

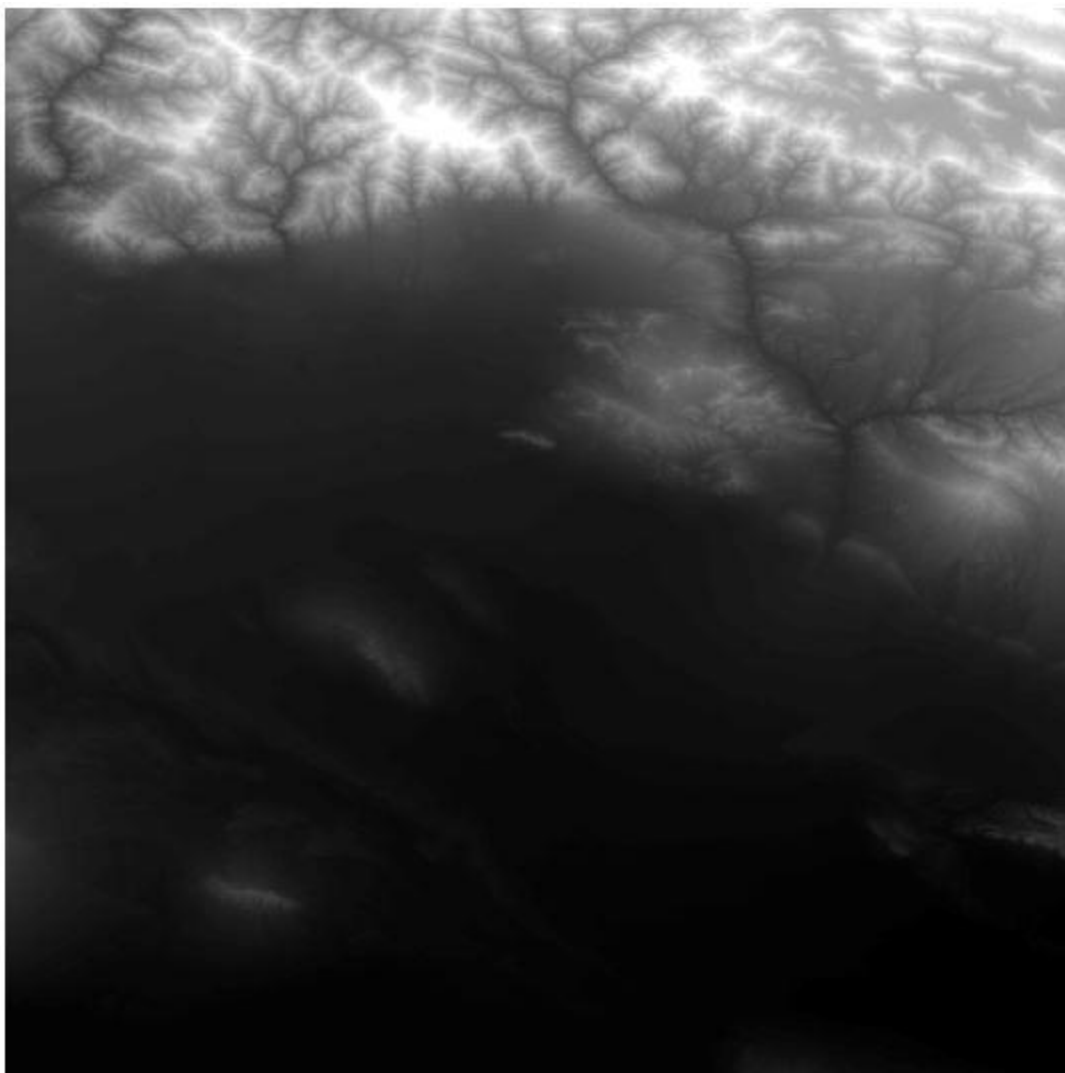
منطقه ی در نظر گرفته شده برای این تمرین شهر تهران و بخشی از دامنه ی رشته کوه البرز است.



شکل ۱. منطقه ی مورد بحث

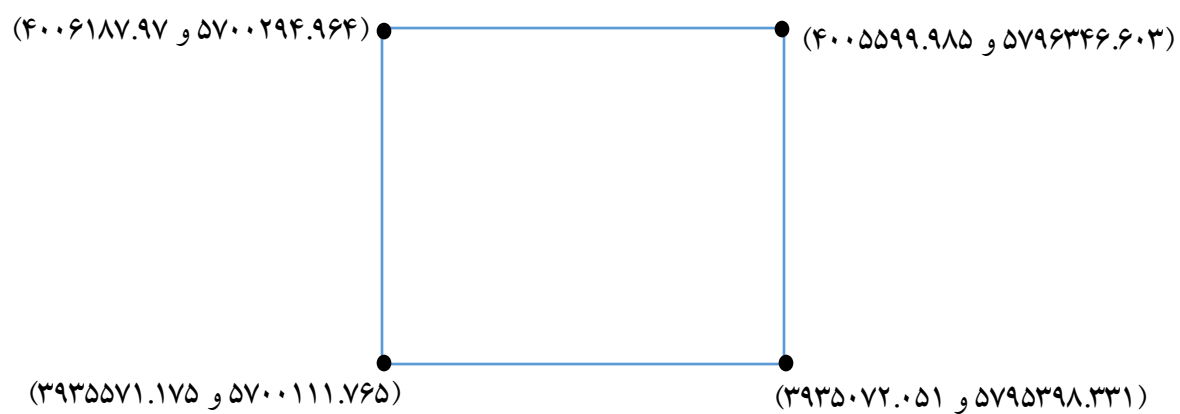
در این تمرین دو dem انتخاب شده است:

- مدل رقومی اول SRTM است که از یک سنجنده ی راداری حاصل شده است. این مدل از سایت earthexplorer.usgs.gov دانلود شده است. رزولوشن این مدل ۳۰ متر (1 Arc) است.



شکل ۲. مدل رقومی SRTM

این مدل رقومی، از شمال از شمال روبه رشته کوه البرز، از شرق روبه پردیس و از جنوب و غرب روبه تهران است.

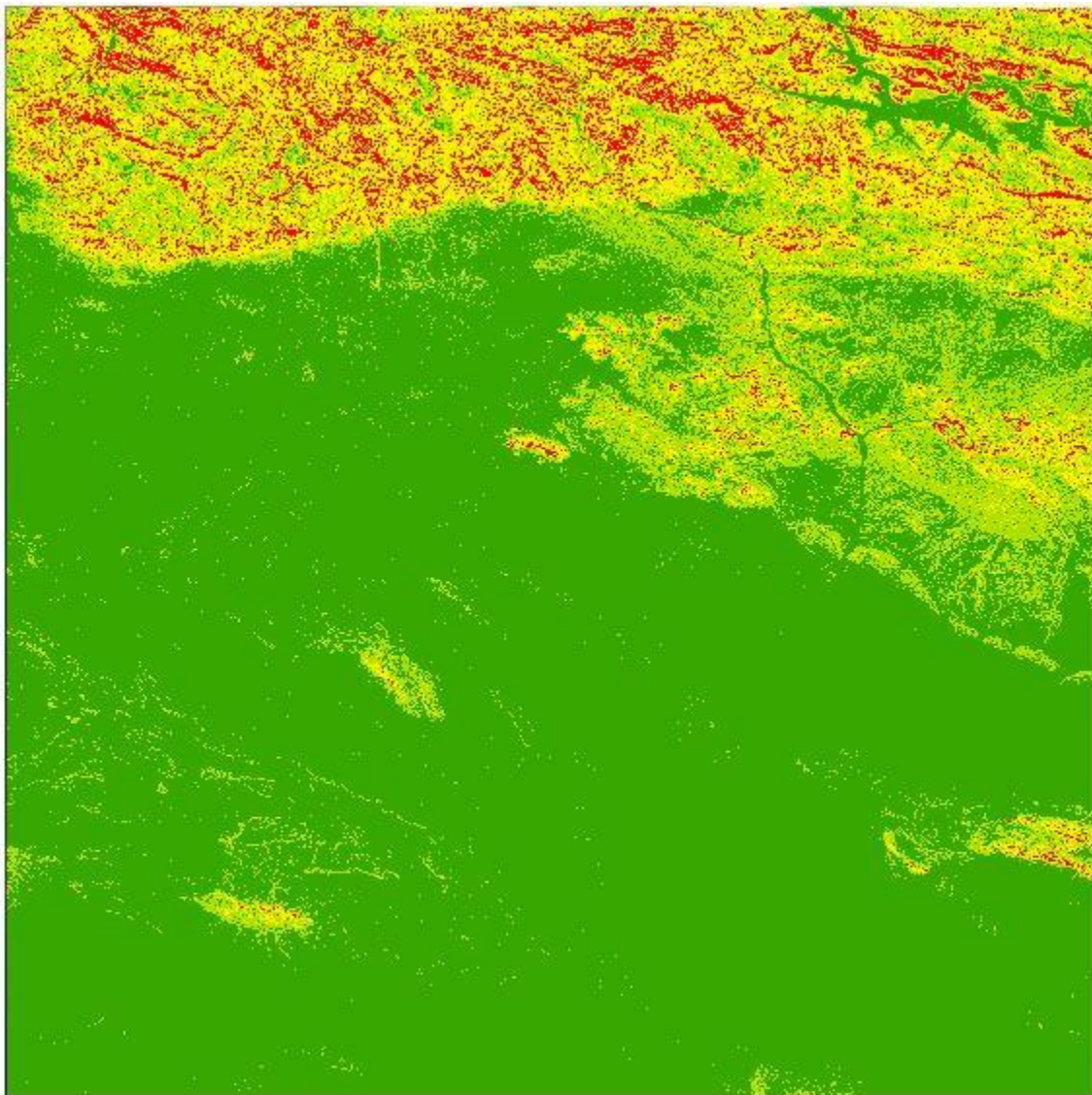


با توجه به آنکه می دانیم در dem با در نظر گرفتن ارتفاع هر سلول، یک مقدار را به آن منتسب می کنیم و نوار رنگ مدل رقومی می توان گفت که ارتفاع در قسمت بالایی مدل بیشتر است و در قسمت هایی پایین، فضای پست تری داریم. شیب منطقه از شمال به جنوب کم شده است.

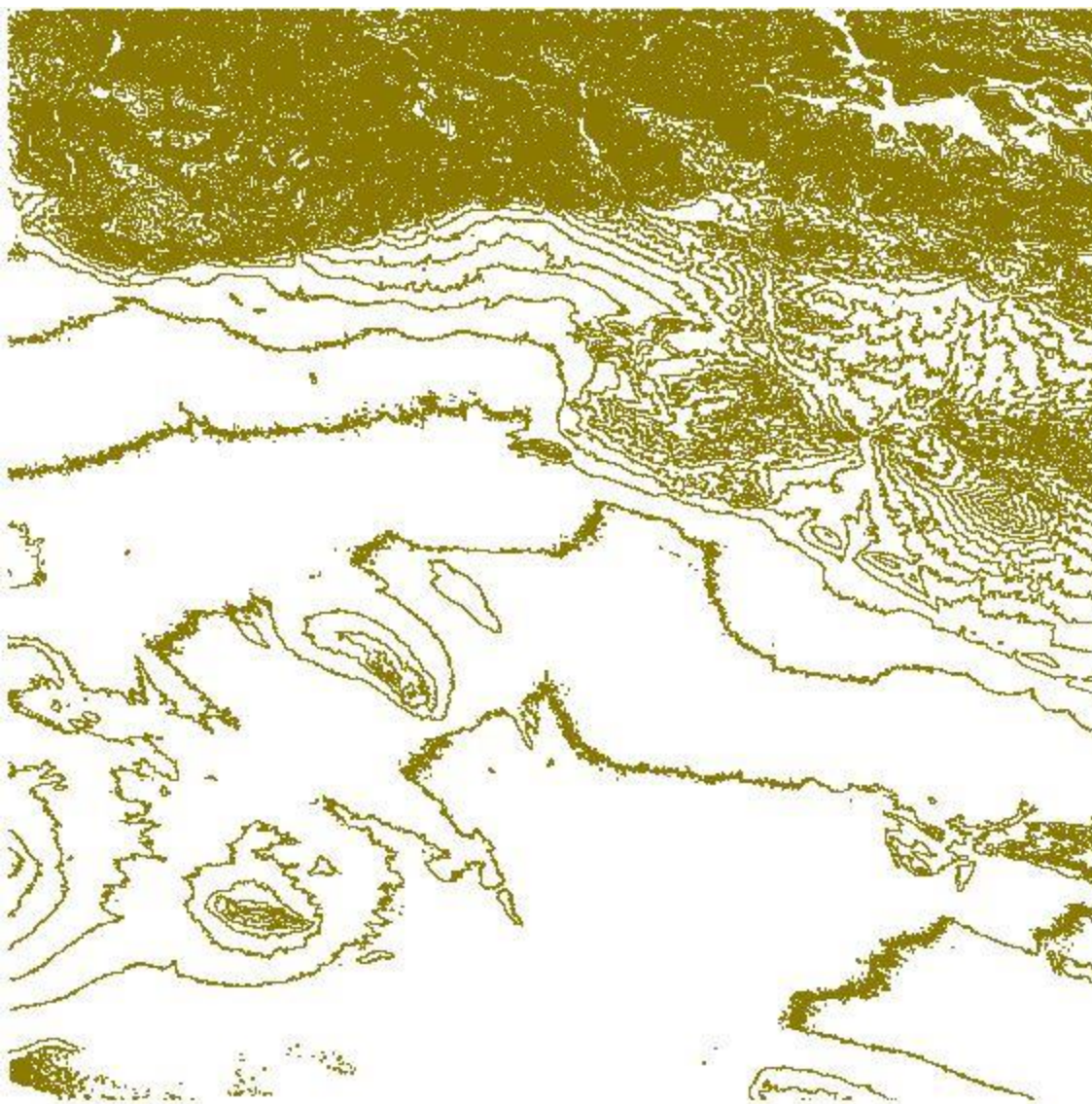


شکل ۳. بازه ی سلول های مدل رقومی srtm

برای آنکه بتوان درک درستی از فضای سه بعدی منطقه ی مورد نظر داشت، نقشه ی slope مدل رقومی فوق را بدست می آوریم. نقشه ی زیر چهار طبقه بندی دارد.



