Archive of SID

نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال چهارم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۵

Vol.4, No.3, Autumn 2016

۲۹-۴۲

این مقاله در اولین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی به‌عنوان مقاله برگزیده انتخاب شده است که پس از تکمیل، داوری مجدد و اخذ پذیرش در این شماره از نشریه به چاپ می‌رسد.

تأثیر بهینه‌سازی کوهرنس در بهبود تخمین ارتفاع درختان بااستفاده از تکنیک‌های اینترفرومتری پلاریمتریک

سیده سمیرا حسینی[۱*]، حمید عبادی[۲]، یاسر مقصودی[۳]

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- استاد، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۳- استادیار، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله ۱۳۹۴/۱۲/۱۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۰۹

چکیده

مسئله تخمین زیست توده جهت بررسی تغییرات آب و هوایی بر روی اکوسیستم‌های زمینی از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشد. در سالهای اخیر استفاده از تکنیک‌های اینترفرومتری برای تخمین زیست توده منجر به نتایج بهتری شده است. به کمک تکنیک‌های اینترفرومتری پلاریمتریک می‌توان ارتفاع درختان را بدست آورد و سپس زیست توده را تخمین زد. بهینه‌سازی کوهرنس در بهبود تخمین ارتفاع به کمک روش‌های اینترفرومتری پلاریمتریک نقش بسزایی دارد. در این مقاله روش‌های مختلف تخمین ارتفاع شامل الگوریتم‌های وارونگی بر اساس اندازه کوهرنس، تفاضل مدل رقومی زمین و ترکیبی با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی کوهرنس شعاع عددی و تنوع فاز مورد بررسی قرار گرفته است. داده‌های مورد استفاده، داده‌های شبیه‌سازی شده جنگلی است که به کمک شبیه‌ساز پلسارپروسیم صورت گرفته است. با توجه به آنکه روش تنوع فاز یک روش بهینه‌سازی فاز است، بر روی تخمین ارتفاع به روش اندازه کوهرنس تأثیری نداشته ولی باعث بهبود تخمین ارتفاع به روش مدل رقومی زمین شده است. روش شعاع عددی اگر چه روند محاسباتی سنگینی دارد و زمانبر است ولی نتایج را به میزان قابل توجهی بهبود داده است.

واژه‌های کلیدی: اینترفرومتری پلاریمتریک، بهینه‌سازی کوهرنس، تخمین ارتفاع، الگوریتم‌های معکوس‌سازی

* نویسنده مکاتبه کننده: : سیده سمیرا حسینی، تهران - خیابان ولیعصر - تقاطع میرداماد - روبروی ساختمان اسکان- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تلفن: ۴- ۸۸۷۷۹۴۷۳

Email: shosseini@mail.kntu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

جنگل‌ها نقش بسیار مهمی را در چرخه کربن جهانی ایفا می‌کنند. سالیانه یک بیستم ذخایر دی اکسید کربن اتمسفر زمین توسط درختان جذب می‌شود، لذا تخمین ارتفاع درختان به‌منظور تخمین زیست توده از اهمیت بسیاری برخوردار است. استفاده از تکنیک‌های اینترفرومتری پلاریمتریک به منظور تخمین ارتفاع بسیار مؤثر می‌باشد. یکی از عوامل مهمی که در بهبود تخمین ارتفاع تأثیرگذار است استفاده از کوهرنس بهینه می‌باشد. به کمک تکنیک‌های اینترفرمتری پلاریمتریک و استفاده از بهینه‌سازی کوهرنس می‌توان مراکز پراکنشگرهای مؤثر را از هم جدا کرد در نتیجه تخمین دقیقتری از ارتفاع بدست آورد. با تغییر دادن حالت‌های مختلف پلاریزاسیون، مکانیزم‌های پراکنش بهینه با بالاترین مقدار کوهرنس را می‌توان استخراج کرد.

با بهینه‌سازی کوهرنس نااطمینانی در تخمین فاز اینترفرومتری را می‌توان کاهش داد، همچنین نسبت سیگنال به نویز بهبود یافته و عواملی که باعث دیکرولیشن می‌شوند نیز کاهش می‌یابند. تکنیک بهینه‌سازی کوهرنس نخستین بار در سال ۱۹۹۸ مطرح شد[۱ و ۲]. در این روش دو مکانیزم متفاوت برای دو انتهای بیس لاین در نظر گرفته می‌شود. این روش زمانی که اثرات دکرولیشن زمانی وجود دارد و مکانیزم‌های پراکنش در دو سر بیس لاین تغییر می‌کنند بسیار مؤثر است. در حالت تک مکانیزم، بجای w1 و w2 یک بردار پراکنش w وجود دارد که w1 و w2 با هم برابر و مشابه هستند، از جمله روش‌های تک مکانیزم می‌توان به روش شبه فضای پلاریزاسیون (PSM) اشاره کرد. این روش در سال ۲۰۰۰ مطرح شد[۳]. در این روش انتقال پایه پلاریزاسیون برای تصاویر صورت می‌گیرد، اینترفروگرام می‌تواند نه فقط بوسیله حالت پلاریزاسیون خطی، بلکه به‌صورت ترکیبات دیگر بین حالت‌های پلاریزاسیون بیضوی ایجاد شود. همه حالت‌های پلاریزاسیون بیضوی بوسیله به‌کار بردن تغییر پایه پلاریزاسیون جهت انتقال بردار پراکنش k1 به بردار پراکنش دیگر k' می‌تواند ایجاد شود. این روش به این دلیل که در به‌دست آوردن ماکزیمم کوهرنس، همه اطلاعات پلاریمتری استفاده نمی‌شود و فقط المان‌های پلاریزاسیون‌های همسان و پلاریزاسیون‌های غیرهمسان در نظر گرفته می‌شود و انتقال پایه پلاریزاسیون به طور مشابه در هر دو تصویر صورت می‌گیرد، روش زیر بهینه نامیده می‌شود. یکی از محدودیت‌های این روش آن است که اگر دکرلیشن زمانی یا تفاوت بین زوایای دید ناشی از بیس لاین مکانی بالا باشد، رفتار پراکنش مشاهده شده بین دو اخذ تغییر می‌کند و بنابراین ماکزیمم کوهرنس در این حالت موقعی ایجاد می‌شود که زیر فضاهای پلاریزاسیون مختلف در هر دو تصویر وجود داشته باشد که در این حالت نیاز است انتقال پایه پلاریزاسیون‌های مختلف در هر دو تصویر به‌کار برده شود، نه اینکه پلاریزاسیون‌های مشابه برای هر دو تصویر به‌کار رود و این باعث می‌شود که پروسه بهینه‌سازی، روند محاسباتی سنگینی داشته باشد[۴]. روش دیگری که بر مبنای تک مکانیزم پیشنهاد شد، روش تطبیق حالت پلاریزاسیون (PSC)بود این روش در سال ۲۰۰۵ مطرح شد[۵] دو امضای پلاریمتری برای پیکسل‌ها در هر دو تصویر محاسبه می‌شود، بعد از ریجستر کردن دو تصویر نسبت به هم، امضاهای پلاریمتری پیکسل‌های متناظر از لحاظ شکل کلی باید به هم شبیه باشند تا بتوان به کرولیشن بالایی رسید. اما در بعضی حالت‌ها، کرولیشن بالا بین امضاهای پلاریمتری به‌دلیل دکرولیشن زمانی یا مکانی نمی‌تواند به‌دست آید. روش بهینه‌سازی عددی، در سال ۲۰۰۶ مطرح شد[۶]. این روش نیز بر اساس تک مکانیزم عمل‌می‌کند، نقطه ضعف اصلی روش شعاع عددی به‌دلیل روند تکراری آن، زمان محاسباتی بالای

