

به نام آن که جان را فکرت آموخت



سازمان نقشه‌برداری کشور
اداره آبنگاری و امور جزرو مدی

عنوان سخنرانی:

ترکیب مشاهدات سیستم تعیین موقعیت جهانی و رادار با روزنه مصنوعی
جهت تولید مدل تأخیر یونسفری

سخنران:

الناز یگانه

(کارشناسی ارشد مهندسی نقشه‌برداری - ژئودزی)
(کارشناس جزر و مدی)

بهار ۱۴۰۴

A satellite with large solar panels is shown in space, with the Earth's surface visible in the background. Two blue laser lines originate from the satellite and point towards the Earth's surface. Another satellite is visible in the distance.

فهرست مطالب

مقدمه

ایده تحقیق

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

لایه یونسفر

مقدمه

ایده پایان نامه

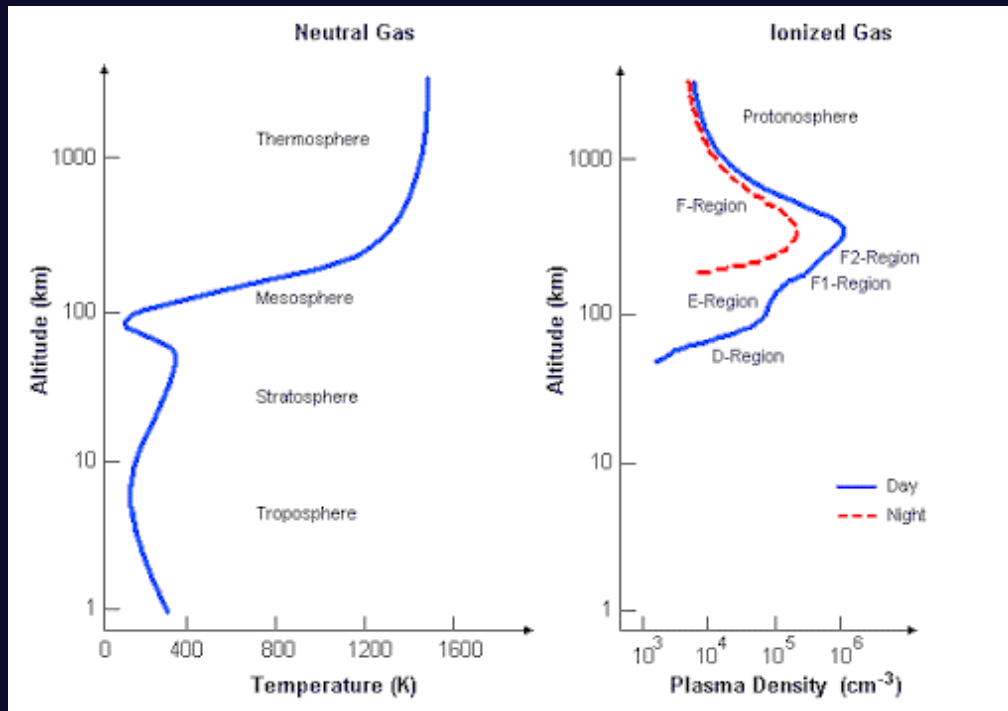
پیشینه تحقیق

معرفی روش

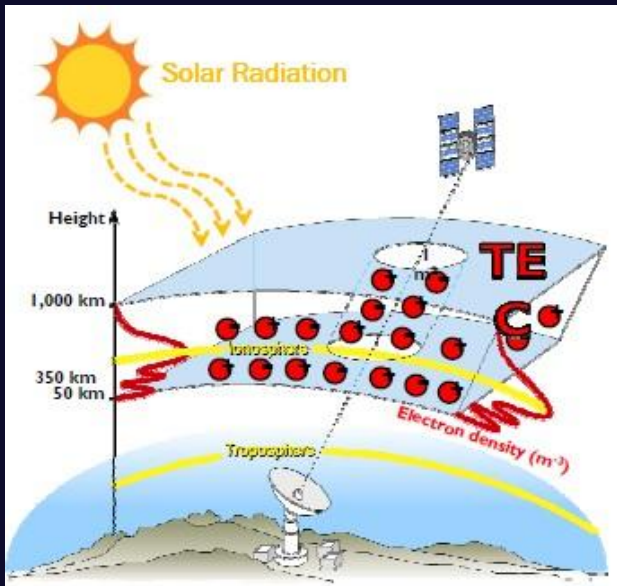
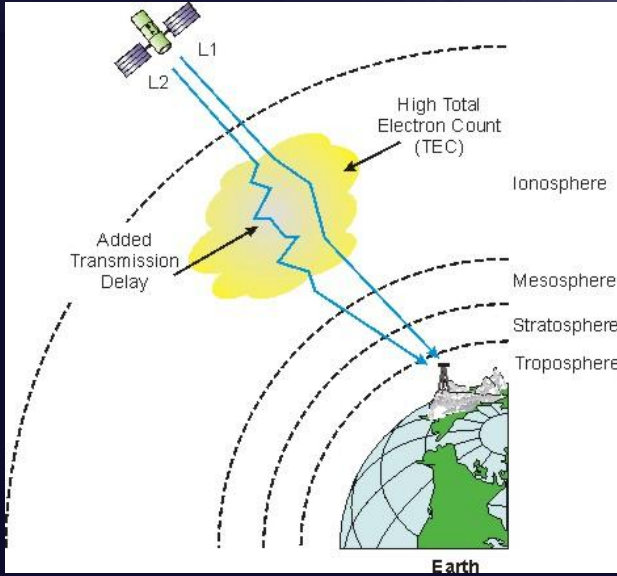
معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات



پارامتر لایه یونسفر



$$STEC = \int_S N_e dS \quad (ele / m^2)$$

مقدمه

ایده تحقیق

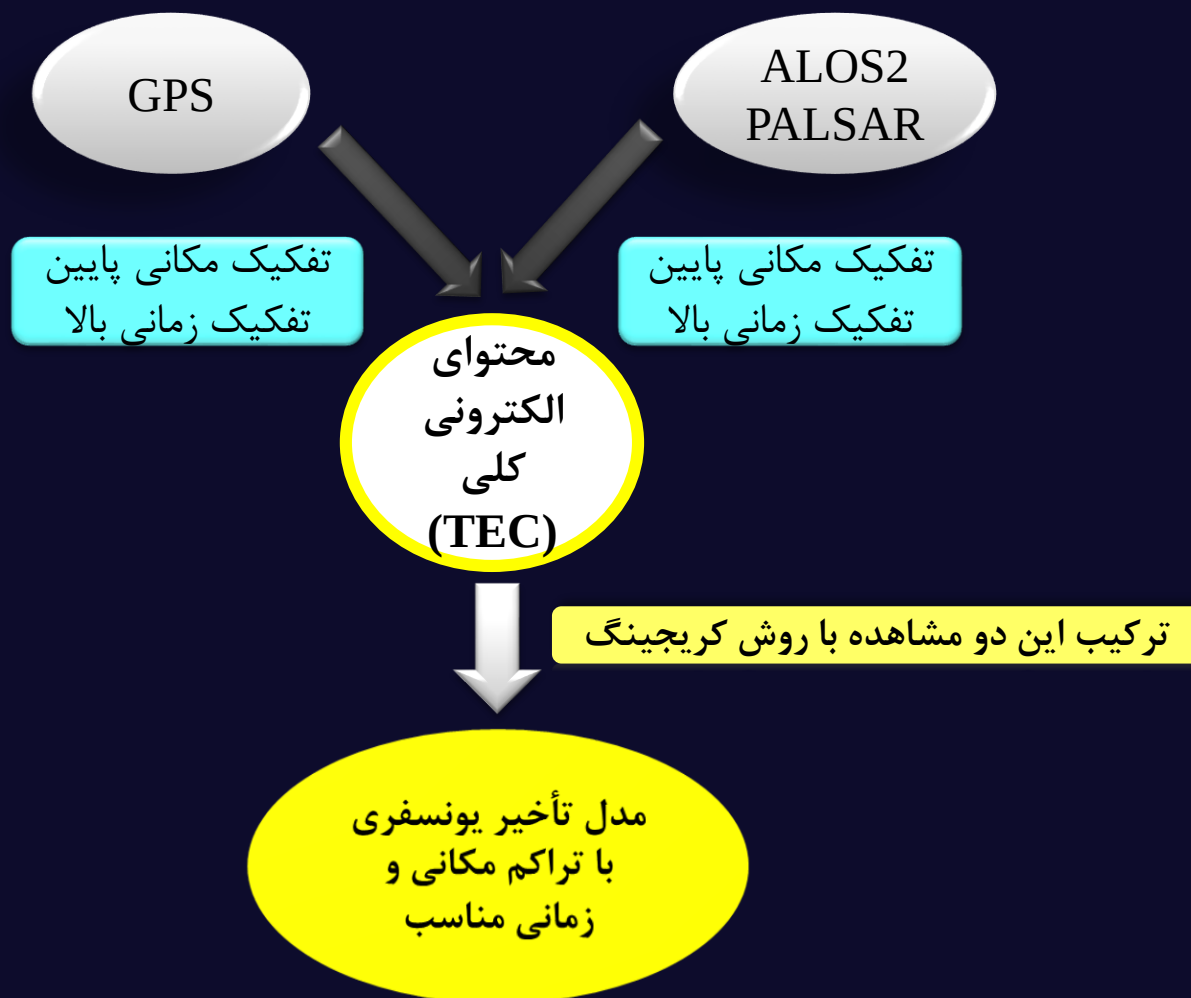
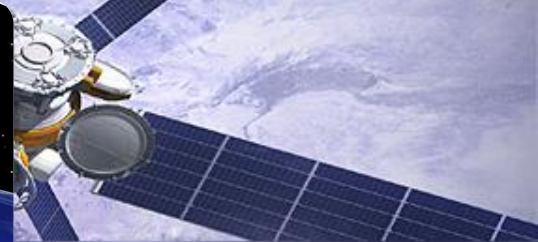
پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات



مقدمه

ایده تحقیق

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات



عسگری و امیری: به تحلیل و پیش‌بینی TEC حاصل از مشاهدات سامانه ناوبری جهانی پرداخته‌اند.

۲۰۱۱

عبدی و دوستان: با تلفیق مشاهدات GPS و ارتفاع سنجی ماهواره‌ای یوسفر را به صورت محلی در ایران مدل‌سازی کرده‌اند.

۲۰۱۸

خوشگواری و عامریان: یونسفر با استفاده از توابع پایه کروی شعاعی مدل‌سازی کرده‌اند.

۲۰۲۰

شهبازی: روش‌های تصحیح خطای اتمسفر در تداخل‌سنجی راداری را بررسی کرده است.

۲۰۱۱

جعفری: روش‌های موجود در حذف اثر یونسفر از InSAR بررسی و پیاده‌سازی کرده‌است.

۲۰۱۴

حاجی آقاجانی و وثوقی: با استفاده از مشاهدات InSAR اثر تریوسفری را برآورد کرده‌اند

۲۰۱۷

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات



مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

۲۰۰۲

متر و گری: ایده اصلی استخراج تأخیر یونسفری در تداخل‌نماهای فاقد تغییر شکل

۲۰۰۶

میر: استخراج الگوریتم تأخیر یونسفری در تداخل‌نماها و ارائه روش آزمون شیف

۲۰۰۶

گری و وگمولا: گزارش رگه‌های آزمون‌تی در تداخل‌نماهای باند L ناشی از تغییرات TEC در آزمون در طول روزنه مجازی

۲۰۰۸

میر و همکاران: ارائه بحث تئوری اثرات یونسفری

۲۰۱۰

راکولس و میشل: نشان دادن پتانسیل جبران خطای یونسفری روی تداخل‌نماها

۲۰۱۵

جونگ و همکاران: بهبود روش آزمون شیف

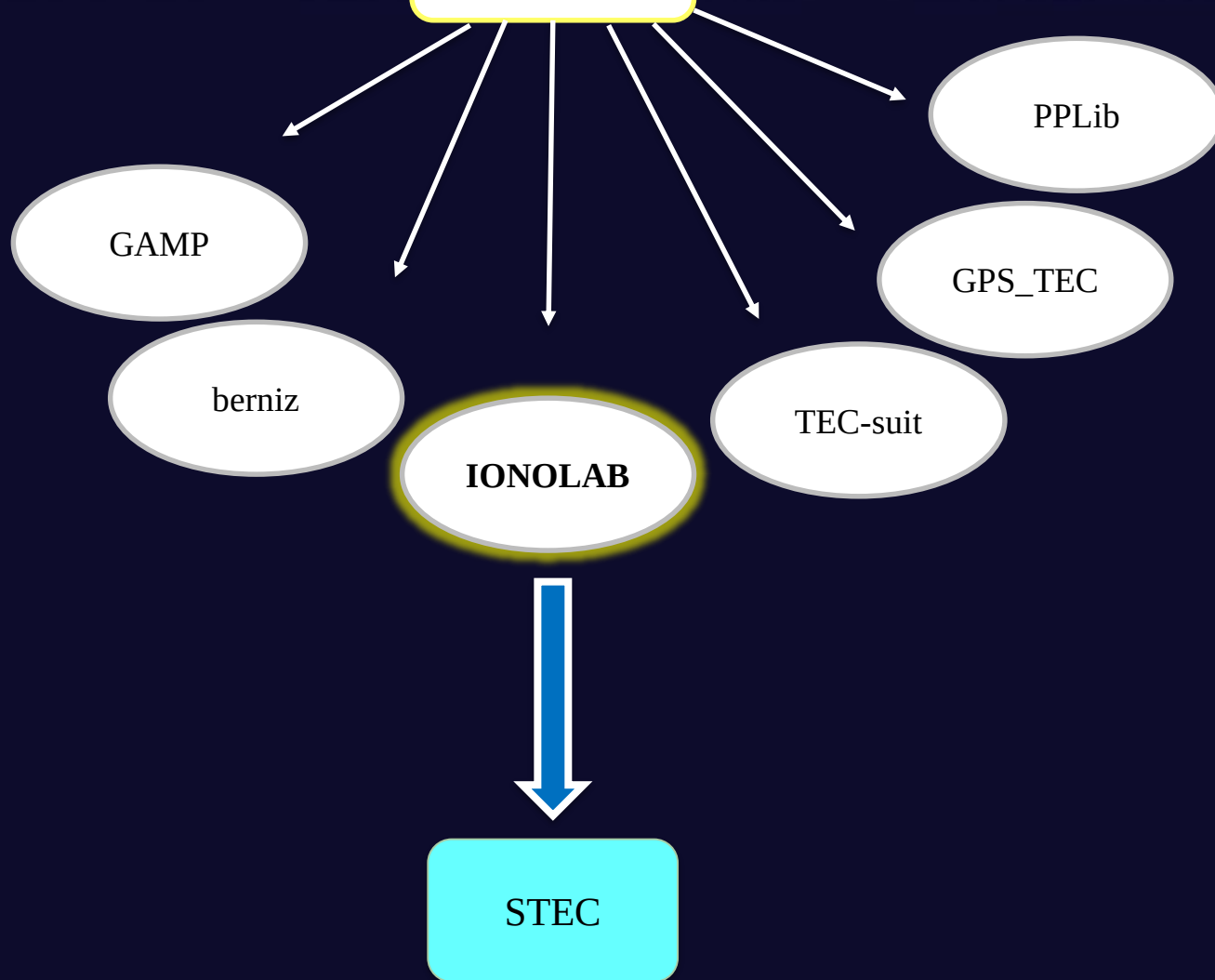
۲۰۱۷

ژو و همکاران: ارزیابی روش آزمون شیف و نشان دادن مؤثر بودن این روش در حذف خطای تأخیر یونسفری