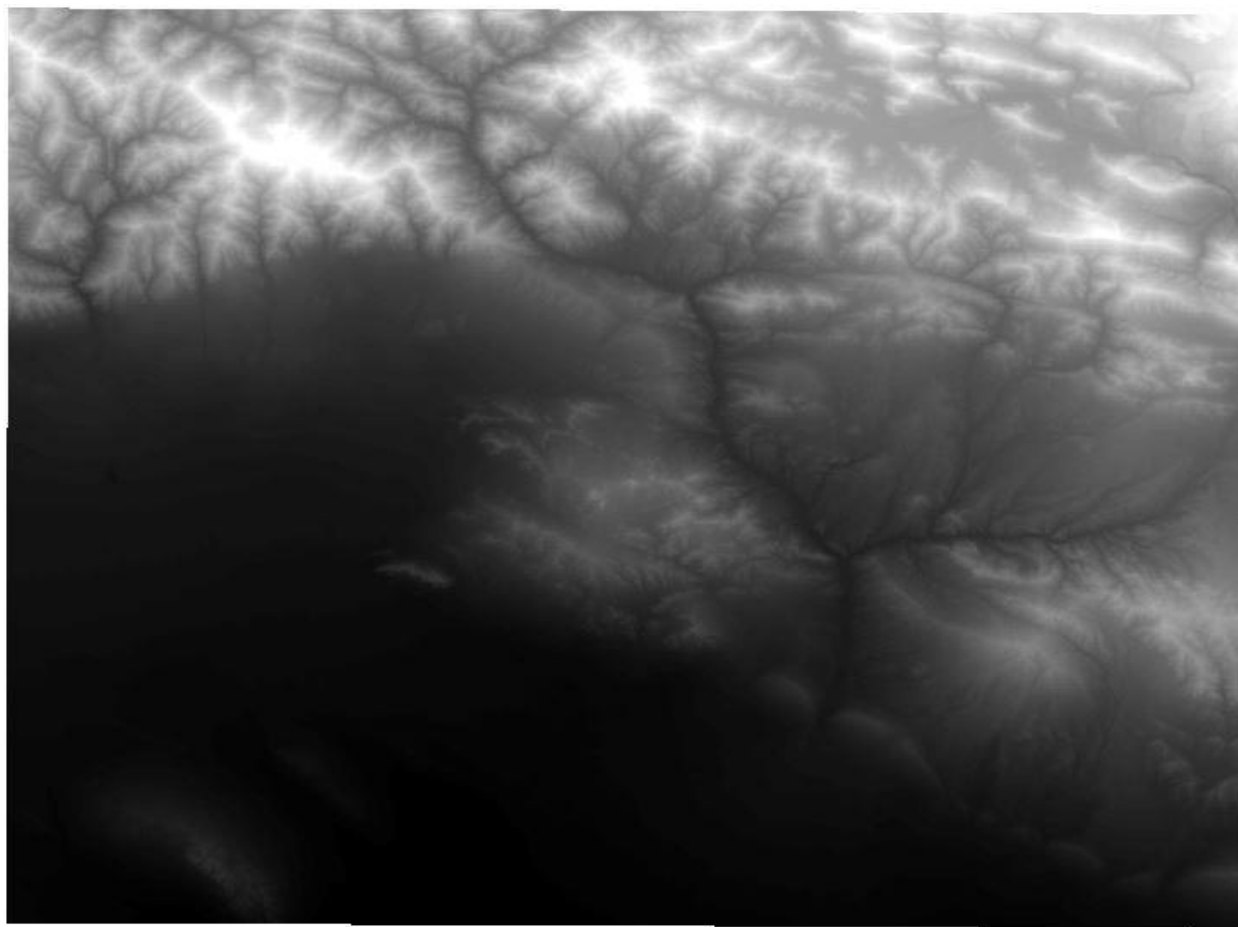
شکل ۴. نقشه ی شیب مدل رقومی srtm



شکل ۵. نقشه ی منحنی میزان ۱۰۰ متری srtm dem

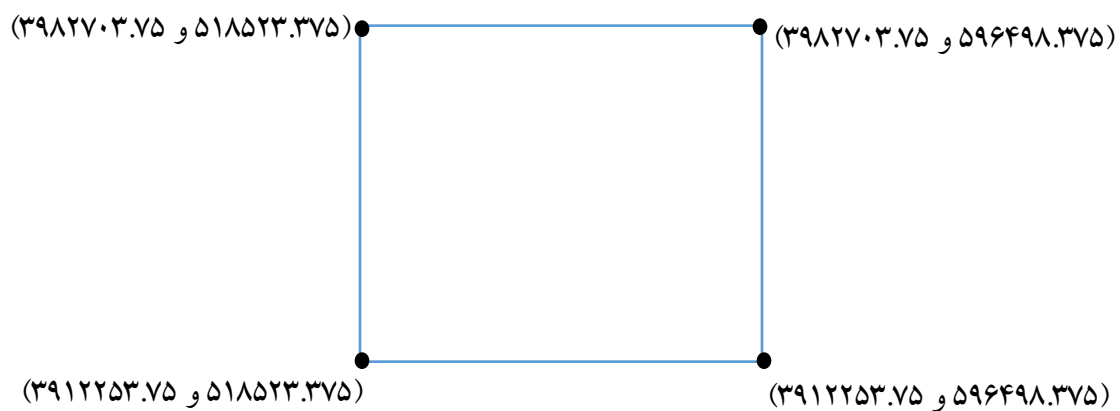
همانطور که از نقشه ی بالا مشخص است، تراکم منحنی میزان ها در قسمت شمالی منطقه است و نشان دهنده ی بیشتر بودن تغییرات ارتفاعی می باشد.

- مدل دوم، مدل حاصل از سنجنده ی ALOS PALSAR که یک سنجنده ی نوری است ، می باشد و از سایت vertex.daac.asf.alaska.edu دانلود شده است. رزولوشن این مدل ۱۲.۵ متر است.



شکل ۶. مدل رقومی ALOS

مختصات های چهارگوشه ی مدل ALOS به صورت زیر است:

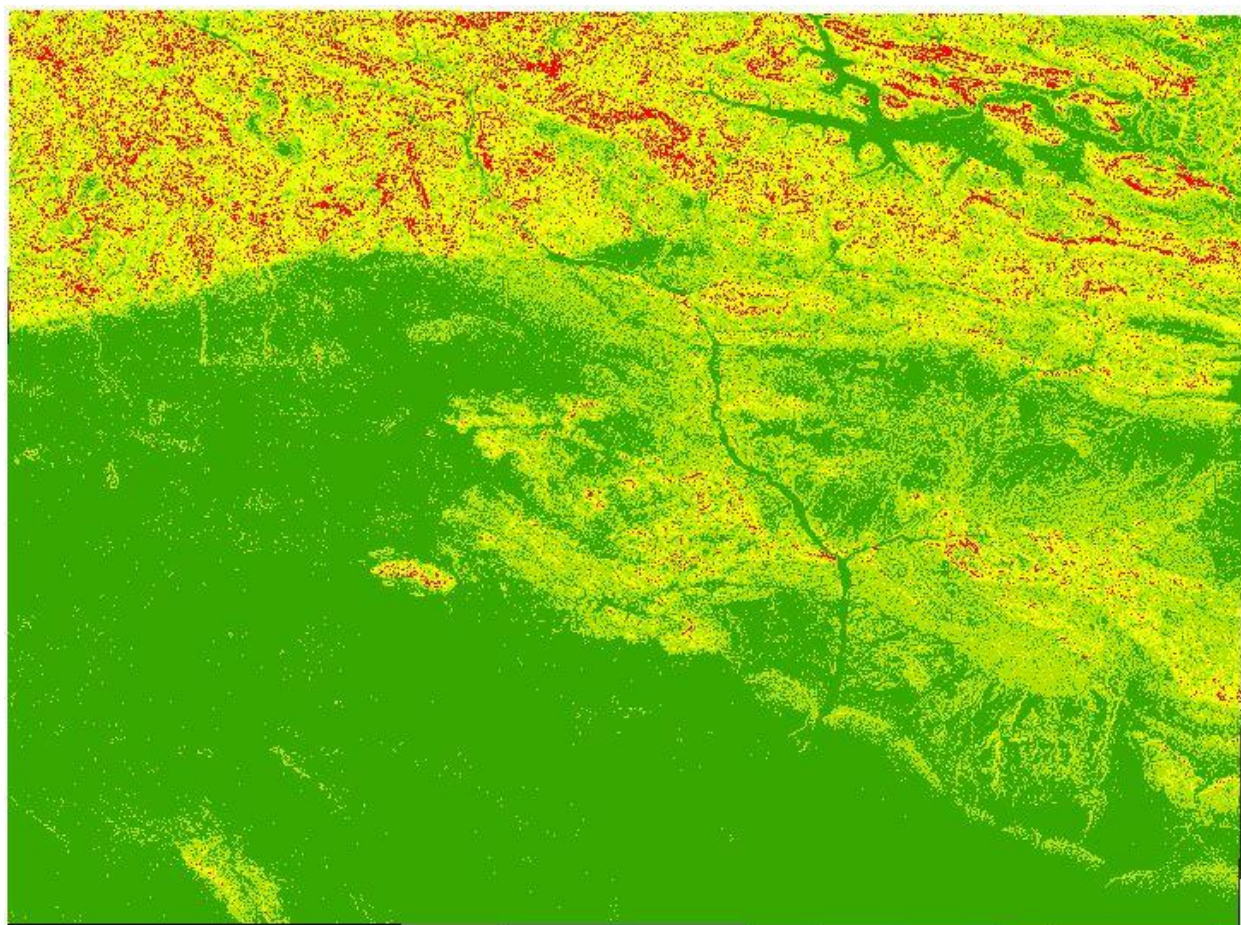


این مدل همانند SRTM از شمال روبه رشته کوه البرز، از شرق روبه پردیس و از جنوب و غرب روبه تهران است. قسمت های سفید رنگ، ارتفاع بیشتر و قسمت های مشکی رنگ، ارتفاع پایین تر را نشان می دهند. این مدل هم مانند مدل فوق در قسمت های بالایی تصویر، ارتفاع بیشتر و در قسمت های پایینی، ارتفاع پست داریم. پس شیب منطقه از شمال به جنوب کم شده است.