www.SID.ir

Archive of SID

آن می‌باشد[۷]. از نظر ریاضی روش دو مکانیزم بالاترین مقدار کوهرنس را به‌دست می‌آورد بعد از آن روش شعاع عددی و بعد روش ضریب لاگرانژ با قید مکانیزم پراکنش‌های مساوی به ترتیب بیشترین مقدار کوهرنسی را به‌دست می‌آورند.

در این مقاله، دو روش بهینه‌سازی کوهرنس به کمک روش‌های شعاع عددی و تنوع فاز به‌کار رفته است که علت آن استفاده از داده‌های شبیه‌سازی شده می‌باشد که اثرات عدم همبستگی زمانی در آنها اتفاق نیقتاده است و می‌توان مکانیزم‌های پراکنش در دو سر بیس لاین را یکسان در نظر گرفت در نتیجه استفاده از روش‌های تک مکانیزم به‌دلیل عدم همبستگی زمانی برای داده‌های شبیه‌سازی شده مناسب می‌باشد. سپس کوهرنس‌های بهینه حاصل ورودی تخمین ارتفاع به سه روش اندازه کوهرنس، تفاضلی مدل رقومی زمین و ترکیبی قرار گرفته اند و با مقادیر ارتفاعات به‌دست‌آمده در حالتی که از کوهرنس‌های بهینه برای تخمین ارتفاع استفاده نمی‌شود و از کوهرنس حاصل از پلاریزاسیون HV[1] به‌عنوان پلاریزاسیونی که نسبت سهم زمینی به حجمی آن کم است و کوهرنس حاصل از پلاریزاسیون HH-VV[2] به‌عنوان پلاریزاسیونی که نسبت سهم زمینی به حجمی آن بالا است به‌عنوان ورودی به تخمین ارتفاع استفاده می‌شود، مقایسه شده است. داده‌های مورد استفاده در این مقاله داده‌های شبیه‌سازی شده جنگلی از نوع کاج با ارتفاع ۲۰ متری در باند P می‌باشد، که توسط شبیه‌ساز پلسارپروسیم ایجاد شده است. در ادامه ابتدا داده‌های مورد استفاده به تفضیل بیان شده است، سپس الگوریتم بهینه‌سازی به روش شعاع عددی و تنوع فاز مطرح شده است و در ادامه الگوریتم های وارونگی اندازه کوهرنس، تفاضلی مدل رقومی زمین و ترکیبی توضیح داده شده‌اند. در بخش بعد نتایج روش‌های مطرح شده با هم مقایسه شده است و در انتها بخش نتیجه‌گیری آورده شده است.

۲- داده‌های مورد استفاده در این تحقیق

شبیه‌ساز پلسارپروسیم در نرم افزار پلسارپرو، که توسط دکتر مارک ویلیامز در سال ۲۰۰۶ توسعه داده شده است برای تولید داده‌های تمام پلاریمتری در باند P از یک منطقه جنگلی مورد استفاده قرار گرفته است. شبیه ساز پلسارپروسیم قابلیت تولید تصاویر اینترفرومتری پلاریمتری با زوایای فرود متفاوت، طول موج‌ها و پارامترهای زمینی(نرمی، زبری، رطوبت) مختلف را دارد. در این تحقیق از دیتاهای شبیه‌سازی شده جنگلی از نوع کاج با ارتفاع ۲۰ متری در باند P استفاده شده است. فرکانس باند P، 433/0 گیگا هرتز می‌باشد. مشخصات کامل این داده‌ها در جدول (۱) آورده شده است. محتوای رطوبت زمین با کمیتی اسکالر بین ۰ تا ۱۰ نشان داده شده است که ۰ خشکترین سطح و ۱۰ مرطوبترین سطح را نشان می‌دهد همچنین مقدار ویژگی سطح با عددی اسکالر بین ۰ که بیانگر سطحی صاف و ۱۰ که سطحی زبر است بیان شده است، خروجی شبیه‌ساز تصاویر SLC ریجستر شده، یک فایل عدد موج عمودی(KZ) و یک فایل فاز زمین مسطح است.

[1] Horizontal Vertical
[2] Horozontal Horizontal- Vertical Vertical

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: ویژگی داده‌های مورد استفاده

ارتفاع سکو(بر حسب متر)	۳۰۰۰	ویژگی سطح	۰
بیس لاین افقی(بر حسب متر)	۱۰	محتوای رطوبت زمین	۴
بیس لاین عمودی(بر حسب متر)	۱	شیب زمین در راستای آزیموت	۲
زاویه فرود(بر حسب درجه)	۴۵	شیب زمین در راستای رنج	۱
فرکانس(بر حسب گیگا هرتز)	۰/۴۳۳	گونه درختان	کاج
رزولوشن در راستای آزیموت(بر حسب متر)	۱/۵	چگالی جنگل(بر حسب تعداد درختان در هر هکتار)	۳۰۰
رزولوشن در راستای رنج(بر حسب متر)	۱/۰۶	ارتفاع متوسط درختان(بر حسب متر)	۲۰

۳- روش‌های به‌کار رفته

در این قسمت الگوریتم‌های مورد استفاده جهت تخمین کوهرنس‌های بهینه در این تحقیق که شامل الگوریتم بهینه‌سازی شعاع عددی و تنوع فاز می‌باشد به تفضیل بیان شده است، همچنین روش‌های مورد استفاده در تخمین ارتفاع درختان که در این تحقیق بکار رفته است در ادامه آورده شده است.

