



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فیزیک دریا

تعیین مشخصه‌های لایه مرزی در منطقه خلیج فارس و اثرات آن بر انتشار

امواج الکترومغناطیسی

استاد راهنما:

دکتر اسماعیل حسن‌زاده

پژوهشگر:

محسن صفی‌خانی

آبان ماه ۱۳۹۱

کلیه حقوق مادی مرتبط بر نتایج مطالعات، ابتکارات
و نوآوری های ناشی از پژوهش موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه اصفهان است.

برخود لازم می‌دانم از زحمات پدر و مادرم، پشتیبانان بی‌قید و شرط و همیشگی‌ام، خورشیدهایی که هرگاه دنیا برایم به تاریکی می‌گرایید روشنای راهم بودند و تنها ماوای امن من، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین از استادان گرانقدر جناب آقای دکتر حسن‌زاده و سرکار خانم دکتر حسینی که با دلگرمی‌ها و تشویق‌هایشان همواره راهنما و چراغ راه من بوده‌اند، نهایت تقدیر و تشکر را دارم. از آقایان قاسمی و احمدی که در انجام این تحقیق به بنده لطف بسیار نمودند سپاسگزارم. از تمام هم‌دوره‌ای‌ها و دوستانم از جمله آقایان رئیسی، رهی و خوشبخت که در این مدت روزهای خوبی را با آنان سپری کردم کمال قدردانی را دارم و برای آن‌ها آرزوی خوشبختی و موفقیت می‌کنم.

تقدیم بہ

پدر و مادر بزرگوارم

بہ پاس زحمات بی دریغ ایشان

چکیده:

اثر متقابلی بین هوا و دریا بر فراز اقیانوس وجود دارد. این برهم‌کنش، شکست جو یا شکست اصلاح شده جو را تحت تاثیر قرار می‌دهد و انواع زیادی از نمایه‌های شکست اصلاح شده به وجود می‌آورد. یک نوع از این نمایه‌های شکست اصلاح شده کانال تبخیر است. ارتفاع و عمق کانال عوامل کنترل کننده انتشار رادار هستند و باید به منظور ارزیابی برد انتشار به دقت تعیین شوند. ارتفاع کانال به کمیت‌های جوی از قبیل دما، رطوبت و فشار وابسته است. اندازه‌گیری مستقیم کانال تبخیر از روی سکوها‌های دریایی امکان‌پذیر نیست زیرا نیازمند اندازه‌گیری دقیق دما، رطوبت و فشار در فواصل نزدیک به هم بالای اقیانوس است. با توجه به مشکلات اندازه‌گیری مستقیم کانال تبخیر در چندین دهه اخیر، مدل‌های حجمی برای تخمین شرایط شکست به کار می‌روند. در مدل‌های حجمی لایه سطحی به مقادیر سرعت باد، دما، رطوبت و فشار در ارتفاع مشخصی در بالای سطح، در داخل لایه مرزی و مقدار دمای سطح آب نیاز است. نمایه شکست در نزدیک سطح از مدل‌های حجمی با به کار بردن رابطه مومین ابوخوف تخمین زده می‌شود.

در این تحقیق چهار نوع از مدل ارتفاع کانال بر اساس روش معرفی شدند و ارتفاع کانال تبخیر در منطقه خلیج فارس در ماه‌های سپتامبر و اکتبر سال ۲۰۰۹ میلادی تعیین و در شرایط پایداری مختلف بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که ارتفاع کانال تبخیر در شرایط پایدار نسبت به حالت ناپایدار، بلندتر است. همچنین میانگین ارتفاع کانال در این دو ماه به ترتیب حدود ۴۰ و ۲۷ متر به دست آمد که تطابق خوبی با تحقیقات انجام شده دارد.

کلمات کلیدی: خلیج فارس، شکست‌پذیری امواج الکترومغناطیسی، لایه‌ی مرزی جو، کانال تبخیر

