ارائه روشی نوین برای بهبود دقت بازسازی داده حالت پلاریمتری کامل از روی داده حالت پلاریمتری دو دایروی سارا قدس^۱، سید وهاب شجاع الدینی*^۲، یاسر مقصودی^۳ ^۱دانشجوی دکتری مخابرات سیستم - پژوهشکده برق و فناوری اطلاعات - سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران s.ghods@irost.ir ^۲ استادیار پژوهشکده برق و فناوری اطلاعات - سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران shojadini@irost.ir

(تاریخ دریافت دی ۱۳۹۴، تاریخ تصویب اردیبهشت ۱۳۹۵)

چکیدہ

علیرغم این که داده حالت پلاریمتری کامل اطلاعات بسیار خوبی از اهداف زمینی فراهم می آورد، مشکلاتی از قبیل کافی نبودن عرض پوشش دهی برای اهداف نظارتی و بالا بودن توان ارسالی، حجم داده، هزینه و پیچیدگی سیستم، پژوهشگران این حوزه را به سمت استفاده از حالت پلاریمتری فشرده سوق داد. در این حالت با سعی بر اینکه اطلاعات دریافتی تا حد ممکن به اطلاعات حالت پلاریمتری کامل نزدیک باشد، مشکلات حالت پلاریمتری کامل مرتفع می گردد. با توجه به کاستی هایی که در مقالات پیشین برای تبیین روش بازسازی داده حالت کامل از روی داده حالت فشرده دو دایروی وجود دارد، در این مقاله این روش به طور مبسوط تشریح می شود و فرضیات مطرح شده در این روش مورد بررسی قرار می گیرد و نقاط ضعف هریک با استفاده از نتایج تجربی روشن خواهد شد. برای بازسازی داده حالت کامل از داده حالت فشرده دو دایروی دو فرضیه تقریبی در نظر گرفته می شود که این دو موجب کم شدن دقت فرضیات مطرح شده در این روش مورد بررسی قرار می گیرد و نقاط ضعف هریک با استفاده از نتایج تجربی روشن خواهد شد. برای بازسازی داده حالت کامل از داده حالت فشرده دو دایروی دو فرضیه تقریبی در نظر گرفته می شود که این دو موجب کم شدن دقت میرکز اصلی بر روی نواحی شهری و مناطق با پوشش گیاهی قرار داده شده است و فرضیه ای ارائه می شود که نسبت به فرضیات پیشین تمرکز اصلی بر روی نواحی شهری و مناطق با پوشش گیاهی قرار داده شده است و فرضیه ای ارائه می شود که نسبت به فرضیات پیشین دقیقتر بوده و در نتیجه دقت بازسازی را بالا می برد. با استفاده از داده های مربوط به سنجنده RADARSAT دقت فرضیات و روش

واژگان کلیدی: رادار با روزنه ترکیبی، پلاریمتری حالت کامل، پلاریمتری حالت فشرده، حالت دو دایروی، سنجنده RADARSAT-2.

[&]quot; نویسنده رابط

۱– مقدمه

امروزه تصویر برداری پلاریمتریک با استفاده رادارهای روزنه تركيبى روشى توسعه يافته براى بدست آوردن اطلاعات سنجش از دور برای سطح زمین می باشد. در حالت تصویر برداری پلاریمتری کامل (FP) دو موج الكترومغناطيسي با پلاريزاسيونهاي متعامد در دو پالس متوالی ارسال می گردند و بازپراکنش هر یک از آنها توسط دو آنتن گیرنده با دو نوع پلاریزاسیون عمود بر هم دریافت می گردد. در این سیستمها بدلیل ارسال دو موج برای هر هدف، توان ارسالی، فرکانس تکرار پالس و حجم دیتای ذخیره شده دو برابر حالتیست که تنها یک موج ارسال می گردد. همچنین عرض ناحیه پوشش دهی کمتر بوده و پیچیدگی و هزینه سیستم بیشتر می باشد. بنابراین در سال های اخیر پژوهشگران این حوزه به حالت پلاریمتری فشرده (CP)^۲ روی آورده اند [۴–۱]. در حالت پلاریمتری فشرده به جای ارسال دو موج یک موج با پلاریزاسیون خاص فرستاده می شود و در گیرنده نیز دو آنتن با پلاریزاسیون های عمود برهم پاسخ آن را دریافت می کنند. سه کاندیدا برای حالت پلاریمتری فشرده مطرح می باشد که در اولی ارسال بصورت پلاریزاسیون خطی ۴۵ درجه و دریافت به صورت پلاریزاسیون عمودی و افقی میباشد. در دومی ارسال دایروی راستگرد و دریافت دایروی راستگرد و چپگرد می باشد و در سومی ارسال دایروی و دریافت عمودی و افقی میباشد. این سه حالت به ترتیب ۴۵ درجه ($\pi/4$)، دودایروی (DCP) و ارسال دایروی دریافت خطی (CTLR)^۴ نامیده می شوند. با استفاده از حالت CP مشكلات مربوط به حالت FP مرتفع مى شود ولى اطلاعات نسبت به حالت FP كمتر مى باشد. هم اکنون ماهواره RISAT-1 مربوط به کشور هند که در سال ۲۰۱۲ پرتاب گردید و همچنین ماهواره ALOS-2 مربوط به کشور ژاپن که در سال ۲۰۱۴ به فضا پرتاب شد مجهز به سیستم پلاریمتری فشرده راداری هستند. در سالهای اخیر با ظهور پروژههای ماهوارهای نظیر-SAO COM مربوط به کشور آرژانتین، RADARSAT مربوط به کشور کانادا و NISAR مربوط به کشور هند که قرار است

ارائه روشی نوین برای بهبود دقت بازسازی داده حالت پلاریمتری کامل.

در آنها از سیستمهای پلاریمتریک فشرده استفاده گردد، تجزیه تحلیل و ارائه روشهایی جهت بدست آوردن اطلاعاتی نزدیک به اطلاعات حالت پلاریمتری کامل از دادههای پلاریمتری فشرده بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۱۲–۵].