شکل ۷. بازه ی سلول های مدل رقومی ALOS

نقشه ی شیب مدل رقومی ALOS در چهار کلاس به صورت زیر است:

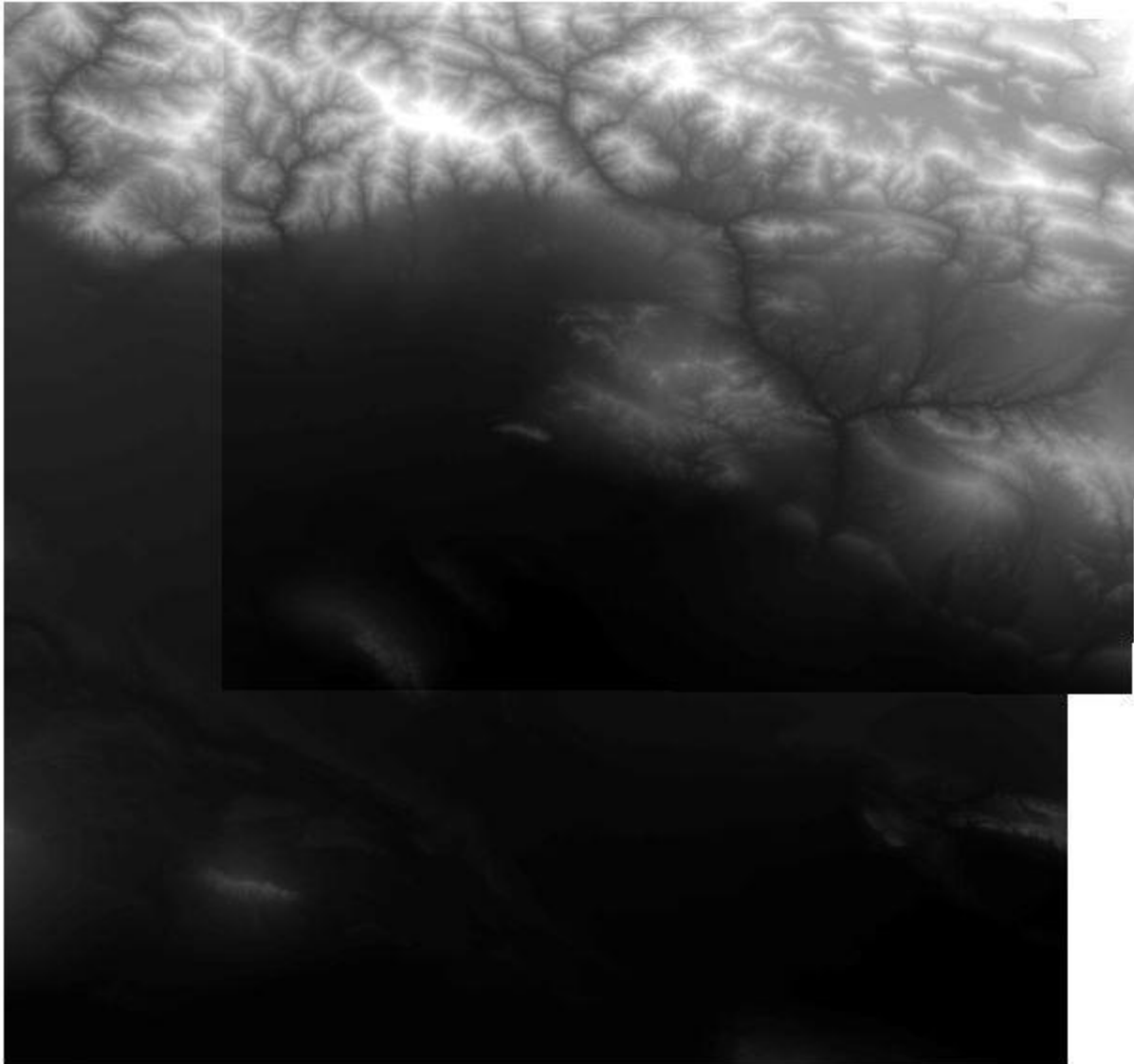


شکل ۸. نقشه ی شیب مدل رقومی ALOS



شکل ۹. نقشه ی منحنی میزان ۱۰۰ متری ALOS dem

گام بعدی آن است که دو مدل را مختصات دهی و نسبت به هم رجیستر کنیم. این کار را در نرم افزار arcgis و به کمک نقاط کنترلی که می توان بین دو عکس پیدا کرد، انجام می دهیم.

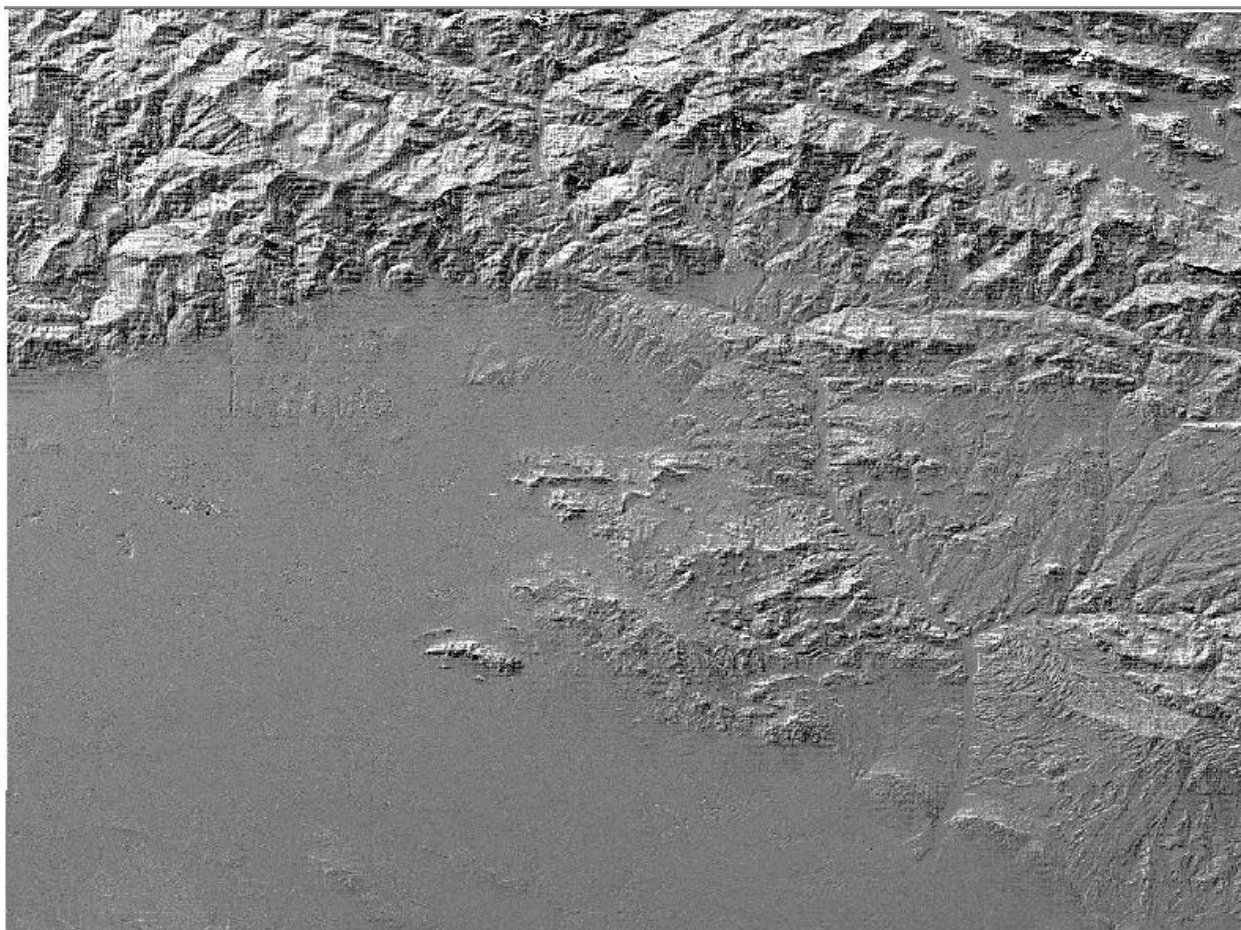


شکل ۱۰. dem های رجیستر شده

برای مقایسه ی دو مدل رقومی، ابعاد سلول ها باید برابر باشند. با توجه به آنکه سائز سلول های یکی از تصاویر ۳۰ متر و دیگری ۱۲.۵ متر است، ابعاد سلول مدل رقومی با اندازه ی بزرگتر را کاهش می دهیم. این کار را با ابزار **resample** انجام می دهیم.

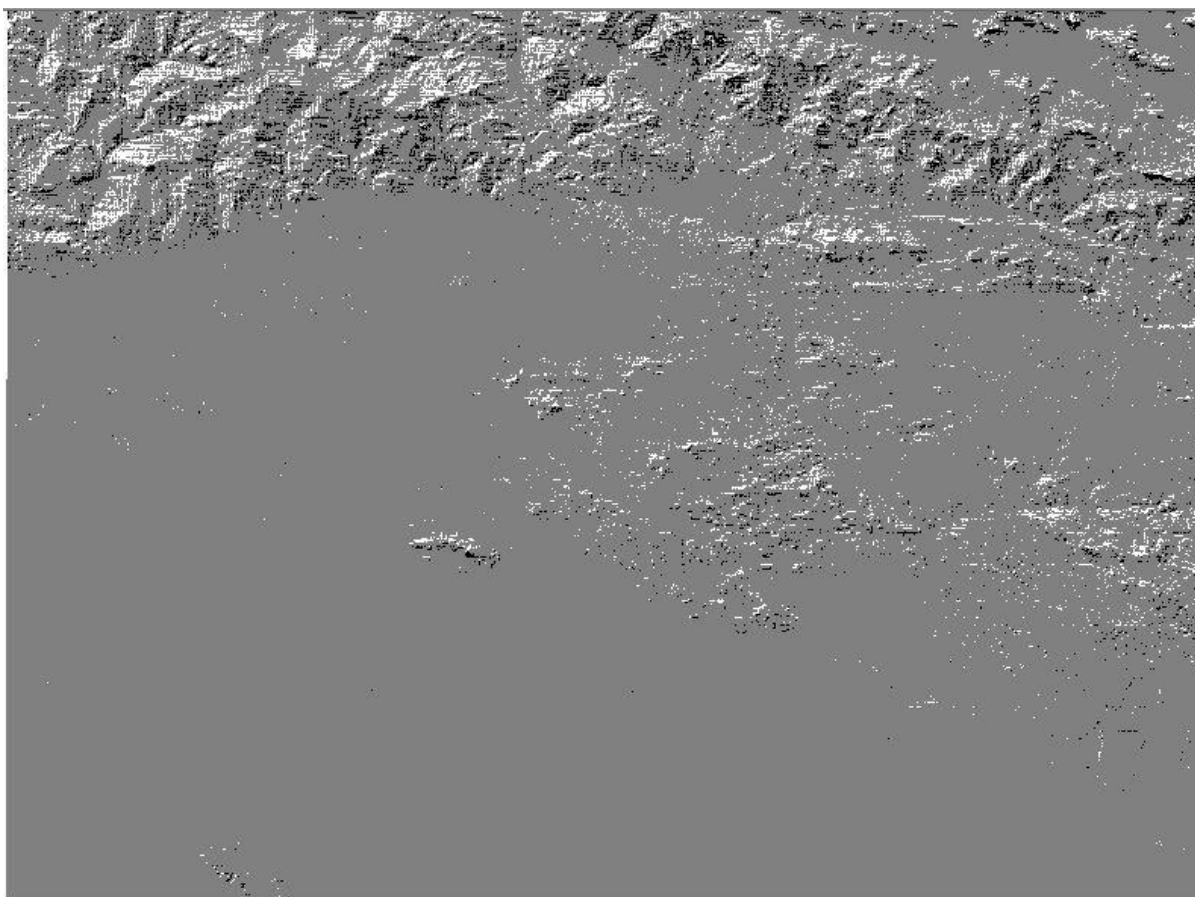
پس از آنکه ابعاد سلول ۳۰ متری را کاهش دادیم، باید قسمت مشترک دو مدل را برای مقایسه و بدست آوردن نقشه ی اختلاف، جدا کنیم. برای این کار از یکی از ابزارهای **clip** که برای داده های رستری به کار می رود استفاده می کنیم.

نقشه ی اختلاف را با تفاضل دو رستر از هم و به کمک ابزار **Raster Calculation** بدست می آوریم.



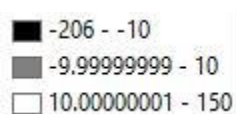
شکل ۱۱. نقشه ی اختلاف

برای درک درست از نقشه، آنرا طبقه بندی کرده و به هر طبقه یک مقدار را اختصاص می دهیم.



شکل ۱۲. نقشه ی اختلاف با ۳ طبقه بندی

با توجه به اینکه هر سلول dem مقدار ارتفاع را نشان می دهد، حاصل تفاضل این دو dem، اختلاف ارتفاع برای هر سلول است. با توجه به تصویر زیر در بیشتر سلول ها، اختلاف ارتفاع از لحاظ جبری بین ۱۰- تا ۱۰ متر است. چون بازه در اطراف صفر است به آن معناست که اختلاف ارتفاع بین دو dem مینیمم مقدار است.



شکل ۱۳. کلاس های طبقه بندی

تعداد سلول کمتری نسبت به حالت قبل، مقداری بین بازه ی ۲۰۶- تا ۱۰- یا بازه ی ۱۰ تا ۱۵۰ دارند. در واقع از جنوب به شمال اختلاف ارتفاع بین دو dem افزایش یافته است.

پس با توجه به بررسی های انجام شده روی این دو dem می توان گفت هرچه به شمال می رویم، مناطق مرتفع تر شده و در مناطق مرتفع تر اختلاف ارتفاع ثبت شده در دو dem نسبت به مناطق پست تر بیشتر است.