فهرست

صفحه	عنوان
	فصل اول: انتشار امواج الکترومغناطیسی بر فراز دریا
۱-۱	مقدمه..... ۱
۲-۱	پدیده‌های انتشار امواج الکترومغناطیسی..... ۲
۱-۲-۱	تضعیف امواج رادیویی..... ۲
۱-۱-۲-۱	افت فضای آزاد..... ۲
۲-۱-۲-۱	افت ناشی از بارندگی..... ۳
۲-۲-۱	بازتاب امواج رادیویی..... ۳
۱-۲-۲-۱	مسیرهای چندگانه..... ۳
۳-۲-۱	پراش امواج..... ۴
۳-۱	تاریخچه..... ۵
۴-۱	اهمیت تعیین ارتفاع کانال..... ۵
۵-۱	مروری بر مطالعات پیشین..... ۶
	فصل دوم: شکست و شرایط تشکیل کانال تبخیر
۱-۲	مقدمه..... ۹
۲-۲	لایه مرزی جو..... ۹
۳-۲	شکست..... ۱۴
۴-۲	مدل انتشار استاندارد..... ۱۷
۵-۲	شکست پذیری اصلاح شده..... ۲۰
۶-۲	انواع شکست..... ۲۱
۱-۶-۲	شکست استاندارد..... ۲۳
۱-۱-۶-۲	شکست بهنجار..... ۲۳
۲-۱-۶-۲	زیرشکستی..... ۲۵

۲-۶-۳ بالاشکستی	۲۶
۲-۶-۲ مکانیسم انتشار غیر استاندارد	۲۷
۲-۷ انواع کانال	۲۸
۲-۷-۱ کانال مرتفع	۲۹
۲-۷-۲ کانال سطحی	۳۰
۲-۸ کانال تبخیر	۳۱
۲-۹ اثرات کانال تبخیر بر انتشار امواج رادیویی	۳۴
۲-۹-۱ اتلاف انتشار	۳۴
۲-۹-۲ برد آشکار سازی رادار	۳۵
۲-۹-۳ تاثیر کانال تبخیر بر کلاتر دریا	۳۸
۲-۱۰ روش های تعیین ارتفاع کانال تبخیر	۴۰
۲-۱۰-۱ روش اندازه گیری مستقیم	۴۰
۲-۱۰-۲ روش های حجمی	۴۱
۲-۱۰-۳ روش RFC	۴۱
۲-۱۱ نظریه های همانندی لایه سطحی	۴۳
۲-۱۱-۱ اصول تشابهی	۴۳
۲-۱۱-۲ شارهای تلاطمی	۴۴
۲-۱۲ نظریه همانندی مونین-ابوخوف	۴۶
۲-۱۲-۱ پارامتر پایداری و طول ابوخوف	۴۸

