می‌کنیم و با عقب و جلو بردن و جارو کردن منطقه اجازه می‌دهیم نقشه های محلی و تصاویر ذخیره شوند. این اطلاعات در پوشه ی appdata در بوزر مورد نظر (همان که نرم افزار در آن نصب شده) در قسمت LocalLow در پوشه ی google ذخیره خواهد شد. وقتی تمام منطقه‌ی مورد نظر را که به صورت آنلاین ذخیره نمودیم. نرم افزار گوگل ارث را می‌بندیم و در آدرسی که ذکر کردیم کل پوشه ی google را در یک حافظه‌ی جانبی کپی می‌کنیم. حال نقشه مورد نظر برای انتقال آماده است، حال باید سناریوی پرواز که شامل مسیر حرکتی و ارتفاع می‌باشد را آماده نمائیم که می‌توانیم بدین صورت اقدام نمائیم، روش کار بدین صورت بود که محل تشعشع گر را می‌دانستیم و سناریوی تست را با فاصله‌ی طولی و عرضی دلخواه از آن بصورت مسیری بیضوی یا خطی با ابعاد مشخص ایجاد می‌کنیم. در نوار ابزار tools گزینه ی ruler را انتخاب کرده و اگر مسیر خطی است از تب path و اگر مسیر یک شکل بسته مثل بیضی است از تب polygon استفاده می‌کنیم. و به فواصل مورد نظر (مثلاً ۲۰۰ متر ی) نقطه گذاری می‌کنیم. و در آخر که شکل مورد نظر کشیده و نقطه گذاری شد آن را ذخیره کرده و در نوار ابزار places آن را پیدا می‌کنیم و با راست کلیک بر روی آن گزینه ی save places as را انتخاب و بصورت (\* .kml) ذخیره می‌کنیم. که \* اسمی است که خودمان می‌دهیم.



شکل ۱- تعریف مسیر پروازی بر روی نقشه مورد استفاده

حال برای ادامه از نرم افزار مفید دیگری به نام GPSBabel را نصب می کنیم . و در قسمت input فایل ذخیره شده را آدرس دهی می کنیم و گزینه‌ی Google Earth(keyhole) Markup Language را انتخاب کرده و در قسمت خروجی output فرمت را Delorme Xmap/SAHH 2006 Native.txt انتخاب کرده و همچنین اسم و محل مورد نظر برای ذخیره خروجی را می دهیم. حال مشخصات مسیر مورد نظر به صورت طول و عرض جغرافیایی در یک پوشه ی متنی (تکست) ذخیره شده است که می تواند جهت سناریوی پرواز برای پروگرام کردن جی پی اس پرنده استفاده شود.



شکل ۲- نرم افزاری جهت استخراج طول و عرض جغرافیایی در یک فایل متنی

برای لود کردن این نقشه ها در نرم افزار متلب رعایت برخی از نکات بسیار ضروری می باشد که در اینجا به برخی از آنان بصورت خلاصه اشاره می نمایم:

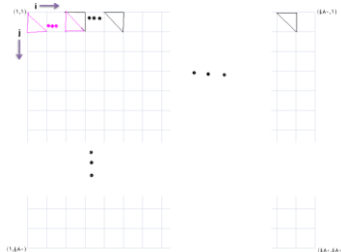
۱- بطور تجربی دریافتیم که فایل های با پسوند dem بطور مستقیم در متلب قابل استفاده نیست و باید حتما فایل دیگری با پسوند hdr موجود باشد تا متلب اطلاعاتی نظیر ارتفاع را از آن استخراج نماید.

۲- حدود نقشه و رزولوشن باید بدقت مشخص شود.