به نام خدا

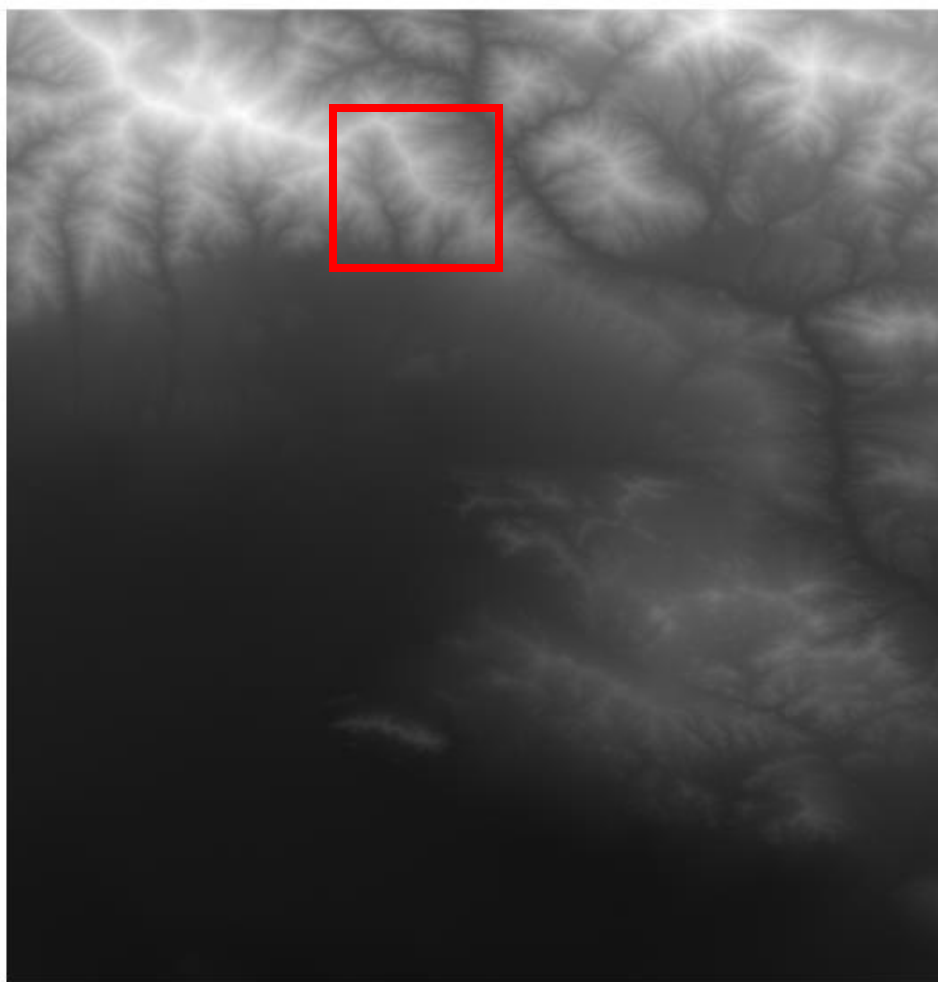
حسن رضوان – ۸۱۰۳۹۶۰۷۹

تمرین دوم درس مدل سازی رقومی سطح

برازش مدل

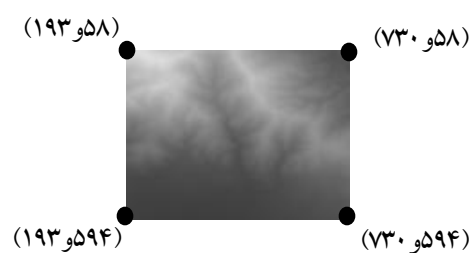
مقدمه

در این تمرین، dem ای که برای تمرین گذشته را دانلود کرده بودیم، با چند جمله ای های مختلف مدلسازی می کنیم. هر مدل را با واقعیت منطقه مقایسه کرده و خواهیم دید که کدام درجه از مدل بهترین دید را از منطقه می دهد. منطقه ی مورد نظر تهران بود. جنوب dem به تهران و شمال dem به قسمت های رشته کوه البرز منتهی می شد. Dem مورد نظر در پایین آمده است.



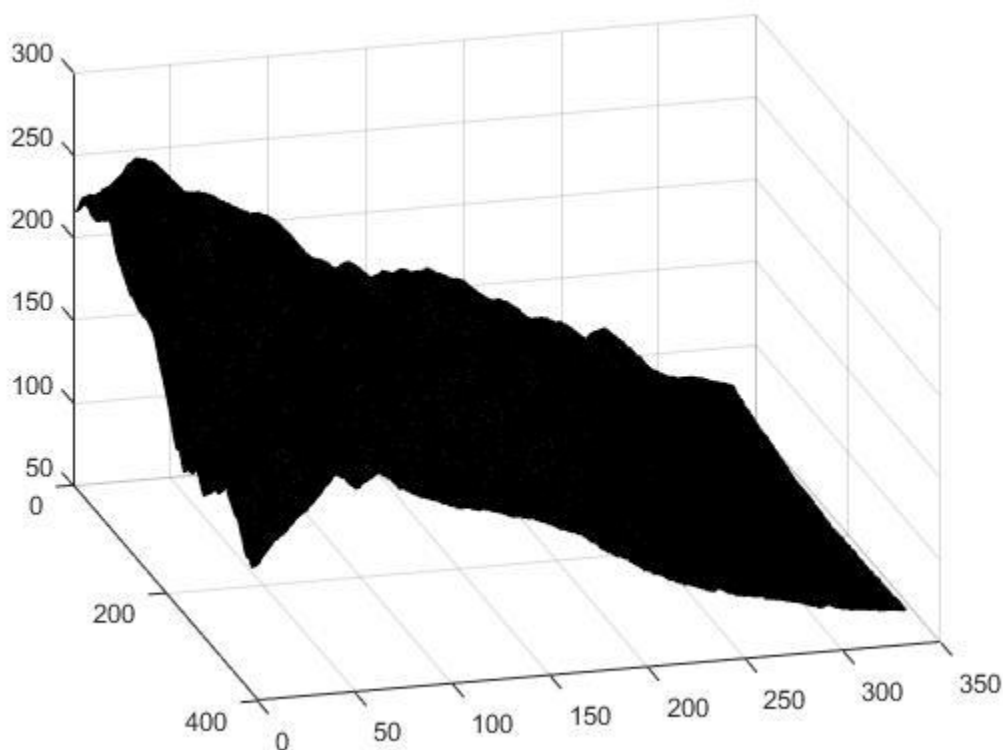
شکل ۱. dem انتخاب شده از منطقه ای از تهران

با توجه به اندازه ی dem انتخابی که 3601×3601 پیکسل است، محاسبات پیچیده و زمان بر می شود. به همین دلیل برای ساده تر شدن محاسبات و نمایش آنها قسمتی با ابعاد 537×537 از آنرا که همه گونه تغییرات ارتفاعی در آن وجود دارد، جدا می کنیم و تمام بررسی ها را روی آن انجام می دهیم. قسمت جدا در پایین نمایش داده شده است.



شکل ۲. قسمت جداشده

تغییرات ارتفاعی این قسمت به صورت زیر است. پس قرار است به سطح زیر، یک مدل برازش دهیم.

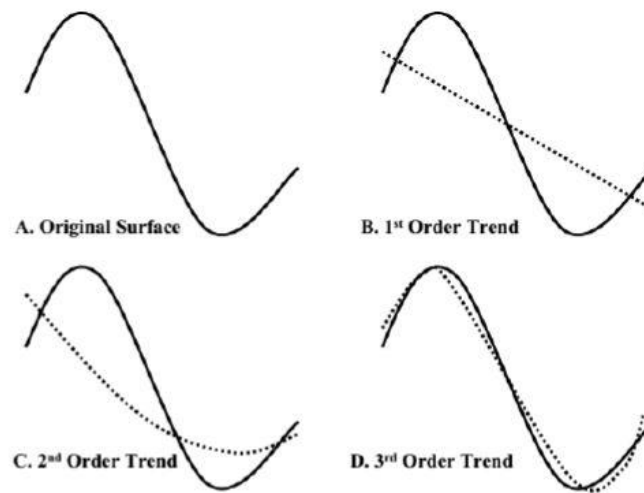


شکل ۳. تغییرات ارتفاعی قسمت مورد بحث

در این تمرین می خواهیم از یکی از روش های درونیابی گلوبال با نام Trend Surface Analysis (TSA) استفاده کنیم. نحوه ی کار این روش به این صورت است که یک رویه که وضعیت کلی منطقه را نشان می دهد را به همراه یک سری خطای اتفاقی می سازد. این رویه می تواند نتیجه ی یک مدل درجه یک، درجه دو یا ... باشد.

مدل هایی که در این تمرین برازش می دهیم عبارتند از پلی نومیال مدل درجه ۱، درجه ۲ و درجه ۳.

با توجه به شکل زیر پیش بینی می شود که هر چه درجه ی مدل افزایش یابد، برازش بهتری را داشته باشیم.



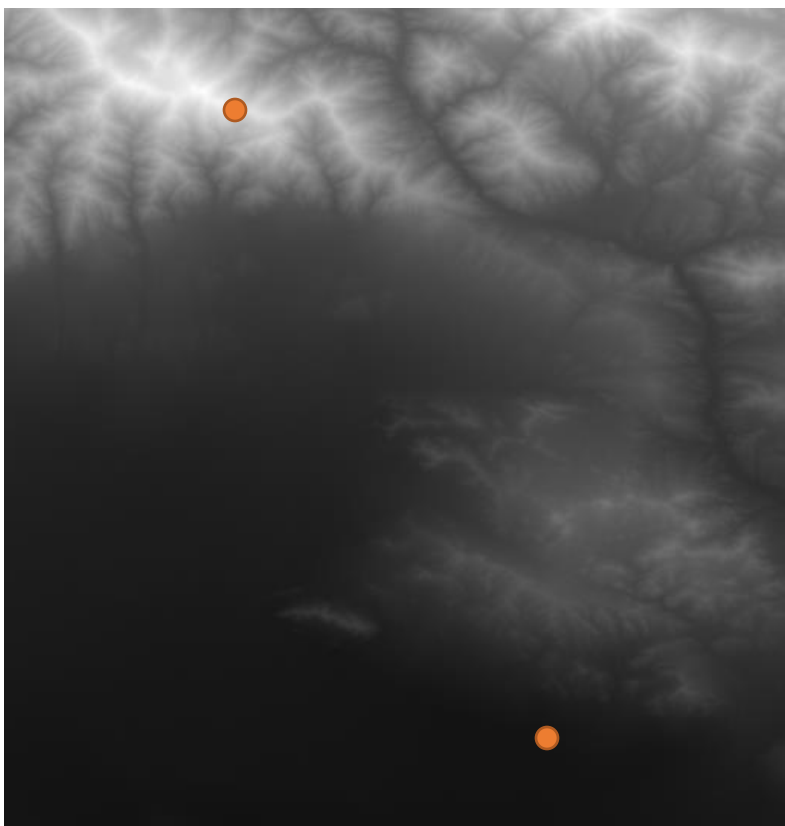
شکل ۴. درجات مختلف ترند

مدل پلی نومیال درجه ۱

در این قسمت می خواهیم dem را بر حسب پلی نومیال درجه ۱ بسط دهیم. با توجه به این که تغییرات ارتفاعی در راستای شمال-جنوب منطقه است، مقدار ارتفاع به پارامتر X وابسته است. پس رابطه ی این مدل را به صورت زیر می نویسیم:

$$Z = a_1 x + a_0$$

مجهول مسئله ضریب a است. برای بدست آوردن ضریب a از کمترین مربعات استفاده می کنیم. ابتدا دو نقطه ی معلوم را انتخاب می کنیم و به عنوان نقطه ی کنترل در نظر می گیریم.



