
*

-

-

-

-

-

(// // //)

چکیده

Novak Elmanadili

DLT

DLT

DLT

DLT

-

-

-

واژه های کلیدی:

مقدمه

[-]

[]

.[-]

)

(

.[-]

)

(

DLT .[-]

.[]

DLT

DLT

DLT

مفاهیم تصاویر فریم و آرایه خطی

روشهای زمین مرجع کردن تصاویر آرایه
خطی

(RPM)

DEM

.[]

(DLT)

CCD

CCD

-]

(

)

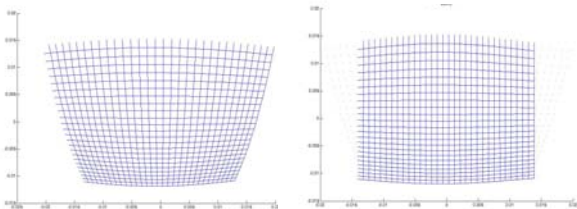
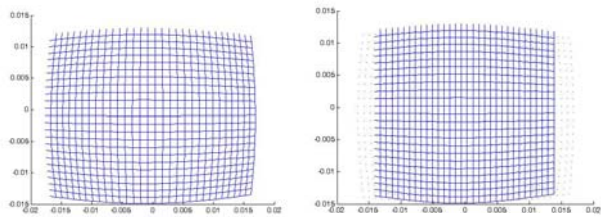
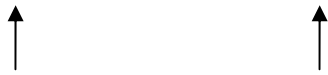
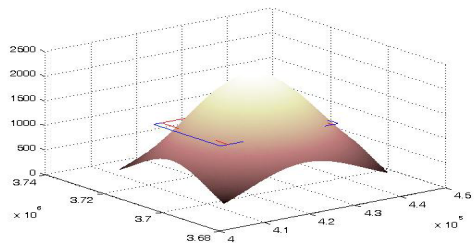
جزئیات روش DLT در تصحیح تصاویر آرایه خطی

[] El-Manaddili & Novak

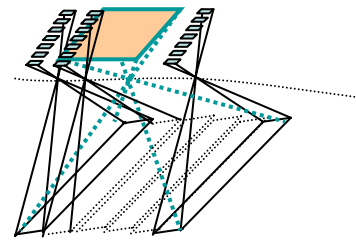
DLT

[] SPOT
DLT

[]
DLT



شکل ۲: سطح گوسین و تصاویر آرایه خطی و فریم مربوط به آن.



شکل ۱: تفاوت ساختاری تصویربرداری فریم و آرایه خطی.

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} - \\ - \\ - \end{pmatrix}$$

DLT

$$x = \frac{L_1 X_G + L_2 Y_G + L_3 Z_G + L_4}{L_9 X_G + L_{10} Y_G + L_{11} Z_G + 1} \quad ()$$

$$y = \frac{L_5 X_G + L_6 Y_G + L_7 Z_G + L_8}{L_9 X_G + L_{10} Y_G + L_{11} Z_G + 1} \quad ()$$

$m_{11}, \dots, m_{33} :$ ()

X_c, \dots, Z_c

x, y X_G, \dots, Z_G

x_0, y_0, f

$L_1, \dots, L_{11} :$ ()

DLT

DLT

DLT

:[]

$$L_1 = \frac{fm_{11} - x_0 m_{31}}{m_{31} X_c + m_{32} Y_c + m_{33} Z_c}$$

$$L_2 = \frac{fm_{12} - x_0 m_{32}}{m_{31} X_c + m_{32} Y_c + m_{33} Z_c}$$

$$L_3 = \frac{fm_{13} - x_0 m_{33}}{m_{31} X_c + m_{32} Y_c + m_{33} Z_c}$$

$$L_4 = x_0 - f \frac{m_{11} X_c + m_{12} Y_c + m_{13} Z_c}{m_{31} X_c + m_{32} Y_c + m_{33} Z_c}$$