در ابتدای مطرح شدن مفهوم پلاریمتری فشرده، Souyris در [۱] با در نظر گرفتن ۲ فرضیه تقریبی، یکی بر مبنای تقارن نسبت به صفحه گذرنده از خط دید رادار و دیگری برون یابی رابطه بین کوهرنس خطی و نسبت پلاریزاسیون متقابل روشی ارائه کرد که با استفاده از آن می توان مولفه های ماتریس کواریانس حالت FP را از روی داده $\pi/4$ بازسازی نمود یا به عبارتی ماتریس شبه تمام پلاریمتریک (PQ)^۵ را از روی داده CP بدست آورد. بازسازی داده PQ از روی داده CP این مزیت را فراهم می نماید که بتوان از روش ها و کاربردهای ارائه شده برای داده FP برای داده های CP نیز استفاده نمود. در [۲] این روش برای داده DCP بسط داده شد. در فرضیه دوم روش Souyris كوهرنس خطى و نسبت پلاريزاسيون متقابل با پارامتر N به یکدیگر مربوط می شوند [۱]. با توجه به این که این فرضیه تقریبی می باشد، نتایج حاصل از آن دارای خطا می باشند و هر چه این فرضیه دقیقتر شود نتایج بازسازی بهبود پیدا می کنند. در [۴] دقت روش Souyris برای کاندیداهای مختلف CP مورد بررسی قرار گرفت و فرضيه مربوط به مقدار N اصلاح گشت و با اصلاح اين فرضیه نشان داده شد که دقت بازسازی بالا می رود. در سال های اخیر در مقالات [۱۳ و ۱۴] روش هایی جهت بهبود الگوریتم بازسازی داده FP از روی داده CTLR برای کاربردهای دریایی ارائه شدند که در آن ها نیز با اصلاح مقدار اولیه و رابطه مربوط به N دقت بازسازی برای نواحی اقیانوسی و دریا بیشتر شده است.

با توجه به اینکه مطالعات برای بازسازی داده حالت فشرده DCP، اندک بوده اند و مقاله [۲] دارای اشکالاتی می باشد همچنین حالت DCP در مقاله [۴] نیز به صورت تلویحی اشاره شده است و به صورت کامل تشریح نشده است، در این مقاله روش بدست آوردن داده PQ از روی داده DCP به طور مفصل تشریح می گردد و دقت فرضیات مطرح شده در روش های پیشین برای بدست آوردن داده PQ مورد

۱ Full polarimetry

Y Compact Polarimetry

[&]quot; Dual Circular Polarisation

٤ Circular Transmit Linear Receive

[°] Pseudo_Quad

نشریه علمی – پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره ششم، شماره ۱، شهریور ماه ۲۹۵

$$S = \begin{bmatrix} S_{HH} & S_{HV} \\ S_{VH} & S_{VV} \end{bmatrix}$$
(1)

که در آن S نشان دهنده ضریب پراکندگی می باشد که از تصاویر پلاریمتریک استخراج می شود و H و V به ترتیب پلاریزاسیونهای خطی افقی و عمودی را نشان می دهند و به طور مثال S_{HV} نمایشگر ضریب پراکندگی مربوط به ارسال موج با پلاریزاسیون افقی و دریافت عمودی می باشد. اگر فرستنده و گیرنده بر روی یک سنجنده نصب شده باشند و با فرض محیط با خاصیت متقابل ^۱ خواهیم داشت:

$$S_{\rm HV} = S_{\rm VH} \tag{7}$$

به منظور بدست آوردن اطلاعات مربوط به همبستگی بین نقاط مختلف همجوار در تصاویر و بدست آوردن مشخصههای آماری مرتبه دوم ماتریس پراکندگی را به صورت برداری تبدیل کرده و با میانگین گیری بر روی نقاط مجاور ماتریس کواریانس تشکیل می گردد.

$$\mathbf{k}_{\mathrm{FP}} = \begin{bmatrix} S_{\mathrm{HH}} & \sqrt{2} S_{\mathrm{HV}} & S_{\mathrm{VV}} \end{bmatrix}^{\mathrm{T}} \tag{(7)}$$

$$\begin{split} & \mathsf{C}_{\mathsf{FP}} = < k.\,\mathsf{k}^{*\mathsf{T}} > = \\ & < \begin{bmatrix} |\mathsf{S}_{\mathsf{HH}}|^2 & \sqrt{2}(\mathsf{S}_{\mathsf{HH}}.\,\mathsf{S}_{\mathsf{HV}}^*) & \mathsf{S}_{\mathsf{HH}}.\,\mathsf{S}_{\mathsf{VV}}^* \\ \sqrt{2}(\mathsf{S}_{\mathsf{HV}}^*.\,\mathsf{S}_{\mathsf{HH}}^*) & 2|\mathsf{S}_{\mathsf{HV}}|^2 & \sqrt{2}(\mathsf{S}_{\mathsf{HV}}.\,\mathsf{S}_{\mathsf{VV}}^*) \\ \mathsf{S}_{\mathsf{VV}}.\,\mathsf{S}_{\mathsf{HH}}^* & \sqrt{2}(\mathsf{S}_{\mathsf{VV}}.\,\mathsf{S}_{\mathsf{HV}}^*) & |\mathsf{S}_{\mathsf{VV}}|^2 \end{bmatrix} > \end{split}$$
(*)

T-T- پلاریمتری فشرده در حالت DCP

اگر موجی با پلاریزاسیون دایروی راستگرد ارسال گردد پاسخ اهداف تحت تابش از ضرب ماتریس پراکندگی در بردار جونز یکه دایروی راستگرد بدست می آیند [۱۵].

$$\begin{aligned} k_{CTLR} &= S. \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ -i \end{pmatrix} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} [S_{HH} - iS_{HV} - iS_{VV} \\ &+ S_{HV}]^T \end{aligned} \tag{(a)}$$

که در آن ^۲CTLR مخفف ارسال دایروی و دریافت خطی خطی می باشد. بنابراین برای بدست آوردن بردار هدف برای داده دو دایروی فشرده که موج الکترومغناطیسی با

بررسی قرار می گیرد. با توجه به اینکه در مقالات [۱۳ و ۱۴] روش هایی جهت بالابردن دقت بازسازی داده FP در نواحی اقیانوسی و دریا ارائه شده است، در این پژوهش بر روی بازسازی داده PQ در نواحی شهری و نواحی با پوشش گیاهی تمرکز شده است. با بررسی پارامتر N و نسبت پلاریزاسیون متقابل (R) در این نواحی همبستگی زیادی بین این دو پارامتر مشاهده می گردد. اگر همبستگی بین دو پارامتر زیاد باشد می توان با استفاده از روش های رگرسیون یکی را از روی دیگری با دقت خوبی بدست آورد. بنابراین در این مقاله رابطه بین پارامترهای N و R با استفاده از رگرسیون غیر خطى به روش كمينه كردن مربعات خطا بدست آمده است و نشان داده می شودکه مدل کسری که در آن صورت و مخرج به صورت چند جمله ای درجه ۱ از R هستند مدلی مناسب جهت تخمين پارامتر N مي باشد. در نتيجه رابطه مربوط به فرضیه N در نواحی شهری و پوشش گیاهی اصلاح می گردد. با توجه به بهتر بودن دقت رابطه اصلاح شده نسبت به فرضيات پيشين، انتظار مي رود كه دقت الگوريتم بازسازي داده FP نیز بالا برود که با استفاده از داده های مربوط به سنجنده RADARSAT-2 برتری دقت این روش نسبت به روش های پیشین نشان داده خواهد شد.