۳- اطلاعاتی که در فایل نقشه موجود است و در شکل بالا نمایش داده شده است بدین صورت می باشد که ابتدا طول و عرض جغرافیایی تعیین شده و سپس به هر طول و عرضی ارتفاع نسبت داده می شود. که در استفاده های بعدی باید این گونه اطلاعات را مد نظر قرار دهیم. همانطور که اشاره کرده ایم حد و حدود و رزولوشن باید دقیق مشخص شود که با استفاده از این حدود و رزولوشن متلب سطر و ستون هایی را تشکیل داده و دیتاهای نقشه را در آن جایگذاری می نماید که در اینجا با توجه به نقشه و کد نوشته شده به دیتاهای زیر دست می یابیم که از workspace متلب قابل برداشت است:

LAT, LON, Z, Zscaled, cmap, latlim, lonlim

که در این مثال LAT, LON, Z, ماتریس هایی با  $480 \times 480$  سطر و ستون می باشد. که در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۳- تشریح خروجی نرم افزار متلب

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود کوچکترین واحدی را که ما می توانیم برای صفحه ناهمواری های زمین در نظر بگیریم، صفحه ای با حداقل نقاط می باشد که ما در اینجا ساده ترین شکل صفحه بلحاظ هندسی یعنی مثلث در نظر گرفته ایم.

حال برای تعیین و استفاده از نقاط باید از اندیس های مشخص شده در شکل بالا استفاده نمائیم، مثلا برای تعیین اولین صفحه ناهمواری از اندیس های (۱و۱) و (۲و۲) و (۲و۱) استفاده می نمائیم که نتیجه آن در این نقشه بدین صورت می شود:

$$\begin{aligned} \text{LAT}(1,1) &= 36 & \text{LON}(1,1) &= 51 & Z(1,1) &= 2393 \\ \text{LAT}(2,1) &= 36.0083 & \text{LON}(2,1) &= 51 & Z(2,1) &= 2747 \\ \text{LAT}(2,2) &= 36.0083 & \text{LON}(2,2) &= 51.0083 & Z(2,2) &= 2747 \end{aligned}$$

همانطور که مشاهده می‌کنید تا اینجا ما توانستیم مختصات کوچکترین واحد صفحه ناهمواری را بدست آوریم. حال سعی می‌کنیم با استفاده از کد نوشته شده و ترکیب و اتوماتیک کردن دیتا برداری از اطلاعات نقشه مسیره‌های چندمسیرگی را محاسبه نمائیم. یکبار محاسبات را برای مثلث‌های پایینی و بار دیگر محاسبات را برای مثلث‌های بالایی انجام می‌دهیم. برای محاسبه مثلث‌های پایینی از رابطه زیر:

$$\text{رابطه ۱} \quad (i+1, j) \text{ و } (i+1, j+1)$$

و برای محاسبه مثلث‌های بالایی از روابط ذیل استفاده می‌نمائیم:

$$\text{رابطه ۲} \quad (i, j+1) \text{ و } (i+1, j+1)$$

اصلی‌ترین اطلاعاتی که ما در اینجا بدست می‌آوریم شامل زاویه  $\theta$  (زاویه بین بردار بازتاب و خط بین میانگین نقاط صفحه و مکان مشخص گیرنده هواپرد)، فاصله‌ای که پرتو برای رسیدن به گیرنده هواپرد طی می‌کند و محاسبه تاخیر و در صورت موجود بودن گین آنتن تشعشع کننده و توان تشعشع کننده محاسبه تضعیف دامنه خواهد بود.

این اطلاعات در صورتی مفید خواهد بود که ما بتوانیم آنها را ترسیم نمائیم و اختلاف دامنه و تاخیرات موجود را با سیگنال LOS که بین تشعشع کننده و گیرنده هواپرد موجود می‌باشد را داشته باشیم و در یک صفحه آنها را ترسیم نمائیم و اگر بخواهیم استفاده عملی از این محاسبات داشته باشیم باید بتوانیم پاسخ ضربه کانال (در اینجا یعنی اثر چند مسیرگی بر روی سیگنال اصلی) را محاسبه نمائیم و با محاسبه عکس آن بتوانیم کانال را به کانالی یادگیرنده در عمل تبدیل نمائیم، یعنی بتوانیم تا حدی رفع سوء اثر برای محیط‌هایی که دچار چندمسیرگی شده‌ایم انجام دهیم.