۳-۱- الگوریتم بهینه سازی شعاع عددی

روش بهینه‌سازی شعاع عددی در سال ۲۰۰۶ مطرح شد[۶]. زمان محاسباتی بالا نقطه ضعف اصلی این روش محسوب می‌شود، زیرا نیاز به روندی تکراری است و در مناطق بزرگ، زمان اجرای آن به طول می‌انجامد[۷]. روش شعاع عددی بدان دلیل که تک مکانیزم عمل می کند و با سناریو پراکنش‌های طبیعی منطبق است نتایج بهتری را در بازیابی پارامترهای فیزیکی مانند بازیابی ارتفاع ارائه می‌دهد.

به‌دلیل آنکه روش بهینه‌سازی شعاع عددی جز روش‌های تک مکانیزم است و بردارهای پراکنش مختلط مشابه‌ای برای هر دو آنتن استفاده می‌شود رابطه کوهرنس را به صورت رابطه (۱) می‌نویسند:

$$\gamma = \frac{\vec{\omega}^{*T}\Omega_{12}\vec{\omega}}{\sqrt{(\vec{\omega}^{*T}T_{11}\vec{\omega})}\sqrt{(\vec{\omega}^{*T}T_{22}\vec{\omega})}}$$

رابطه (۱)

در این رابطه T_{11} و T_{22} به ترتیب ماتریس همبستگی تصویر پایه و پیرو، Ω_{12} ماتریس همبستگی بین تصاویر پایه و پیرو و ω بردار ویژه می‌باشد. ماتریس‌های T_{11} و T_{22}، به خاطر آنکه هر دو ماتریس‌های کوهرنسی تارگت می‌باشند که تحت زوایای فرود خیلی نزدیک اخذ شده‌اند خیلی مشابه هستند.

بنابراین رابطه کوهرنسی را می‌توان به‌صورت رابطه (۲) نوشت:

رابطه (۲)

$$\gamma = \frac{\vec{\omega}^{*T}\Omega_{12}\vec{\omega}}{\sqrt{(\vec{\omega}^{*T}T\vec{\omega})}\sqrt{(\vec{\omega}^{*T}T\vec{\omega})}} = \vec{x}^{*T}Ax, \vec{x}^{*T} = 1$$

که در آن

$$\vec{x} = [T]^{1/2}\vec{\omega}\,, A = [T]^{-1/2}\Omega_{12}[T]^{-1/2}, T = (T_{11} + T_{22})/2$$

از آنجا که

$$2\sqrt{\vec{\omega}^{*T}T_{11}\vec{\omega}}\sqrt{\vec{\omega}^{*T}T_{22}\vec{\omega}} \le \vec{\omega}^{*T}T_{11}\vec{\omega} + \vec{\omega}^{*T}T_{22}\vec{\omega}$$

می‌باشد، کوهرنس حاصل از این روش کمتر از کوهرنس کلی می‌باشد. هیچ روش تحلیلی برای به‌دست آوردن این کوهرنس بهینه وجود ندارد و با الگوریتم عددی قابل حل است. فلوچارت مراحل تعیین کوهرنس بهینه در شکل (۱) آورده شده است.

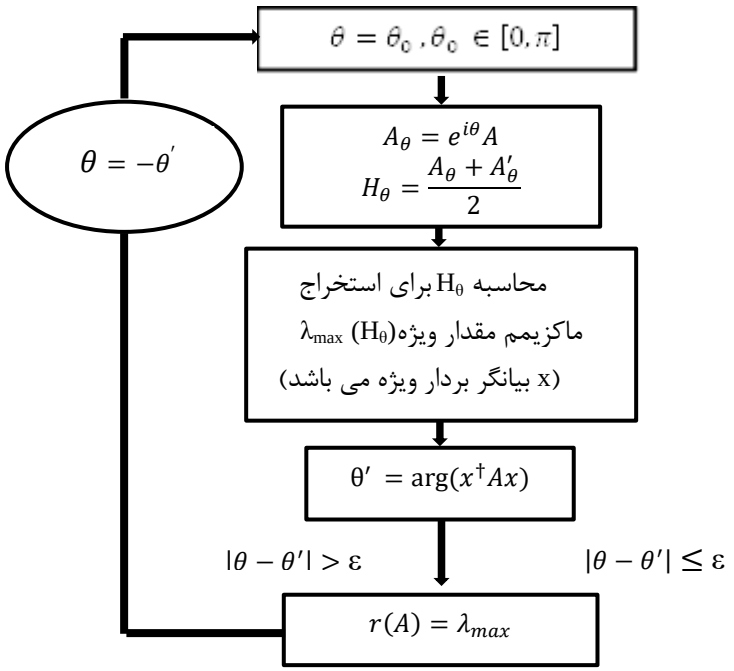
بردار بهینه ω از رابطه (۳) به‌دست می‌آید:

$$\omega = T^{-(1/2)}x$$

رابطه (۳)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: فلوچارت کوهرنس بهینه به روش شعاع عددی

۳-۲- الگوریتم بهینه‌سازی تنوع فاز

روش تنوع فاز در سال ۲۰۰۲ مطـرح شـد[۸]. در ایـن روش بـر مبنـای مـاکزیمم کـردن تـابع کتانژانـت، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه بهینه را استخراج می‌کنند. معادلـــه تـــابع کتانژانـــت در رابطـــه (۴) نشان داده شده است.

رابطه (۴)

$$\cot(\tilde{y}) = \frac{Re\{\tilde{y}\}}{Im\{\tilde{y}\}} = \frac{\omega^{*T}\left([\Omega_{12}]+[\Omega_{12}]^{*T}\right)\omega}{\omega^{*T}\left(-i[\Omega_{12}]-[\Omega_{12}]^{*T}\right)\omega}$$

در این رابطه Ω_{12} ماتریس همبستگی بین تصاویر پایـه و پیرو، ω بردار ویژه و γ کوهرنس است.

مراحل انجام الگوریتم به‌صورت زیر می‌باشد:

۱- $[\Omega_{12}]$ یک انتقال دوران فاز انجام می‌دهد که معادله آن در رابطه (۵) نشان داده شده است.

رابطه (۵) $\left[\tilde{\Omega}_{12}\right] = [\Omega_{12}]e^{i\varphi}, \varphi = \frac{\pi}{2} - \angle tr([\Omega_{12}])$

۲- مـــــاتریس‌هـــــای $([\Omega_{12}] + [\Omega_{12}]^{*T})$ و $-i([\Omega_{12}] - [\Omega_{12}]^{*T})$ محاسبه می‌شود.

۳- مقادیر ویـژه و بردارهـای ویـژه بـا رابطـه (۶) به‌دست می‌آید.