فصل سوم: مدل های حجمی تعیین ارتفاع کانال تبخیر

۳-۱ مقدمه	۵۱
۳-۲ شرح مدل ها	۵۱
۳-۳ مدل BYC	۵۵

صفحه عنوان

۱-۳-۳ تعیین پارامترهای مونین ابخوف ۵۷

۲-۳-۳ حلقه تکرار برای پارامترهای مونین ابخوف ۶۱

۲-۳-۳ تعیین ارتفاع کانال تبخیر ۶۵

۴-۳ مدل NPS ۶۵

۱-۴-۳ تجزیه تحلیل مدل NPS ۶۷

۵-۳ مدل NWA ۷۰

۶-۳ مدل NRL ۷۰

۷-۳ مقایسه مدلها ۷۱

۱-۷-۳ نتایج مقایسه ۷۳

فصل چهارم: نتایج کار

۱-۴ مقدمه ۷۵

۲-۴ بررسی منطقه ۷۵

۳-۴ بررسی داده‌ها ۷۶

۴-۴ صحت سنجی مدل ۷۹

۵-۴ محاسبه پارامتر پایداری و پارامترهای مقیاسی مونین ابخوف ۸۱

۶-۴ محاسبه نمایه قائم شکست‌پذیری اصلاح شده ۸۳

۷-۴ مقایسه مدل‌ها ۹۲

۸-۴ مقایسه با نتایج دیگر ۹۵

فصل پنجم: خلاصه و پیشنهادات

۱-۵ مقدمه ۹۶

۲-۵ خلاصه نتایج ۹۷

۳-۵ پیشنهادات ۹۸

منابع و مأخذ ۹۹

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۴	شکل ۱-۱: مسیر چندگانه در زمین صاف.....
۴	شکل ۱-۲: پدیده پراش امواج.....
۷	شکل ۱-۳: بویه NPS.....
۷	شکل ۱-۴: کایت سوند متصل به کشتی برای اندازه‌گیری داده‌های جوی.....
۱۲	شکل ۱-۲: کمیت‌های هواشناسی در لایه مرزی جو بر حسب ارتفاع.....
۱۳	شکل ۲-۲: ساختار وردسپهر.....
۱۹	شکل ۲-۳: شعاع انحنا ناشی از گرادیان شکست.....
۲۰	شکل ۲-۴: انتشار استاندارد و انحنا پرتو منتشر شده.....
۲۱	شکل ۲-۵: تاثیر شکست اصلاح شده با در نظر گرفتن سطح صاف برای زمین.....
۲۳	شکل ۲-۶: انواع شکست.....
۲۴	شکل ۲-۷: نمایه قائم شکست و شکست اصلاح شده در شرایط استاندارد.....
۲۴	شکل ۲-۸: چگونگی شکست پرتوها در شرایط استاندارد.....
۲۶	شکل ۲-۹: چگونگی شکست پرتوها در شرایط زیرشکستی.....
۲۷	شکل ۲-۱۰: چگونگی شکست پرتوها در شرایط بالا شکستی.....
۲۹	شکل ۲-۱۱: نمایه قائم شکست‌پذیری اصلاح شده.....
۳۰	شکل ۲-۱۲: کانال مرتفع.....
۳۱	شکل ۲-۱۳: اثر کانال پایه‌ای سطحی بر اتلاف انتشاری.....
۳۲	شکل ۲-۱۴: اثر کانال تبخیر بر اتلاف انتشاری.....
۳۳	شکل ۲-۱۵: نمایه قائم شکست‌پذیری اصلاح شده.....
۳۴	شکل ۲-۱۶: به دام افتادن امواج رادیویی داخل کانال تبخیر.....
۳۶	شکل ۲-۱۷: برآورد RDR از محاسبات داده‌های اتلاف انتشار.....
۳۷	شکل ۲-۱۸: اتلاف انتشاری به ازای فاصله برای محیط.....
۳۸	شکل ۲-۱۹: الگوی کلاتر ناشی از کانال تبخیر.....
۳۹	شکل ۲-۲۰: افزایش زاویه ی خراشان ناشی از کانال تبخیر.....
۴۲	شکل ۲-۲۱: توان کلاتر نسبت به توان در فاصله ده کیلومتر، به ازای ارتفاع کانال مختلف.....
۴۳	شکل ۲-۲۲: ارتفاع کانال به دست آمده از روش‌های RFC و LKB.....

- شکل ۱-۳ نمودار توابع ψ_h مدل‌ها بر حسب $\frac{z}{L}$ ۵۴
- شکل ۲-۳ نمودار توابع ψ_m مدل‌ها بر حسب $\frac{z}{L}$ ۵۴
- شکل ۳-۳ حساسیت مدل NPS (سرعت باد ۱ m/s) ۶۸
- شکل ۴-۳ حساسیت مدل NPS (سرعت باد ۴ m/s) ۶۹
- شکل ۵-۳ حساسیت مدل NPS (سرعت باد ۷ m/s) ۶۹
- شکل ۶-۳ نمودار ریشه میانگین مربعی اختلاف شیب مدل NPS بر حسب اختلاف دما ۷۳
- شکل ۱-۴ موقعیت جغرافیایی بویه ۷۶
- شکل ۲-۴ میانگین روزانه رطوبت نسبی محاسبه شده از بویه بوشهر، ۲۴ سپتامبر تا ۳۱ اکتبر ۷۷
- شکل ۳-۴ میانگین روزانه سرعت باد محاسبه شده از بویه بوشهر، ۲۴ سپتامبر تا ۳۱ اکتبر ۷۷
- شکل ۴-۴ میانگین روزانه فشار هوا محاسبه شده از بویه بوشهر، ۲۴ سپتامبر تا ۳۱ اکتبر ۷۸
- شکل ۵-۴ میانگین روزانه دمای هوا (*) و دمای سطح آب (+)، ۲۴ سپتامبر تا ۳۱ اکتبر ۷۸
- شکل ۶-۴ ارتفاع کانال بر حسب اختلاف دمای هوا- دریا، مدل NPS و $u=2/5$ m/s ۷۹
- شکل ۷-۴ ارتفاع کانال بر حسب اختلاف دمای هوا- دریا، مدل NPS و $u=7/5$ m/s ۸۰
- شکل ۸-۴ ارتفاع کانال محاسبه شده بر حسب اختلاف دمای هوا- دریا، مدل NPS، و $u=2/5$ m/s ۸۰
- شکل ۹-۴ ارتفاع کانال محاسبه شده بر حسب اختلاف دمای هوا- دریا، مدل NPS، و $u=7/5$ m/s ۸۱
- شکل ۱۰-۴ نمایه‌ی قائم دما محاسبه شده از مدل NPS، شرایط پایدار ۸۴
- شکل ۱۱-۴ نمایه‌ی قائم رطوبت ویژه محاسبه شده از مدل NPS، شرایط پایدار ۸۴
- شکل ۱۲-۴ نمایه‌ی قائم فشار بخار آب محاسبه شده از مدل NPS، شرایط پایدار ۸۵
- شکل ۱۳-۴ نمایه‌ی قائم فشار محاسبه شده از مدل NPS، شرایط پایدار ۸۵
- شکل ۱۴-۴ نمایه‌ی قائم شکست‌پذیری اصلاح شده و شکست‌پذیری، مدل NPS، شرایط پایدار ۸۶
- شکل ۱۵-۴ نمایه‌ی قائم دما محاسبه شده از مدل NPS، شرایط ناپایدار ۸۶
- شکل ۱۶-۴ نمایه‌ی قائم رطوبت ویژه محاسبه شده از مدل NPS، شرایط ناپایدار ۸۷
- شکل ۱۷-۴ نمایه‌ی قائم فشار بخار آب محاسبه شده از مدل NPS، شرایط ناپایدار ۸۷
- شکل ۱۸-۴ نمایه‌ی قائم فشار محاسبه شده از مدل NPS، شرایط ناپایدار ۸۸
- شکل ۱۹-۴ نمایه‌ی قائم شکست‌پذیری اصلاح شده و شکست‌پذیری، مدل NPS، شرایط ناپایدار ۸۸
- شکل ۲۰-۴ نمایه قائم شکست‌پذیری اصلاح شده، مدل‌های NPS، BYC، NRL و NWA، پایدار ۹۰
- شکل ۲۱-۴ نمایه قائم شکست‌پذیری اصلاح شده، مدل‌های NPS، BYC، NRL و NWA، ناپایدار ۹۰