برای شروع محاسبات باید بفهمیم که دریافت کدام سیگنال برای گیرنده هواپرد قابل قبول خواهد بود که این موضوع را با گذاشتن محدودیت برای زاویه  $\theta$  (که در ادامه آنرا معرفی خواهیم نمود) می‌توان تا حد زیادی پوشش داد. مثلاً در اینجا  $\theta = 2^\circ$  در نظر می‌گیریم و محاسبات را ادامه می‌دهیم.

حال در اینجا با به سری تاخیر و تضعیف دامنه مواجهیم که برای مفهوم پیدا کردن اینها باید در سیگنال LOS ضرب نمائیم. برای محاسبه فاصله LOS بین گیرنده هواپرد و تشعشع کننده که در مورد هر دو طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریاهای آزاد موجود می‌باشد می‌توانیم به طریق ذیل عمل نمائیم:

ابتدا شعاع زمین را مثلاً ۶۳۷۱ کیلومتر در نظر می‌گیریم.

سپس فرمول‌های زیر را در متلب اجرا می‌نمائیم:

$$\Delta \text{lat} = \text{latR} - \text{latL} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$\Delta \text{lon} = \text{lonR} - \text{lonL} \quad \text{رابطه ۴}$$

برای تبدیل مختصات و خارج کردن از حلقه کره زمین داریم:

$$\text{lat1} = \text{lat} * \frac{2\pi}{360} \quad \text{رابطه ۵}$$

$$\text{lon1} = \text{lon} * \frac{2\pi}{360} \quad \text{رابطه ۶}$$

در ادامه نیز می‌توانیم از فرمول‌های هاورسین استفاده نمائیم:

$$a = \left( \sin \left( \frac{\Delta \text{lat}}{2} \right) \right)^2 + \cos \text{latR} * \cos \text{latL} * \left( \sin \left( \frac{\Delta \text{lon}}{2} \right) \right)^2 \quad \text{رابطه ۷}$$

برای محاسبه فاصله بر حسب کیلومتر بین دو نقطه بدون ارتفاع بر روی کره زمین داریم:

$$c = 2 * \tan^{-1}(\sqrt{a} + \sqrt{1-a}) \quad \text{رابطه ۸}$$

$$d = R * c * 1000 \quad \text{رابطه ۹}$$

حال اختلاف ارتفاع را بدست می‌آوریم و فرمول نهایی را استفاده می‌نمائیم:

$$\text{Distance} = \sqrt{d^2} + \sqrt{\Delta h^2} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

که در آن  $h$  ارتفاع نقاط می‌باشد.

روش ساده‌تر برای بدست آوردن los استفاده از تابع آماده در نرم افزار متلب می‌باشد که بدین صورت می‌باشد:

مثلا فرض کنید بخواهیم فاصله los دو نقطه ای را بدست بیاوریم که ۱۰۰۰ کیلومتر از سطح زمین فاصله داشته باشند و زاویه ارتفاع بین آنها ۹۰ درجه باشد در اینصورت برای محاسبه آن در متلب می توانیم بدین صورت عمل نمائیم:

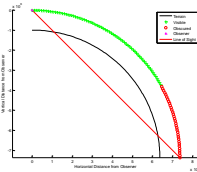
```
lat1 = 0; lon1 = 0; alt1 = 1000*1000;
lat2 = 0; lon2 = 90; alt2 = 1000*1000;
elevang = elevation(lat1,lon1,alt1,lat2,lon2,alt2)
```

elevang = -45

با اجرای دستور elevation,slantrange,azimuthangle به اطلاعاتی مانند دست خواهیم یافت

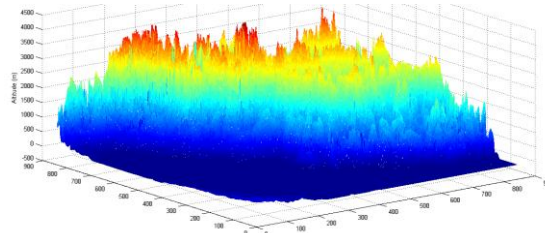
و در ادامه با اجرای زیر خواهیم داشت:

```
Z = zeros(180,360);
refvec = [1 90 -180];
los2(Z,refvec,lat1,lon1,lat2,lon2,alt1,alt1);
```