شکل ۵. نقاط کنترل در مدل درجه ۱

معادلات را به صورت زیر تشکیل می دهیم:

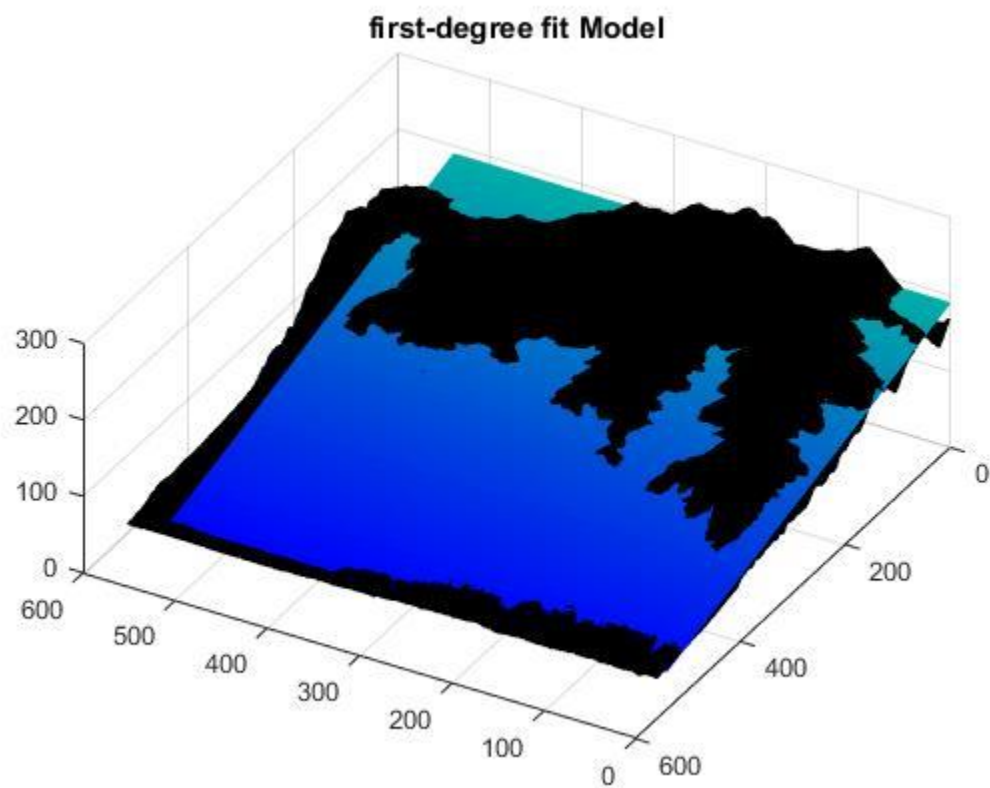
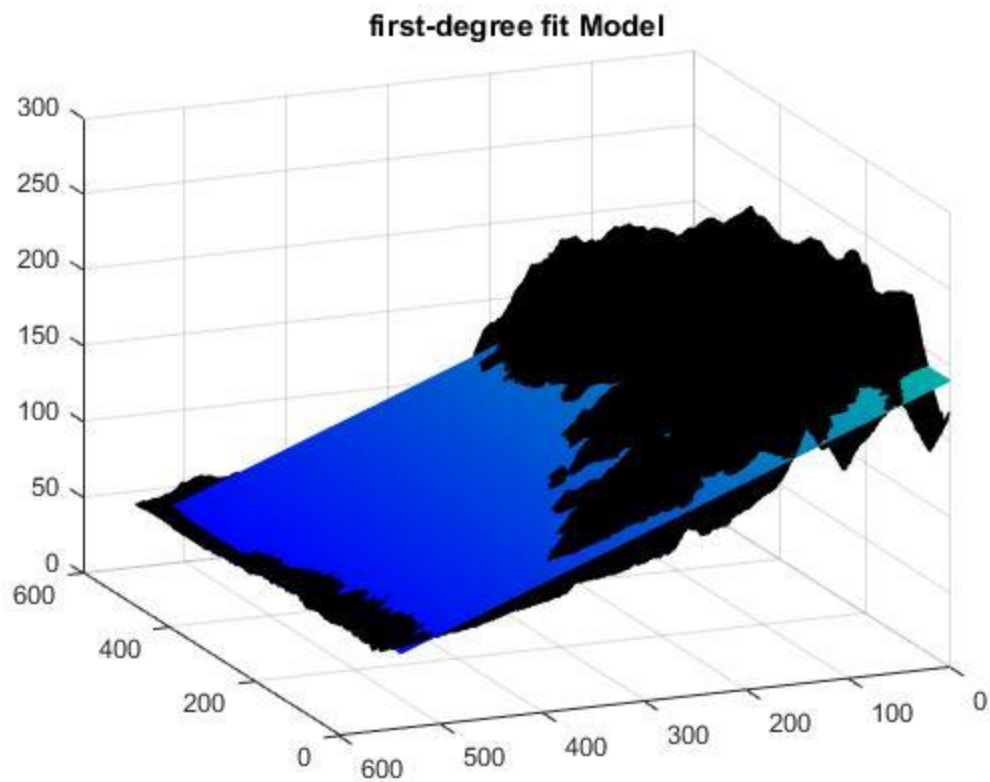
$$z = Ax \rightarrow \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix}$$

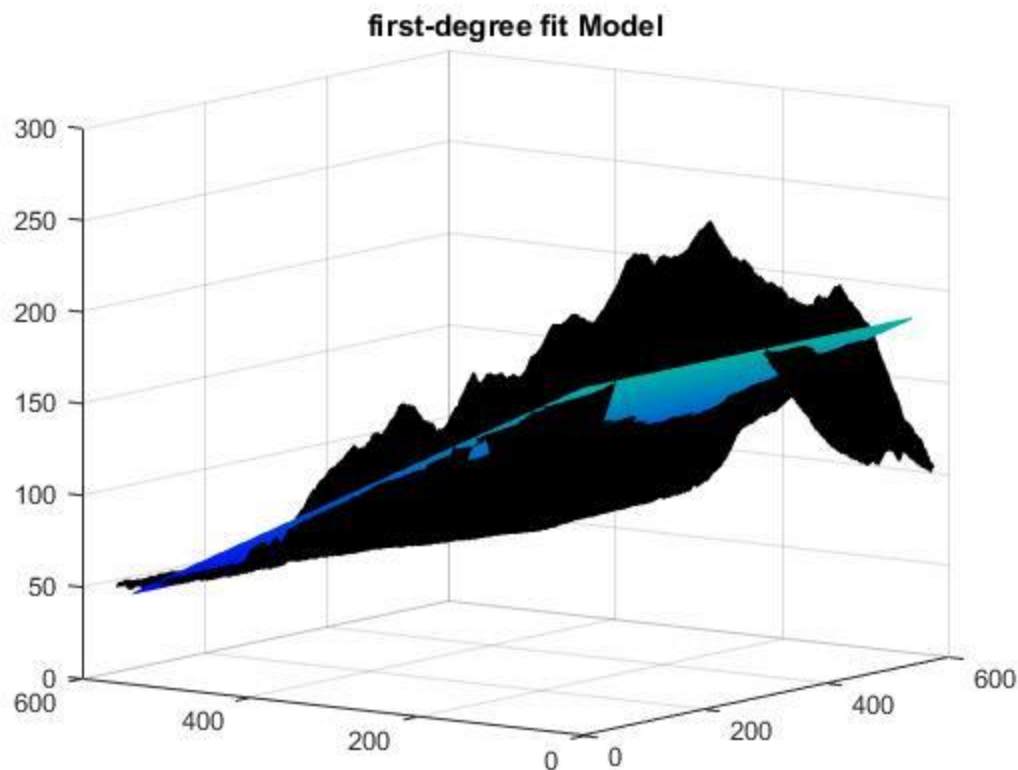
دو نقطه ی کنترل را در معادله ی بالا جایگذاری کرده و به کمک کمترین مربعات مسئله را حل می کنیم:

$$x = (A^T A)^{-1} A^T z$$

مجهولات مسئله به صورت روبرو بدست آمدند: $a_1 = -0.2592$ و $a_0 = 164.5896$

اکنون که ضرایب را داریم، می توانیم ارتفاع هر نقطه ی دیگر را با معادله ی $z_i = -0.2592x_i + 164.5896$ بدست آوریم. این کار را در برنامه به کمک حلقه ی for برای هر پیکسل انجام می دهیم. خروجی این کار، یک مدل خطی از منطقه است. تصاویر این مدل در پایین آمده است:





شکل ۶. مدل درجه ۱

برای آنکه وضعیت مدل بدست آمده را نسبت به منطقه بسنجیم و ببینیم آیا مدل به خوبی برازش داده شده یا خیر، نیاز به داده های آماری داریم. این اطلاعات آماری در جدول زیر گنجانده شده است: (واحد تمام مقادیر در جدول زیر متر است)

مدل	dem اصلی	
۲۴.۸۹	۶۲.۸۳	کمینه
۱۶۴.۳۳	۲۵۳	بیشینه
۹۴.۶۱	۱۶۵.۲۹	میانگین ارتفاعات
۱۴۵.۴۳		اندازه ی اختلاف (norm)

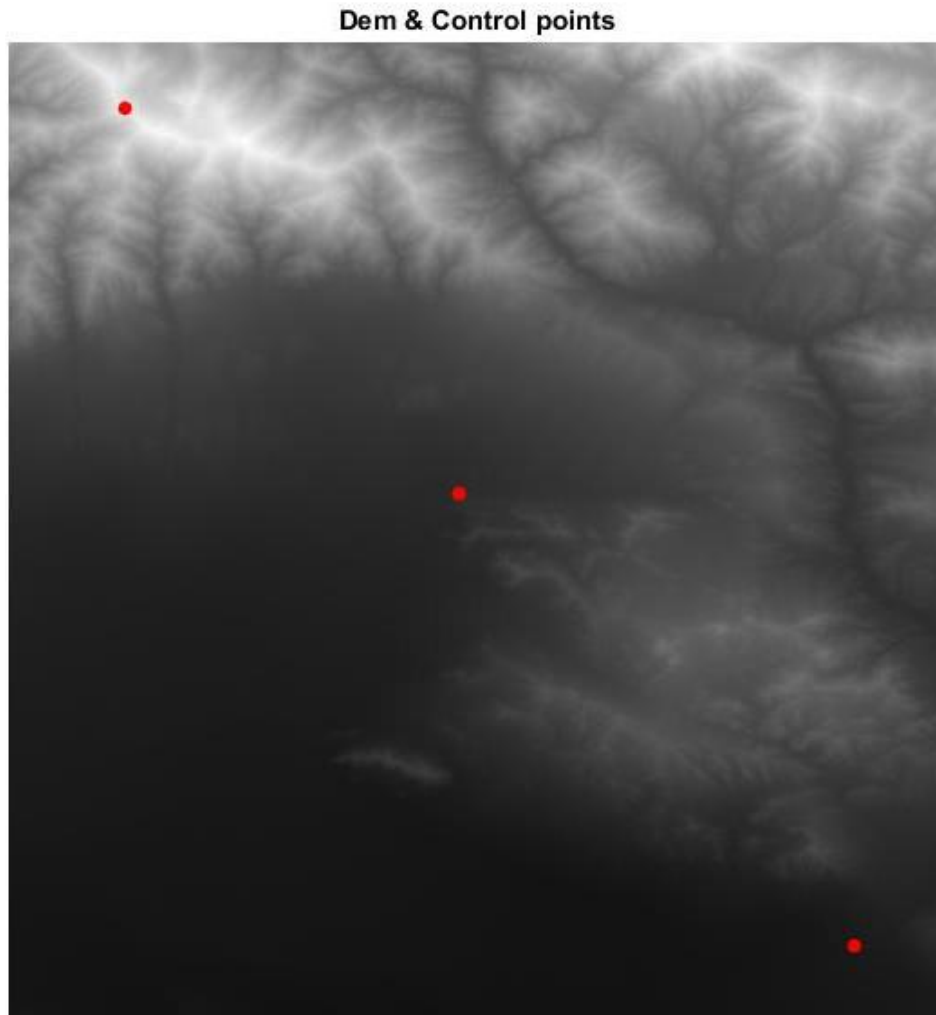
تغییرات ارتفاعی بین منطقه در واقعیت و مدل برازش داده شده بین ۰ تا ۱۰۴.۶۶ متر است.