۲۰۱۸

موسیکو و همکاران: ارزیابی توانایی InSAR برای بازیابی اطلاعات یونسفری با استفاده از TEC حاصل از دو منبع InSAR و یک شبکه متراکم از گیرنده‌های GNSS

مشاهدات GPS



مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

مشاهدات GPS



IONOLAB



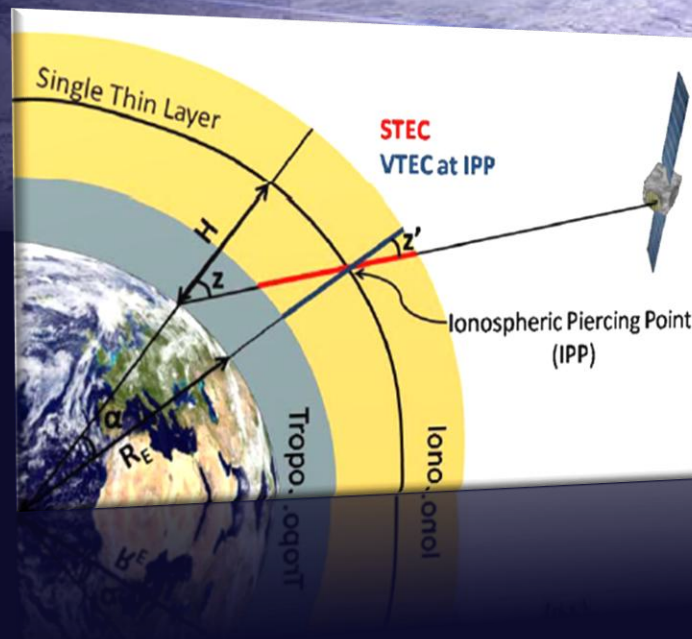
STEC



VTEC
IPP در



$\Delta VTEC_{IPP}$



تابع نگاشت

درون یابی bspline

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

محاسبه STEC از مشاهده فاز یا کد
در گیرنده‌های دوفرکانسه GPS



$$\Delta_p^{ION} = -\frac{40.3}{f^2} STEC$$

$$\Delta_g^{ION} = \frac{40.3}{f^2} STEC$$

$$p_4 = p_1 - p_2 = \delta_{ion,1} - \delta_{ion,2} + c(\tau_1^s - \tau_2^s + \tau_1^r - \tau_2^r)$$

$$L_4 = \phi_1 - \phi_2 = \delta_{ion,2} - \delta_{ion,1} + \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2 + c(T_1^s - T_2^s + T_1^r - T_2^r)$$

$$P_4 = 40.3 \left(\frac{f_2^2 - f_1^2}{f_1^2 f_2^2} \right) STEC + c(bs + br)$$

$$L_4 = -40.3 \left(\frac{f_2^2 - f_1^2}{f_1^2 f_2^2} \right) STEC + \Delta N + c(Bs + Br)$$

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

محاسبه STEC از مشاهده فاز یا کد
در گیرنده‌های دوفرکانسه GPS



$$B = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (P_4(n) - L_4(n))$$

$$STEC = \frac{1}{40.3} \left(\frac{f_1^2 f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} \right) (B + L_4 + c(bs + br))$$

$$br = 40.3 \left(\frac{(f_1^2 - f_2^2)}{c f_1^2 f_2^2} VTEC \cdot M(\epsilon) - \frac{1}{C} P_4 + bs \right)$$

$$VTEC = STEC / M(\epsilon)$$

$$M(\epsilon) = \left[1 - \left(\frac{R \cos \epsilon}{R + h} \right)^2 \right]^{-1/2}$$

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات



مشاهدات
ALOS-PALSAR



SARPROZ



روش آزمون شیف

STEC



VTEC در هر
پیکسل تصویر
SAR



$\Delta VTEC_{pixcell}$

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادهای

SARPROZ

<https://www.sarproz.com/>

SARPROZ ©

The SAR PROCESSOR tool by periz

Home The Technology Applications Case Studies Software Manual Material Download FAQ

Application Form

To request a copy of the software, and to receive information about terms and conditions of its use, please

DATASET SELECTION -

Site Directory: none **Select**

Data Set

Samples	---	Lines	---	Images Nr	0
Primary	----	Secondary	----		

Master and Images Selection

Master	Bn	DC	BtIn	BtFin
	3500	.5	-Inf	Inf

Images Graph

	0.5	Coh	Thres	Save As	Plot Graph
--	-----	-----	-------	---------	------------

Current Selection

Nr of Selected Images:	0	Nr of Connections:	
------------------------	---	--------------------	--

SLC Data Import Advanced params Weather Module

Load Temp Load Aux Data Export Site Param

Manage Version Plot Dataset OK

SARPROZ (c) 2009-2018, the SAR PROCESSOR by periz

MAIN

SARPROZ

The SAR, InSAR, PSI, ... PROCESSOR, by periz

Select Dataset Dataset Description

Site Processing Small Area Processing

OK Help Mode

copyright 2009-2018 Daniele Perissin, info@sarproz.com

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

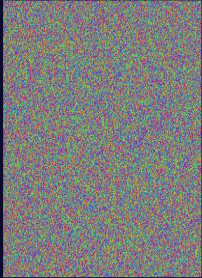
نتایج

پیشنهادات

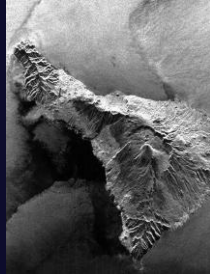
تداخل سنجی SAR

یک تصویر
مختلط SAR

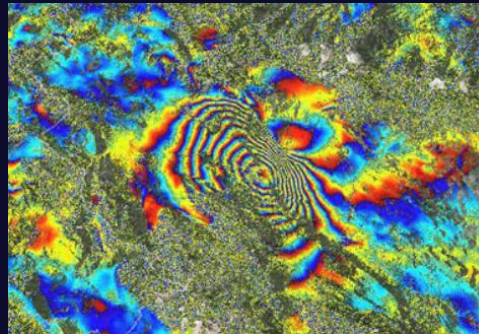
تصویر فاز



تصویر دامنه



تداخل نما حاصل از اختلاف
فاز تداخل سنجی



$$\Delta\Phi = \frac{4\pi}{\lambda} (\Delta R_f + \Delta R_{topo} + \Delta R_{disp} + \Delta R_{trop} + \Delta R_{iono})$$

$$\Delta\Phi = \frac{4\pi f}{c} (\Delta R_f + \Delta R_{topo} + \Delta R_{disp} + \Delta R_{trop}) - \frac{4\pi K}{cf} \Delta TEC$$