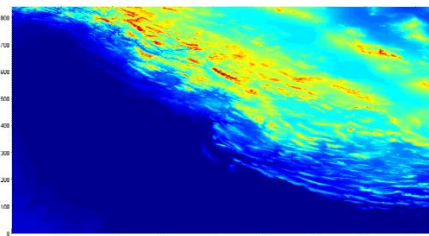


شکل ۴- بدست آوردن فاصله LOS در نرم افزار متلب

حال پس از بدست آوردن فاصله los دو نقطه بر روی کره زمین باید یک سیگنال تست بسازیم که برای این کار می توانیم یک پالس ساده را ایجاد نمائیم و با اعمال تاخیرات و تغییرات دامنه بر روی پالس پاسخ ضربه کانال را بصورت تصویری ببینیم. نمایش تصویری تغییرات سیگنال در مراکز تحلیل سیگنالی که اساس کار بر مبنای هوش انسانی می باشد (که معمولا چنین است) بسیار سودمند خواهد بود. هدف ما تا اینجا بدست آوردن تاخیر توام با تغییرات دامنه بوده است، که تا اینجا مقادیر محاسبه می شود ولی فعلا در اختیار ما نیست و فقط صرفا محاسبه شده است بنابراین ما باید آنرا بصورت جدول تنظیم نمائیم تا بتوانیم آنرا به یک پالس اعمال نمائیم و نتایج را ببینیم. در اینجا ابتدا سعی می کنیم تا نتایج حاصل از شبیه سازی هایی را که تا کنون انجام داده ایم ثبت نمائیم (مثلا بصورت جدولی با اطلاعات تاخیر و ضریب تضعیف دامنه ) و سپس کد پالس بنویسیم و نتایج بدست آمده را بر روی آن اعمال نمائیم تا اثر چندمسیرگی را تست نمائیم. ابتدا یک پالس برای تست می سازیم، سپس دو ماتریس هم بعد دامنه و تاخیر را تشکیل می دهیم، و سپس در حلقه ایجاد شده مقادیری آنها را انجام می - دهیم. و در ادامه مقادیر بدست آمده را در سیگنال تست اثر می دهیم. حال برنامه را اجرا می نمائیم برای مثال حدود نقشه را برای طول و عرض جغرافیایی مورد نیاز قرار می دهیم تا محدوده مطلوب را کامل پوشش دهیم که نتیجه آن برای تحلیل منطقه خلیج فارس می تواند بشکل زیر باشد.



شکل ۵- نقشه ناهمواری های منطقه خلیج فارس

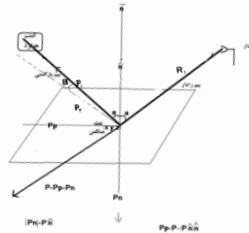


شکل ۶- نقشه دو بعدی ناهمواری های منطقه خلیج فارس

سپس با محاسبات ذکر شده بردارهای تاخیر و تضعیف را بدست می آوریم و در ادامه به محاسبه پاسخ ضربه برای موقعیت جغرافیایی مورد نظر خواهیم پرداخت.

همانطور که قبلا ذکر کرده ایم هدف ما رسیدن به پاسخ ضربه کانال می باشد که بتوانیم عکس آنرا اعمال نمائیم و سیگنال درهم آمیخته با چند مسیری را استخراج نمائیم فعلا با صرف نظر از احتمال تبدیل تابع پاسخ ضربه FIR به IIR سعی می کنیم این روند را ادامه دهیم، برای سادگی و اینکه بتوانیم با یک کامپیوتر معمولی به جواب مطلوب برسیم فقط صفحات مثلث های بالایی یا پائینی را در برنامه فعال می کنیم تا از شدت حجم محاسبات کاسته شود و به نصف برسد. که در این حالت اگر بخواهیم FFT، ۱۰۲۴ نقطه ای بگیریم با توجه به دیتاهای نقشه حجم محاسبات ما به بیش از ۲۵۰ میلیون عملیات خواهد رسید.

