اولین همایش ملی پیشرفت های تکنولوژی در مهندسی برق، الکترونیک و کامپیوتر

First National Conference of Technology Developments on Electronical, Electronics and Computer Engineering

. . . W W W . T D E C O N F . I R . . .

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

دربسیاری 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 مسیرگی 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 مسیرگی، 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 کاملا 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.

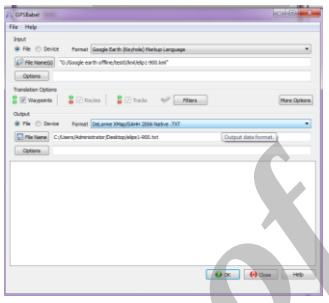
ابتدا نرم افزار گوگل ارث را روی یک سیستم متصل به اینترنت نصب می کنیم. سپس روی گزینه ی آپشنز در نوار تولز کلیک کرده و در تب کَش اندازه ی میزان حافظه ی اختصاصی را بالا می بریم تا مشکلی در ذخیره سازی نداشته باشیم. حال اگر به اینترنت متصل باشیم می توانیم روی منطقه‌ی مورد نظر خود زوم می کنیم و با عقب و جلو بردن و جارو کردن منطقه اجازه می دهیم نقشه های محلی و تصاویر ذخیره شوند. این اطلاعات در پوشه ی appdata در یوزر 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 می بندیم و در آدرسی که ذکر کردیم کل پوشه ی google را در یک حافظه‌ی جانبی کپی می کنیم. 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 می دانستیم و سناریوی تست را با فاصله‌ی طولی و عرضی دلخواه از آن بصورت مسیری بیضوی یا خطی با ابعاد مشخص ایجاد می کنیم. 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 می کنیم. و به فواصل مورد نظر (مثلا ۲۰۰ متر ی) نقطه گذاری می کنیم. و در آخر که شکل مورد نظر کشیده و نقطه گذاری شد ان را ذخیره کرده و در نوار ابزار places آن را پیدا می کنیم و با راست کلیک بر روی آن گزینه ی save places as را انتخاب و بصورت (*.kml) ذخیره می کنیم. که * اسمی است که خودمان می دهیم.

Archive of SID

www.SID.ir

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 وعرض 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 می‌باشد که در اینجا به برخی از آنان بصورت خلاصه اشاره می‌نمایم:

۱- بطور تجربی دریافتیم که فایل‌های 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.

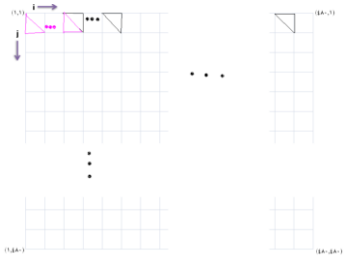
۲- حدود نقشه و رزولوشن باید بدقت مشخص شود.

۳- اطلاعاتی که در فایل نقشه موجود است و در شکل بالا نمایش داده شده است بدین صورت می‌باشد که ابتدا طول و عرض جغرافیایی تعیین شده و سپس به هر طول و عرضی ارتفاع نسبت داده می‌شود. که در استفاده‌های بعدی باید این گونه اطلاعات را مد نظر قرار دهیم.

همانطور که اشاره کرده‌ایم حد وحدود و رزولوشن باید دقیق مشخص شود که با استفاده از این حدود و رزولوشن متلب سطر و ستون‌هایی را تشکیل داده و دیتاهای نقشه را در آن جایگذاری می‌نماید که در اینجا با توجه به نقشه و کد نوشته شده به دیتاهای زیر دست می‌یابیم که از workspace متلب قابل برداشت است:

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

که در این مثال LAT, LON, Z, ماتریس‌هایی با ۴۸۰*۴۸۰ سطر و ستون می‌باشد. که در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۳- تشریح خروجی نرم‌افزار متلب

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود کوچکترین واحدی را که ما می‌توانیم برای صفحه ناهمواری‌های زمین در نظر بگیریم، صفحه ای با حداقل نقاط می-باشد که ما در اینجا ساده‌ترین شکل صفحه بلحاظ هندسی یعنی مثلث در نظر گرفته‌ایم.