رابطه (۶)

$$\left([\Omega_{12}] + [\Omega_{12}]^{*T}\right)\omega = -i\lambda\left([\Omega_{12}] - [\Omega_{12}]^{*T}\right)\omega$$

۳-۳- الگـــــوریتم وارونگـــــی ارتفـــــاع بر اساس فاز(روش تفاضلی مدل رقومی زمین)

روش وارونگـی ارتفـاع بـر اسـاس فـاز در سـال ۱۹۹۸ مطرح شـد در ایـن روش ارتفـاع از طریـق تفاضـل فـاز بین اینترفروگرام ها قابل محاسبه است که با رابطه (۷) نشان داده شده است.

رابطه (۷) $h_v = \frac{\arg(\gamma_{w_v}) - \hat{\varphi}}{k_z}, k_z = \frac{4\pi\Delta\theta}{\lambda \sin\theta}$

در این رابطه K_z عدد موج عمودی، $\Delta\theta$ زاویـه‌ای اسـت که دو انتهای خط باز با هم می‌سازند θ زاویـه فـرود، λ طـول مـوج، φ فـاز زمینـی و γ_{w_v} همبسـتگی حجمـی می‌باشد. بـه ایـن روش همچنـین روش تفاضـل‌گیـری

www.SID.ir

Archive of SID

مدل ارتفاعی رقومی[1] نیز می‌گویند، مزیت این روش جنبه محاسباتی ساده آن است. مشکل اصلی این روش که در سال ۲۰۰۱ در تخمین ارتفاع به آن اشاره شده است[۹]، تخمین ارتفاع کمتر از مقدار واقعی آن می‌باشد. مرکز فاز حجمی از وسط درخت تا نوک درخت می‌تواند تغییر کند، پس با این روش ارتفاع کمتری حاصل می‌شود مگر آنکه میرایی بینهایت باشد و محل مرکز فاز حجمی در نوک درخت قرار بگیرد.

۳-۴- الگوریتم وارونگی ارتفاع براساس اندازه کوهرنس

در روش اندازه کوهرنس فرض بر این است که یکی از پلاریزاسیون ها فقط سهم پراکنش حجمی را شامل می‌شود و هیچ سهمی از زمین را در خود ندارد که معمولاً پلاریزاسیون HV را برای این حالت در نظر می‌گیرند. همچنین در این روش فرض می‌کنند که میرایی معلوم و صفر است که از این طریق به تابع SINC می‌رسند و با رابطه (۸) ارتفاع را تخمین می‌زنند.

$$h_v = \frac{2\sin c^{-1}(|\tilde{\gamma}_{w_v}|)}{k_z} \qquad \text{رابطه (۸)}$$

در این رابطه K_z عدد موج عمودی و γ_{w_v} همبستگی حجمی می‌باشد. با این روش تخمین بهتری نسبت به روش تفاضلی مدل ارتفاع رقومی از ارتفاع حاصل می‌شود ولی ارتفاع نقاط زیادی بیشتر از مقدار واقعی‌شان تخمین زده می‌شود و این روش به تراکم درختان در منطقه مورد بررسی به‌دلیل پارامتر میرایی بستگی دارد.

۳-۵- الگوریتم وارونگی ارتفاع بر اساس اندازه کوهرنس و فاز(روش ترکیبی)

در سال ۲۰۰۶ الگوریتم جدیدی پیشنهاد شد که تحت عنوان روش ترکیبی[2] شناخته می‌شود و از دو قسمت تشکیل شده است، قسمت اول که فقط اختلاف فاز بین کانال حجمی و فاز زمینی است، این قسمت همان تخمین ارتفاع به روش تفاضلی مدل رقومی زمین می‌باشد و بکاربردن این قسمت به تنهایی برای تخمین ارتفاع منجر به آن می‌شود که ارتفاع کمتر از مقدار واقعی آن تخمین زده شود به همین دلیل ترم دومی به آن اضافه کردند که از معکوس پذیری اندازه کوهرنس در حالتی که تابع ساختار یکنواخت است به‌دست می‌آید، این فرمول در رابطه (۹) نشان داده شده است.

۴- نتایج

در این مقاله به منظور تخمین ارتفاع جنگل سه روش وارونگی ارتفاع بر اساس اندازه کوهرنس، وارونگی ارتفاع بر اساس فاز(روش تفاضلی مدل رقومی زمین) و وارونگی ارتفاع بر اساس اندازه کوهرنس و فاز(روش ترکیبی) بر مبنای روش کوهرنس بکار رفته در تخمین کوهرنس زمینی و حجمی شان با یکدیگر مقایسه شده‌اند. در روش اول در تخمین کوهرنس به‌منظور تخمین ارتفاع، کانال HV به‌عنوان پلاریزاسیون انتخابی برای تخمین کوهرنس حجمی و کانال HH-VV به عنوان پلاریزاسیون انتخابی برای تخمین کوهرنس زمینی در نظر گرفته شده است. کوهرنس‌های تخمین‌زده شده به عنوان ورودی تخمین ارتفاع قرار گرفته‌اند نتایج حاصل از این روش در شکل‌های (۲) تا (۴) نشان داده شده است. مقادیر عددی متوسط ارتفاعات تخمین زده شده با این سه روش تخمین ارتفاع در جدول (۲) آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود به دلیل آنکه در نظر گرفتن کانال HV به عنوان کانالی که نسبت سهم پراکنش زمینی به حجمی آن صفر است و کانال HH-VV به‌عنوان کانالی که

[1] DEM Differencing

[2] Combined Approach

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت سهم پراکنش زمینی به حجمی آن ماکزیمم است باعث ایجاد خطا در تخمین ارتفاع می‌شود نتایج تخمین ارتفاع با روش‌های مدل رقومی زمین و اندازه کوهرنس با مقادیر متوسط ارتفاع ۲۰ متر اختلاف زیادی دارند. نتایج حاصل از روش مدل رقومی به‌دلیل آنکه از تفاضل مراکز فاز HV و HH-VV به‌عنوان ارتفاع استفاده می‌کند و مرکز فاز HV در بالای درخت قرار نمی‌گیرد منجر به تخمین خیلی کم ارتفاع می‌شود. نتایج در روش اندازه کوهرنس بیش از مقدار واقعی‌شان به‌دست آمده و در روش ترکیبی نسبت به دو روش قبلی به‌دلیل اعمال هم بخش فاز و هم اندازه کوهرنس و بکار بردن ترم تصحیحی بهبود داشته است. مقدار اپسیلون در این رابطه ۰/۴ در نظر گرفته شده است زیرا در حالتی که میرایی صفر است مقدار ۰/۵ بهترین مقدار برای ε است و این مسئله بدان دلیل است که محل مرکز فاز ارتفاع حجمی مربوط به ترم اول از وسط تا نوک درخت می‌تواند تغییر کند در حالتی که میرایی صفر است محل مرکز فاز جهت تخمین ارتفاع حجمی در نصف ارتفاع درخت قرار می‌گیرد. پس ضریب ۰/۵ بهترین مقدار برای این حالت است، در نقطه مقابل وقتی که میرایی بی نهایت است محل مرکز فاز به گونه‌ای است که کل ارتفاع درخت را تخمین می‌زند پس ضریب ε برابر صفر، بهترین مقدار برای این حالت می‌باشد. با توجه به این مسئله برای جنگل‌های با ساختارهای مختلف و چگالی‌های مختلف مقدار متوسط ۰/۴ پیشنهاد شده است.