برای محاسبه بردار بازتاب در این مقاله می توان از روش ها و تکنیک های متفاوتی بهره برد که در برخی از روش ها بدلیل ایجاد حجم بالای محاسبات با بن-بست های زیادی مواجه شدیم که برای جلوگیری از این نوع پیچیدگی ها می توانیم از روش زیر استفاده نمائیم که بسیار کارا و در عین حال ساده می باشد.



شکل ۷- صفحه راستای بردار بازتاب برای راه حل بهینه

همانطور که در شکل ۷ مشاهده می کنید می توانیم راستای بردار بیم تشعشع کننده را ادامه دهیم و به بردار P که در شکل ۷ نمایش داده ایم برسیم، حال می توانیم بردار P را بر روی راستای بردار نرمال صفحه ناهمواری ها و بردار عمود بر راستای بردار n و یا به عبارتی بهتر در راستای صفحه تصویر نمائیم که به بردار Pp می رسیم. حال برداری است که تصویر بردار بازتاب بر روی صفحه است. برای فهمیدن احتمال برخورد راستای بردار بازتاب با صفحه گیرنده هواپرد در اینجا زاویه theta را تعریف می نمائیم که زاویه بین بردار بازتاب و خط بین میانگین نقاط صفحه و مکان مشخص گیرنده هواپرد خواهد بود و فرض می کنیم در صورتی که theta خیلی کوچک باشد، گیرنده هواپرد ما از لوب اصلی و در صورت باز شدن زاویه و افزایش theta تا حدی (که با توجه به پترن آنتن گیرنده هواپرد قابل محاسبه است) می گوئیم که گیرنده هواپرد ما از لوب فرعی دریافت داشته است و در غیر اینصورت دریافت نداشته ایم.

$$P = P_p + P_n \quad \text{رابطه ۱۱}$$

$$|P_n| = P \cdot \hat{n} \quad \text{رابطه ۱۲}$$

که در آن  $\hat{n}$  نرمالیزه بردار نرمال صفحه خواهد بود که اگر بردار صفحه دارای المانهای (a b c) باشد، از رابطه زیر بدست می آید:

$$\hat{n} = \frac{n}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}} \quad \text{رابطه ۱۳}$$

بردار تصویر صفحه نیز از رابطه زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$P_p = P - (P \cdot \hat{n})\hat{n} \quad \text{رابطه ۱۴}$$

حال با توجه به روابط بالا راستای بردار بازتاب را می توانیم محاسبه نمائیم:

$$P_1 = P_p - P_n \quad \text{رابطه ۱۵}$$

theta نیز از روابط زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$\cos \theta = \frac{P_1 \cdot P_2}{|P_1||P_2|} \quad \text{رابطه ۱۶}$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{P_1 \cdot P_2}{|P_1||P_2|} \quad \text{رابطه ۱۷}$$

که در رابطه بالا P2 راستای خط معلوم بین مجموعه نقاط مشخص گیرنده هواپرد که توسط GPS، INS و یا سایر ابزارهای اندازه گیری بدست می آید و نقطه میانگین صفحه ناهمواری ها خواهد بود که با توجه به مشخص بودن دو نقطه راستای آنرا با استفاده از معادله خط گذرنده از دو نقطه محاسبه می نمائیم. تا اینجا توانستیم روابطی را بدست آوریم که نشان دهد با توجه به مکان تشعشع کننده و ناهمواری های موجود امکان دریافت بیم بازگشتی تشعشع کننده توسط گیرنده هواپرد وجود دارد یا خیر؟

در صورت مثبت بودن جواب سوال بالا باید سایر پارامترهای مربوط به چندمسیرگی یعنی مقدار توان دریافتی و همچنین تاخیر در دریافت را محاسبه نمائیم که توسط روابط زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$\text{delay} = \frac{R_1 + R_2}{C} \quad \text{رابطه ۱۸}$$