مدل پلی نومیال درجه ۲

در این قسمت می خواهیم از معادلات درجه دوم استفاده کنیم. معادلات ما به صورت زیر خواهد بود:

$$z = a_2 x^2 + a_1 x + a_0$$

در اینجا هم مجهولات ما ضرایب a_0 تا a_2 هستند. برای معادلات درجه ی ۲ از سه نقطه ی کنترل استفاده می کنیم تا برازش بهتری داشته باشیم. این سه در تصویر زیر مشخص شده اند:



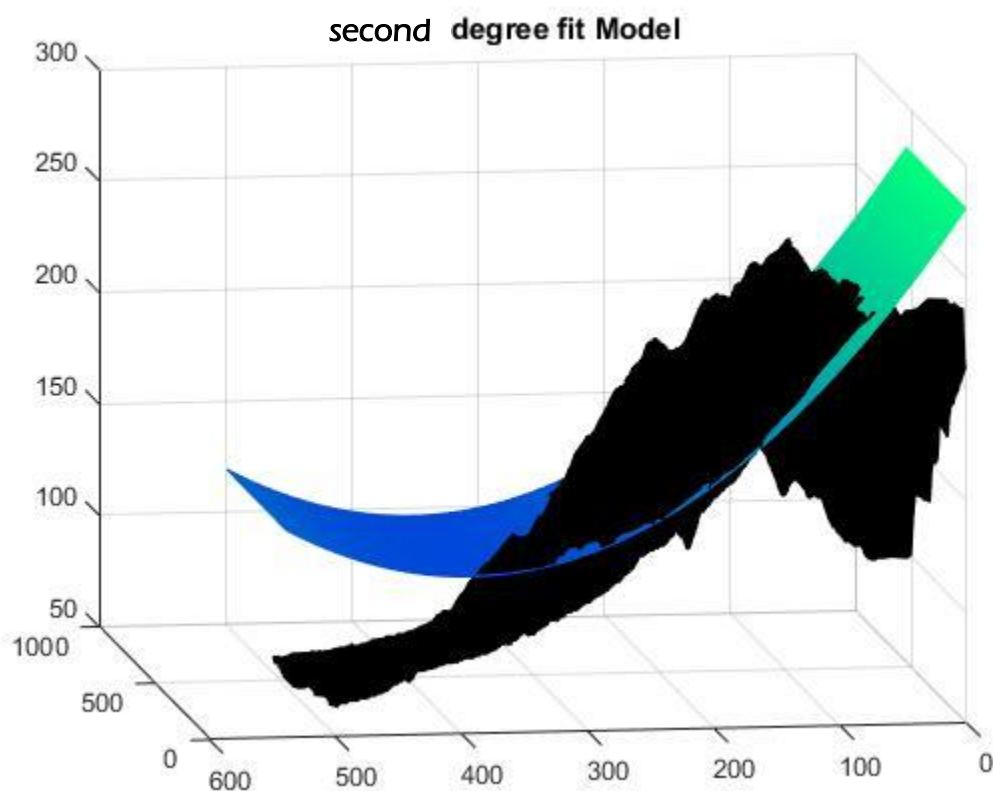
شکل ۷. نقاط کنترل در مدل های درجه ۲ و ۳

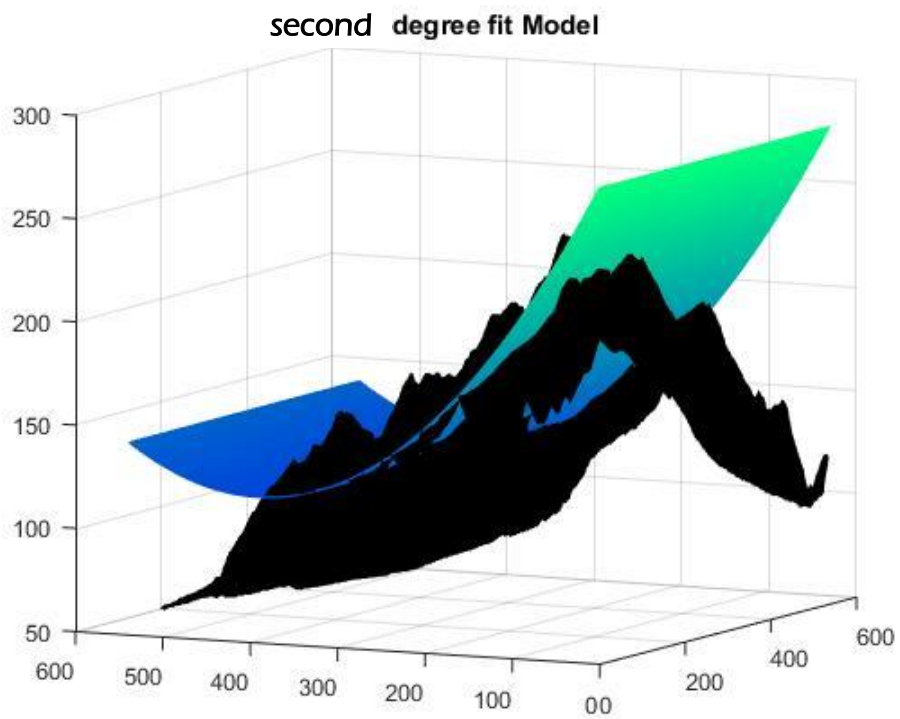
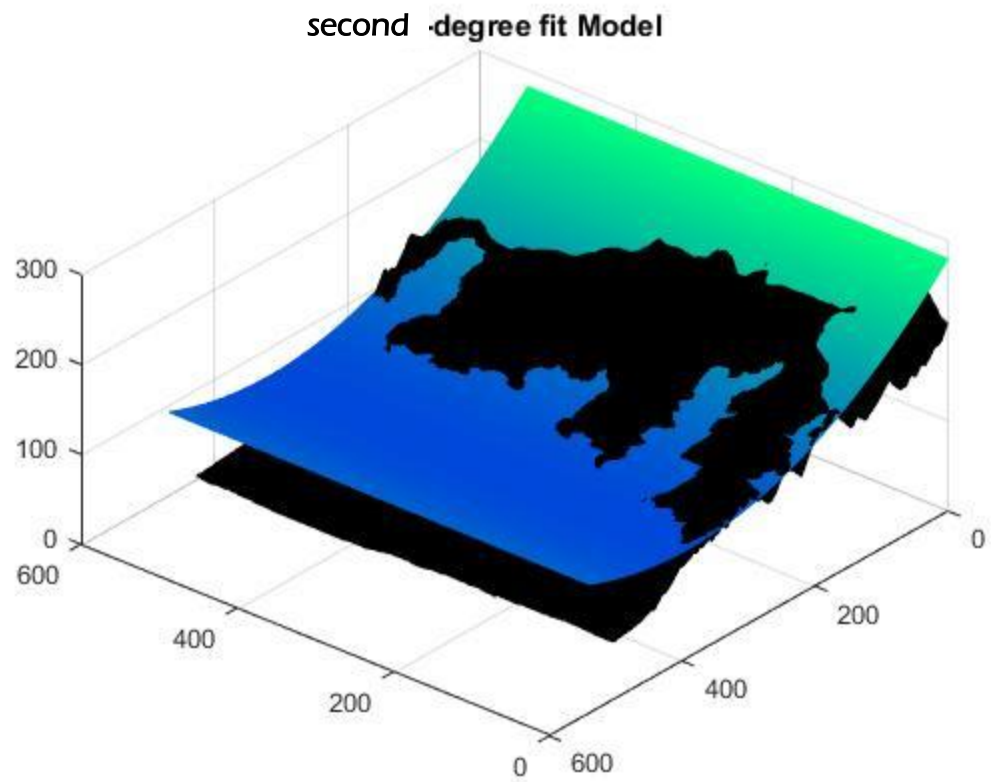
پس فرم ماتریس معادلات به صورت زیر خواهد بود:

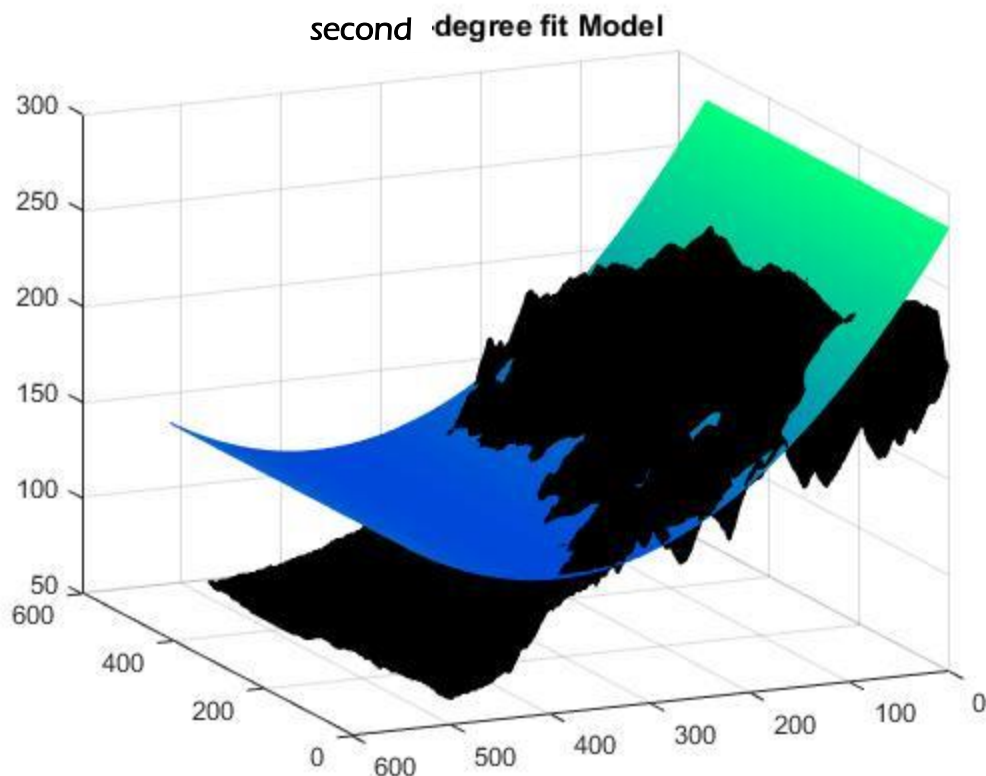
$$z = Ax \rightarrow \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 \\ 1 & x_2 & x_2^2 \\ 1 & x_3 & x_3^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$$

با کمترین مربعات و از رابطه ی $x = (A^T A)^{-1} A^T z$ مجهولات را بدست می آوریم. هر یک از ضرایب به صورت
 $a_2 = 0.001$ و $a_1 = -0.8218$ و $a_0 = 183.9737$ روبرو بدست آمدند:

ارتفاع هر پیکسل از رابطه ی $Z_i = 0.001x_i^2 - 0.8218x_i + 183.9737$ بدست می آید. نتیجه ی مدل درجه در تصاویر زیر آمده است:







شکل ۸ مدل درجه ۲

برای اینکه وضعیت این مدل را هم بسنجیم از داده های آماری که از نتیجه ی مدل استخراج شده، استفاده می کنیم.

مدل	داده اصلی	
۱۲۰.۶۳	۴۹.۷۸	کمینه
۲۸۰.۹۷	۲۳۳.۲۲	بیشینه
۱۶۱.۶۴	۷۱.۱۳	میانگین ارتفاعات
۱۲۴.۵		اندازه ی اختلاف (norm)

پلی نومیال درجه ۳

مدل بعدی که قرار است برازش داده شود، مدل درجه ۳ است. معادله ای که خواهیم داشت، معادله ی زیر است:

$$z = a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0$$

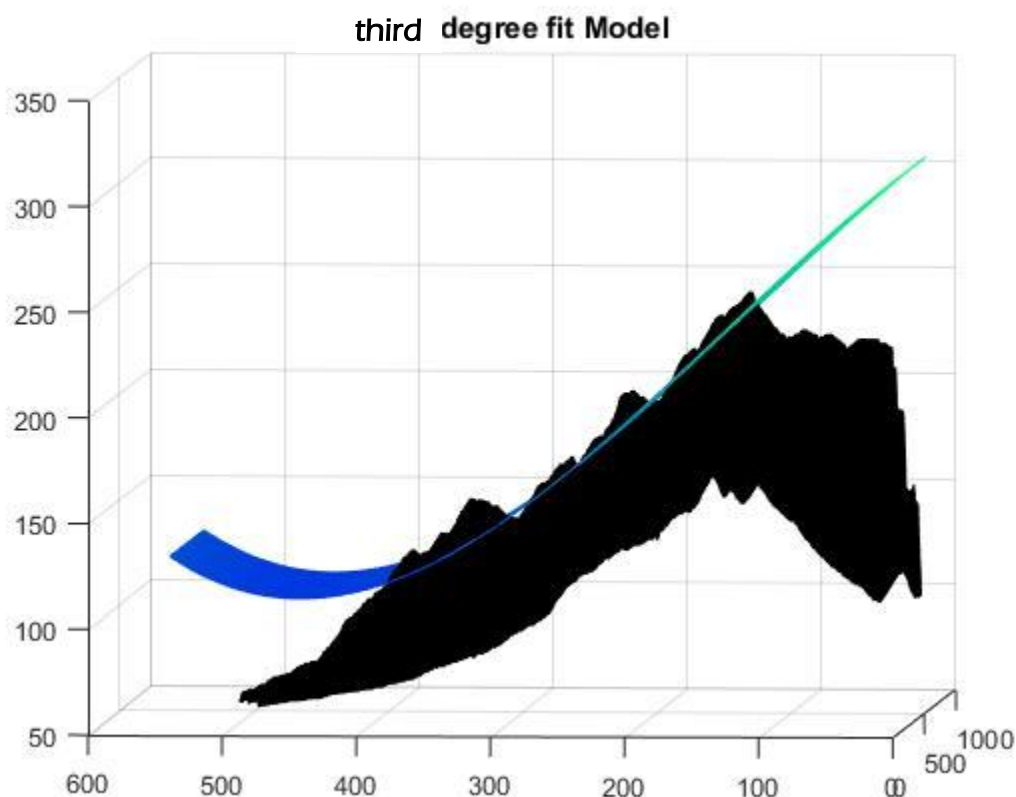
مجهولات ضرایب a_0 تا a_3 هستند که باید از کمترین مربعات بدست بیاوریم. در این درجه از پلی نومیال هم از ۳ نقطه کنترل قبلی استفاده می کنیم.