عنوان

صفحه

- شکل ۴-۲۲ ارتفاع کانال تبخیر بر حسب اختلاف دمای هوا - دریا برای سرعت باد پایین تر از ۵ m/s ۹۲
- شکل ۴-۲۳ ارتفاع کانال تبخیر بر حسب اختلاف دمای هوا - دریا برای سرعت باد بالاتر از ۵ m/s ۹۳
- شکل ۴-۲۴ ارتفاع کانال تبخیر بر حسب سرعت باد، شرایط پایدار ۹۴
- شکل ۴-۲۵ ارتفاع کانال تبخیر بر حسب سرعت باد، شرایط ناپایدار ۹۴
- شکل ۴-۲۶ میانگین بلند مدت ارتفاع کانال تبخیر در جنوب خلیج فارس ۹۵

فهرست جدول ها

صفحه	عنوان
۱۰	جدول ۱-۲ ترکیبات جو.....
۴۵	جدول ۲-۲ شارهای دینامیکی.....
۴۵	جدول ۳-۲ شارهای سینماتیکی.....
۶۴	جدول ۱-۳ ضرایب متناظر با اعداد رینولدز ناهموازی ها.....
۸۲	جدول ۱-۴ مقادیر محاسبه شده پارامترهای مقیاسی و ..، شرایط پایدار.....
۸۲	جدول ۲-۴ مقادیر محاسبه شده پارامترهای مقیاسی و ..، شرایط ناپایدار.....
۸۳	جدول ۳-۴ مقادیر محاسبه شده شار گرمای نهان، گرمای محسوس و تکانه.....
۹۱	جدول ۴-۴ مقادیر مربوط به ارتفاع کانال، بسامد قطع و... شرایط پایدار.....
۹۱	جدول ۵-۴ مقادیر مربوط به ارتفاع کانال، بسامد قطع و ... شرایط پایدار.....

فصل اول

انتشار امواج الکترومغناطیسی بر فراز دریا

۱-۱ مقدمه

هنگامی که یک پرتو الکترومغناطیسی در محیطی شامل اتم‌ها و مولکول‌ها منتشر می‌شود توسط پدیده‌های مختلفی با محیط برهم‌کنش می‌کند. در این تحقیق پدیده شکست و اثرات قابل توجه آن بر امواج الکترومغناطیسی در ناحیه‌ی بسامدهای میکرو و رادیویی مورد بررسی قرار می‌گیرد. باید توجه داشت که تغییر کوچکی در ضریب شکست منجر به تغییرات زیادی در انتشار امواج الکترومغناطیس خواهد شد. از آن‌جا که اغلب سیستم‌های راداری و ارتباطی از امواج الکترومغناطیسی در این ناحیه استفاده می‌کنند، این تغییر در انتشار امواج، عملکرد این سیستم‌ها را تحت تاثیر قرار خواهد داد [۱].