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

رابطه اختلاف فاز
تداخل نما و TEC تفاضلی

$$\Delta\Phi_{iono} = \frac{4\pi K}{cf} \Delta TEC$$



محاسبه تأخیر یونسفری
از تداخلسنجی

روش آزمون شیف

الگوریتم تداخلسنجی چندروزنه‌ای
(MAI)

- ۱- محاسبه جابه‌جایی‌های در راستای آزمون
- ۲- محاسبه اختلاف فاز یونسفری با انتگرال‌گیری از جابه‌جایی‌ها
- ۳- محاسبه TEC تفاضلی از فاز یونسفری

$$\Delta TEC = -\frac{cf}{4\pi K} \cdot [\Delta\phi_{ion} + C]$$

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادهای

$\Delta VTEC_{pixcell}$

$\Delta VTEC_{IPP}$

وریوگرام
مکانی

وریوگرام
زمانی

برازش تابع

تابع
وریوگرام
مکانی

تابع
وریوگرام
زمانی

کریجینگ
مکانی زمانی

مدل تأخیر یونسفری

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادهات

کریجینگ مکانی زمانی



- هدف کلی کریجینگ پیش‌بینی مقدار تابع تصادفی $Z = Z(x, t)$ در هر موقعیت دلخواه X و زمان دلخواه t
- روش کریجینگ مکانی زمانی براساس همبستگی مکانی زمانی مشاهدات وابسته به خصوصیات مرتبه دوم داده مانند وریانس یا کواریانس
- در نظر گرفتن فاصله و درجه تغییرات بین نقاط معلوم داده برای تخمین مقادیر در مناطق مجهول
- محاسبه وزن با برازش یک تابع به نقاط انتخاب شده براساس همبستگی، کواریانس یا دیگر پارامترهای آماری

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادهات

$$\hat{Z}(s_0, t_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i, t_i)$$

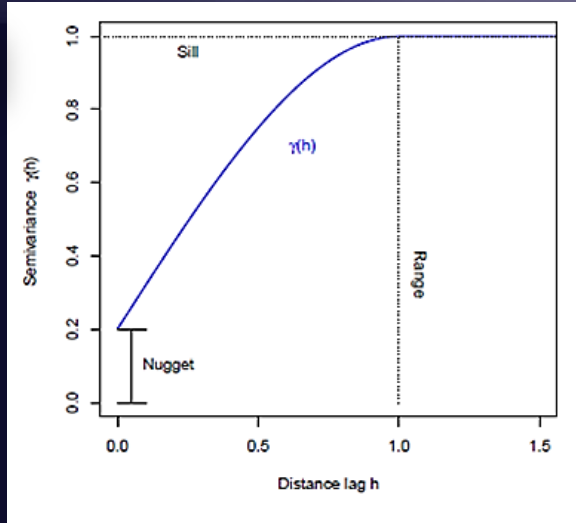
مختصات نقطه‌ی مورد پیش‌بینی

مختصات مکانی-زمانی نقاط

وزن داده‌ها

وریوگرام مکانی زمانی

پارامترهای وریوگرام



مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

مراحل

- ۱- محاسبه وریوگرام مکانی و وریوگرام زمانی
- ۱- ایجاد یک وریوگرام نشان دهنده تغییرات مکانی و زمانی
- ۲- تقریب تغییرات مکانی زمانی با یک تابع
- ۳- استفاده از این مدل جهت تعیین وزن کریجینگ

مدل پروداکت

$$\gamma_{st}(h_s, h_t) = C_s(0)\gamma_t(h_t) + C_t(0)\gamma_s(h_s) - \gamma_s(h_s)\gamma_t(h_t)$$

وریوگرام مکانی زمانی



معادلات کریجینگ معمولی مکانی زمانی

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j \gamma(s_i - s_j, t_i - t_j) + \mu = \gamma(s_i - s_0, t_i - t_0), \forall i = 1, \dots, n \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} \gamma(s_1 - s_1, u_1 - u_1) & \gamma(s_1 - s_2, u_1 - u_2) & \dots & \gamma(s_1 - s_n, u_1 - u_n) & 1 \\ \gamma(s_2 - s_1, u_2 - u_1) & \gamma(s_2 - s_2, u_2 - u_2) & \dots & \gamma(s_2 - s_n, u_2 - u_n) & 1 \\ \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} & \mathbf{M} \\ \gamma(s_n - s_1, u_n - u_1) & \gamma(s_n - s_2, u_n - u_2) & \mathbf{L} & \gamma(s_n - s_n, u_n - u_n) & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \mathbf{M} \\ \lambda_n \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma(s_1 - s_0, u_1 - u_0) \\ \gamma(s_2 - s_0, u_2 - u_0) \\ \mathbf{M} \\ \gamma(s_n - s_0, u_n - u_0) \\ 1 \end{bmatrix}$$

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

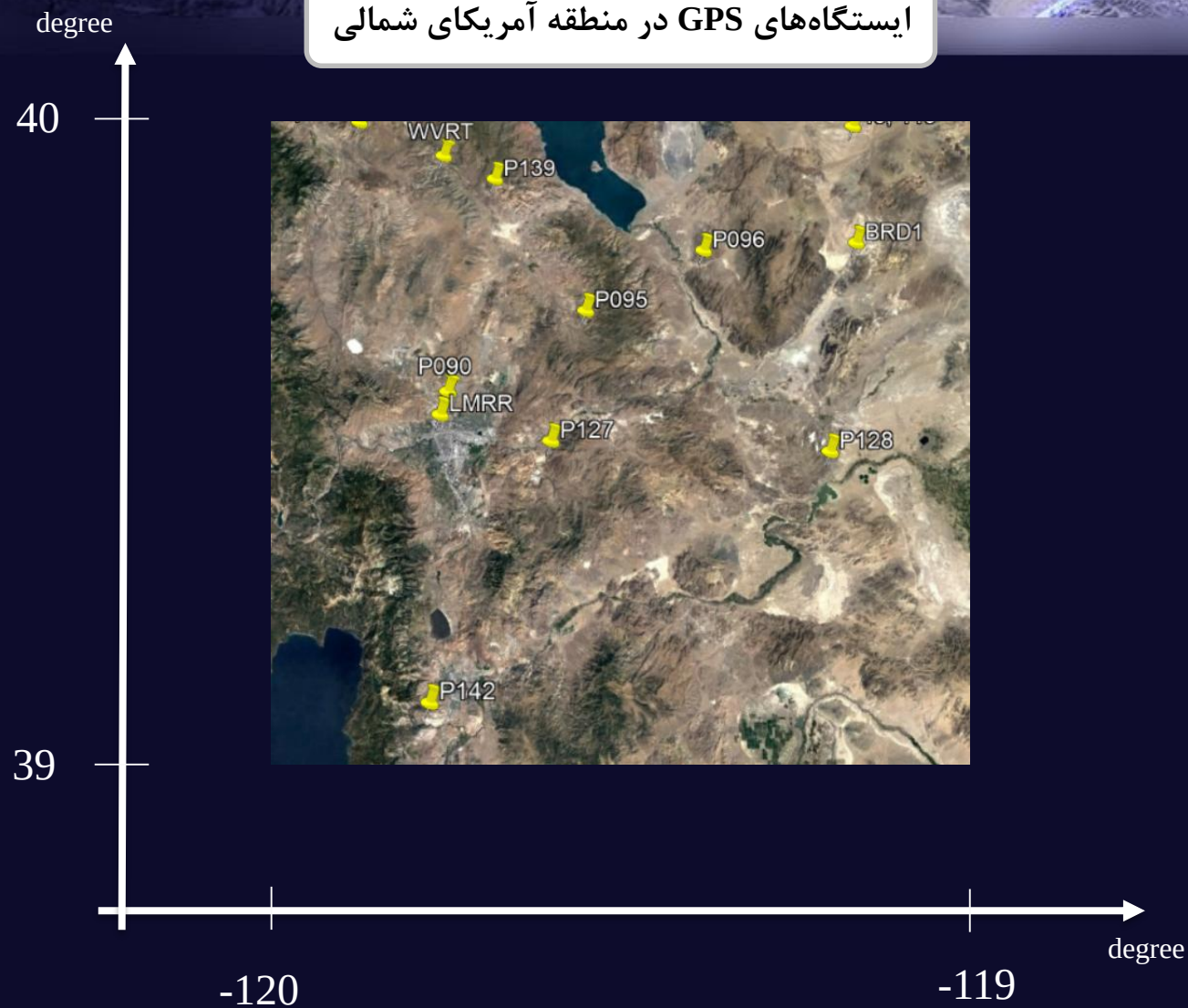
معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