در این مقاله در بخش ۲ مبانی نظری مورد نیاز برای این پژوهش به صورت اجمالی آورده شده است. روش بدست آوردن داده PQ از روی داده DCP در بخش ۳ به طور مفصل تشریح می گردد. در بخش ۴ روش پیشنهادی جهت بازسازی داده FP از روی داده PCD برای نواحی شهری و نواحی با پوشش گیاهی ارائه می شود و در بخش ۵ با استفاده از داده های مربوط به سنجنده ۲-2 RADARSAT دوش های پیشین و مدل پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته و مقایسه می گردند و برتری دقت مدل پیشنهادی برای بازسازی داده FP نشان داده خواهد شد و بالاخره در بخش ۶ خلاصه ای از کارهای انجام گرفته در این مقاله ارائه شده و نتیجه گیری خواهد شد.

۲- مبانی نظری

۲-۱- پلاریمتری حالت کامل

در سیستم های راداری سنجش از دور در حالت پلاریمتری کامل، دو پالس الکترومغناطیسی با پلاریزاسیون متعامد یکی پس از دیگری به اهداف زمینی تابیده شده و

۱ Reciprocity

^Y Circular Transmit Linear Receive

که در آن R و L به ترتیب پلاریزاسیونهای دایروی راستگرد و چپگرد را نشان میدهند. ماتریس کواریانس برای داده دو دایروی فشرده به صورت معادله (۲) تشکیل می گردد. داده دو دایروی فشرده به صورت معادله (۲) تشکیل می گردد. C_{DCP} = $< k_{DCP} \cdot k_{DCP}^{*T} = \frac{1}{4} \Big[= \frac{|S_{HH} - S_{VV}|^2}{2} + \frac{|S_{HH} - S_{VV}|^2}{2} + \frac{|S_{HH} - S_{VV}|^2}{2} + \frac{|S_{HH} - S_{VV}|^2}{2} \Big]$ پلاریزاسیون دایروی راستگرد ارسال و با دو آنتن با پلاریزاسیون های دایروی راستگرد و چپگرد دریافت میشود، باید پایه های متعامد بردار هدف k_{CTLR} را از افقی-عمودی به راستگرد-چپگرد به صورت زیر تغییر دهیم:

$$k_{DCP}^{*T} \ge \frac{1}{4} \begin{bmatrix} <|S_{HH} - S_{VV}|^2 > & <(S_{HH} - S_{VV}).(S_{HH} + S_{VV})^* > \\ <(S_{HH} - S_{VV})^*.(S_{HH} + S_{VV}) > & <|S_{HH} + S_{VV}|^2 > \end{bmatrix} + \frac{1}{4} \begin{bmatrix} <4|S_{HV}|^2 > & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} + \frac{1}{4} \begin{bmatrix} -4Imag((S_{HH} - S_{VV}).S_{HV}^*) & -2i(S_{HH} + S_{VV})^*S_{HV} \\ 2i(S_{HH} + S_{VV})S_{HV}^* & 0 \end{bmatrix}.$$
(Y)

$$C_{DCP} = \langle k_{DCP}, \dot{k}_{DCP}^{*T} \rangle = \begin{bmatrix} \langle |S_{HH}|^2 \rangle & \langle S_{HH}, S_{VV}^* \rangle \\ \langle S_{HH}^*, S_{VV} \rangle & \langle |S_{VV}|^2 \rangle \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \langle |S_{HV}|^2 \rangle & -\langle |S_{HV}|^2 \rangle \\ -\langle |S_{HV}|^2 \rangle & \langle |S_{HV}|^2 \rangle \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2Imag(\langle S_{HH}, S_{HV}^* \rangle) & -i(\langle S_{HH}, S_{HV}^* \rangle + \langle S_{VV}, S_{HV} \rangle) \\ i(\langle S_{HH}^*, S_{HV} \rangle + \langle S_{VV}, S_{HV}^* \rangle) & -2Imag(\langle S_{VV}, S_{HV}^* \rangle) \end{bmatrix}.$$
(9)

۳- پیشینه

DCP از سازی داده PQ از روی داده PCP

در مقاله [۲] که به طور خاص بازسازی داده PQ از روی داده DCP مورد نظر بوده است اشکالاتی وجود دارد^۱ و در مقاله بعدی [۴] که جهت تشریح و بررسی روش های بازسازی برای داده های CP ارائه شده است، بازسازی داده حالت DCP به صورت تلویحی اشاره شده و به طور کامل حللت DCP به صورت بازسازی در این بخش روش بازسازی داده PQ از روی داده DCP به طور کامل تبیین خواهد شد.

در بخش قبل بردار هدف داده DCP ارائه گردید که در مقالات [۲ و ۴] به درستی ارائه نشده است ولی حالت صحیح آن در مقاله [۱۶] ارائه شده است. برای بدست آوردن داده PQ از روی داده DCP بردار هدف جدیدی را به صورت زیر تعریف می نماییم:

و از روی آن ماتریس کواریانس را مطابق رابطه (۹) تعریف می کنیم.

مساله مورد نظر بدست آوردن ماتریس C_{FP} ازماتریس $\hat{C}_{DCP_{11}}$ می باشد⁷. ۴ مقدار معلوم وجود دارد: $\hat{C}_{DCP_{11}}$ و $\hat{C}_{DCP_{22}}$ و سومی $\hat{C}_{DCP_{22}}$ که دو مقدار اول حقیقی و سومی مختلط می باشد که شامل مقادیر حقیقی و موهومی می باشد. بدلیل اینکه $\hat{C}_{DCP_{12}}$ مزدوج $\hat{C}_{DCP_{12}}$ می باشد اطلاعات بیشتری بدست نمی دهد.

مجهولات مساله مقادیر حقیقی $< |S_{HH}| > e$ $< S_{VV}.S_{HV} > e$ مقادیر مختلط $< |S_{HV}| > <$ $< S_{VV}.S_{HV} > e$ مقادیر مختلط $< |S_{HV}| > <$ e $< S_{HH}.S_{HV} > e$ میباشند؛ یعنی q مجهول وجود دارد. برای حل مساله با معلوم و مجهول لازم است از فرضیاتی برای ساده سازی مساله و کم کردن مجهولات یا افزودن به معادلات استفاده نمود.

Souyris مدل –۱–۱–۳

برای حل مساله فوق فرضیه اول مطرح می شود که فرضیه تقارن حول خط دید رادار می باشد [۱]. در این صورت فرض می شود که ضرایب همفاز و فاز متقابل در ماتریس پراکندگی کاملا ناهمبسته هستند:

$$< S_{HH}. S_{HV}^{*} > = < S_{VV}. S_{HV}^{*} > = 0$$
 (1.)

۱ در مقاله [۲] روابط ۸ و ۱۰ و ۱۳ به ترتیب می بایست به صورت روابط ۷ و ۹ و ۲۱ این مقاله تصحیح گردند.

۲ در مقاله [۴] این ماتریس تعریف نشده است ولی روابط بازسازی برای این ماتریس ارائه شده است.

