RESEARCH ARTICLE - APPLIED GEOPHYSICS



Novel wide-angle AVO attributes using rational function

Yaru Xue^{1,2} \cdot Jialin Xiang^{1,2} \cdot Xin Xu^{1,2}

Received: 3 July 2019 / Accepted: 28 November 2019 / Published online: 9 December 2019 $^{\odot}$ Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences & Polish Academy of Sciences 2019

Abstract

C AVO	and the second	
/···/	(,) (,	
,, (, - ,), , ,, ,, ,,		× /
H,, ,,,,,,,,,,,, ,,.,	AVO	· · · -
	AVO.	· · · · · · ·
\dots, \dots, \dots	\sim - \sim AVO , \sim ,	· · · ·
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		

Keywords S., AVO. R. AVO. R.

Introduction

Ι,,,		, AVO (A	/ . O ·	
, ,) ,	· • •		T AVO	
	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	NO.	. I. , AVO , -	-
	· · · · ·	. B ,	• • • • • • • • • • • • • • • • • • •	
NMO		, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	1 · · · · 9 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	-
H	(K	B 1983;		•
· · ·		- /		

\bowtie	
\bowtie	J ≹ 12@163.
\bowtie	♦ ♦ IJ & ∛ & @
1	C I S E , C. U P (B.), B. 102249, C.
2	S, K. L P., R.,, P, C. U, P., (B.), P, C. U, P, (B.),

$\mathbf{AVO}_{AVO}_{\mathbf{AVO}_{\mathbf{AVO}_{AVO}$	
. (D, , T 1995; D U,	,
H , AVO , ,	r
(B) 1961; A R. 1980; S. 1985). B	-
M	;
T., , ,	-
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	, -
I , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	
H 2004; A	, ;). -

. . . . -, - , , , , Ι · · · · **·** · · · · ·

AVO, end of the second se

Theory

AVO			· · ·	 · · · •	- 、
PVO	• ; • <i>i</i>	s. /		 •••••	
θ(· · · ·	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	:	 ÷ .	

$$H(\theta) = |H(\theta)|e^{i\phi(\theta)} \tag{1}$$

 $= \left| H(\theta) \right| = \left| AVO - \phi(\theta) \right| = \left| PVO; \left| PVO; \right| = \left| PVO; \right| = \left| PVO; \left| PVO; \left| PVO; \right| = \left| PVO; \left| PVO; \left| PVO; \left| PVO; \right| = \left| PVO; \left|$

$$(s) = \sum_{k=1}^{n} \frac{C_k}{s - A_k} + D$$
(2)

$$s = j2\pi r, A_k \qquad ... \qquad.... \qquad.... \qquad.... \qquad.... \qquad.... \qquad.... \qquad.... \qquad$$

$$R_{pp}^{sph} = \frac{\int_{1}^{0} B(x) J_{0}(\omega r \sqrt{1 - x^{2}}/\nu_{1}) e^{i\omega x(h+z)/\nu_{1}} dx}{\int_{1}^{0} J_{0}(\omega r \sqrt{1 + x^{2}}/\nu_{1}) e^{-\omega x(h+z)/\nu_{1}} dx}$$
(3)
$$R_{pp}^{sph} = \frac{+i \int_{0}^{\infty} B(x) J_{0}(\omega r \sqrt{1 + x^{2}}/\nu_{1}) e^{-\omega x(h+z)/\nu_{1}} dx}{\int_{1}^{0} J_{0}(\omega r \sqrt{1 + x^{2}}/\nu_{1}) e^{-\omega x(h+z)/\nu_{1}} dx}$$
(3)
$$B(x) = \frac{\rho_{2} \nu_{2} x - \rho_{1} \nu_{1} \sqrt{1 - \nu_{2}^{2} \nu_{1}^{2}(1 - x^{2})}}{\rho_{2} \nu_{2} x + \rho_{1} \nu_{1} \sqrt{1 - \nu_{2}^{2} \nu_{1}^{2}(1 - x^{2})}}$$
(4)

1

S
$$\sigma(s), \sigma(s)$$
 $H(s)$

$$\begin{pmatrix} \sigma(s)H(s)\\ \sigma(s) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{k=1}^{n} \frac{C_{k}}{s-\widetilde{A}_{k}} + D\\ \sum_{k=1}^{n} \frac{\widetilde{C}_{k}}{s-\widetilde{A}_{k}} + 1 \end{pmatrix}$$
(5)