$$L_5 = \frac{fm_{21} - y_0 m_{31}}{m_{31} X_c + m_{32} Y_c + m_{33} Z_c}$$

$$L_6 = \frac{fm_{22} - y_0 m_{32}}{m_{31} X_c + m_{32} Y_c + m_{33} Z_c}$$

$$L_7 = \frac{fm_{23} - y_0 m_{33}}{m_{31} X_c + m_{32} Y_c + m_{33} Z_c}$$

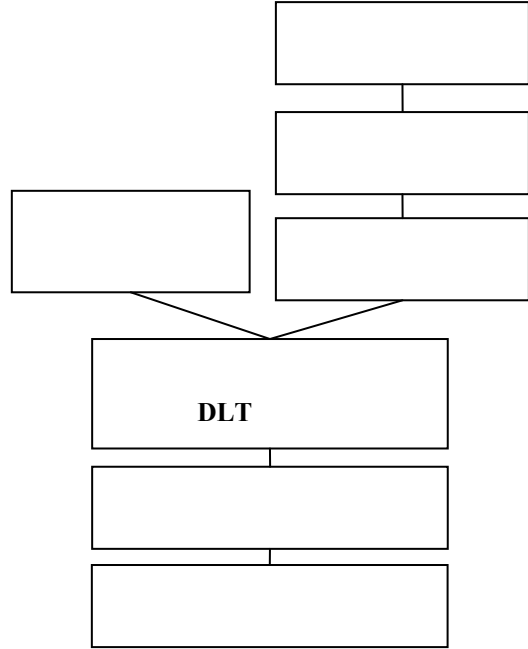
$$L_8 = y_0 - f \frac{m_{21} X_c + m_{22} Y_c + m_{23} Z_c}{m_{31} X_c + m_{32} Y_c + m_{33} Z_c}$$

$$L_9 = -\frac{m_{31}}{m_{31} X_c + m_{32} Y_c + m_{33} Z_c} \quad ()$$

$$L_{10} = -\frac{m_{32}}{m_{31} X_c + m_{32} Y_c + m_{33} Z_c}$$

$$L_{11} = -\frac{m_{33}}{m_{31} X_c + m_{32} Y_c + m_{33} Z_c}$$

DLT



شکل ۳: الگوریتم روش تصحیح DLT.

[]

[]

SPOT

بررسی تئوریک صحت روش DLT در تصحیح تصاویر آرایه‌خطی

DLT

()

()

: DLT

$$x - x_0 = -f \frac{m_{11}(X_G - X_c) + m_{12}(Y_G - Y_c) + m_{13}(Z_G - Z_c)}{m_{31}(X_G - X_c) + m_{32}(Y_G - Y_c) + m_{33}(Z_G - Z_c)}$$

$$y - y_0 = -f \frac{m_{21}(X_G - X_c) + m_{22}(Y_G - Y_c) + m_{23}(Z_G - Z_c)}{m_{31}(X_G - X_c) + m_{32}(Y_G - Y_c) + m_{33}(Z_G - Z_c)}$$

()

جدول ۱: ضرایب DLT در تصویر آرایه خطی و تصویر فریم.

$L_1 = \frac{f}{H}$	$L'_1 = \frac{f}{H}$
$L_2 = 0$	$L'_2 = 0$
$L_3 = -\frac{x_{0^{n/2}}}{H}$	$L'_3 = -\frac{x_{0j}}{H}$
$L_4 = x_{0^{n/2}} - f \frac{X_{c^{n/2}}}{H}$	$L'_4 = x_{0j} - f \frac{X_{cj}}{H}$
$L_5 = 0$	$L'_5 = 0$
$L_6 = \frac{f}{H}$	$L'_6 = \frac{f}{H}$
$L_7 = \frac{-y_0}{H}$	$L'_7 = \frac{-y_0}{H}$
$L_8 = y_0 - f \frac{Y_c}{H}$	$L'_8 = y_0 - f \frac{Y_c}{H}$
$L_9 = 0$	$L'_9 = 0$
$L_{10} = 0$	$L'_{10} = 0$
$L_{11} = -\frac{1}{H}$	$L'_{11} = -\frac{1}{H}$