نشریه علمی – پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره ششم، شماره ۱۰ شهریور ماه ۲۹۵

Souyris با استفاده از درون یابی بین دو حالت فوق مقدار N را برابر ۴ در نظر گرفت و رابطه خطی زیر را پیشنهاد کرد:

$$\frac{\langle |S_{\rm HV}|^2 \rangle}{\langle |S_{\rm VV}|^2 \rangle + \langle |S_{\rm HH}|^2 \rangle} \approx \frac{1 - |\rho|}{4}$$
(1Y)

برای بدست آوردن $|S_{HV}| > 1$ با استفاده از رابطه فوق، مقادیر اولیه (۱۸) و (۱۹) برای کوهرنس خطی و $|S_{HV}| > 1$ در نظر گرفته می شود، که برای بدست آوردن مقدار اولیه ρ مقدار اولیه $0 = |S_{HV}| > 1$ در رابطه (۱۴) در نظر گرفته شده و ρ با استفاده از تعریف (۱۵) تبیین شده است. سپس از روی ρ بدست آمده مقدار $|S_{HV}| > 1$ زرابطه (۱۲) با قرار دادن مقادیر رابطه (۱۴) بدست آمده است.

$$\rho(0) = \frac{\hat{C}_{\text{DCP}_{12}}}{\sqrt{\hat{C}_{\text{DCP}_{11}} \cdot \hat{C}_{\text{DCP}_{22}}}}$$
(1A)

$$<|S_{\rm HV}|^{2} > (0)$$

$$= \frac{\hat{C}_{\rm DCP_{11}} + \hat{C}_{\rm DCP_{22}}}{2} \cdot \left(\frac{1 - |\rho(0)|}{3 - |\rho(0)|}\right)$$
(19)

$$\rho(i+1) = \frac{\hat{C}_{DCP_{12}} + \langle |S_{HV}|^2 \rangle (i)}{\sqrt{\left(\hat{C}_{DCP_{11}} - \langle |S_{HV}|^2 \rangle (i)\right) \cdot \left(\hat{C}_{DCP_{22}} - \langle |S_{HV}|^2 \rangle (i)\right)}}$$

Nord مدل -۲-۱-۳

در [۴] نشان داد که مدل ارائه شده در رابطه Nord در [۴] نشان داد که مدل ارائه شده در رابطه (۱۷) برای مناطقی که مکانیسم پراکندگی در آنها حجمی می باشد مناسبتر است و در حالت کلی از دقت خوبی برخوردار نیست. در حالت کلی رابطه زیر برقرار میباشد [۴]: برخوردار نیست. در حالت کلی رابطه زیر برقرار میاشد [۴]: (۴]: (۲۲) در (۲۲)

Nord نشان داد که حداقل برای داده مورد آزمایش آنها می توان از تساوی رابطه فوق با دقت خوبی استفاده کرد. بنابراین سومین ماتریس در رابطه (۹) برابر صفر در نظر گرفته می شود. برای اینکه چنین فرضی در مساله صدق کند می بایست روابط (۱۱) تا (۱۳) بر قرار باشند.

$$|2Imag(< S_{HH}, S_{HV}^{*} >)| \ll (< |S_{HH}|^{2} > + < |S_{HV}|^{2} >)$$
(11)

$$|2Imag(< S_{VV}, S_{HV}^{*} >)| \ll (< |S_{VV}|^{2} > + < |S_{HV}|^{2} >)$$
(17)

$$\begin{aligned} | < S_HH. S_HV^* *> + < S_VV^* *. S_HV > | & \\ |(< S_HH. S_VV^* *> - < |S_HV|^2 >)| \end{aligned} \tag{17}$$

پس از اعمال فرضیه تقارن حول خط دید رادار می توان ماتریس کواریانس بازسازی شده PQ را با مقایسه رابطه (۴) با رابطه (۹) در حالتی که در هر دو آن ها مقادیر مربوط به < S_{HH}.S_{HV}> و < Svv.S_{HV}> برابر صفر قرار داده شود به صورت معادله ۱۴ نوشت.

(14)

همان گونه که مشاهده میگردد در رابطه بالا با مشخص شدن مقدار $<|S_{HV}|>$ ماتریس شبه حالت کامل بدست خواهد آمد. با در نظر گرفتن فرضیه تقارن تعداد مجهولات به ۵ مجهول $<^2|S_{HH}|>$ و $<^2|S_{HV}|>$ و $<^2|V_{V}|>$ و $<S_{HH}.S_{V}>$ کاهش یافت و همچنان ۴ معادله وجود دارد. مساله فوق به یک معادله مستقل دیگر بین مجهولات نیازمند است. برای تامین چنین معادله ای در [۱] رابطه ای بین نسبت شدت مولفه با پلاریزاسیون متقابل به مجموع شدت های مولفه های همپلاریزه و اندازه کوهرنس خطی همپلاریزه، ρ ، پیشنهاد گردید:

$$\rho = \frac{}{\sqrt{<|S_{\rm HH}|^{2}><|S_{\rm VV}|^{2}>}} \tag{10}$$

در حالتی که موج دریافتی کاملا پلاریزه باشد روابط 0 =<2|S_{HV}|> و 1 = |q| صدق می کنند و در حالتی که موج دریافتی کاملا غیر پلاریزه باشد، روابط >≈<2|S_{VV}|> > <2|S_{HV}| > 2 ≈<2|S_H| و 0 = |q| برقرار هستند. بنابراین اگر برای هر نقطه تصویر رابطه (۱۶) را در نظر بگیریم:

 $\frac{|S_{\rm HV}|^2}{|S_{\rm VV}|^2 + |S_{\rm HH}|^2} = \frac{1 - |\rho|}{N}$ (19)

$$\frac{|S_{\rm HV}|^2}{|S_{\rm VV}|^2 + |S_{\rm HH}|^2} \approx \frac{1 - |\rho|}{\frac{|S_{\rm HH} - S_{\rm VV}|^2}{|S_{\rm HV}|^2}} \tag{(YF)}$$

بنابر این در فرضیه Nord مقدار N برابر
$$\frac{|S_{HH}-S_{VV}|^2}{|S_{HV}|^2}$$
قرار داده شد.

$$|S_{\rm HV}|^2(0) = 0 \tag{7\Delta}$$

$$\rho(0) = \frac{\hat{C}_{\text{DCP}_{12}}}{\sqrt{\hat{C}_{\text{DCP}_{11}} \cdot \hat{C}_{\text{DCP}_{22}}}}$$
(79)

روابط تكرار شونده:

$$\rho(i + 1)$$

$$=\frac{C_{\text{DCP}_{12}} + |S_{\text{HV}}|^{2}(i)}{\sqrt{(\acute{C}_{\text{DCP}_{11}} - |S_{\text{HV}}|^{2}(i)).(\acute{C}_{\text{DCP}_{22}} - |S_{\text{HV}}|^{2}(i))}}$$
(Y٩)

$$N(i+1) = \frac{|S_{HH} - S_{VV}|^{2}(i)}{|S_{HV}|^{2}(i)}.$$
 (\mathcal{V})

که رابطه (۳۰) در هر مرحله با استفاده از مقادیر بازسازی شده پارامترها در همان مرحله محاسبه می گردد.