انتشار امواج رادیویی روی سطح زمین به نمایه قائم ضریب شکست بستگی دارد. می‌توان ضریب شکست را برحسب متغیرهای جوی دمای مطلق، فشار هوا و فشار بخار آب بیان کرد. تغییرات فشار جو در شرایط عادی و بر روی سطح خشکی در تعیین گرادیان قائم ضریب شکست نسبت به دو کمیت دیگر اهمیت بیشتری دارد، با افزایش ارتفاع، ضریب شکست با شیب $m^{-1} \times 10^{-6} \times 0.39$ کاهش می‌یابد. البته با در نظر گرفتن انحنای زمین و افزودن یک گرادیان اضافی برابر با معکوس شعاع زمین، $m^{-1} \times 10^{-6} \times 157 = \frac{1}{R_e}$ ، این گرادیان اضافی بر گرادیان منفی ناشی از کاهش فشار غلبه کند و ضریب شکست موثر، $n(z) + \frac{z}{R_e}$ با شیب $m^{-1} \times 10^{-6} \times 0.118$ افزایش یابد. بر روی سطح دریا و اقیانوس‌ها شرایط متفاوت است. رطوبت بالا در نزدیکی سطح دریا، اهمیت آن را در

تعیین مقدار ضریب شکست افزایش می‌دهد. کاهش رطوبت و فشار بخار آب با افزایش ارتفاع در چند ده متر نزدیک به سطح دریا منجر به کاهش کلی در ضریب شکست موثر می‌شود. در ارتفاع‌های بالاتر با افزایش گرادیان اضافی ناشی از انحنای زمین، ضریب شکست موثر نیز افزایش می‌یابد. کاهش اولیه ضریب شکست موثر و افزایش آن همراه با افزایش ارتفاع سبب می‌شود امواج رادیویی به‌دام افتند و به اصطلاح کانال تبخیر^۱ شکل گیرد. ویژگی‌های اصلی کانال تبخیر از جمله ارتفاع کانال (ارتفاعی که ضریب شکست موثر کمینه است) و عمق کانال (اختلاف بین ضریب شکست موثر کمینه با مقدار آن در سطح دریا) است [۲].

۲-۱ پدیده‌های انتشار امواج الکترومغناطیسی

انتشار امواج الکترومغناطیسی در جو را پدیده‌هایی مانند بازتاب، شکست، پراش^۲، تضعیف، پراکندگی^۳ و تغییر قطبش‌پذیری^۴ تحت تاثیر قرار می‌دهند که همه‌ی آن‌ها به نوعی تحت تاثیر بسامد امواج ارسالی هستند. برخی از این پدیده‌ها در ادامه به‌اختصار توضیح داده خواهد شد.

۱-۲-۱ تضعیف امواج رادیویی

تضعیف امواج رادیویی ناشی از افت فضای آزاد^۵، افت مربوط به گازها و ذرات موجود در جو و افت ناشی از بارندگی^۶ است.

۱-۱-۲-۱ افت فضای آزاد

در حین انتشار امواج از آنتن فرستنده، با فرض این که هیچ جذبی وجود نداشته باشد، به دلیل توزیع توان امواج روی سطح‌های کروی که با مجذور فاصله رابطه دارند، چگالی توان موج کاهش می‌یابد و با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$P_0 = \frac{P_t}{4\pi d^2} \quad (1-1)$$

که P_0 توان دریافتی توسط گیرنده، P_t توان ارسالی آنتن فرستنده و d فاصله بین گیرنده و فرستنده است.

¹ Evaporation Duct

² Diffraction

³ Scattering

⁴ Depolarization

⁵ Free Space Loss, FSL

⁶ Precipitation Loss

۱-۲-۱-۲ افت ناشی از بارندگی

تضعیف امواج رادیویی در طول مسیر توسط باران و برف کم و بیش برای تمام باندهای فرکانسی وجود دارد. اما مقدار آن برای بسامدهای کم تر از ۸ GHz قابل چشم پوشی است و برای بسامدهای بالاتر از ۱۰ GHz چشم گیر است. مقدار این تضعیف تابعی از بسامد موج، اندازه و شکل قطره های باران و برف، شدت بارش لحظه ای، طول مسیر و نوع قطبیدگی موج است. برای محاسبه تضعیف امواج رادیویی ناشی از باران مهم داشتن آمار میزان بارندگی است.