که در آن  $R_1$  فاصله بین نقطه معلوم تشعشع کننده و نقطه میانگین صفحه یعنی فاصله بین تشعشع کننده و صفحه ناهمواری مورد نظر،  $R_2$  نیز فاصله بین صفحه ناهمواری و گیرنده هوابرد که باز هم با توجه به مشخص بودن دو نقطه قابل محاسبه خواهد بود،  $C$  نیز سرعت نور می باشد. برای محاسبه توان رسیده به گیرنده هوابرد نیز می توان رابطه زیر را بکار برد:

$$P_r = \frac{P_0}{4\pi R_1^2 \times 4\pi R_2^2} \quad \text{رابطه ۱۹}$$

که در رابطه بالا  $P_0$  توان فرستنده تشعشع کننده،  $R_1$  و  $R_2$  به ترتیب فاصله تشعشع کننده با صفحه ناهمواری و صفحه ناهمواری با گیرنده هوابرد می باشد. که برای اعمال آنها در سیگنال تشعشع کننده باید تاخیر را بصورت شیفت زمانی و ضریب تضعیف دامنه را در اندازه دامنه ای که بصورت LOS از طرف تشعشع کننده به گیرنده هوابرد می رسد ضرب نمائیم. و سپس تاخیر و دامنه بدست آمده را بصورت همزمان با سیگنال اصلی که از طریق LOS محاسبه شده جمع نمائیم و به تخمین از تغییرات سیگنال رسیده شده به گیرنده هوابرد با توجه به موقعیت تشعشع کننده و عوارض زمین برسیم.

## نتایج و بحث:

در این مقاله به کمک شبیه سازی به بررسی کارایی روش جدید بیان شده خواهیم پرداختیم. همانطور که مشاهده خواهید نمود با این روش جدید مطرح شده می توانیم به تخمین قابل قبولی از سیگنال دریافتی که تحت تاثیر اثر چندمسیرگی قرار گرفته اند برسیم و اقدام مناسبی برای رفع این نقیصه مانند تنظیم ارتفاع پروازی، استفاده از پرده مناسب، اصلاح مسیر پروازی و یا ضرب سیگنال دریافتی در تابع پاسخ ضربه مقتضی اقدام نمائیم. که باعث بهتر شدن وضعیت ما در شناسایی سیگنال اصلی می شود و یک پله نسبت به تخمین کور ارتقاء می یابیم.

در اینجا به ارائه مثالی که اتفاق افتاده است می پردازیم که نتایج آن با این شبیه سازی بیش از ۹۰ درصد تطبیق داشته است. در این گزارش چگونگی تغییرات سیگنال دریافتی توسط پرده ای که بر فراز خلیج فارس در حال حرکت می باشد از شناسایی که حامل فرستنده است شبیه سازی می شود. این شبیه سازی در حالت عادی انجام می شود و اثراتی مانند داکت در آن لحاظ نخواهد شد.

در این شبیه سازی زاویه ای که راستای خط بیم اصلی آنتن با زمین خواهد داشت لحاظ شده است.

مکان تقریبی فرستنده دریای پایه و گیرنده هواپایه را نیز بدین ترتیب در نظر گرفته ایم:

فرستنده: ۵۵.۶۳۳۶۶ و ۲۶.۹۴۵۹۹ (منطقه ترمه خوران اطراف خور مسهه)

گیرنده: ۵۵.۲۲۷۴۳ و ۲۶.۲۵۳۶۶ (منطقه ای بین تنب کوچک و تنب بزرگ)

فاصله و موقعیت دو نقطه در شکل زیر نمایش داده شده است. فاصله دو نقطه حدوداً ۸۷ کیلومتر می باشد.

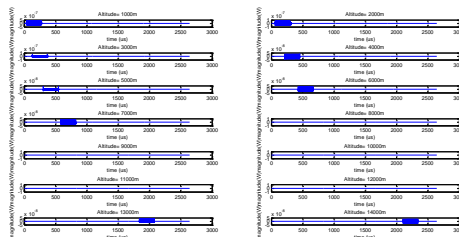


شکل ۸: موقعیت دو نقطه

این تست ها را در چند فرکانس که بتوان رفتار سیگنال در باندهای ۸ تا ۱۸ گیگا را درک نمود انجام داده ایم.

ابتدا در فرکانس ۸ گیگا برای ارتفاعات ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰۰ متر در دو نقطه بالا که یکی نزدیک جزیره قشم و دیگری بین دو تنب می باشد بررسی

را انجام می دهیم و سپس فرکانسهای بالاتر را نیز مورد تحلیل قرار می دهیم.