رابطه (۹)

$$h_v = \frac{\arg(\gamma_{w_v}) - \hat{\varphi}}{k_z} + \varepsilon \frac{2\sin c^{-1}(|\tilde{\gamma}_{w_v}|)}{k_z}$$

$$\hat{\varphi} = \arg(\tilde{\gamma}_{w_v} - \tilde{\gamma}_{w_s}(1 - L_{w_s}))$$

$$AL_{w_s}{}^2 + BL_{w_s} + C = 0 \Rightarrow L_{w_s} = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$A = |\gamma_{w_s}|^2 - 1, B = 2\,\mathrm{Re}((\tilde{\gamma}_{w_v} - \tilde{\gamma}_{w_s})\tilde{\gamma}_{w_s}{}^*)$$

$$C = |\tilde{\gamma}_{w_v} - \tilde{\gamma}_{w_S}|^2$$

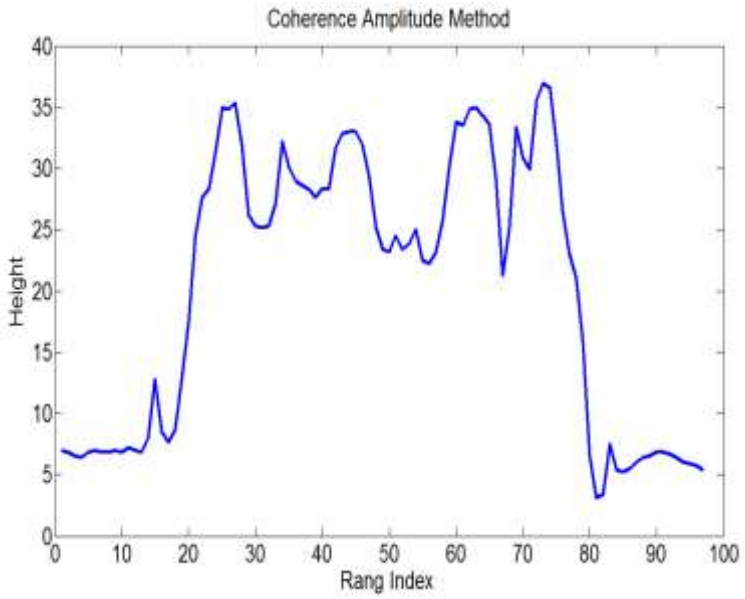
در این رابطه K_z عدد موج عمودی، φ فاز زمینی و γ_{w_v} همبستگی حجمی می‌باشد.

جدول ۲: مقایسه عددی روش‌های مختلف تخمین ارتفاع(کوهرنس HV به عنوان کوهرنس حجمی و کوهرنس HH-VV به عنوان کوهرنس سطحی)

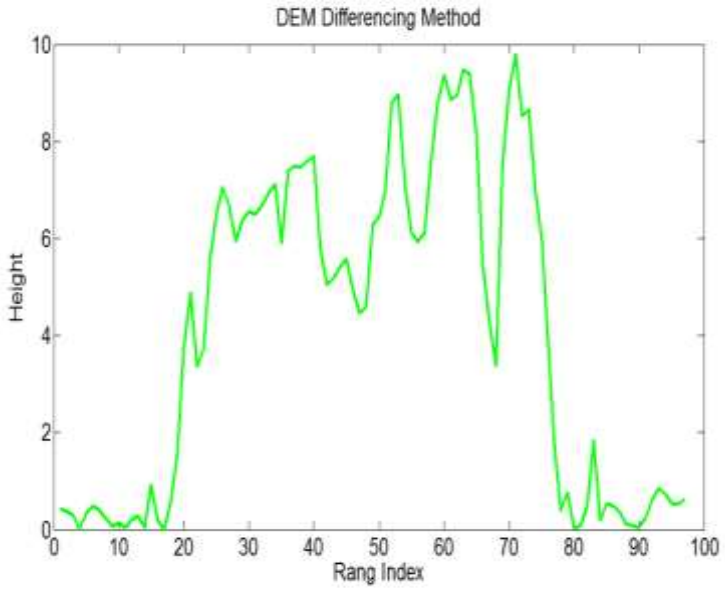
روش تفاضلی مدل رقومی	روش اندازه کوهرنس	روش ترکیبی
۶/۳۶ (بر حسب متر)	۲۸/۵۷ (بر حسب متر)	۱۸/۳۵ (بر حسب متر)

www.SID.ir

Archive of SID



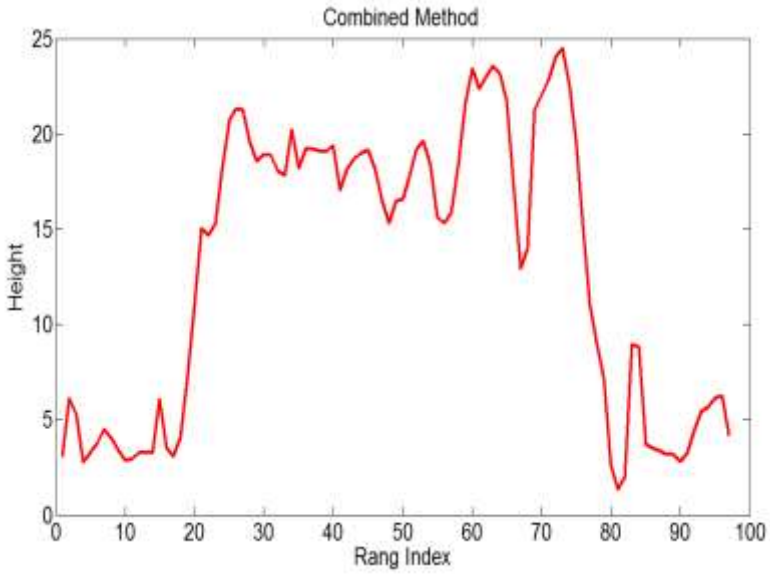
شکل ۲: تخمین ارتفاع با روش اندازه کوهرنس(کوهرنس HV به عنوان کوهرنس حجمی و کوهرنس HH-VV به عنوان کوهرنس سطحی