(X_G, Y_G, Z_G)

DLT ()

$$x = \frac{L_1 X_G + L_3 Z_G + L_4}{L_{11} Z_G + 1} \Leftrightarrow x' = \frac{L'_1 X_G + L'_3 Z_G + L'_4}{L'_{11} Z_G + 1} \quad ()$$

x x' :

()

$$x = -\frac{f(X_G - X_{c^{n/2}})}{(Z_G - H)} + s\left(\frac{n}{2} - .5\right) \quad ()$$

$$x' = -\frac{f(X_G - X_{cj})}{(Z_G - H)} + s(j - .5) \quad ()$$

$$= -\frac{f(X_G - X_{c^{n/2}} - \Delta X_{cj})}{(Z_G - H)} + s(j - .5)$$

$$x_{0j} = (j - .5)s \quad ()$$

$$y_{0j} = \frac{P}{2}s$$

$$X_{cj} = X_{c^{n/2}} + \Delta X_{cj} \quad ()$$

$$Y_{cj} = Y_c$$

$$Z_{cj} = Z_c = H$$

$$\Delta X_{cj} = (j - \frac{n}{2})D \quad ()$$

$$D = \left(\frac{H - Z_{mean}}{f}\right)s$$

Z_{mean}

()

$$x_{0^{n/2}} = \left(\frac{n}{2} - .5\right) \cdot s \quad ()$$

$$y_{0^{n/2}} = \frac{P}{2}s$$

DLT

DLT

j

()

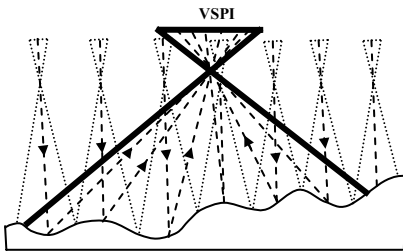
[-]

()

$$dx = x - x' = s \left(j - \frac{n}{2} \right) \left(\frac{Z_{mean} - H}{(Z_G - H)} - 1 \right) \quad ()$$

DLT

DLT



شکل ۴: نحوه تولید تصویر فریم مجازی.

$$Z_{mean} - Z_G = 0 \quad ()$$

(dx)

DLT

DLT

[]

dx ()

DLT

" " "

VSPI⁸

این فرآیند نیازی به تمام اطلاعات توجیه خارجی تصویر

[-]

:

(Roll)

(i, y_i)

(I)

DEM

(ΔZ)

تبدیل تصویر آرایه خطی به تصویر فریم مجازی

()

DLT

VSPI

i

(y_i, i)

y_i

H

f

$$x_{VSPI} = f \cdot \left(\frac{L_i - \Delta X}{H'_p} \right) \quad ()$$

$$y_{VSPI} = y_i \quad ()$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{y_i}{f}\right) \quad ()$$

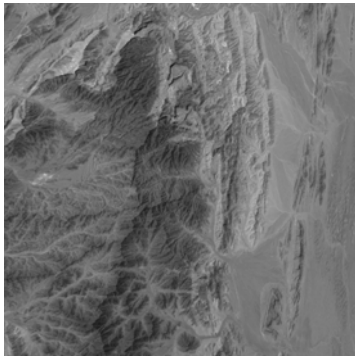
β

()

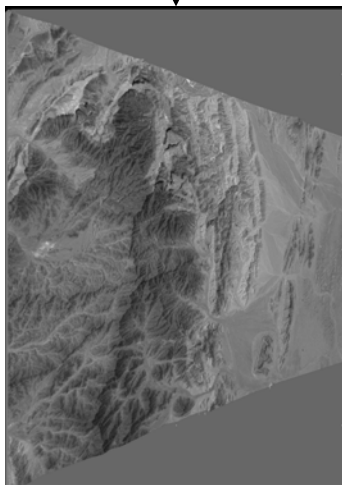
()