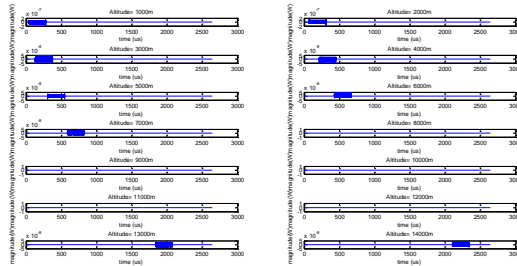


شکل ۹: فرکانس ۸ گیگا هرتز

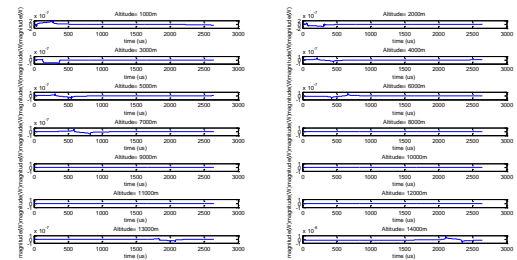
همانطور که مشاهده می شود در فرکانس ۸ گیگا با توجه به جانمایی انجام شده اثراتی مانند چند مسیریگی در ارتفاعاتی مانند ۸ تا ۱۲ هزار متر مشاهده نمی شود یعنی هیچ سیگنالی دریافت نشده است که در عمل نیز این گونه بوده است، در اینجا زاویه تابش به علت در نظر گرفتن آنتن بصورت ایزوتروپیک بسیار باز در نظر گرفته شده است، ویژگی های زمین با لود کردن نقشه منطقه و فرکانس نیز مد نظر قرار گرفته است، قطبش نیز دایروی یعنی در بدترین وضعیت فرض شده است، در صورتی که سیستم ما دارای پترن آنتن خاص (آنتن گین دار) و پلاریزاسیون خاص باشد وضعیت بسیار بهتر خواهد بود. در شکل بالا ارتفاع آنتن در شناور ۲ متر فرض شده است که در صورت افزایش ارتفاع آنتن باز هم وضعیت بهتر خواهد بود. حال همان شرایط بالا را برای فرکانسهای دیگر تا ۱۸ گیگا تست می کنیم.

به علت زمان تحلیل زیاد در این مساله (حدود ۵ ساعت برای هر فرکانس) از چند فرکانس به عنوان نمونه استفاده نموده ایم. تا به رفتار کل طیف

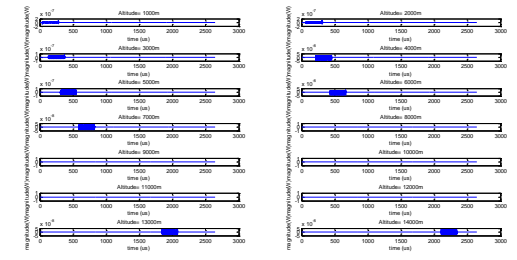
پی ببریم.