۴- روش پیشنهادی

در سال های اخیر مقالات [۱۴–۱۳] برای بالا بردن دقت بازسازی داه PQ برای نواحی اقیانوس و دریا و کاربردهای مربوط به آن ارائه شده اند که در آنها فرضیات مربوط به مقدار N بهبود یافته و دقت بازسازی را بالا برده است. در این بخش مدلی جهت بالا بردن دقت تخمین پارامتر N برای نواحی شهری و مناطق با پوشش گیاهی به منظور بالا بردن دقت بازسازی داده FP در این نواحی ارائه می شود. نسبت توان مولفه های با پلاریزاسیون مخالف به

توان مولفه های همپلاریزه که در این نوشتار با R نشان داده خواهد شد، در پلاریمتری پارامتری مهم می باشد که مکانیسم پراکندگی اهداف را مشخص می نماید و به صورت زیر تعریف می گردد:

$$R = \frac{|S_{HV}|^2}{|S_{VV}|^2 + |S_{HH}|^2}.$$
 (71)

در [۱۴] نشان داده شده است که در نواحی اقیانوسی پارامترهای N و R دارای همبستگی زیادی می باشند و با استفاده از این همبستگی رابطه ای نمایی بین این دو یارامتر در نواحی اقیانوسی ارائه شده است. در این یژوهش پس از بررسی مقادیر R و N در نواحی شهری و مناطق با پوشش گیاهی این نتیجه حاصل گشت که در این مناطق همبستگی بین یارامترهای N و R حتی بیشتر از نواحی اقیانوسی می باشد. بنابراین با استفاده از روش های رگرسیون می توان مدل مناسبی جهت تخمین پارامتر N از روی R بدست آورد. برای بدست آوردن مدل مناسب، از رگرسیون غیر خطی به روش کمینه کردن مربعات خطا استفاده شد. در این روش مدل به صورت پارامتریک در نظر گرفته شده و مجموع مربعات خطای مدل به صورت پارامتریک بدست می آید. با صفر قرار دادن مشتقات نسبی مجموع مربعات خطا نسبت به هر کدام از پارامترهای مجهول، دستگاهی به تعداد مجهولات تشکیل می شود که با حل آن پارامترهای مدل به دست خواهند آمد [۱۷]. با توجه به اینکه روش پیشنهادی با استفاده از نتایج تجربی بدست می آید، در قسمت ۵–۳ به صورت مفصل شرح داده شده و نشان داده خواهد شد که مدل مناسب انتخابی به صورت زیر می باشد:

$$N = \frac{-2.76R + 0.9533}{R + 0.0054} \tag{77}$$

برای بدست آوردن داده PQ از روی داده DCP در روابط (۲۵) تا (۳۰) مقدار اولیه (N(0) با متوسط N بدست آمده در مناطق شهری و جنگلی که برای داده های مورد بررسی ۲۴ بوده است جایگزین شده و رابطه (۳۴) جایگزین رابطه (۳۰) می گردد. بنابراین خواهیم داشت:

$$N(0) = \overline{N} = 24 \tag{(\ensuremath{\mathfrak{T}}\$$

$$N(i+1) = \frac{-2.76R(i) + 0.9533}{R(i) + 0.0054}$$
(°°)

نشریه علمی – پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره ششم، شماره ۱۰ شهریور ماه ۲۹۵

۵- نتایج و بحث

در این بخش داده مورد مطالعه معرفی شده و سپس با استفاده آن روابط و روش های مربوط به بازسازی داده FP از روی داده DCP مورد بررسی قرار می گیرد. روش پیشنهادی به صورت تجربی تبیین می گردد و نسبت به روش های پیشین مورد مقایسه قرار خواهد گرفت.

۵-۱- داده مورد مطالعه

در این پژوهش از تصاویر مربوط به سنجنده RADARSAT2 در باند C استفاده شده است که در حالت پلاریمتری کامل گرفته شده اند. داده شهر سانفرانسیسکو به دلیل اینکه شامل مکانیسمهای مختلف پراکندگی از

جمله شهر، اقیانوس و جنگل می،اشد و تعداد نقاط تصویر تا حد مورد نیاز زیاد می،اشند، برای بدست آوردن مدلی عمومی مناسب است و در بسیاری از مقالات مرجع از این داده برای گرفتن نتیجه گیری کلی استفاده شده است. با این وجود برای بررسی درستی نتایج از تصاویر مربوط به شهر ونکور و فلولند نیز استفاده شده است. شکل ۱ تصاویر پاولی این داده ها را نشان میدهد. برای داده ها ابتدا ماتریس کوهرنسی با استفاده از نرم افزار ماتریس کوهرنسی با استفاده از نرم افزار افزار POLSARpro_v4.2.0 استخراج گردیده و سپس توسط نرم افزار شده است. برای شبیه سازیها از میانگین مکانی با طول و عرض ۲ استفاده شده است.



ونکور شکل۱- تصاویر پاولی مربوط به داده های مورد مطالعه

۵-۲- بررسی فرضیات روش های پیشین

۵–۲–۱– بررسی فرضیه تقارن نسبت به خط دید رادار

برای بررسی درستی فرضیه اول که تقارن حول خط دید رادار می باشد، باید روابط (۱۱) تا (۱۳) مورد بررسی قرار گیرند. بدین منظور نسبتهای (۳۵) تا (۳۷) تشکیل داده شده است.

$$\frac{|2Imag(< S_{HH}, S_{HV}^{*} >)|}{(< |S_{HH}|^{2} > + < |S_{HV}|^{2} >)}$$
(7 Δ)

$$\frac{|2Imag(< S_{VV}, S_{HV}^{*} >)|}{(<|S_{VV}|^{2} > + <|S_{HV}|^{2} >)}$$
(3.7)

$$\frac{|\langle S_{\rm HH}, S_{\rm HV}^* \rangle + \langle S_{\rm VV}^*, S_{\rm HV} \rangle|}{|\langle S_{\rm HH}, S_{\rm VV}^* \rangle - \langle |S_{\rm HV}|^2 \rangle)|}$$
(77)

مقادیر میانگین نسبتهای فوق بر مبنای تعداد نقاطی که به صورت مکانی میانگین گیری شده اند برای داده سانفرانسیکو در شکل ۲ نشان داده شده است. همان گونه که از شکل ۲ مشخص است با افزایش تعداد نقاط میانگین مکانی گرفته شده، نسبتهای (۳۵) تا (۳۷) کاهش یافته و برای رابطه (۱۱) تا (۱۳) بیشتر می شود. کمترین دقت در مورد داده سانفرانسیسکو در بهترین حالت به ۲۳/۰ و برای داده های فلولند و ونکور به ۲/۰ رسیده است. بنابراین روابط (۱۱) و (۱۲) که در آنها نسبت مورد نظر از ۱/۰ کمتر شده است قابل قبول می باشند ولی رابطه (۱۳) از دقت خوبی برخوردار نبوده و بازسازی را دچار خطا می نماید.