VSPI

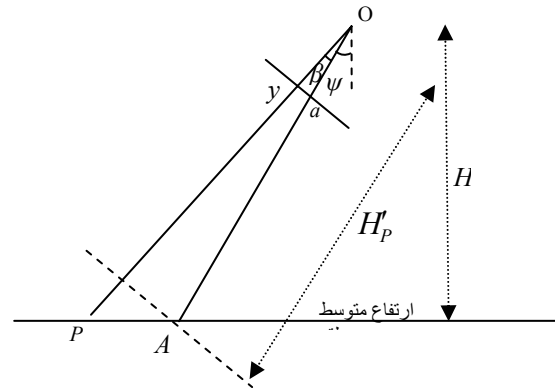
()



شکل ۶: تصویر آرایه خطی شبیه‌سازی شده با زاویه تیلت ۲۰ درجه.



شکل ۷: تصویر VSPI شبیه‌سازی شده با زاویه تیلت ۲۰ درجه.



شکل ۵: فاصله نقطه زمینی P از مرکز تصویر.

$$H'_p = \frac{H}{\cos(\psi)} \left(1 + \frac{\sin(\beta) \cdot \sin(\psi)}{\cos(\beta + \psi)} \right) \quad ()$$

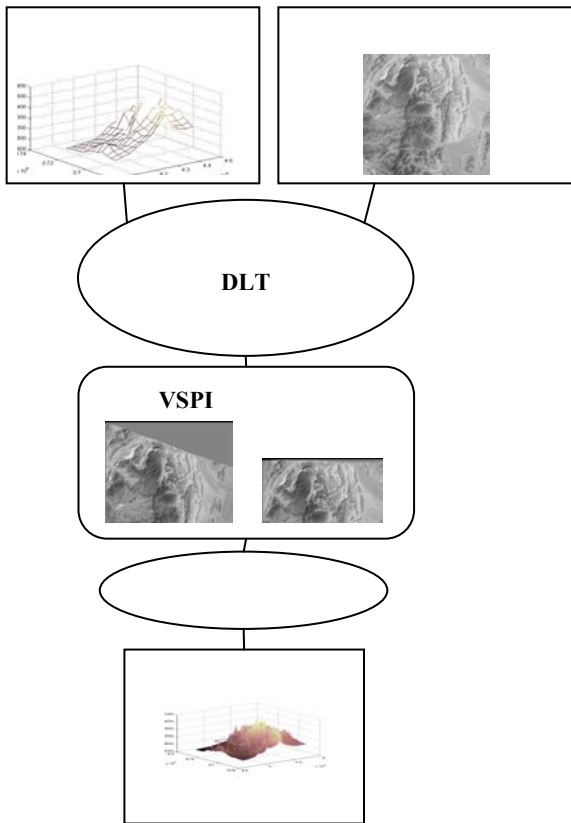
GSD⁹

$$L_i = i \cdot GSD \quad ()$$

DEM

(ΔZ)

$$\Delta X = \Delta Z \cdot \left(\frac{L_i}{H'_p} \right) \quad ()$$



شکل ۸: الگوریتم فرایند مدل سازی سه بعدی با استفاده از تصاویر VSPI.

به کارگیری تصاویر VSPI در مدل سازی سه بعدی

DEM

DLT

DLT

$$\begin{cases} X = \frac{P1(x, y, Z)}{P2(x, y, Z)} \\ Y = \frac{P3(x, y, Z)}{P2(x, y, Z)} \end{cases} \quad ()$$

y x

X,Y,Z

DLT

P1,P2,P3

DLT

Z

X,Y ()

Z

DEM

Z

()

Z

Z

()

VSPI

()

[]

VSPI

()

DLT

Z

()