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

Archive of SID
www.SID.ir

LAT(1,1)=36 LON(1,1)=51 Z(1,1)= 2393
LAT(2,1)=36.0083 LON(2,1)=51 Z(2,1)= 2747
LAT(2,2)=36.0083 LON(2,2)=51.0083 Z(2,2)= 2747

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 مسیرهای چندمسیرگی را محاسبه نمائیم.

یکبار محاسبات را برای مثلث های پایینی و بار دیگر محاسبات را برای مثلث‌های بالایی انجام می‌دهیم.

برای محاسبه مثلث‌های پایینی از رابطه زیر:

رابطه ۱ (i و j) (i+1و j) و (i+1و j+1)

و برای محاسبه مثلث‌های بالایی از روابط ذیل استفاده می‌نمائیم:

رابطه ۲ (i و j) (i و j+1) و (i+1و j+1)

اصلی ترین اطلاعاتی که ما در اینجا بدست می‌آوریم شامل زاویه θ (زاویه بین بردار بازتاب و خط بین میانگین نقاط صفحه و مکان مشخص گیرنده هوابرد)، فاصله‌ای که پرتو برای رسیدن به گیرنده هوابرد 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 هوابرد 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 هوابرد قابل قبول خواهد بود که این موضوع را با گذاشتن محدودیت برای زاویه θ (که در ادامه آنرا معرفی خواهیم نمود) می‌توان تا حد زیادی پوشش داد.

مثلا در اینجا $\theta = 2°$ در نظر می‌گیریم و محاسبات را ادامه می‌دهیم.

حال در اینجا با یه سری تاخیر و تضعیف دامنه مواجهیم که برای مفهوم پیدا کردن اینها باید در سیگنال LOS ضرب نمائیم.

برای محاسبه فاصله LOS بین گیرنده هوابرد و تشعشع کننده که در مورد هر دو طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریاهای آزاد موجود می‌باشد می توانیم به طریق ذیل عمل نمائیم:

ابتدا شعاع زمین را مثلا ۶۳۷۱ کیلومتر در نظر می‌گیریم.

سپس فرمول‌های زیر را در متلب اجرا می‌نمائیم:

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

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

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

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

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

در ادامه نیز می‌توانیم از فرمول‌های هاورسین استفاده نمائیم:

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

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

رابطه ۸ $$\boldsymbol{c} = \mathbf{2} * \mathbf{tan}^{-\mathbf{1}}\left(\sqrt{\boldsymbol{a}} + \sqrt{\mathbf{1} - \boldsymbol{a}}\right)$$

رابطه ۹ $$d = R \times c \times 1000$$

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

رابطه ۱۰ $$\boldsymbol{Ditance} = \sqrt{\boldsymbol{d^2}} + \sqrt{\boldsymbol{\Delta h^2}}$$

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:

Archive of SID

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

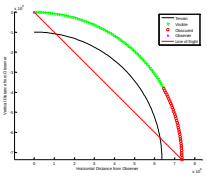
```
lat1 = 0; lon1 = 0; alt1 = 1000*1000;
lat2 = 0; lon2 = 90; alt2 = 1000*1000;
elevang = elevation(lat1,lon1,alt1,lat2,lon2,alt2)

elevang =   -45
```

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

و در ادامه با اجرای کدهای زیر خواهیم داشت:

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

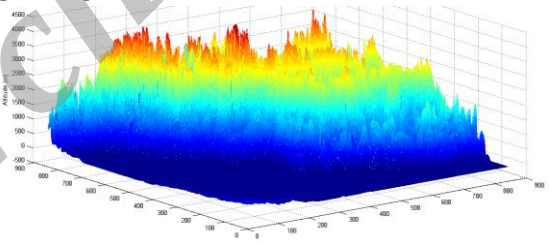


شکل ۴- بدست آوردن فاصله LOS در نرم افزار متلب

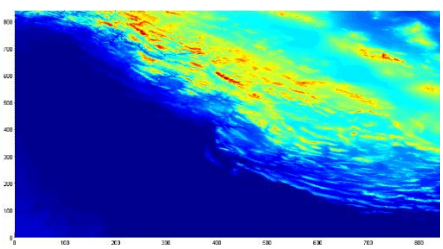
حال پس از بدست آوردن فاصله los دو نقطه بر روی کره زمین باید یک سیگنال تست بسازیم که برای این کار می‌توانیم یک پالس ساده را ایجاد نمائیم و با اعمال تاخیرات و تغییرات دامنه بر روی پالس پاسخ ضربه کانال را بصورت تصویری ببینیم. نمایش تصویری تغییرات سیگنال در مراکز تحلیل سیگنالی که اساس کار بر مبنای هوش انسانی می‌باشد (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 می‌شود 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 می‌کنیم تا نتایج حاصل از شبیه سازی‌هایی را که تا کنون انجام داده‌ایم 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 می‌سازیم، سپس دو ماتریس هم بعد دامنه و تاخیر را تشکیل می‌دهیم، و سپس در حلقه ایجاد شده مقداردهی آنها را انجام می‌دهیم. و در ادامه مقادیر بدست آمده را در سیگنال تست اثر می‌دهیم. حال برنامه را اجرا می‌نمائیم برای مثال حدود نقشه را برای طول و عرض جغرافیایی مورد نیاز قرار می‌دهیم تا محدوده مطلوب را کامل پوشش دهیم که نتیجه آن برای تحلیل منطقه خلیج فارس می‌تواند بشکل زیر باشد.



شکل ۵- نقشه ناهمواری‌های منطقه خلیج فارس



شکل ۶- نقشه دو بعدی ناهمواری‌های منطقه خلیج فارس

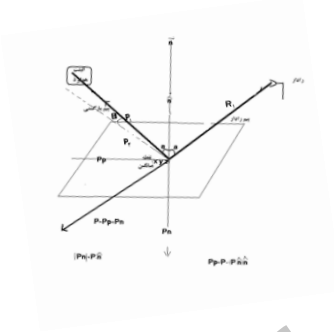
سپس با محاسبات ذکر شده بردارهای تاخیر و تضعیف را بدست می‌آوریم و در ادامه به محاسبه پاسخ ضربه برای موقعیت جغرافیایی مورد نظر خواهیم پرداخت.

Archive of SID

www.SID.ir

همانطور که قبلا ذکر کرده‌ایم هدف ما رسیدن به پاسخ ضربه کانال می‌باشد که بتوانیم عکس آنرا اعمال نمائیم و سیگنال درهم آمیخته با چند مسیرگی را استخراج نمائیم فعلا با صرفنظر از احتمال تبدیل تابع پاسخ ضربه FIR به IIR سعی می‌کنیم 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 می‌کنیم 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 می‌توان از روش‌ها و تکنیک‌های متفاوتی بهره برد که در برخی از روش‌ها بدلیل ایجاد حجم بالای محاسبات با بن-بست‌های زیادی موجه شدیم که برای جلوگیری از این نوع پیچیدگی‌ها می توانیم از روش زیر استفاده نمائیم که بسیار کارا و در عین حال ساده می‌باشد.



شکل ۷- صفحه راستای بردار بازتاب برای راه حل بهینه

همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌کنید می‌توانیم راستای بردار بیم تشعشع کننده را ادامه دهیم و به بردار P که در شکل ۷ نمایش داده‌ایم برسیم، حال می‌توانیم بردار P را بر روی راستای بردار نرمال صفحه ناهمواری‌ها و بردار عمود بر راستای بردار n و یا به عبارتی بهتر در راستای صفحه تصویر نمائیم که به بردار P_p می‌رسیم. حال P_p برداری است که تصویر بردار بازتاب بر روی صفحه است. برای فهمیدن احتمال برخورد راستای بردار بازتاب با صفحه گیرنده هوابرد در اینجا زاویه θ را تعریف می‌نمائیم که زاویه بین بردار بازتاب و خط بین میانگین نقاط صفحه و مکان مشخص گیرنده هوابرد خواهد بود و فرض می-کنیم در صورتی‌که θ خیلی کوچک باشد، گیرنده هوابرد ما از لوب اصلی و در صورت باز شدن زاویه و افزایش θ تا حدی(که با توجه به پترن آنتن گیرنده هوابرد قابل محاسبه است) می‌گوئیم که گیرنده هوابرد ما از لوب فرعی دریافت داشته است و در غیر اینصورت دریافت نداشته‌ایم.