شکل۲- میانگین نسبتهای مربوط به شرط تقارن حل خط دید رادار برای داده DCP، به ازای تعداد نقاط میانگین گیری شده مکانی

5-۲-۲- بررسی فرضیه دوم مدل Souyris

برای بررسی درستی فرضیه دوم مدل Souyris دو طرف رابطه (۱۷) بر روی محور های عمودی و افقی نمایش داده شده و نمودار تجمع نقاط در شکل ۳ ترسیم شده است. در نمودار تجمع نقاط میل کردن طیف رنگی از سمت آبی پر رنگ به سمت قرمز نمایانگر افزایش لگاریتمی تعداد نقاط می باشد. هر چه تجمع نقاط به سمت خط مایل نشان داده شده در شکل که در واقع خط $\frac{|q|-1}{4} = \frac{<^{2}|y||_{Sly}|_{Sly}}{a}$ می باشد بیشتر باشد دقت رابطه پیشنهادی (۱۷) بیشتر می باشد بیشتر باشد دقت رابطه پیشنهادی (۱۷) بیشتر

تایید می گردد. همان گونه که مشاهده می گردد نقاط نسبت به خط مایل پراکندگی زیادی دارند. شکل ۴ نمودار تجمع نقاط را که به طور مجزا برای قسمتهای جنگل، شهر و اقیانوس داده سانفرانسیسکو تشکیل شده است نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می گردد تنها برای منطقه جنگل نقاط حول خط مایل جمع شدهاند هر چند که در این منطقه نیز پراکندگی و انحراف آنها از خط مایل زیاد می باشد. در مقاله [۴] نیز اشاره شده است که این مدل برای مناطق با پراکنش حجمی می تواند مناسب باشد.



شکل۳- بررسی دو طرف معادله فرضیه دوم Souyris نسبت به یکدیگر برای داده های مختلف (خط مایل برابری را نشان می دهد.)



شکل۴- بررسی دو طرف معادله فرضیه دوم Souyris نسبت به یکدیگر برای مناطق با مکانیسم های پراکندگی مختلف (خط مایل برابری مقادیر دو محور را نشان می دهد.)

Nord بررسی فرضیه دوم مدل Nord

رابطه (۲۳) بیانگر فرضیه Nord می باشد. برای بررسی دقت این فرضیه مشابه روشی که برای بررسی فرضیه Souyris انجام شد، دو طرف رابطه (۲۳) بر روی محورهای عمودی و افقی نشان داده می شود. شکل ۵ نمودارهای تجمع نقاط مربوطه را برای داده های مورد بررسی نشان میدهد. همان گونه که از شکل ۵ استنباط می شود

بیشترین تجمع نقاط نزدیک خط قطری می باشد ولی بسیاری از نقاط هستند که از این خط پراکندگی زیادی دارند و در نتیجه بازسازی را دچار خطا مینمایند. به منظور بررسی کمی دقت فرضیات مطرح شده جهت تخمین پارامتر N در بخش ۵-۴ ریشه میانگین مربعات خطای تخمین ها محاسبه شده و در جدول ۲ نشان داده شده است.



شکل۵- بررسی دو طرف معادله فرضیه دوم Nord نسبت به یکدیگر برای داده های مختلف (خط مایل برابری را نشان می دهد.)

۵-۳- فرضیه پیشنهادی

در شکل ۶ مقادیر پارامتر N نسبت به مقادیر مختلف پارامتر R در محدوده هایی از داده سانفرانسیسکو که مناطق شهری و جنگلی وجود دارند نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می گردد مقادیر N و R همبستگی زیادی دارند و از روی شکل ها می توان حدس زد که مدلهای توانی و نسبی میتوانند مدلهایی مناسب جهت تخمین مقدار N از روی R باشند.

از رگرسیون غیر خطی به روش کمینه کردن مربعات خطا برای بدست آوردن پارامترهای مدل ها استفاده شده است. همان گونه که در بخش ۴ گفته شد در این روش مدل به صورت پارامتریک در نظر گرفته شده و مجموع

مربعات خطای مدل به صورت پارامتریک بدست می آید. با صفر قرار دادن مشتقات نسبی مجموع مربعات خطا نسبت به هر کدام از پارامترهای مجهول، دستگاهی به تعداد مجهولات تشکیل می شود که با حل آن پارامترهای مدل به دست خواهند آمد [۱۷]. مدل های مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده اند که برای هر کدام مقادیر ^R2 و RMSE برای داده سانفرانسیسکو در منطقه ای که شامل شهر و جنگل می باشد محاسبه شده است. نتایج نشان دادند که با پیچیده تر شدن روابط و بالاتر رفتن درجه صورت و مخرج نه تنها دقت رگرسیون بالا نمی رود بلکه از آن کاسته نیز می گردد.



نوع مدل	مدل	\mathbb{R}^2	RMSE
مدل توان	$N = a. R^{b}$ $a = 1/\mathcal{S} \cdot \Lambda$ $b = - \cdot / \forall Y \cdot \forall$	• /YY¥Y	۹/۰۲۵
مدل کسری صورت ثابت و مخرج چند جمله ای درجه ۱	$N = \frac{a}{R+b}$ $a = \cdot / \lambda \Upsilon Y \Upsilon$ $b = \cdot / \cdot \cdot \Upsilon \Upsilon \Im$	۰/ ۷۹۶۱	۷/۸۳۶
مدل کسری صورت و مخرج چند جمله ای درجه ۱	$N = \frac{a \cdot R + b}{R + c}$ $a = -Y/V \mathcal{F}$ $b = \cdot / \Im \Delta Y \Upsilon$ $c = \cdot / \cdot \cdot \Delta f \wedge f$	• /Y٩ X Y	Υ/ΑΑ Ι
مدل کسری صورت چند جمله ای درجه ۱ و مخرج چند جمله ای درجه ۲	$N = \frac{a.R + b}{R^2 + c.R + d}$ $a = \wedge P \wedge Y$ $b = \Upsilon \vee \wedge Y \cdot$ $c = \pounds \cdot 9 \vee \cdot$ $d = \wedge \Delta \wedge \Delta \pounds$	• /YYXY	٨/٩۴۶

جدول ۱- مقادیر RMSE و ^R2 برای مدل های مختلف مناسب با همبستگی بین پارامترهای N و R (برای داده سانفرانسیکو)