ایستگاه‌های GPS در منطقه آمریکای شمالی



مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات



Data

GPS

ALOS-PALSAR

- مشاهدات با نرخ برداشت ۱۵ ثانیه
- باند L با فرکانس 1-2 GHz
- ارتفاع ۲۰۲۰۰ کیلومتری
- ۱۰ ایستگاه GPS

- باند L با فرکانس 1-2 GHz
- بیشترین تأثیرپذیری اثر یونسفر
- یک سنجنده فعال
- جمع‌آوری داده در شب و روز و در هر شرایط آب و هوایی
- دوره بازدید ۱۴ روزه
- ارتفاع ۶۲۸ کیلومتری
- خورشید آهنگ
- زاویه برخورد ۹۷/۹ درجه
- زمان خورشید محلی ۱۲: ظهر

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

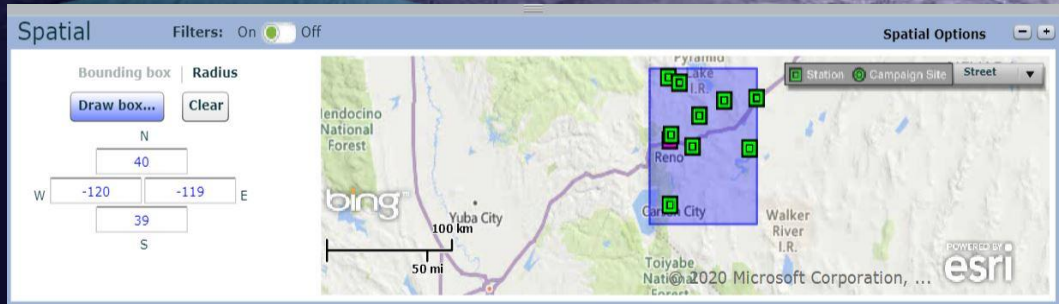
معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

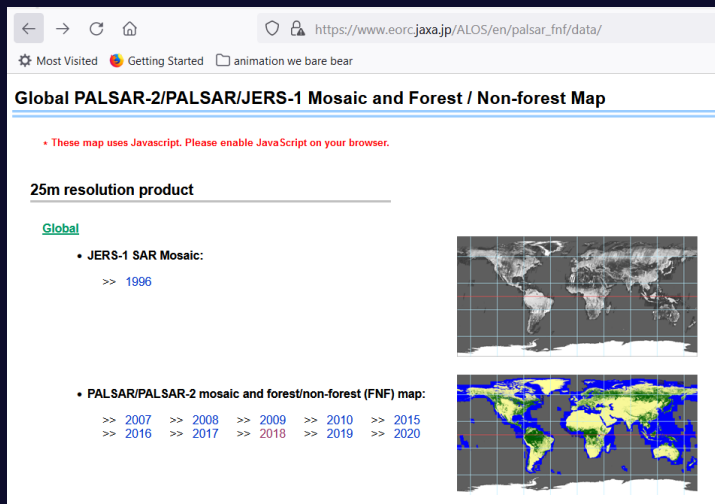
پیشنهادهات

GPS



<https://www.unavco.org/data/gpsgnss/data-access>

ALOS-PALSAR



https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/palsar_fnf/data/

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

روزهای منتخب داده‌ها

تاریخ
روزها

2018/02/27

2018/03/11

2018/03/25

2018/04/09

2018/06/07

روزهای
تداخل نما

تداخل نما	تصویر پایه	تصویر پیرو
1	2018/02/27	2018/03/11
2	2018/03/11	2018/03/25
3	2018/03/25	2018/04/09
4	2018/04/09	2018/06/07

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

TEC تفاضلی GPS حاصل از

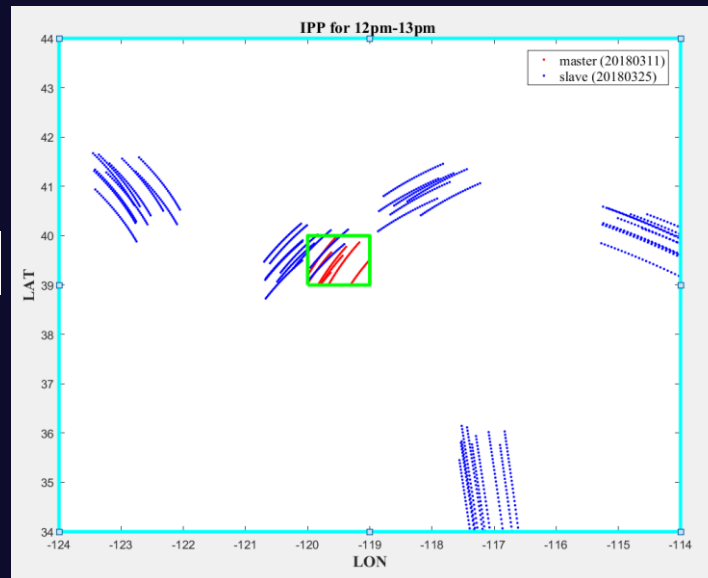
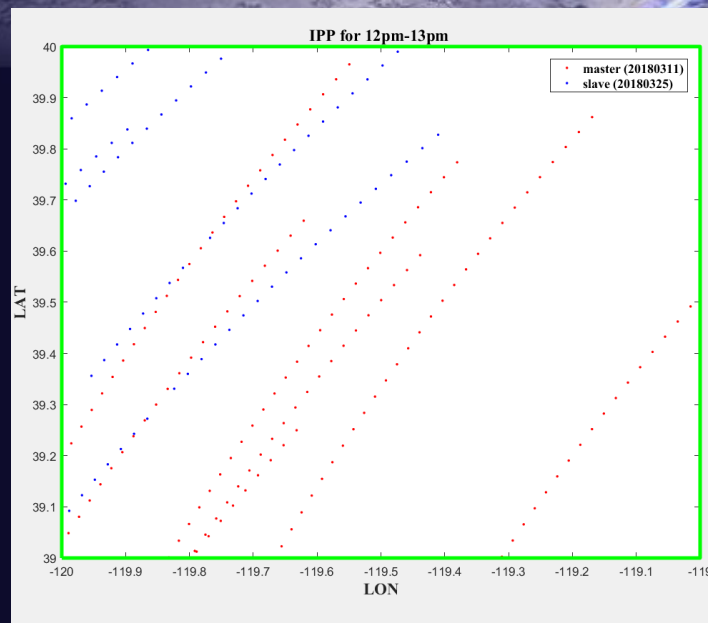
درونیابی bspiline