رابطه۱۱
$$\mathbf{P} = \mathbf{P_p} + \mathbf{P_n}$$

رابطه۱۲
$$|\mathbf{P_n}| = \mathbf{P}.\hat{\mathbf{n}}$$

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 می‌آید:

رابطه۱۳
$$.\hat{\boldsymbol{n}} = \frac{\boldsymbol{n}}{\sqrt{\boldsymbol{a^2+b^2+c^2}}}$$

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

رابطه۱۴
$$\mathbf{P_p} = \mathbf{P} - (\mathbf{P}.\hat{\mathbf{n}})\hat{\mathbf{n}}$$

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

رابطه۱۵
$$\mathbf{P_1} = \mathbf{P_p} - \mathbf{P_n}$$

θ نیز از روابط زیر قابل محاسبه خواهد بود:

رابطه۱۶
$$\cos\boldsymbol{\theta} = \frac{\mathbf{P_1}.\mathbf{P_2}}{|\mathbf{P_1}||\mathbf{P_2}|}$$

رابطه۱۷
$$\boldsymbol{\theta} = \cos^{-1}\frac{\mathbf{P_1}.\mathbf{P_2}}{|\mathbf{P_1}||\mathbf{P_2}|}$$

که در رابطه بالا P_2 راستای خط معلوم بین مجموعه نقاط مشخص گیرنده هوابرد که توسط GPS ، INS و یا سایر ابزارهای اندازه‌گیری بدست می‌آید و نقطه میانگین صفحه ناهمواری‌ها خواهد بود که با توجه به مشخص بودن دو نقطه راستای آنرا با استفاده از معادله خط گذرنده از دو نقطه محاسبه می‌نمائیم. تا اینجا توانستیم روابطی را بدست آوریم که نشان دهد با توجه به مکان تشعشع کننده و ناهمواری‌های موجود امکان دریافت بیم بازگشتی تشعشع کننده توسط گیرنده هوابرد وجود دارد یا خیر؟

Archive of SID

www.SID.ir

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:

رابطه۱۸
$$delay = \frac{R_1 + R_2}{C}$$

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 می‌باشد.

برای محاسبه توان رسیده به گیرنده هوابرد نیز می‌توان رابطه زیر را بکار برد:

رابطه۱۹
$$P_r = \frac{P_0}{4\pi R_1^2 \times 4\pi R_2^2}$$

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 می‌باشد.

که برای اعمال آنها در سیگنال تشعشع کننده باید تاخیر را بصورت شیفت زمانی و ضریب تضعیف دامنه را در اندازه دامنه‌ای که بصورت LOS از طرف تشعشع کننده به گیرنده هوابرد می‌رسد ضرب نمائیم. وسپس تاخیر و دامنه بدست آمده را بصورت همزمان با سیگنال اصلی که از طریق LOS محاسبه شده جمع نمائیم و به تخمینی 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 شبیه‌سازی به بررسی کارآیی روش جدید بیان شده خواهیم پرداختیم. همانطور که مشاهده خواهید نمود با این روش جدید مطرح شده می‌توانیم 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 پرنده 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 می‌شود و یک پله نسبت به تخمین کور ارتقاء می‌یابیم.

در اینجا به ارائه مثالی که اتفاق افتاده است می‌پردازیم که نتایج آن با این شبیه سازی بیش از ۹۰ درصد تطبیق داشته است.

در این گزارش چگونگی تغییرات سیگنال دریافتی توسط پرنده ای که بر فراز خلیج فارس در حال حرکت می‌باشد از شناوری که حامل فرستنده است شبیه سازی می‌شود. این شبیه سازی در حالت عادی انجام می‌شود 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 دریاپایه و گیرنده هواپایه را نیز بدین ترتیب در نظر گرفته‌ایم:

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

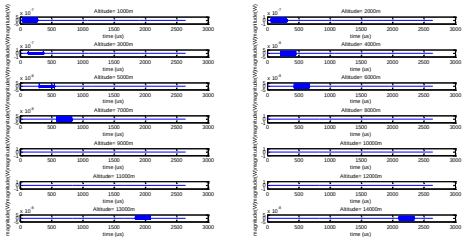
گیرنده: ۵۵.۲۲۷۴۳ و ۲۶.۲۵۳۶۶ (منطقه ای بین تنب کوچک و تنب بزرگ)

فاصله و موقعیت دو نقطه در شکل زیر نمایش داده شده است. فاصله دو نقطه حدودا ۸۷ کیلومتر می‌باشد.