VSPI

()
 ()
) DEM
 VSPI (DEM

DLT

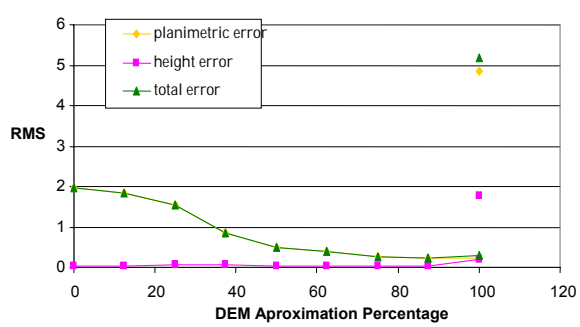
DEM

() DEM
 DEM () ()
 " " DEM
)
 DEM DEM
 .(
)
 .(

خطای ناشی از دامنه اختلاف ارتفاع زمین

VSPI

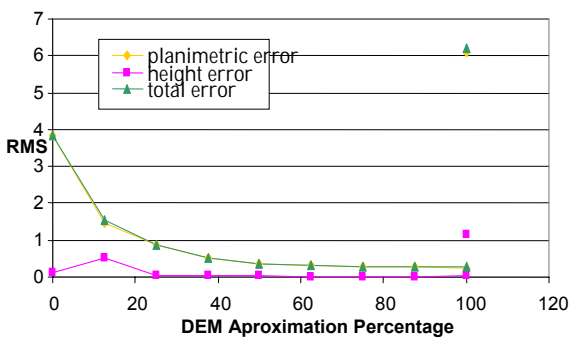
()
 DEM
 " "



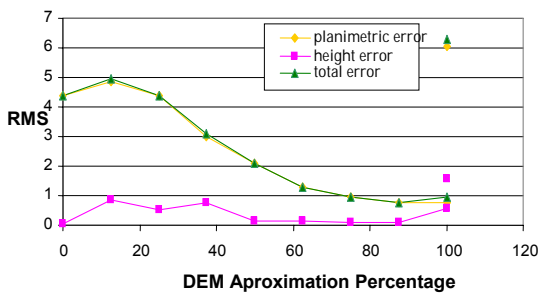
شکل ۱۱: نمودار انحراف معیار خطاهای نقاط چک در DEM با دامنه اختلاف ارتفاع ۴۰۰ متر (واحد بر حسب متر).

خطای ناشی از تعداد و پراکندگی نقاط کنترل

DLT



شکل ۹: نمودار انحراف معیار خطاهای نقاط چک در DEM با شیب بیشینه ۵٪ (بر حسب متر).



شکل ۱۰: نمودار انحراف معیار خطاهای نقاط چک در DEM با شیب بیشینه ۲۷٪ (بر حسب متر).

%

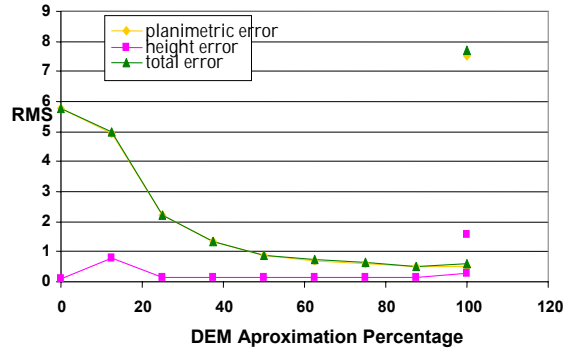
VSPI

پیااده‌سازی روش بر روی داده‌های واقعی

SPOT

()

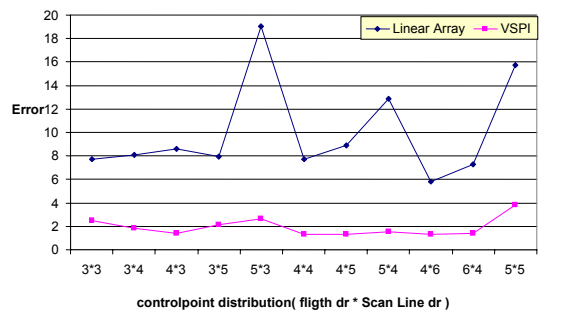
()



شکل ۱۲: نمودار انحراف معیار خطاهای نقاط چک در DEM با دامنه اختلاف ارتفاع ۱۰۰۰ متر (واحد بر حسب متر).