شکل ۳: تخمین ارتفاع با روش تفاضلی مدل رقومی(کوهرنس HV به عنوان کوهرنس حجمی و کوهرنس HH-VV به عنوان کوهرنس سطحی)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴: تخمین ارتفاع با روش ترکیبی(کوهرنس HV به‌عنوان کوهرنس حجمی و کوهرنس HH-VV به عنوان کوهرنس سطحی)

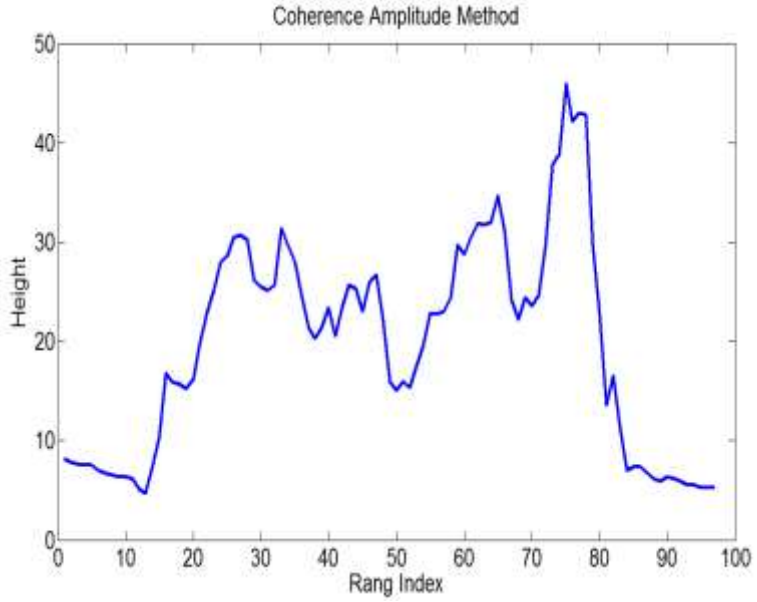
در روش دوم در تخمین کوهرنس به‌منظور تخمین ارتفاع، از روش تنوع فاز استفاده شده است. کوهرنس‌های تخمین زده شده به عنوان ورودی تخمین ارتفاع قرار گرفته‌اند نتایج حاصل از این روش در شکل‌های (۵، ۶ و ۷) نشان داده شده است. مقادیر عددی متوسط ارتفاعات تخمین زده شده با این سه روش تخمین ارتفاع در جدول (۳) آورده شده است. همانطور که در نتایج ملاحظه می‌شود با تخمین کوهرنس به روش تنوع فاز و به‌کار بردن کوهرنس‌های به‌دست آمده در تخمین ارتفاع به روش مدل تقاضلی رقومی، مقادیر ارتفاعات بدست آمده کمتر از مقدار واقعی‌شان می‌باشند ولی نسبت به روش اول که بهینه‌سازی کوهرنس در آن صورت نگرفته است بهبود داشته‌اند. روش تنوع فاز یک روش بهینه‌سازی فازی است و روی مقادیر ارتفاعات تخمین زده شده به روش اندازه کوهرنس که فقط اطلاعات دامنه کوهرنس را شامل می‌شود تأثیری نگذاشته است.

جدول ۳: مقایسه عددی روش‌های مختلف تخمین ارتفاع(روش تنوع فاز)

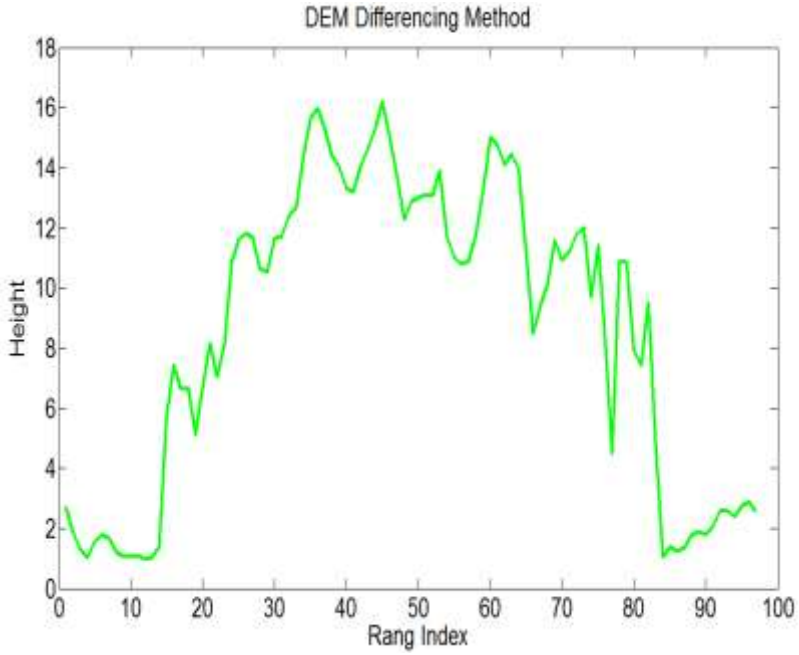
روش تفاضلی مدل رقومی	روش اندازه کوهرنس	روش ترکیبی
۱۲/۰۵ (بر حسب متر)	۲۶/۶۵ (بر حسب متر)	۲۴/۲۶ (بر حسب متر)

www.SID.ir

Archive of SID



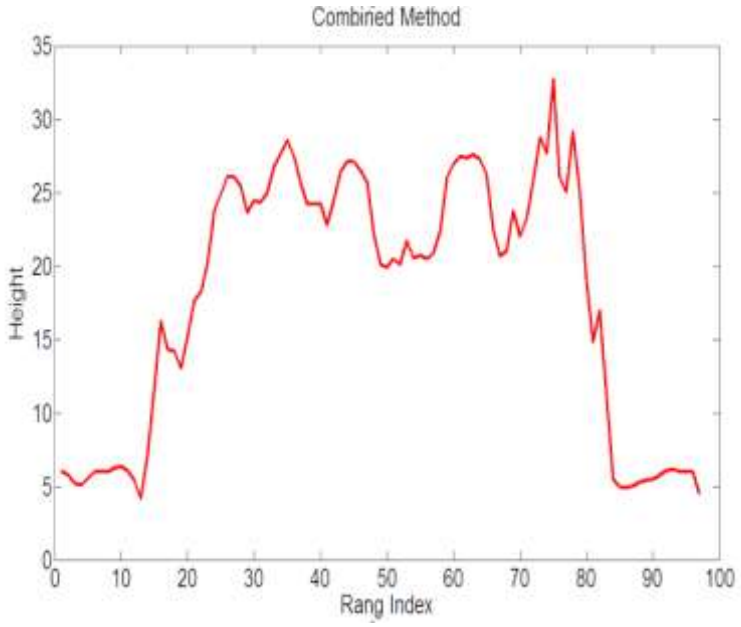
شکل ۵: تخمین ارتفاع با روش اندازه کوهرنس(روش تنوع فاز)