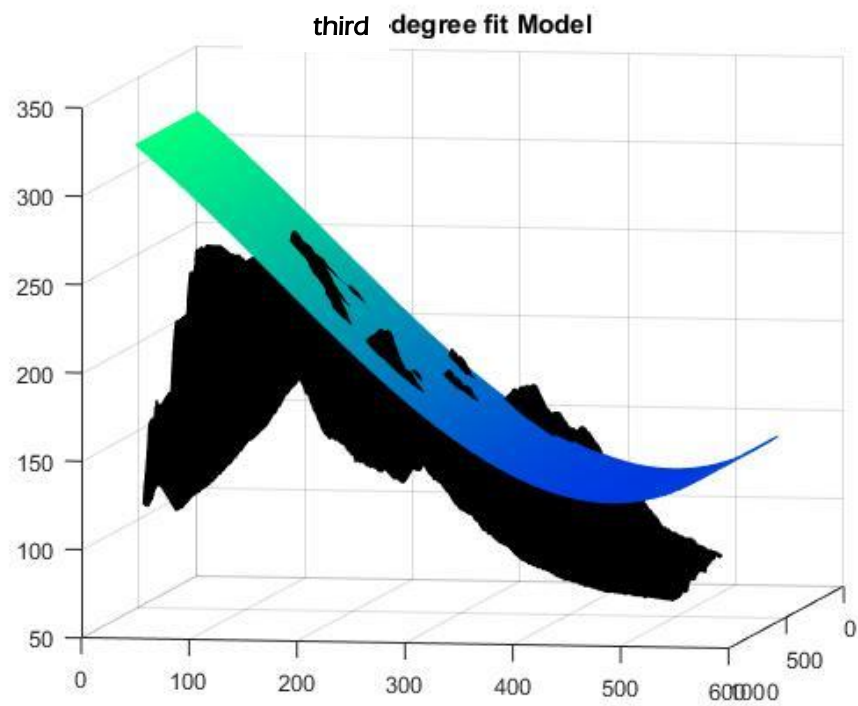
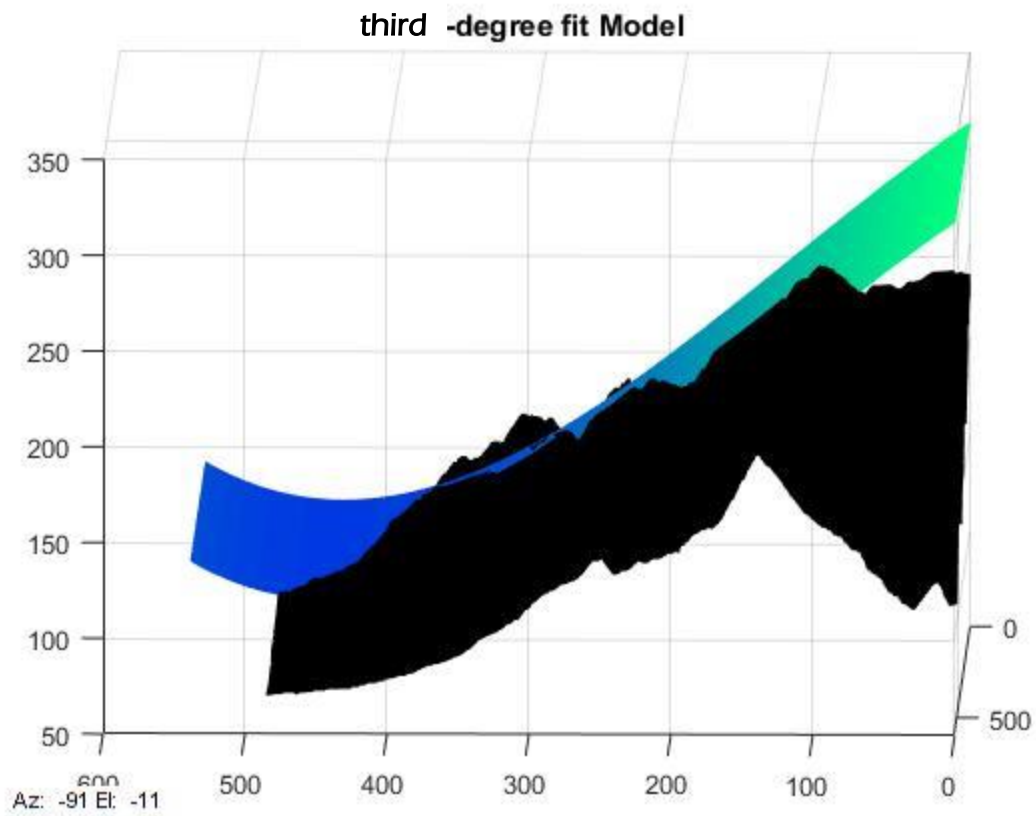
$$z = Ax \rightarrow \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & x_1^3 \\ 1 & x_2 & x_2^2 & x_2^3 \\ 1 & x_3 & x_3^2 & x_3^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$$

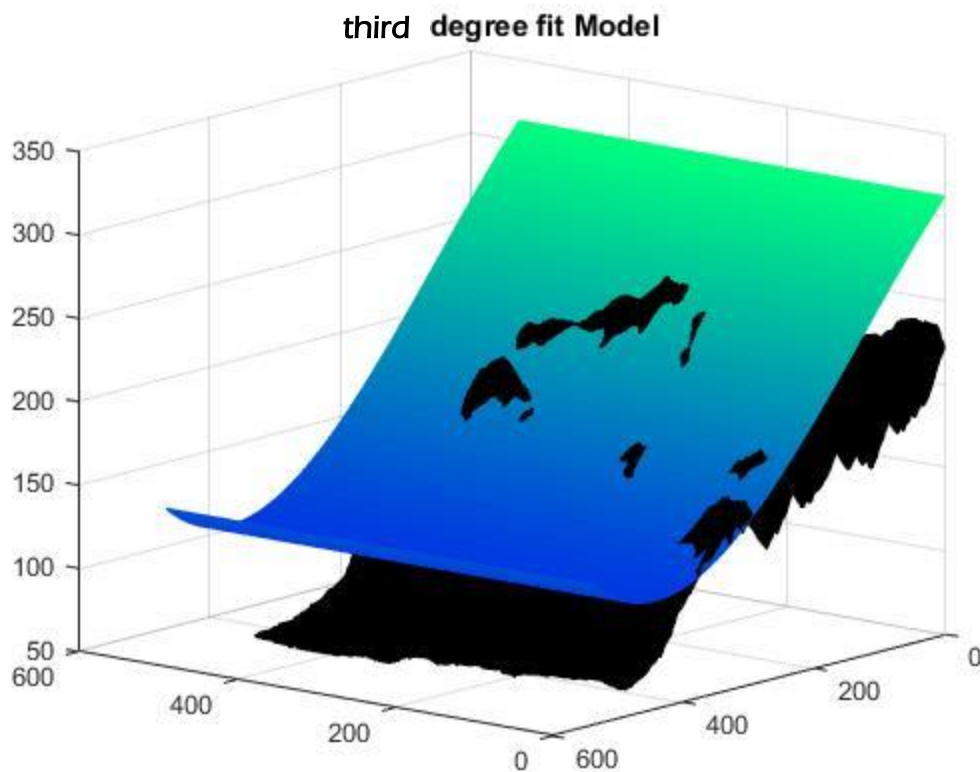
با کمترین مربعات و از رابطه ی $x = (A^T A)^{-1} A^T z$ مجهولات را بدست می آوریم. هر یک از ضرایب به صورت روبرو بدست آمدند: $a_3 = 2 * 10^{-6}$ و $a_2 = -0.0008$ و $a_1 = -0.499$ و $a_0 = 174.70$

پس ارتفاع هر سلول از رابطه ی $z_i = 2 * 10^{-6} x_i^3 - 0.0008 x_i^2 - 0.499 x_i + 174.7$ بدست می آید.

مدل های بدست آمده در تصاویر زیر آمده اند.







شکل ۹. مدل درجه ۳

وضعیت آماری dem بدست آمده را با dem اصلی از طریق یک سری اطلاعات آماری که از برنامه ی نوشته شده در متلب استخراج شده، می سنجیم.

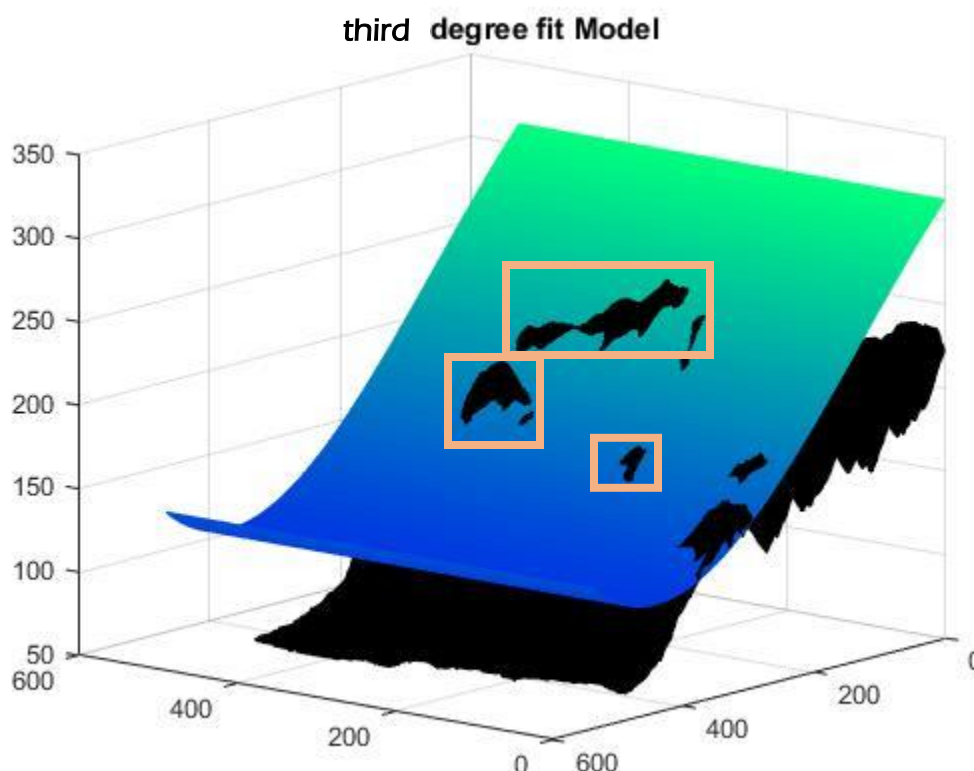
مدل	dem اصلی	
۱۱۵	۶۲.۸۳	کمینه
۳۰۲.۱	۲۵۳	بیشینه
۱۸۲.۱۹	۱۶۵.۲۹	میانگین ارتفاعات
۹۶		اندازه ی اختلاف (norm)

نتیجه گیری

همانطور که از شکل ها و جداول فوق که از برازش مدل به منطقه بدست آمده، مشاهده می شود، هرچه درجات پلی نومیال افزایش می یابد، نرُم اختلاف دو مدل از هم کمتر شده و برازش بهتری به سطح منطقه داشته ایم. این برازش بهتر در قسمت دامنه به خوبی قابل مشاهده است. این دقیقا همان پیش بینی بود که از مدل های درجات مختلف پلی نومیال

داشتیم. باید توجه داشت که افزایش درجه ی پلی نومیال لزوماً به معنای بهتر شدن مدل نمی شود. ممکن است اگر مدل درجه ی ۴ را هم تشکیل دهیم، از واقعیت منطقه فاصله بگیرد.

در مدل های بدست آمده ترند صعودی منطقه و خطاهای اتفاقی که معادله نتوانسته مدل کند به خوبی نمایش داده شده اند. در مدل های با درجه ی بالاتر که در قسمت دامنه ی کوه، برازش به خوبی انجام شده، گاهی خطاهای اتفاقی را در بعضی از قسمت ها مبینیم که ارتفاع واقعیت از ارتفاع مدل بیشتر یا کمتر است. اکثر این خطا مشخصاً در مناطقی رخ داده اند که یک افزایش ارتفاع یا کاهش ارتفاع ناگهانی داریم. این قسمت ها همان خطای random هستند که نمونه ای از آنها در پایین نمایش داده شده است:



شکل ۹. خطاهای random

اما همچنان از جداول آماری اختلاف زیادی بین مدل و واقعیت منطقه با توجه به مقادیر norm ها مشخص است. این موضوع برمی گردد به دو مورد از معایب روش TSA. این دو مورد عبارتند از:

۱. اگر تغییرات ارتفاعی زیاد باشد، مدل سازی به خوبی انجام نمی گیرد.
۲. در لبه ها و breakline ها مدل سازی به خوبی صورت نمی گیرد.