جدول ۲: اطلاعات تصاویر SPOT منطقه کرمانشاه.

/ /	/ /	
,	,	
*	*	
-		

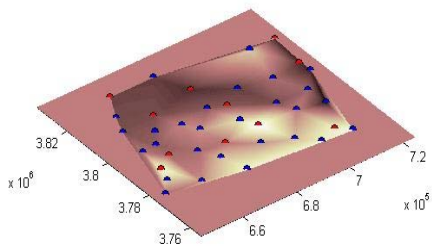


شکل ۱۳: نمودار انحراف معیار خطاها در تصویر آرایه خطی و تصویر VSPI در حالت‌های مختلف توزیع نقاط کنترل.

()

DLT

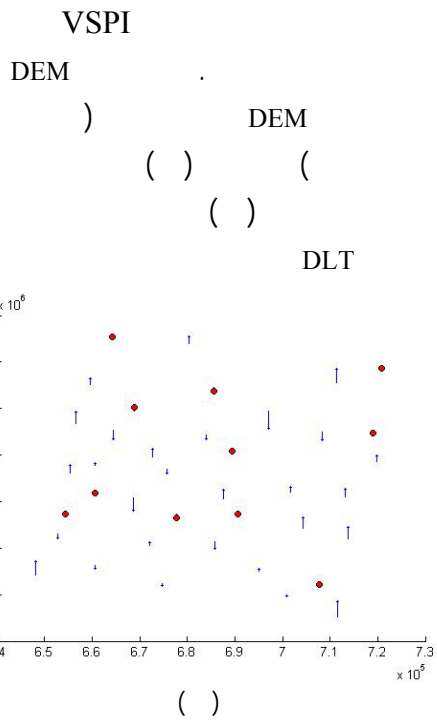
VSPI



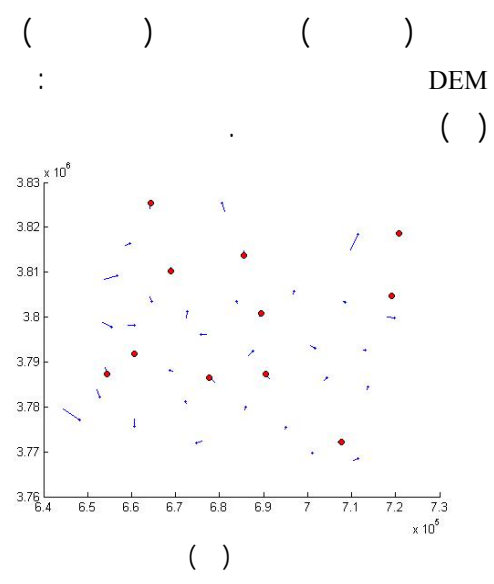
شکل ۱۴: DEM با ۲۴ نقطه کنترل.

x

y



شکل ۱۶: (الف) - بردار خطای ارتفاعاتی نقاط در مدل سازی تصاویر آرایه خطی، (ب) - تصاویر VSPI. (واحد: متر).



شکل ۱۵: (الف) - بردار خطای مسطحاتی نقاط در مدل سازی تصاویر آرایه خطی، (ب) - تصاویر VSPI. (واحد: متر).

VSPI

•

DEM

(-) (-) (-) (-)

)

.(

VSPI

DEM DEM

DEM

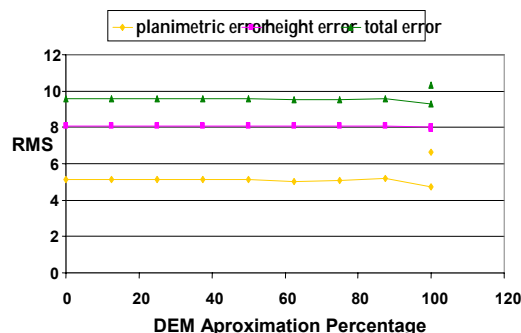
()

%
VSPI

VSPI

DEM

VSPI



شکل ۱۷: نمودار انحراف معیار خطاهای نقاط چک در داده‌های واقعی با استفاده از DEM تقریبی (واحد متر).