2018/03/25

روز دوم

2018/03/11

روز اول



$$\Delta VTEC = VTEC_{ipp_slave} - VTEC_{ipp_master}$$

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

TEC تفاضلی حاصل از GPS

مقدمه

ایده پایان نامه

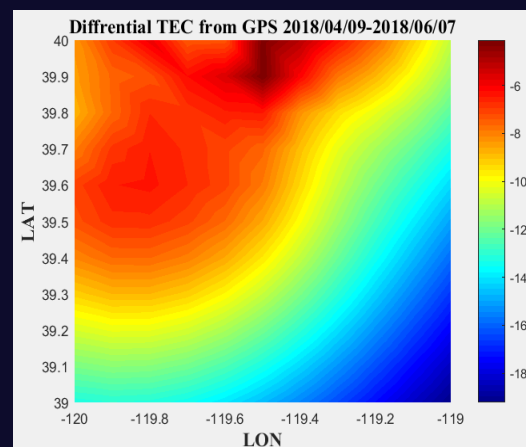
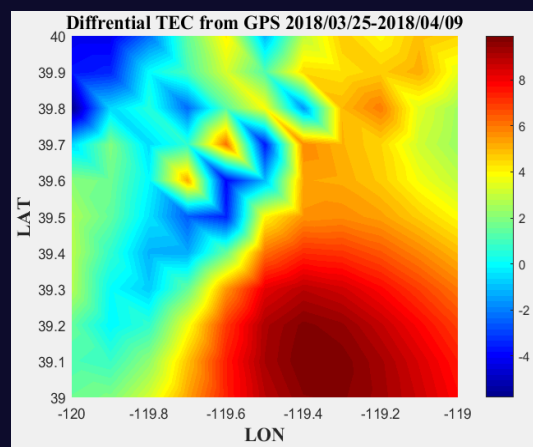
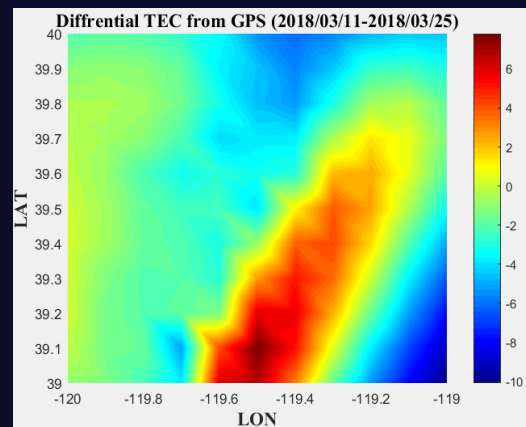
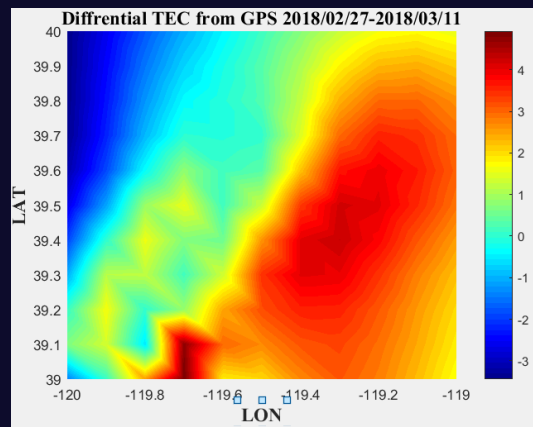
پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادهات

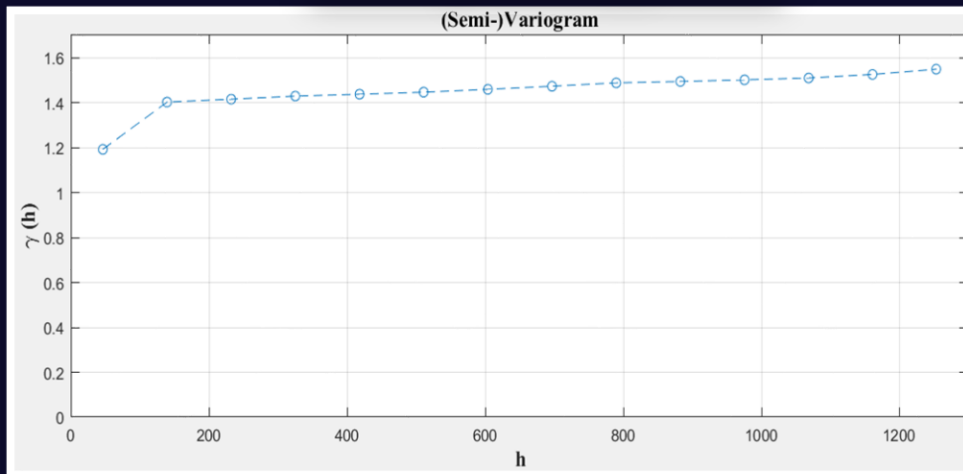


GPS

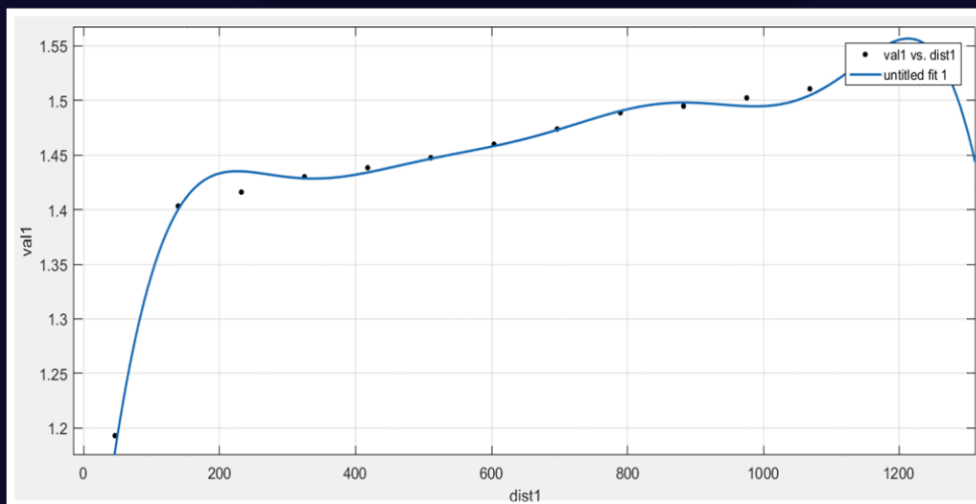
2018/03/11 روز اول

2018/03/25 روز دوم

وریوگرام زمانی



برازش تابع بر وریوگرام زمانی



مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

TEC تفاضلی InSAR حاصل از

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

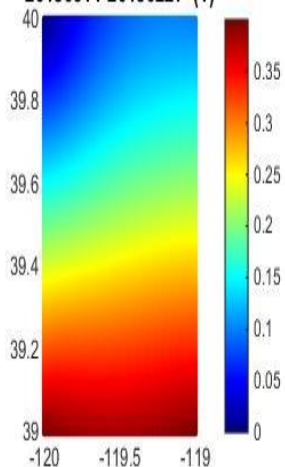
معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