N (5) (5)
$$\sigma(s) H(s)$$
 (5) $H(s)$ (5) $H(s)$

$$\sum_{k=1}^{n} \frac{C_k}{s - \widetilde{A}_k} + D = \left[\sum_{k=1}^{n} \frac{\widetilde{C}_k}{s - \widetilde{A}_k} + 1\right] H(s)$$
(6)

0

$$(\sigma H)_{\rm fit}(s) = \sigma_{\rm fit}(s)H(s) \tag{7}$$

E (6) ,
$$C_k, \widetilde{C}_k$$
. S

$$A\tilde{\mathbf{x}} = \mathbf{b} \tag{8}$$

$$A_k \widetilde{x} = b_k \tag{9}$$

$$A_{k} = \left[\frac{1}{s_{k} - \widetilde{A}_{1}} \cdots \frac{1}{s_{k} - \widetilde{A}_{N}} \ 1 \ \frac{-H(s_{k})}{s_{k} - \widetilde{A}_{1}} \cdots \frac{-H(s_{k})}{s_{k} - \widetilde{A}_{N}} \right]$$
(10)

$$\widetilde{x} = \left[c_1 \ \cdots \ c_N \ D \ \widetilde{c}_1 \ \cdots \ \widetilde{c}_N \right] \tag{11}$$

$$b_k = H(s_k) \tag{12}$$

$$\begin{array}{cccc} T_{a,a,a}, & & & & \\ T_{a,a,a}, & & & \\ T_{a,a,a}, & & \\ T_{a,a,$$

$$(\sigma \mathsf{H})_{\rm fit}(s) = \mathsf{h} \frac{\prod_{k=1}^{n+1} (s - \mathsf{Z}_k)}{\prod_{k=1}^{n} (s - \widetilde{\mathsf{A}}_k)}, \sigma_{\rm fit}(s) = \frac{\prod_{k=1}^{n} (s - \widetilde{\mathsf{Z}}_k)}{\prod_{k=1}^{n} (s - \widetilde{\mathsf{A}}_k)}$$
(13)

 $z_k, (k = 1, 2, 3 \dots n) \qquad (\sigma H)_{\text{fit}}(s), \widetilde{A}_k \qquad \sigma_{\text{fit}}(s) \qquad (\sigma H)_{\text{fit}}(s), \widetilde{z}_k \qquad \sigma_{\text{fit}}(s).$ F

$$H(s) = \frac{(\sigma H)_{\text{fit}}(s)}{\sigma_{\text{fit}}(s)} = h \frac{\prod_{k=1}^{n+1} (s - z_k)}{\prod_{k=1}^{n} (s - \tilde{z}_k)}$$
(14)

E	(14)		H(s)		
× /	$\sigma_{\rm fit}(s)$. T ,			× 1	$\sigma_{\rm fit}(s)$.
H(s). A E	. (14).	H(s)	······	.	
V,	F., , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	× ,	· · · ·	y - + +	×** / /
			, - ·		•••••
• • •					

Results

Fitting

Ι.,.,						
	C ,	. (1998)	L	. (201	6) , , ,	. ,
	Τ , 1,	$v_1, v_2, \rho_1,$	ρ_2 .			、 ·

1	2	5
I	4	J

Table	e1 P	AVO	., (-	,)	
Μ	×.	$v_1/(m s^{-1})$	$\rho_1/(\mathrm{gcm^{-3}})$	$v_2/(m s^{-1})$	$\rho_2/(\mathrm{gcm^{-3}})$
A (1 ,/	3093	2.40	4050	2.21
В (1/)	3093	2.40	4114	2.32
C (2 ,/)	2642	2.29	2781	2.08
D (2/	2642	2.29	3048	2.23
Е		2000	2.40	2933	2.20

F , .	,			- 1 x	· · · · ·	
B		_	- / /	x - 1 x	-	•
D , . , , ,						`
	· · · · · · · ·	,			,	
	· · ·					
T.				·		,
	, -	*	× /	. , .		
x x · x		(N		· · · · ·	· · · · ·	
-40 B.	• • • •		• •		· · · · · · · · ·	_
			T.		. , R.	
				10 H ,		
	/	10 H				
Τ.,		A	VO		. /,	-
· · · ·	E 1		()	()	, A D	`
-	г.і	- , / 5	(, ())	ц), Т		_
AV	о., с,		· · 、 ·	Τ	,	
	,	· · · · ·		· · · · /		()
().	F					、
	• • • • •	× / ×	Α	, * ·	,	
				,	•, • • • •	-
	- / 、					
Α.,		× , ×				
AVO,	· · · ·	× 1 - 1		× · · -		. ,
						10
	AVO.	IF.2		S (, , , , , ,	.),	12
		-40 B.	N	6		
×, , ,	× 1 / × · ·	· · · ·		· · · •	S. 1. 1. 1.	
	F . 2 M	, Ε(,	.,,,,);		
	· · · · ·	- · · · · · · · ·		, 6 ,	~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	, -
· · · ·	,			• • • •	c	`
, - · ·	· · · · · ·	,	`	× · · · · ·		
•	×7 ×7	· · · ·		1 C		



· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
AVO.	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
\mathbf{I}	and the second and a second
and the second	A , ,
(S 1985)	, . T , .
	···· · · · · · · · · · · · · · · · · ·
F_{1} , F_{2} , 3 4 \downarrow E.	• • • • • • • • • • • • • • • • • • •
\mathbf{F} , 3 , , , ,	.,.,.,
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	,
and the second	and the second
s in the second s	



Applying

B		· · · · · ·	/	., ,		,	,
,			AVO		· -		
,	., F			,	× ,	AD,	

	, , , ,			F	-
		AVO,		. Α	С,
		, I ,	• •	Α., .,	
AVO .	, 1, .		С., , , , , ,	2;	, B
D,				• •	

Fig. 4 M E: a I ρ_1 . b A ρ_1 . c I ρ_1 .

F,.,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	, A D,
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
T., ,, ,, , , , , , , , , , , , , ,	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	· · · · · ·
A , ,	
	A C .
A,, C. I.,, AVO.	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
AVO.	A
B D F . 7, F . 6, I AVO,	- ··· · ··· ··· ··· ··· ··· ··· ··· ···
F 8,	A B,

В	$AVO = 1, \qquad D = 1, \qquad$	
2. I	F , ,	
,	A B,	
	AVO. , 1, A	
	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	
D	AVO. , 2,	, /
,	$, , \ldots , D , \ldots , D , \ldots , \ldots $	







AVO Fig.8 C -

F .9,	· .,	C	D. A	
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		AV	О ,	,
			A	B
0.0483	, , C	D	0.0	557;
,	-, ,	× / /		, -
	•··· /·			-
.,	B	0.10	06 > 0.0	483,
., ., C D,	36.0	907 > 0.	0557. T.	
• • • • • • • • • • • • • • • • • • •	· · · ·	· · ·		
	··· ,			
		· , ,	• •	

Conclusion

Τ		,		:	
	AVO		•	.,.I	
	,	•		· · · ·	

- AVO
AVO
B , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
$\mathbf{T}_{\mathbf{x}_1, \mathbf{y}_2, \mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \mathbf{y}_2, \mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \mathbf{y}_2, \mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \mathbf{y}_2, \mathbf{y}_1, \mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \mathbf{y}_1, \mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \mathbf{y}_1, \mathbf{y}_1$
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
AVO = AVO
$\mathbf{A} = \mathbf{A} + $
AVO (, , , , , ,
$\frac{1}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + 1$
\mathbf{X} , \mathbf{Y} , \mathbf{X}
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
······································



AVO (, C:..., D:...,). **a** I ..., ...

 Acknowledgements
 T.
 <thT.</th>
 T.
 T.
J L

References

- A K, R PG (1980) Q
- А , , M, T . G. 74(5): B33 B53
- R (1961) A В P 9(4):485 502 C JP, F DJ, S H (1998) F
- . G 63(3):948 956
- V, H F (1961) R S G E G 5(2):122 132

D.	, T A (1995) I
	60(5)·1426 1426
D	IE U = C (2006) L
2	()
	71(5):E49 E55
G.	B, S. A (1999) R
	. IEEE T , P , D,
	14(3):1052 1061
Н	, AB (2004) S
	. S. T. P E A 23(1):2586
K	PM, B H (1983) R
	$G_{48(6):655,664}$
LJ	$\mathbf{x} = \mathbf{x}, \mathbf{x} = \mathbf{y}, \mathbf{y} = \mathbf{y}, y$
	C IC 50.2810 2810
м	C D PM I DD (1987) I
141 .	$G = 52(5):606 \ 617$
ОВ	P (1963) A -
	11(1):59 72
S	RT (1985) A
	50(50):609 614

U, , , B, C, H, , , AB, D JE (1949) A

, -

- A 24(1):202 205

 - DF (1985) S . G 50(2):185
- 77(4):149