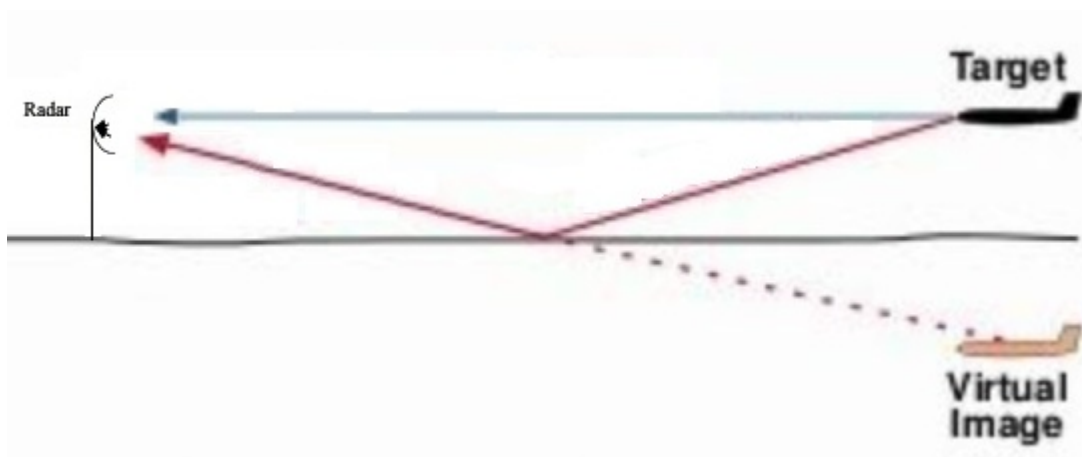
۱-۲-۲-۱ بازتاب امواج رادیویی

هنگام برخورد امواج الکترومغناطیسی به سطوح مختلف، پدیده بازتاب رخ می دهد. مشخصات امواج بازتابیده تابع عواملی مانند زاویه تابش، نوع قطبش موج، جنس سطح بازتاب، ناهمواری سطح و بسامد امواج ارسالی است. بازتاب هنگامی دارای اهمیت است که ناهمواری های سطح در مقایسه با طول موج کوچک باشند. به عنوان مثال برای امواج با بسامد ۱ GHz که دارای طول موجی معادل ۳۰ سانتی متر هستند، سطوح با ناهمواری کمتر از ۳ cm مسطح فرض می شوند. ضریب بازتاب که برابر نسبت دامنه امواج بازتاب به امواج تابش است با استفاده از قانون اسنل و ارضای شرایط مرزی در سطح تابش قابل محاسبه است.

۱-۲-۲-۱-۱ مسیرهای چندگانه

مسیرهای چندگانه^۱ به دریافت امواج رادیویی حاصل از عبور از مسیرهای مختلف گفته می شود که ساده ترین آن دریافت همزمان موج مستقیم و موج بازتاب از زمین مسطح است. این پدیده به طور متناوب در ارتباط های دید مستقیم نظیر امواج تلویزیونی و راداری دارای اهمیت است. هنگامی که آنتن های گیرنده و فرستنده با ارتفاع کمی از زمین مسطح قرار دارند، دریافت موج تابشی و بازتابی می تواند سبب محو سیگنال در گیرنده شود.

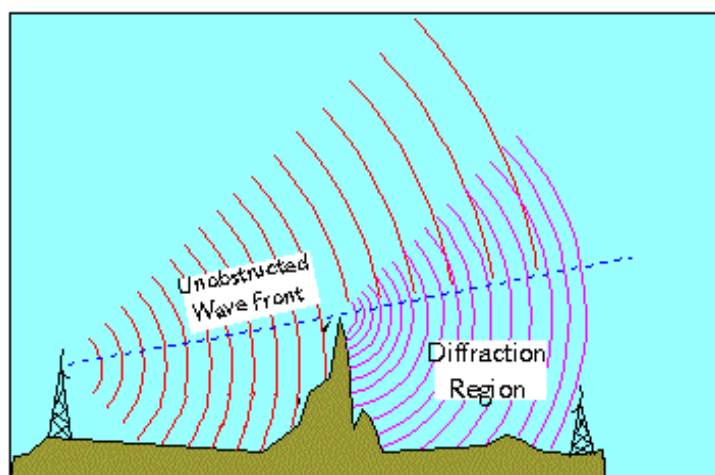
¹ Multipath



شکل ۱-۱ مسیر چندگانه در زمین صاف [۳]