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 داده‌ایم.

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 می‌باشد بررسی را انجام می‌دهیم و سپس فرکانسهای بالاتر را نیز مورد تحلیل قرار می‌دهیم.



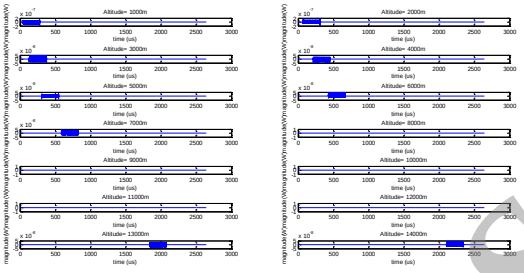
شکل ۹: فرکانس ۸ گیگا هرتز

Archive of SID
www.SID.ir

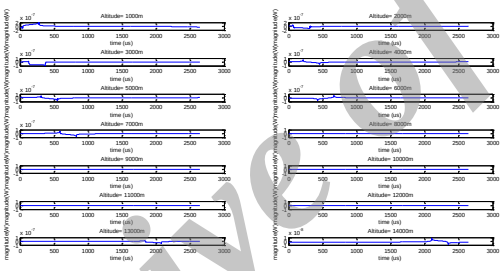
همانطور که مشاهده می‌شود در فرکانس ۸ گیگا با توجه به جانمایی انجام شده اثراتی مانند چند مسیرگی در ارتفاعاتی مانند ۸ تا ۱۲ هزار متر مشاهده نمی‌شود یعنی هیچ سیگنالی دریافت نشده است که در عمل نیز این گونه بوده است، در اینجا زاویه تابش به علت در نظر گرفتن آنتن بصورت ایزوتروپیک بسیار باز در نظر گرفته شده است، ویژگی‌های 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 می‌کنیم.

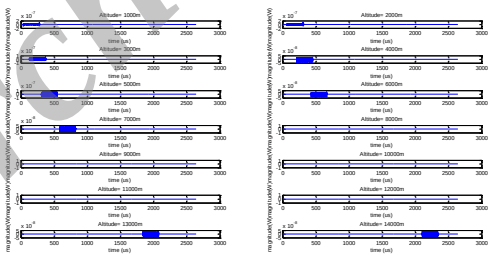
به علت زمان تحلیل زیاد در این مساله (حدود ۵ ساعت برای هر فرکانس) از چند فرکانس به عنوان نمونه استفاده نموده‌ایم. تا به رفتار کل طیف پی ببریم.



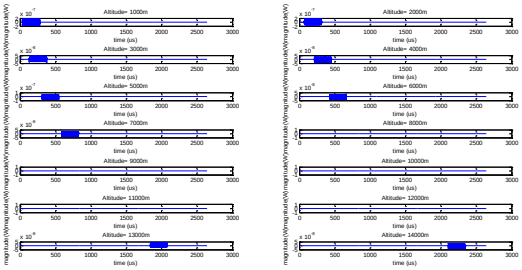
شکل ۱۰: فرکانس ۱۰ گیگا هرتز



شکل ۱۱: فرکانس ۱۲ گیگا هرتز



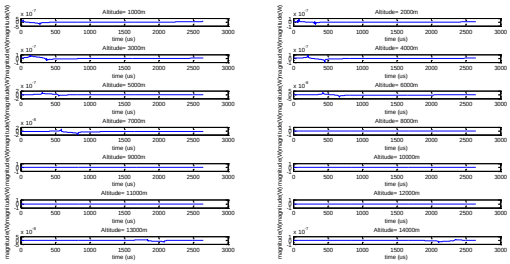
شکل ۱۲: فرکانس ۱۴ گیگا هرتز



شکل ۱۳: فرکانس ۱۶ گیگا هرتز

Archive of SID

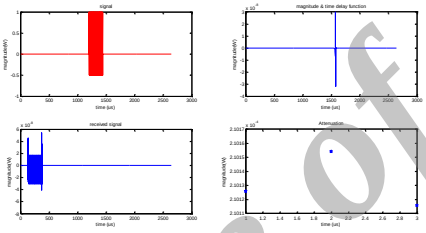
www.SID.ir



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 اصطاح 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 کاملا 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 SeaSurface: 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

Archive of SID

www.SID.ir