نتیجه گیری

VSPI

مراجع

- 1 - El-Manadili, Y. and Novak, K. (1996). "Precision rectification of SPOT imagery using the direct linear transformation model." *PE&RS*, Vol. 62, No. 1, PP. 67-72.
- 2 - Valadan Zoej, M. J. V. and Foomani, M. J. (1999). "Mathematical modelling and geometric accuracy testing of IRS-1C stereo-pairs", Proceedings of ISPRS Workshop on "High resolution mapping from space 2001", 18-21 September, Hannover, Germany. Proceedings on CD ROM.
- 3 - Fritsch, D. and Stallmann, D. (2000). "Rigorous photogrammetric modelling processing of high resolution satellite imagery." *IAPRS*, Vol. 33, Part B1, Amsterdam, PP. 313-321.
- 4 - Poli, D. (2001). "Direct georeferencing of multi-line images with a general sensor model", Proceedings of ISPRS Workshop on "High resolution mapping from space 2001", 18-21 September, Hannover, Germany. Proceedings on CD ROM.
- 5 - Poli, D. (2005) *Modelling of Spaceborne Linear Array Sensors*, PhD Dissertation, Institute of Geodesy and Photogrammetry Swiss Federal Institute of Technology (ETH) CH-8093, Zurich.
- 6 - Okamoto, A., Fraser, C., Hattori, S., Hasegawa, H. and Ono, T. (1998) "An alternative approach to the triangulation of SPOT imagery." *IAPRS*, Vol. 32, Part 4, PP. 457-462.
- 7 - Hattori, S., Ono, T., Fraser, C. and Hasegawa, H. (2000). "Orientation of high-resolution satellite images based on affine projection." *IAPRS*, Vol. 33, No. B3, PP. 359-366.
- 8 - Morgan, M. (2004). *Epipolar Resampling of Linear Array Scanner Scenes*, PhD Dissertation, Department of Geomatics Engineering, University of Calgary, Canada.

-
- 9 - Toutin, T., Chénier, R. and Carbonneau, Y. (2002). "3D models for high resolution images: examples with Quickbird, Ikonos and Eros." *IAPRS*, Vol. 34, No. 4, Ottawa, Canada
- 10- Yousefzadeh, M., Azizi, A. and Saadatseresht, M. (2006). *Virtual Single – Projection Image Generation from the Linear Array Image.*, 6p, Map Asia'2006, Thailand. Proceedings on CD ROM.
- 11- Yousofzadeh, M. Azizi. A. And Saadatseresht, M. (2007). "Analysis of the DLT Accuracy Improvement for the Geometric Correction of the Satellite Linear Array Imagery, Conference on Natural Disaster Management, Faculty of Engineering, Univesity of Tehran, Iran (in Persian).
- 12 - Yousofzadeh, M. Azizi. A. And Saadatseresht, M. (2007). *Evaluation of the Geometric Correction of the Satellite Linear Array Imagery Using a Virtual Single-Projection Imagery.* Geomatics-86 Conference, National Cartographic Centre, Iran (in Persian).
- 13 - Yousofzadeh, M. Azizi. A. And Saadatseresht, M. (2007). *Accuracy Evaluation and the Aplicability of the DLT Method for the Correction of the Satellite Linear Array Imagery.* Geomatics-86 Conference, National Cartographic Centre, Iran (in Persian).
- 14 - Yousofzadeh (2007), *Analysis of the Geometric Correction of of the Linear array imageries Using Generated Single-Projection Virtual images.* Master of Science Thesis, Faculty of Engineering, University of Tehran (in Persian).

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1 - Affine-Projection model
 - 2 - Direct Linear Transformation (DLT)
 - 3 - Rigorous models
 - 4 - Rational Polynomial Model
 - 5 - Generic Models
 - 6 - Off-nadir viewing
 - 7 - Across track
 - 8 - Virtual Single Projection Image
 - 9 - Ground Sampling Distance
-