شکل ۶: تخمین ارتفاع با روش تفاضلی مدل رقومی(روش تنوع فاز)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷: تخمین ارتفاع با روش ترکیبی(روش تنوع فاز)

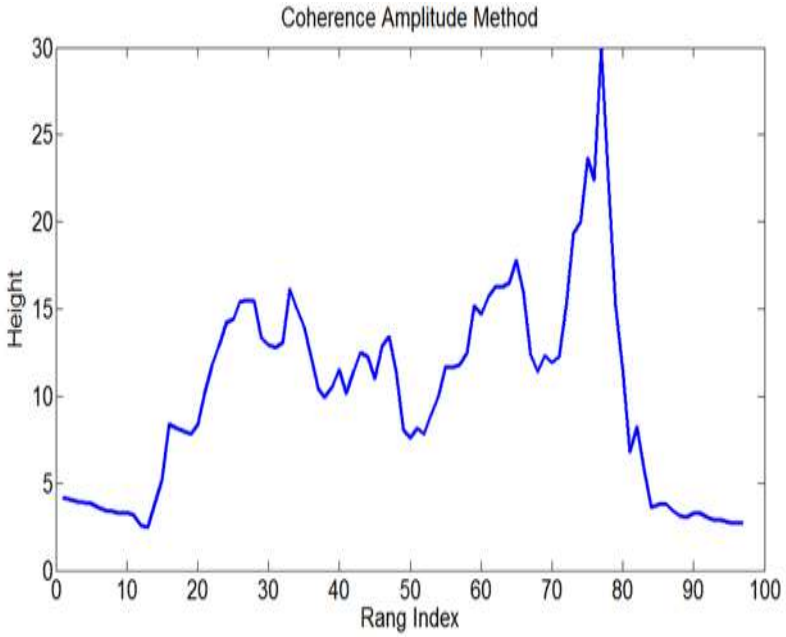
در روش سوم در تخمین کوهرنس به‌منظور تخمین ارتفاع، از روش شعاع عددی استفاده شده است. کوهرنس‌های تخمین زده شده به‌عنوان ورودی تخمین ارتفاع قرار گرفته‌اند نتایج حاصل از این روش در شکل‌های (۸، ۹ و ۱۰) نشان داده شده است. مقادیر عددی متوسط ارتفاعات تخمین زده شده با این سه روش تخمین ارتفاع در جدول (۴) آورده شده است. همانطور که در نتایج ملاحظه می‌شود با تخمین کوهرنس به روش شعاع عددی و به‌کار بردن کوهرنس‌های به‌دست آمده در تخمین ارتفاع به روش مدل تقاضلی رقومی، مقادیر ارتفاعات بدست آمده کمتر از مقدار واقعی‌شان می‌باشند ولی نسبت به دو روش قبلی بهبود داشته‌اند. تخمین ارتفاع به روش ترکیبی نیز نسبت به دو روش قبلی بهتر شده است. این روش نتایج را به میزان قابل توجهی بهبود می‌دهد این روش تک مکانیزم اگرچه روند محاسباتی سنگینی دارد ولی در بهبود نتایج بسیار مؤثر است.

جدول ۴: مقایسه عددی روش‌های مختلف تخمین ارتفاع(روش شعاع عددی)

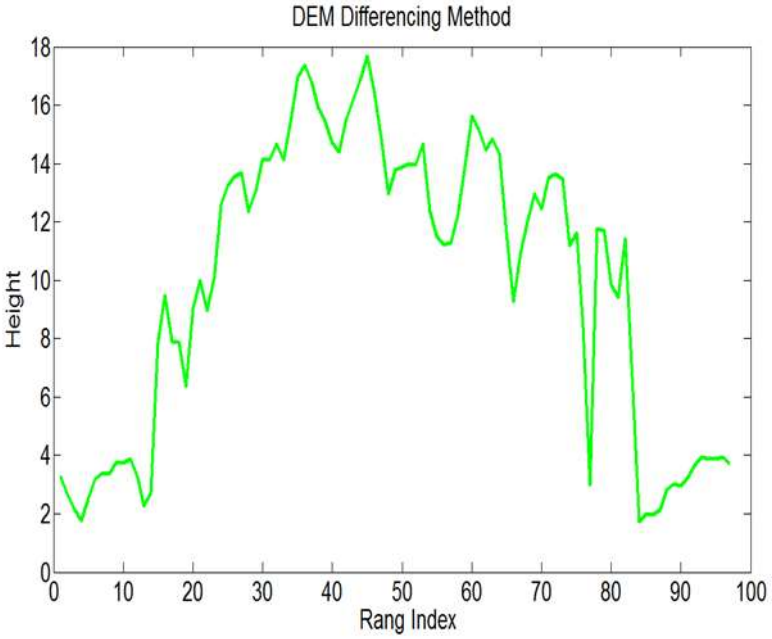
روش تفاضلی مدل رقومی	روش اندازه کوهرنس	روش ترکیبی
۱۳/۲۶ (بر حسب متر)	۱۴/۶۶ (بر حسب متر)	۱۸/۷۳ (بر حسب متر)

www.SID.ir

Archive of SID



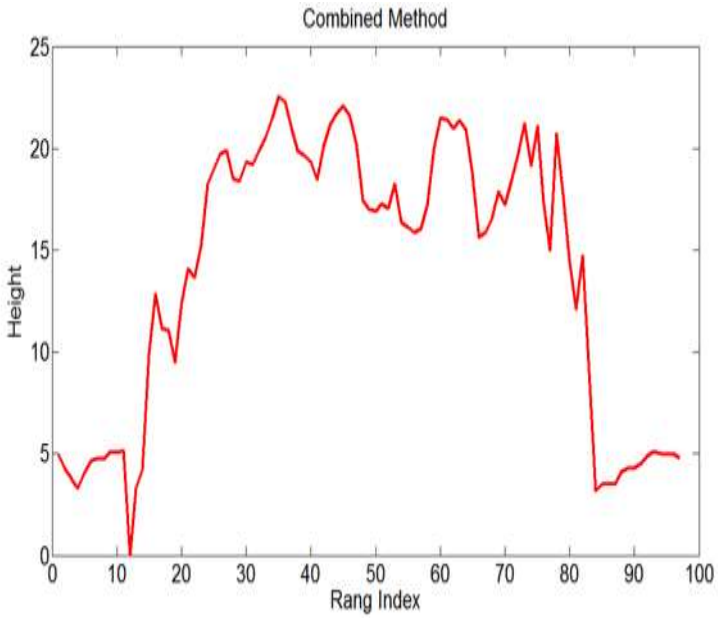
شکل ۸: تخمین ارتفاع با روش اندازه کوهرنس(روش شعاع عددی)