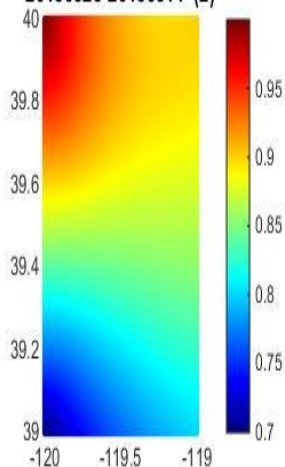
نتایج

پیشنهادات

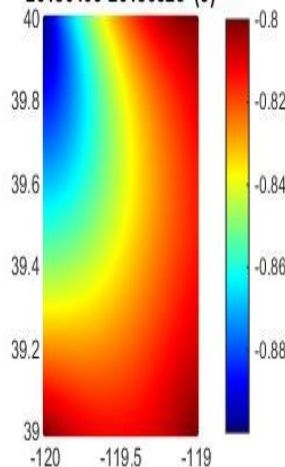
20180311-20180227 (1)



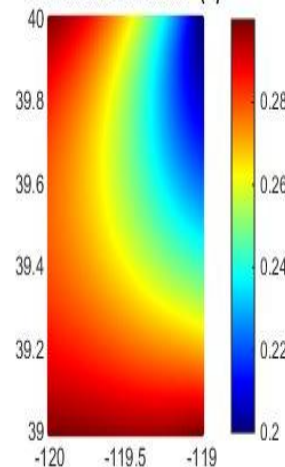
20180325-20180311 (2)



20180409-20180325 (3)



20180607-20180409 (4)