با توجه به اینکه دو مدل کسری صورت ثابت، مخرج درجه ۱ و صورت و مخرج درجه ۱ عملکرد نزدیکی دارند، مقادیر R^2 و RMSE برای چندین محدوده شهر و جنگل دیگر برای داده های مختلف نیز آزمایش شدند و نتایج حاصل شده برتری مدل نسبی $\frac{a.R+b}{R+c} = N$ را از میان مدل های مورد بررسی نشان دادند. ضرایب بدست آمده به صورت زیر می باشند:

 $a = -\Upsilon/\Upsilon \mathcal{F} (-\Upsilon/\Lambda \mathcal{F}, -\Upsilon/\mathcal{F}\Lambda)$

 $b = \cdot/9 \Delta T T (\cdot/9 f 97, \cdot/9 \Delta Y \Delta)$

 $c=\cdot/\cdot\cdot\Delta$ FAF ($\cdot/\cdot\cdot\Delta$ FT9, $\cdot/\cdot\cdot\Delta\Delta$ FT)

مقادیری که داخل پرانتز آمده است فاصله اطمینان ۹۵٪ هریک از پارامترهای تخمین را نشان می دهد. برای اینکه تطابق این مدل برای داده های دیگر نیز نشان داده شود، شکل ۷ ارائه شده است که در آن بدلیل این که مدل پیشنهادی و داده واقعی از یکدیگر بهتر تشخیص داده

شوند داده واقعی به صورت تک رنگ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۷ مشاهده می گردد که مدل پیشنهادی برای هر سه داده مورد بررسی به خوبی تطبیق دارد.

۵–۴– مقایسه روش ها

برای بررسی دقت فرضیات مطرح شده مقدار RMSE مقادیر تخمین زده شده N در روش های پیشین و مدل پیشنهادی نسبت به مقدار واقعی N بدست آمده از داده FP برای دادههای مختلف در نواحی مختلف شهری و جنگلی محاسبه و در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۲ خطای ایجاد شده در تخمین N با استفاده از روش پیشنهادی کمترین میزان RMSE را ایجاد کرده است. بنابراین دقت فرضیه پیشنهادی نسبت به فرضیه های پیشین بیشتر می باشد.



شکل۷- بررسی تطبیق مدل پیشنهادی با مقادیر واقعی برای داده های مختلف

RMSE	سانفرانسيسكو	سانفرانسيسكو	سانفرانسيسكو	فلولند	ونكور
	شهر	جنگل	شهر و جنگل	شهر و جنگل	شهر و جنگل
مدل Souyris	41/02	٨/٢٢	۲۷/۷۰	18/48	TV/DV
مدل Nord	41/01	۵/۳۳	22/22	٩/۴۴	۲۵/۱۳
مدل پیشنهادی	17/18	۲/۹۰	٧/٨٨	٣/٧٠	۸/۳۵

جدول۲- مقادیر RMSE پارامتر N تخمین زده شده برای مدل های پیشین و مدل پیشنهادی

مورد مقایسه قرار گیرند، مقادیر میانگین و انحراف معیار خطای نسبی برای پارامترهای $|S_{HV}| = |S_{HA}| = |S_{VV}| = 0$ میانگین و انحراف معیار مطلق برای $|\eta|$ محاسبه شدند که در جدول ۳ ارائه شده اند. خطای نسبی برای پارامترهای $|S_{HV}| = |S_{HV}|$ $|S_{HV}| = |S_{VV}|$ به ترتیب به صورت زیر تعریف می گردند:

$$\left(|S_{HV}|^{2}_{FP} - |S_{HV}|^{2}_{PQ}\right) / |S_{HV}|^{2}_{FP}$$
 (*)

 $\left(|S_{HH}|^{2}_{FP} - |S_{HH}|^{2}_{PQ}\right) / |S_{HH}|^{2}_{FP}$ (^(†))

$$\left(|S_{VV}|^{2}_{FP} - |S_{VV}|^{2}_{PQ}\right) / |S_{VV}|^{2}_{FP}$$
([†]7)

با مقایسه مقادیر بدست آمده در جدول ۳ اینگونه استنباط می شود که عملکرد روش پیشنهادی نسبت به روش Nord و روش Souyris بهتر بوده است. به خصوص برای مولفه های ²|_{Hv} و |*q*| که بازسازی آنها دچار بیشترین میزان خطا می گردد این برتری مشهود می باشد. برای بررسی عملکرد روش پیشنهادی برای بازسازی داده FP، روش های پیشین و روش پیشنهادی شبیه سازی شدند. به منظور مقایسه عملکرد الگوریتم های بازسازی، مطابق رویکردی که در مقالات بازسازی استفاده می شود [۱]، [۴] و [۱۴]، نمودارهای تجمع نقاط برای ناحیه ای شامل شهر و جنگل در داده سانفرانسیسکو در شکل ۸ ارائه شده است که در آن محور افقی نشان دهنده مقادیر اصلی مربوط به داده FP و محور عمودی نشان دهنده مقدار بازسازی شده PQ می باشد. نمودارهای تجمع نقاط هر چه بیشتر حول خط قطری متمرکز باشند دقت شبیه سازی بیشتر میباشد. با توجه به شکل مشاهده می گردد که بیشترین مقدار انحراف مربوط به مقادیر $|S_{HV}|^2$ و $|\rho|$ می باشد و مقادیر بازسازی شده در روش پیشنهادی نسبت به دو روش پیشین تطابق بیشتری با داده FP دارند و نقاط حول خط قطری قرار گرفته اند و انحراف و یراکندگیشان نسبت به خط قطری کمتر می باشد. برای اینکه به صورت کمی نیز روش های بازسازی



شکل۸- نمودارهای تجمع نقاط برای نتایج حاصل از بازسازی از روش های پیشین وروش پیشنهادی، (خط مایل برابری نتایج بازسازی شده را با مقادیر اصلی نشان می دهد.)

ائە
2
<u>ن</u> 3`
უ
·7
ž
• • •
<u>_r</u>
IJ
Ľ
Ł
2
ىق
٠j
_ <u>_</u> .
·.)
_بر
Ś
2
5
×
2
:5
j,
ろ
3,
·}
S
6
<u>د</u>
-

بازسازی پیشنین و روش پیشنهادی							
	روش پیشنهادی	روش Nord	روش Souyris				
میانگین خطای نسبی ² <i>S_{HV}</i>	-•/•&&Y	-1/4•4•	- <i>\/</i> ۶۶۷٩				
انحراف معیار خطای نسبی² <i>S_{HV} </i>	•/9714	١/۵۵٠٨	۴/۳۶۸۹				
میانگین خطای م	-•/•178	-•/\Y•V	-•/٣۴۴۵				
انحراف معيار خطاي ρ	•/1739	•/1298	•/٣۵٢٨				
میانگین خطای نسبی ² <i>S_{HH}</i>	•/•٣٩•	•/•۴٩٣	•/•۴١٣				
انحراف معیار خطای نسبی² <i>S_{HH} </i>	•/1739	•/\YAY	۰/۲۲۶۱				
میانگین خطای نسبی ² <i>S</i> _{VV}	•/• 887	• / • ¥ • ¥	•/•941				
انحراف معیار خطای نسبی ² <i>S</i> _{VV}	٠/٣٣١٩	• /٢۴٢٢	•/٣٢٨۴				