شکل ۹: تخمین ارتفاع با روش تفاضلی مدل رقومی(روش شعاع عددی)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰: تخمین ارتفاع با روش ترکیبی(روش شعاع عددی)

۵- نتیجه گیری

یکـــــی از پارامترهـــــای اساســـــی و مهـــــم در بهبـــود تخمـــین ارتفـــاع، کـــوهرنس مـــی‌باشـــد. نتـــایج حاصـــل از تخمـــین ارتفـــاع بـــا فـــرض آنکـــه نســـبت پـــراکنش زمینـــی بـــه حجمـــی در کانـــال HV صـفر اسـت و در کانـال HH-VV مـاکزیمم مـی‌باشـد از دقت مطلـوب برخـوردار نبـوده و باعـث ایجـاد خطـا مـــی‌شـــود. اســـتفاده از بهینـــه‌ســـازی کـــوهرنس می‌تواند باعث بهبود تخمین ارتفاع شود. در ایـن مقالـه از داده‌هـــای شـــبیه‌ســـازی شـــده در بانـــد P بـــرای تخمـــین کـــوهرنس اســـتفاده شـــده و کـــوهرنس‌هـــای حاصـــل ورودی بـــه تخمـــین ارتفـــاع به سه روش تفاضلی مـدل رقـومی، انـدازه کـوهرنس و ترکیبـی قـرار گرفتنـد. روش‌هـای تخمـین کـوهرنس اسـتفاده شـده، روش‌هـا تنـوع فـاز و شـعاع عـددی می‌باشند که تک مکانیزم هستند و دلیل آن اسـتفاده از داده‌هـــای شـــبیه‌ســـازی شـــده مـــی‌باشـــد کـــه عدم همبستگی زمانی در آن هـا اتفـاق نیفتـاده اسـت. روش تنوع فاز از آنجا کـه یـک روش بهینـه‌سـازی فـاز است بر روی تخمین ارتفـاع بـه روش انـدازه کـوهرنس تـأثیری نداشـته ولـی باعـث بهبـود تخمـین ارتفـاع بـــه روش مـــدل رقـــومی زمـــین شـــده اســـت. روش شعاع عددی کـه یـک روش تـک مکـانیزم اسـت اگر چه روند محاسباتی سـنگینی دارد و زمـانبر اسـت، ولی نتایج را به میزان قابل توجهی بهبود داده است.

مراجع

[1] K. P. Papathanassiou and S. R. Cloude, "Single-baseline polarimetric SAR interferometry," Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, vol. 39, pp. 2352-2363, 2001.

[2] S. R. Cloude and K. P. Papathanassiou, "Polarimetric SAR interferometry," Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, vol. 36, pp. 1551-1565, 1998.

[3] L. Sagues, J. M. Lopez-Sanchez, J. Fortuny, X. Fabregas, A. Broquetas, and A. J. Sieber, "Indoor experiments on polarimetric SAR interferometry," Geoscience and Remote

www.SID.ir

Archive of SID

Sensing, IEEE Transactions on, vol. 38, pp. 671-684, 2000.

[4] L. Pipia, X. Fabregas, A. Aguasca, C. Lopez-Martinez, and J. J. Mallorquí, "Polarimetric coherence optimization for interferometric differential applications," in Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2009 IEEE International, IGARSS 2009, 2009, pp. V-146-V-149.

[5] M. Qong, "Coherence optimization using the polarization state conformation in PolInSAR," Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE, vol. 2, pp. 301-305, 2005.

[6] E. Colin, C. Titin-Schnaider, and W. Tabbara, "An interferometric coherence optimization method in radar polarimetry for high-resolution imagery," Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, vol. 44, pp. 167-175, 2006.

[7] R. T. Fomena and S. R. Cloude, "On the role of coherence optimization in polarimetric SAR interferometry," In practice, vol. 22, p. 9, 2005.

[8] M. Tabb, J. Orrey, T. Flynn, and R. Carande, "Phase diversity: a decomposition for vegetation parameter estimation using polarimetric SAR interferometry," in Proc. EUSAR, 2002, pp. 721-724.

[9] H. Yamada, Y. Yamaguchi, E. Rodriguez, Y. Kim, and W. Boerner, "Polarimetric SAR interferometry for forest canopy analysis by using the super-resolution method," in Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2001. IGARSS'01. IEEE 2001 International, 2001, pp. 1101-1103.

www.SID.ir

Archive of SID

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.4, No.3, Autumn 2016

Effectiveness of Coherence optimization on improvement of height estimation using PolInSAR techniques

Seyede Samira Hosseini[*1], Hamid Ebadi[2],Yasser Maghsoudi[3]

1- PhD student of photogrammetry, College of Engineering, K.N.T.University of technology.
2- Professor, College of Engineering, K.N.T.University of technology.
3- Assisstant professor, College of Engineering, K.N.T.University of technology.

Abstract

Biomass estimation plays an important role in the investigation of climate changes and global warming on terrestrial ecosystems. In recent years, related researches show PolInSAR techniques can significantly improve biomass estimation. Tree height can be estimated using PolInSAR techniques which by using that, the tree's biomass can also be estimated. It is known that coherence optimization has an effective role on improvement of tree height estimation using PolInSAR. In this paper, various tree height estimation methods, such as coherence amplitude inversion algorithms, DEM differentiating, and combined methods are validated and compared using simulated data. Coherence optimization methods which are applied in these algorithms are numerical radius and phase diversity coherence optimization algorithms were estimated respectively. According to the fact that phase diversity algorithm was a phase based method, it didn't have significant effect on improvement of tree height using coherence amplitude algorithm. However, improvement of tree height estimation by DEM differentiating method is obvious. In comparison to the previous method, although numerical radius method is time consuming and has a complicated process but it improves tree height estimation in great deals.

Key words: PolInSAR, Coherence Optimization, Height Estimation, Inversion Algorithms

Correspondence Address No.1346 Vali-Asr Street, Mirdamad Crossing, Photogrammetry & Remote Sensing Dept, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran.
Tel : +98 88779473-4.
Email: shosseini@mail.kntu.ac.ir

www.SID.ir