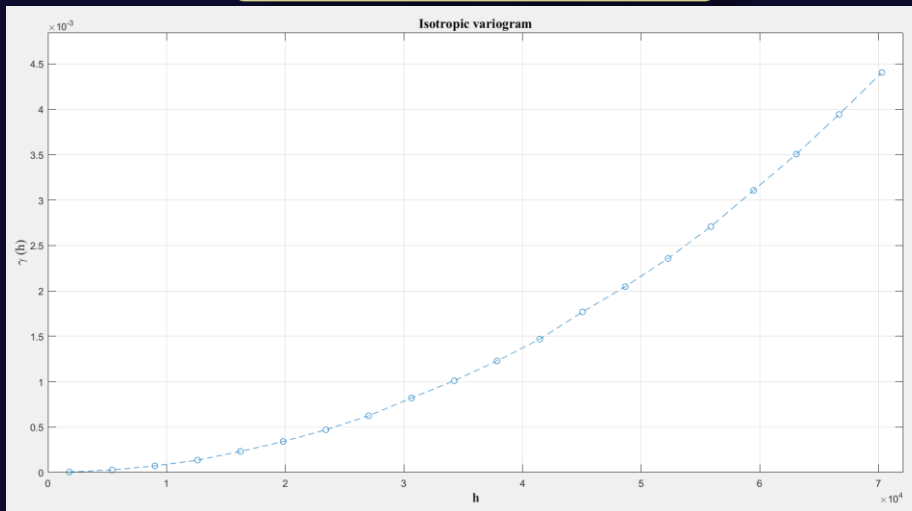


InSAR

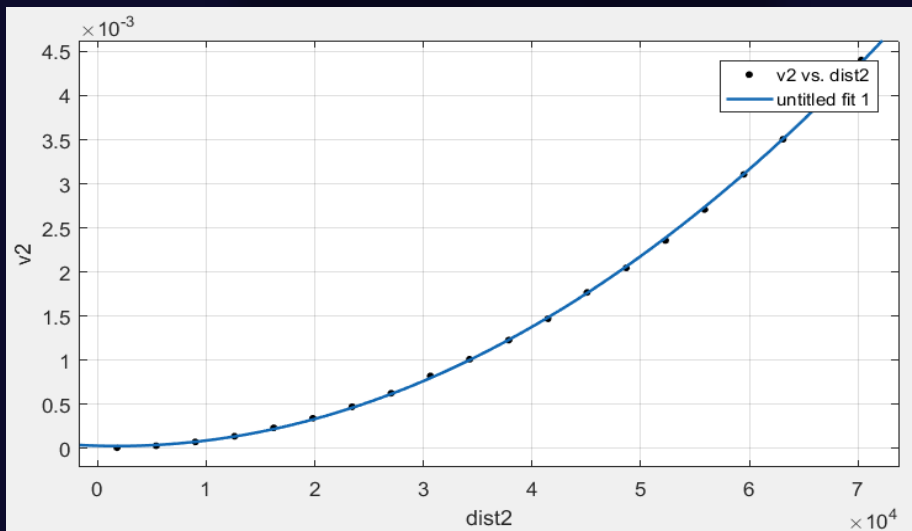
2018/03/11

2018/03/25

وریوگرام مکانی



برازش تابع بر وریوگرام مکانی



مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

2018/03/11

روز دوم

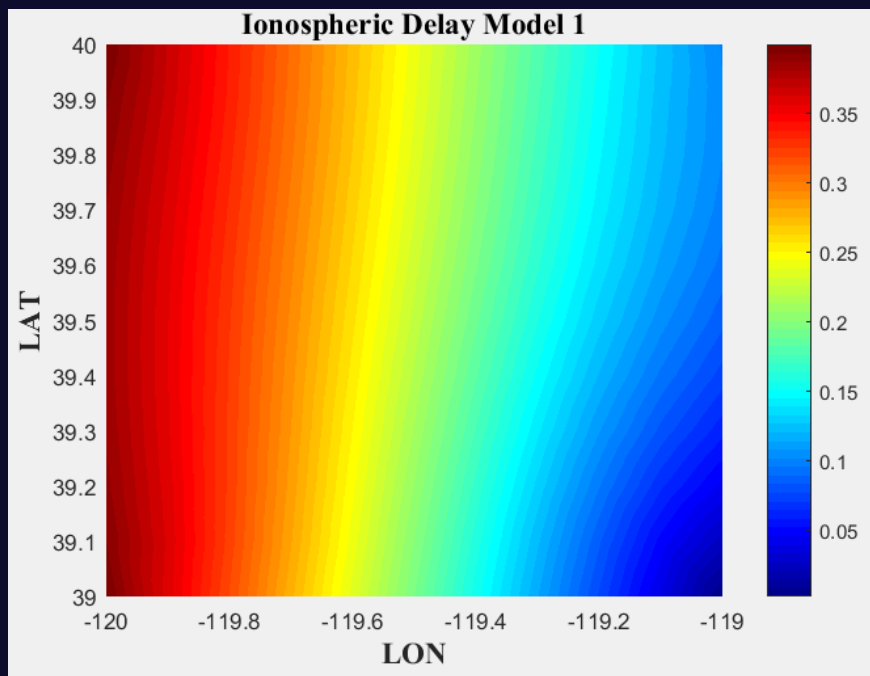
2018/02/27

روز اول

پیشبینی کریجینگ مکانی زمانی مقادیر
VTEC تفاضلی در ساعت ۱۳/۴۵



مدل تأخیر یونسفری



مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

2018/03/25

روز سوم

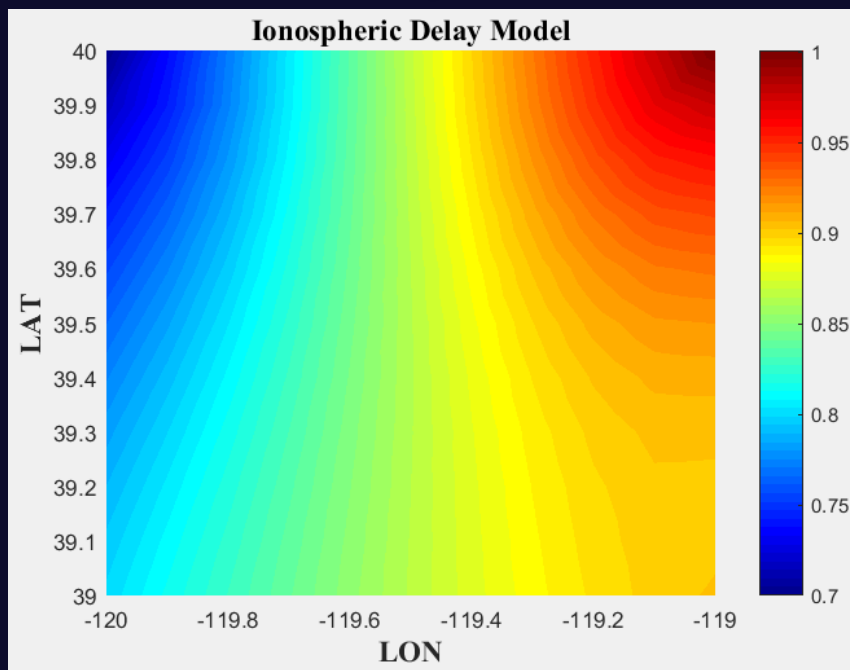
2018/03/11

روز دوم

پیشبینی کریجینگ مکانی زمانی
مقادیر VTEC تفاضلی در ساعت ۱۳



مدل تأخیر یونسفری



مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادهات

2018/04/09

روز چهارم

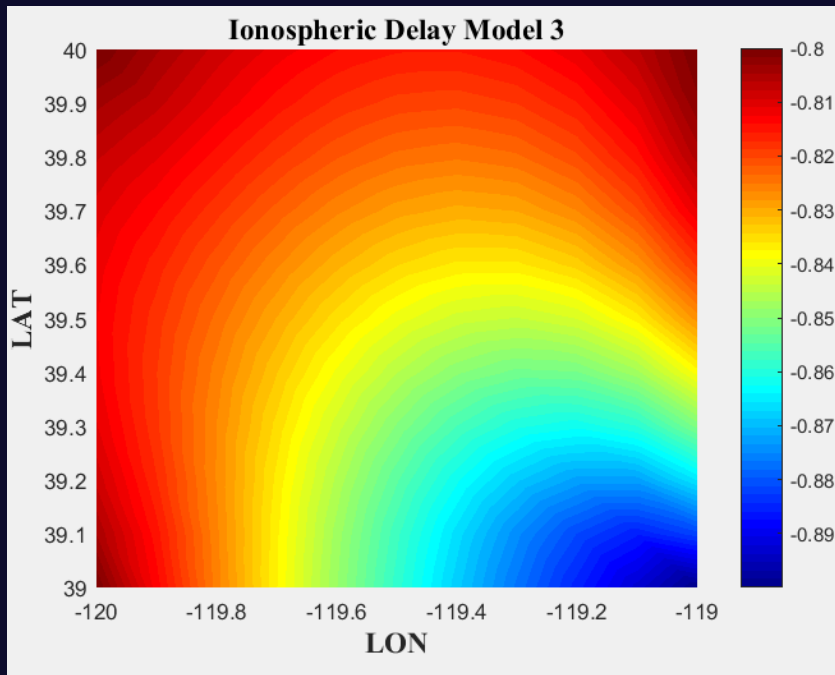
2018/03/25

روز سوم

پیشبینی کریجینگ مکانی زمانی
مقادیر VTEC تفاضلی در ساعت ۱۳



مدل تأخیر یونسفری



مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

2018/06/07

روز پنجم

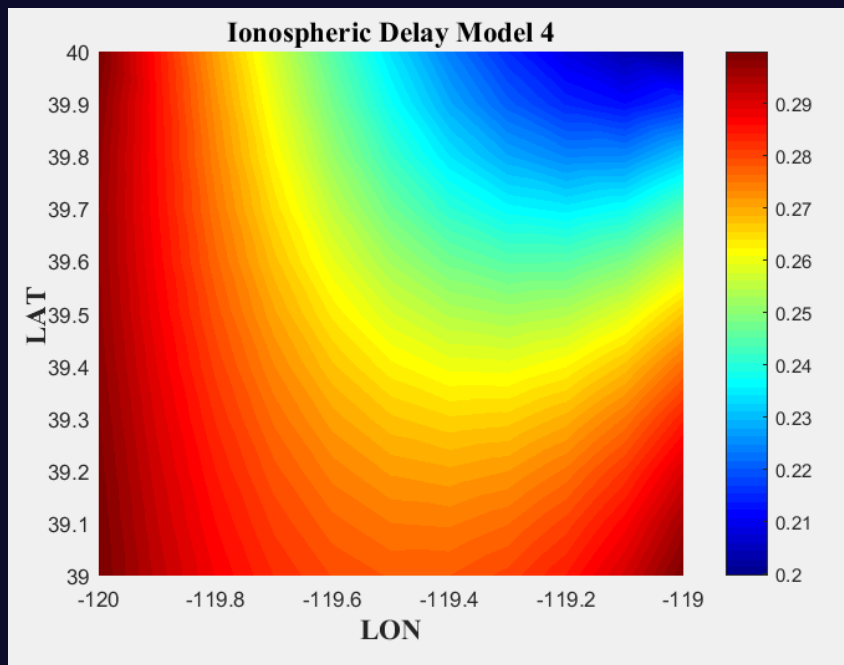
2018/04/09

روز چهارم

پیشبینی کریجینگ مکانی زمانی
مقادیر VTEC تفاضلی در ساعت ۱۴/۲۰



مدل تأخیر یونسفری



مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات

ارزیابی مقادیر پیشبینی
VTEC تفاضلی در IPPs
با در نظر گرفتن مقادیر دقیق GPS



Kriging

IRI

مقدمه

13/45
PM

2018/02/27 روز اول

2018/03/11 روز دوم

RMSE=1.91
TECU

RMSE=2.11
TECU

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

13 PM

2018/03/11 روز دوم

2018/03/25 روز سوم

RMSE=0.65
TECU

RMSE=1.15
TECU

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

13 PM

2018/03/25 روز سوم

2018/04/09 روز چهارم

RMSE=2.54
TECU

RMSE=3.82
TECU

نتایج

14/20
PM

2018/04/09 روز چهارم

2018/06/07 روز پنجم

RMSE=7.50
TECU

RMSE=7.95
TECU

پیشنهادهات



برای افزایش دقت روش پیش‌بینی کریجینگ مکانی زمانی

- وریوگرام مکانی برای محدوده وسیع‌تری محاسبه شود
- وریوگرام زمانی برای بازه زمانی بزرگتری در نظر گرفته شود

مدل پیش‌بینی تأخیر یونسفری حاصل از روش کریجینگ مکانی
زمانی با تفکیک زمانی بالا



مقادیر دقیق TEC تفاضلی برای ساعات پس از ساعت اخذ SAR



امکان تصحیح اثر یونسفر از تداخل‌نما در این ساعات



جابه‌جایی‌های بدست آمده از تداخل‌سنجی راداری دقیق‌تر

مقدمه

ایده پایان نامه

پیشینه تحقیق

معرفی روش

معرفی منطقه و دیتا

نتایج

پیشنهادات



سپاس از توجه و همراهی شما

مشاوران و مدیران محترم