۳-۲-۱ پراش امواج

خارج از اصول هندسی، موج هنگام برخورد با مانع بر اثر پدیده پراش در جهت‌های مختلف منتشر می‌شود. در نتیجه مقداری از انرژی امواج به ناحیه سایه نفوذ می‌کند. برخی مواقع شدت میدان الکتریکی حاصل به حدی زیاد است که توسط گیرنده قابل دریافت است. از این خاصیت در مخابرات سیستم‌های رادیو سیار استفاده می‌شود. نکته مهم آن که شدت میدان نه تنها در ناحیه سایه بلکه در ناحیه روشن مجاور مانع نیز تحت تاثیر پدیده پراش قرار می‌گیرد [۳].



شکل ۲-۱ پدیده پراش امواج [۳]

۳-۱ تاریخچه

اصطلاح کانال برای امواج رادیویی تا سال ۱۹۴۰ معرفی نشده بود. عملکرد غیرطبیعی سیستم‌های راداری محیط‌های دریایی برای نخستین بار در حین جنگ جهانی دوم گزارش شد که سواحل شبه جزیره عربستان در فاصله ۱۷۰۰ مایلی از سواحل شمال غرب هند در اکثر مواقع توسط رادارهای بریتانیا، با بسامد امواج 200MHz ، مشاهده می‌شد. چون اثرات اپتیکی این پدیده از مدت‌ها قبل شناخته شده بود، در مقایسه با انتشار این امواج در داخل موجبر اصطلاح کانال مورد استفاده قرار گرفت [۴].

کانال‌های جوی در مناطق گرم و مرطوب جهان شایع‌تر و رایج‌تراند. خلیج فارس، مدیترانه و سواحل کالیفرنیا مثال‌هایی از چنین مناطقی هستند [۵].

۴-۱ اهمیت تعیین ارتفاع کانال

کانال تبخیر نه تنها می‌تواند سبب افزایش برد آشکارسازی رادار و سیستم‌های الکترواپتیکی شود بلکه می‌تواند باعث اثرات چشمگیر بر روی سیستم‌های گیرنده-فرستنده خارج از مرزهای کانال شود. اگر رادار یا سیستم الکترواپتیکی داخل کانال قرار گرفته باشد، ارتفاع رادار از ارتفاع کانال کمتر باشد، ممکن است اهداف بالای کانال تشخیص داده نشوند. همچنین وقتی که سیستم بالای کانال قرار گرفته باشد ممکن است اهداف داخل کانال توسط آن به‌ویژه در مسافت‌های نزدیک آشکارسازی نشوند. به‌علاوه پراکندگی امواج رادار و سیستم‌های الکترواپتیکی از سطح دریا حساسیت شدیدی به زاویه خراشان^۱ دارد و این زاویه نیز حساسیت زیادی به نمایه شکست چندین متری بالای سطح دریا دارد. همچنین هنگامی که گرادیان شکست نزدیک سطح بزرگتر شود بر روی کلاتر دریا^۲ تأثیر زیادی می‌گذارد [۶]. بنابراین شناسایی ناحیه کانال و ارتفاع آن نقش تعیین‌کننده‌ای در تفسیر دقیق پرتو بازگشتی به رادار و سیستم‌های الکترواپتیکی و شناخت ناهنجاری‌های ارتباطاتی دارد.

عملیات دریایی در سرتاسر جهان برای اهداف هوایی کم ارتفاع مانند موشک‌های دریایی ضد کشتی و هواپیماهایی با ارتفاع پرواز کم به شدت تحت تأثیر برد آشکارسازی رادار قرار دارد.

از آن‌جا که کانال تبخیر یک حضور دائمی یا نیمه دائمی بر فراز دریا و اقیانوس دارد، اطلاع از وجود، ارتفاع و عمق کانال در نزدیکی افق بر روی سطح دریا به‌منظور ارزیابی صحیح برد آشکارسازی رادار جهت بهینه‌سازی پوشش‌های راداری و جلوگیری از تهدیدات نظامی حیاتی است [۷].

¹ Grazing angle

² Sea clutter

۱-۵ مروری بر مطالعات پیشین

به علت اهمیت زیاد کانال تبخیر و اثر آن روی عملکرد سیستم‌های راداری، مطالعات و تحقیق‌های زیادی در این زمینه انجام شده است. محاسبه مستقیم ارتفاع کانال همان گونه که در فصل‌های بعد توضیح داده خواهد شد بسیار مشکل است. به همین علت در بررسی خصوصیات کانال و تعیین ارتفاع آن روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از این روش‌ها روش حجمی^۱ نام دارد. در ادامه به برخی از این تحقیقات که بر اساس روش‌های حجمی است، اشاره می‌شود.