جدول۳- میانگین و انحراف معیار خطاهای نسبی برای مقادیر ²|*S_{HV}*|، ²|_{HH}| و ²|_{VV}| و میانگین وانحراف معیار مطلق برای |*ρ*| برای روش های

۶- خلاصه و نتیجه گیری

در این پژوهش با توجه به کمبودهایی که در مطالعات پیشین در رابطه با چگونگی بازسازی داده FP از روی داده DCP وجود داشت روش های بازسازی این نوع داده شرح داده شد و نقاط ضعف هریک مورد بررسی قرار گرفت. در روش های بازسازی از دو فرضیه تقریبی کمک گرفته می شود تا از تعداد مجهولات کاسته شده و بتوان مساله بازسازی را حل نمود. فرضیه اول تقارن حول خط دید رادار می باشد که در کاستن تعداد مجهولات نقش اصلی را ایفا می کند. نتایج شبیه سازی ها مشخص کرد که این فرضیه، برای داده DCP دارای دقت خوبی نبوده و نسبت رابطه (۳۷) برای پنجره های میانگین گیری با تعداد پیکسل های زیاد در بهترین حالت به ۰/۲ می رسد. دو روش پیشین که هر کدام فرضیاتی برای حل مساله بازسازی در حالت کلی ارائه داده بودند مورد بررسی قرار گرفتند و مشخص گردید که فرضيه Nord نسبت به فرضيه Souyris داراي دقت بيشتري می باشد. با توجه به اینکه در سال های اخیر مقالاتی جهت

بالا بردن دقت بازسازی در مناطق اقیانوسی با مکانیسم یراکندگی سطحی ارائه شده است، در این پژوهش تمرکز بر روی مناطق شهری و جنگلی قرار گرفت. نتایج شبیه سازی ها همبستگی بالایی بین دو پارامتر N و R در این مناطق نشان داد. بنابراین فرضیه ای جدید پیشنهاد گردید که در آن با استفاده از رگرسیون غیر خطی مدل کسری بین این دو یارامتر بدست آمد. با محاسبه RMSE برای فرضیات مربوط به مدل های پیشین و مدل پیشنهادی مشاهده گردید که مدل پیشنهادی نسبت به دو مدل پیشین خطای کمتری ایجاد کرده و دارای دقت بهتری میباشد. روش های پیشین و روش پیشنهادی برای بازسازی داده FP شبیه سازی شده و نتایج حاصل از شبیه سازی به صورت کمی و کیفی ارائه شدند (جدول ۳ و شکل ۸) و در هر دو حالت بالاتر بودن دقت روش پیشنهادی مشخص گردید. بنابراین می توان نتیجه گرفت که در مناطق شهری و جنگلی روش پیشنهادی میتواند جایگزینی مناسب برای روش های پیشین جهت بازسازی داده FP باشد.

مراجع

- [1] Souyris, J. C. Imbo, P. F. jortoft, R. Mingot, S. and Lee, J. S. (2005). "Compact polarimetry based on symmetry properties of geophysical media: The π/4 mode," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 43, no. 3, pp. 634–646.
- [2] Stacy, N. and Preiss, M. (2006). "Compact Polarimetric Analysis of X-Band SAR Data", Proc. EUSAR 2006, 16-18 May, Munich.
- [3] Raney, R.K. (2007). "Hybrid-polarity SAR architecture', IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 45, no. 11, pp. 3397–3404.
- [4] Nord, M. E. Ainsworth, T. L. Lee, J. S. and Stacy, N. J. S. (2009). "Comparison of compact polarimetric synthetic aperture radar modes," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 47, no. 1, pp. 174–188.
- [5] Ainsworth, T. Kelly, J. andLee, J. S. (2009). "Classification comparisons between dual-pol, compact polarimetric and quad-pol SAR imagery," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 64, no. 5, pp. 464–471.

- [6] Charbonneau, F.J. Brisco, B. Raney, R.K. McNairn, H. Liu, C. Vachon, P.W. Shang, J. DeAbreu, R. Champagne, C. Merzouki, A.and Geldsetzer, T. (2010). "Compact polarimetry overview and applications assessment," Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 36, Suppl. 2, pp. S298–S315.
- [7] Dubois-Fernandez, P. C. Souyris, J. C. Angelliaume, S. and Garestier, F. (2008). "The compact polarimetry alternative for spaceborne SAR at low frequency," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 46, no. 10, pp. 3208–3222.
- [8] Cloude, S. Goodenough, D. and Chen, H. (2008). "Compact decomposition theory," IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 9, no. 1, pp. 28–32.
- [9] Shirvany, R. Chabert, M. and Tourneret, J. Y. (2012). "Ship and oil-spill detection using the degree of polarization in linear and hybrid/compact dual-pol SAR," IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 5, no. 3, pp. 885–892.
- [10] Raney, R. K. Cahill, J.T.S. Patterson, G. W. and Bussey, D. B. J. (2012). "The m-chi decomposition of hybrid dual-polarimetric radar data," proc. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2012), Munich, pp. 5093–5096.
- [11] Guo, R. Liu, Y. B. Wu, Y. H. Zhang, S. X. Xing, M. D. and He, W. (2012). "Applying H/α decomposition to compact polarimetric SAR," IET Radar Sonar and Navigation, vol. 6, no. 2, pp. 61–70.
- [12] Zhang, L. Xie, C. Wang, F. Wu, B. Zhang, (Year). "Investigation of the Capability of H-α Decomposition of Compact Polarimetric SAR," IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 11, no. 4, pp. 868 - 872. 2014
- [13] Collins, M. J. Denbina, M. and Atteia, G. (2013). "On the reconstruction of quad-pol SAR data from compact polarimetry data for ocean target detection," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 51, no. 1, pp. 591–600.
- [14] Li, Y. Zhang, Y. Chen J. and Zhang, H. (2014). "Improved compact polarimetric sar quad-pol reconstruction algorithm for oil spill detection," IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 11, no. 6, pp. 1139-1142.
- [15] Lee, J.S. Pottier, E. (2009). "Polarimetric radar imaging: from basics to applications." CRC Press, Taylor and Francis, London.
- [16] Truong-Loï, M.L. Freeman, A. Dubois-Fernandez P. C. and Pottier, E. (2009). "Estimation of Soil Moisture and Faraday Rotation from Bare Surfaces Using Compact Polarimetry," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 47, no. 11, pp. 3608-3615.
- [17] Seber, G.A.F. Wild, C.J. (1989). "Nonlinear Regression." Wiley, New York.