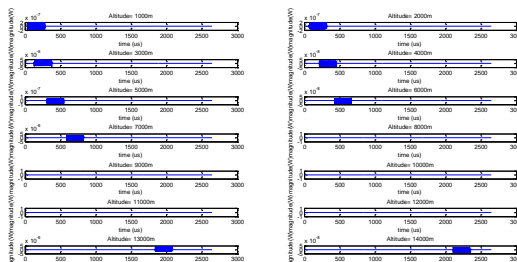
شکل ۱۰: فرکانس ۱۰ گیگا هرتز



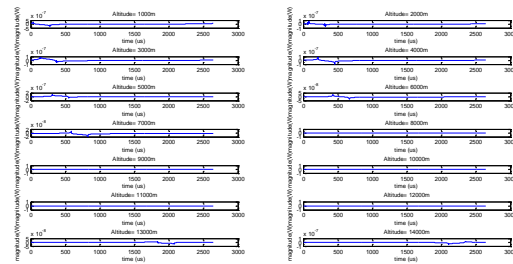
شکل ۱۱: فرکانس ۱۲ گیگا هرتز



شکل ۱۲: فرکانس ۱۴ گیگا هرتز



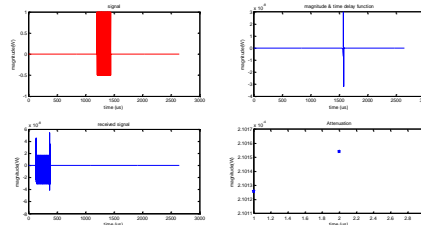
شکل ۱۳: فرکانس ۱۶ گیگا هرتز



شکل ۱۴: فرکانس ۱۸ گیگا هرتز

لازم به ذکر است سرعت شناور و پرنده در این مثال نیز تحت زاویه دید ۲ درجه در نظر گرفته شده است یعنی هر چه فاصله بیشتر اثر سرعت کمتر خواهد بود. در مساله مطرح شده در بالا ممکن است در برخی از نقاط با وجود اینکه آنتن فرستنده و گیرنده در LOS یکدیگر هستند باز هم نتوانند یکدیگر را ببینند و به اصطلاح زمان‌های کور ایجاد شود که بر اساس تئوری چندمسیرگی که ممکن است چند مسیرگی با اثر سازنده یا مخرب داشته باشیم قابل محاسبه و توجیه می‌باشد، برای مثال بالا این قضیه محاسبه شده است که نتایج آن در ذیل آمده است.

در برخی از ارتفاعات هیچ سیگنالی قابل دریافت نیست. یعنی نه سیگنال داریم و نه چند مسیرگی و جالب این است که به فرکانس هم وابسته نیست. به عنوان مثال در ارتفاع ۳۰۰۰ متری و فرکانس ۸ گیگا هرتزی به نتایج ذیل رسیده ایم:



شکل ۱۵: شکل سیگنال ارسالی، دریافتی و توابع مربوط به آنها در فرکانس ۸ گیگا و ارتفاع ۳۰۰۰ متر

در شکل بالا پالس قرمز سیگنال ارسالی و پالس آبی سیگنال دریافتی می‌باشد که کاملاً با نمونه عملی آن تطبیق دارد.

### منابع مورد استفاده:

- [1] THALES Air Systems S.A., "A GAUSSIAN BEAM SHOOTING ALGORITHM FOR RADAR PROPAGATION SIMULATIONS"
- [2] G. Daniel Dockery, Ra'id S. Awadallah, David E. Freund, Jonathan Z. Gehman, Michael H. Newkirk "An Overview of Recent Advances for the TEMPER Radar Propagation Model"
- [3] Sofia Giompapal, Alfonso Farina, Fulvio Ginil, Antonio Graziano, and Riccardo Di Stefano "Computer Simulation of an Integrated Multi-Sensor System for Maritime Border Control"
- [4] STEFANO FORTUNATI, Member, IEEE, FULVIO GINI, Fellow, IEEE, MARIA S. GRECO, Fellow, IEEE, University of Pisa "Correction of Refracted Propagation Effects for Airborne Radar Tracking"
- [5] John G. Proakis, "Digital Communications", Third Edition, Mac Graw Hill International Editions, 1995.
- [6] David E. Freund, Nancy E. Woods, Hwar-Ching Ku, and Ra'id S. Awadallah, Member, IEEE "Forward Radar Propagation Over a Rough Sea Surface: A Numerical Assessment of the Miller-Brown Approximation Using Horizontally Polarized 3-GHz Line Source"
- [7] Chris Coleman and Heath Yardley Electrical and Electronic Engineering School The University of Adelaide Adelaide, Australia "GRADAR: A Radar Propagation Modelling Tool for Frequencies from VHF to Microwave"
- [8] Frank Schubert and Bernhard Krach "Simulation of High-Realistic Multipath Environments: Developments and Applications"
- [9] Jan Peter Weiss "Modeling and Characterization of Multipath in Global Navigation Satellite System Ranging Signals"
- [10] Richard G. Wiley, "ELINT the intercept and analysis of radar signals", ARTECH House, 2006
- [11] Google earth & Matlab & GPSBabel Software