باین^۲ و همکارانش در سال ۱۹۹۶ ارتفاع کانال را بر اساس داده‌های به دست آمده از جزیره والپس^۳ در ویرجینیا بر مبنای مدل‌های مختلف و همچنین مدل طراحی شده توسط وی محاسبه و نتایج را با ارتفاع کانال به دست آمده از اندازه‌گیری‌های مختلف مقایسه کردند [۸].

مطالعه‌ی دیگری در سال توسط داویدسون^۴ و همکاران در مدرسه عالی نیروی دریایی ایالات متحده در مونتری^۵ انجام شد. در این تحقیق اندازه‌گیری‌ها توسط یک بویه^۶ و کایت سوند^۷ متصل به کشتی که کمیت‌های جوی را تا ارتفاع ۱۰۰ متری اندازه‌گیری می‌کرد، انجام شد.

¹ Bulk method

² Babin

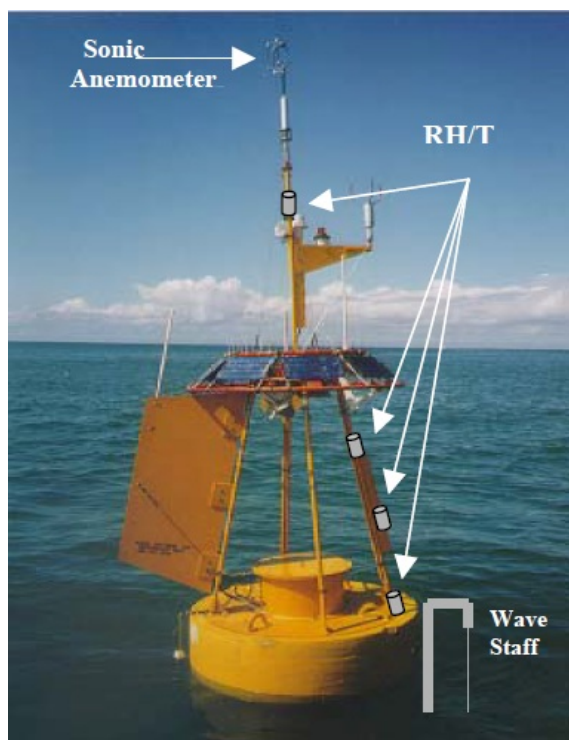
³ Wallops Island

⁴ Davidson

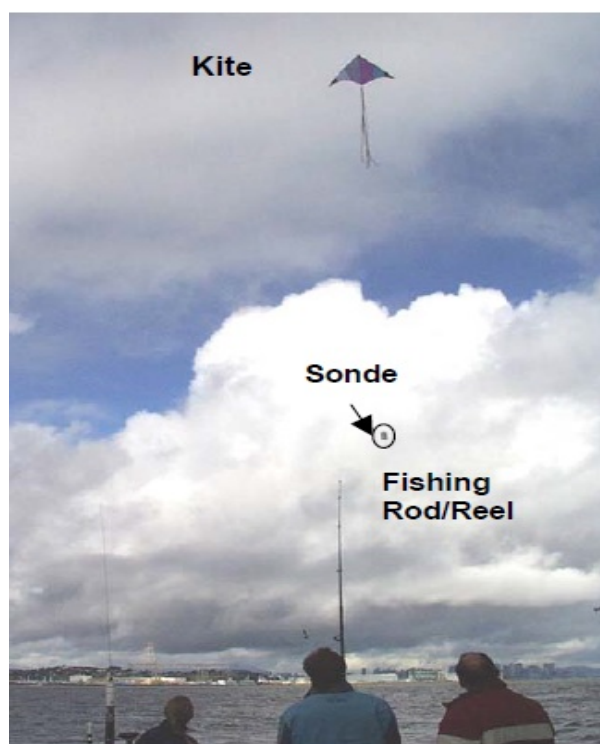
⁵ Naval Postgraduate School, Monterey

⁶ Buoy

⁷ kite-sonde



شکل ۳-۱ بویه NPS که در آن مکان بادسنج، حسگر دما و رطوبت نسبی نشان داده شده است [۹]



شکل ۴-۱ کایت سوند متصل به کشتی برای اندازه‌گیری داده‌های جوی [۹]