همانطور که از dem منطقه مشخص است دو مورد از تغییرات ارتفاعی شدید در بخش های شمالی و جنوبی منطقه ی تحت بررسی داریم که مدل در این قسمت ها به خوبی برازش داده نشده است و از واقعیت منطقه فاصله گرفته است. این موضوع باعث شده تا اختلاف با واقعیت مقدار زیادی شود.

با توجه به تمام مطالب بالا، نتیجه می گیریم بهترین مدل برازش داده شده، پلی نومیال درجه ۳ است و اختلاف کمتری با واقعیت منطقه دارد.

به نام خدا

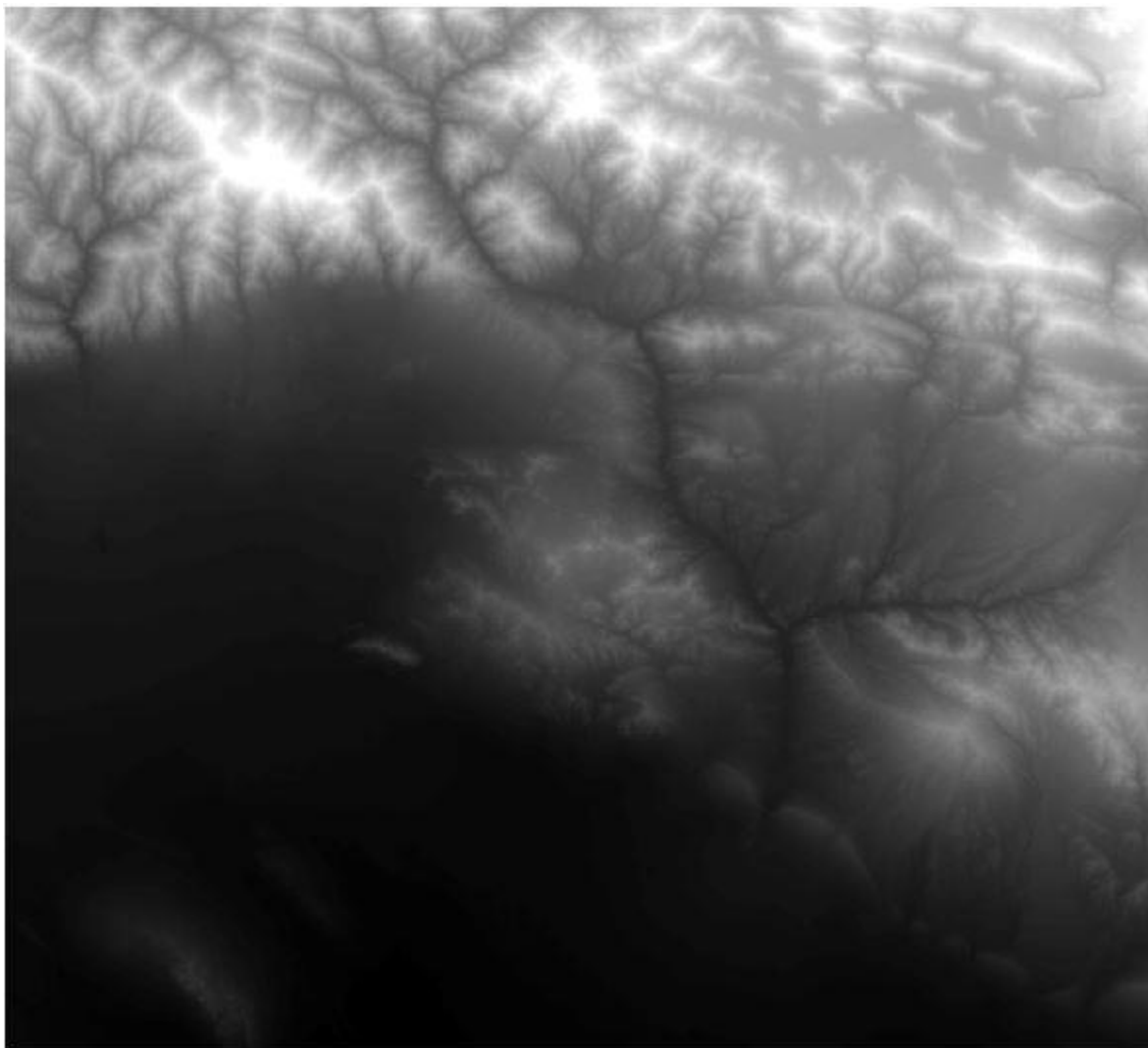
حسن رضوان – ۸۱۰۳۹۶۰۷۹

تمرین سوم درس مدل سازی رقومی سطح

مدل های درونیابی

مقدمه

در این تمرین dem منطقه ای را که برای تمرین یک دریافت کرده بودیم، به کمک روش های درونیابی (interpolation) بازسازی می کنیم. منطقه ای که داشتیم منطقه ی تهران و دامنه های شمالی آن بود که تصویر آن در پایین آمده است. این dem مربوط به سنجنده ی ALOS PALSAR با رزولوشن 12.5×12.5 متر است.

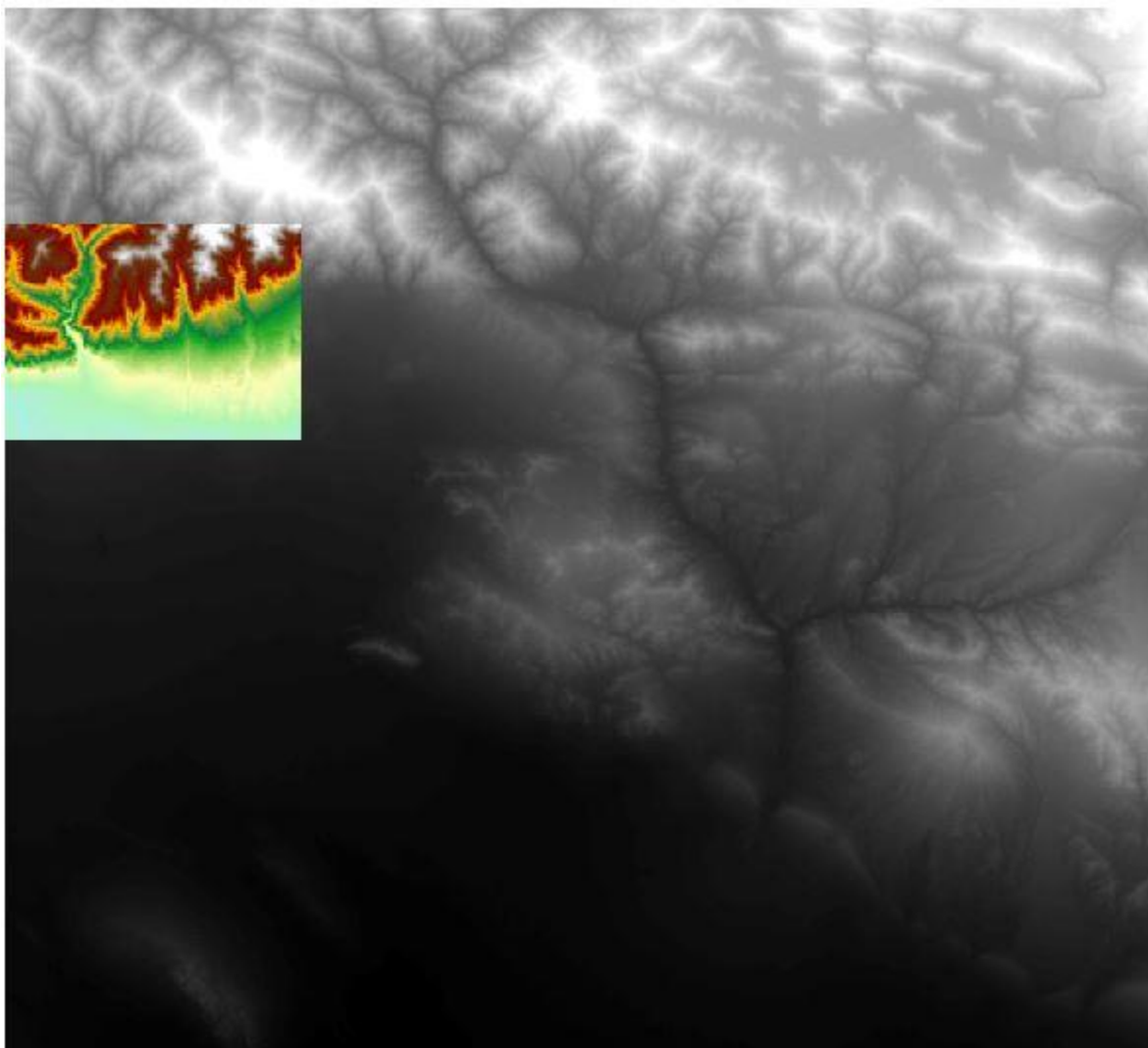


شکل ۱. منطقه ی تحت بررسی

جهت آنکه حجم محاسبات کاهش یابد، قسمتی از آنرا که تغییرات ارتفاعی در آن مشهود است، جدا می کنیم. این کار را در Arcmap به کمک ابزار Clip و با مختصات دهی مختصات های بالا و پایین انجام می دهیم. مختصات های بالا و پایین قسمت جداشده به صورت زیر هستند.

$$X_{top}=538600 \ ; \ Y_{top}=3968000 \ ; \ X_{bottom}=518600 \ ; \ Y_{bottom}=3953400$$

قسمت جداشده در پایین آمده است:



شکل ۲. قسمت جداشده از منطقه

بازه ی ارتفاعی در قسمت جداشده در زیر آمده است:



گام بعدی آن است که روش های درونیابی را روی قسمت جداشده، اعمال کنیم. درواقع هدف از درونیابی آن است که برای پیکسل هایی که مقدار نداریم، از پیکسل های اطراف آن که مقدار دارند کمک بگیریم و مقداری را برایشان تخمین بزنیم. روش های درونیابی متفاوت هستند و تفاوت اصلی آنها در وزن دهی به مقادیر معلوم اطرافشان است.

در این تمرین سه روش درونیابی را روی داده انجام می دهیم. این سه روش عبارتند از:

۱. Nearest Neighbours

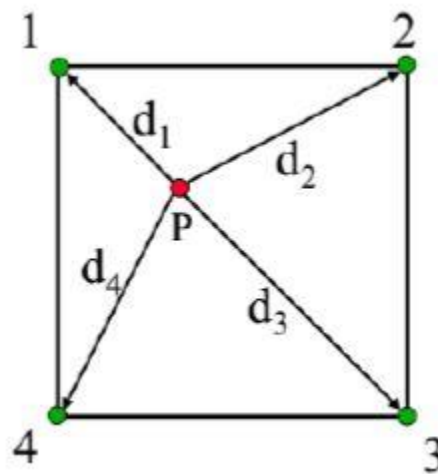
۲. Bilinear

۳. Bicubic

اکنون روش انجام و نتایج حاصل از هر کدام را شرح می دهیم.

روش Nearest Neighbour

ساده ترین روش درونیابی است. در این روش مقدار نزدیک ترین همسایه جایگزین مقدار مجهول می شود. پس این روش تنها نیاز به محاسبات فاصله دارد.

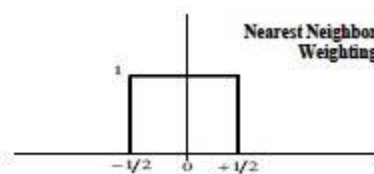


شکل ۳. روش نزدیکترین همسایگی

در این روش معادله ی وزن دهی به صورت زیر است:

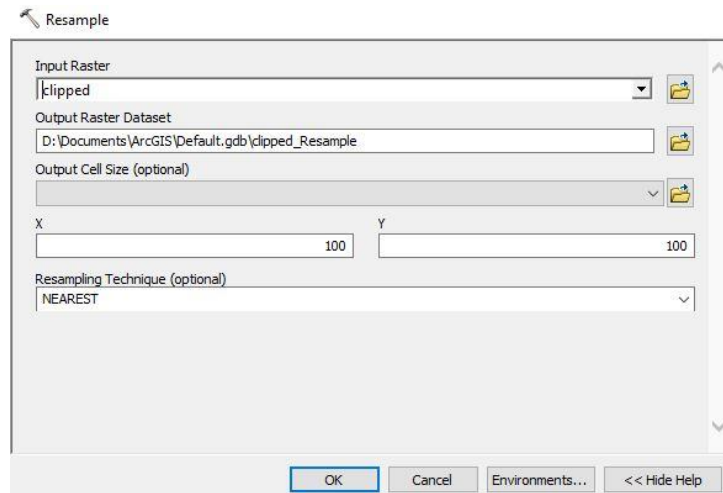
$$w_i = \begin{cases} 1 & d_i \text{ is the minimum distance} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

پس وزن ها در این روش به صورت صفر و یک هستند. به همین سبب پیش بینی می شود که منطقه ی درونیابی شده حالت خشنی داشته باشد.



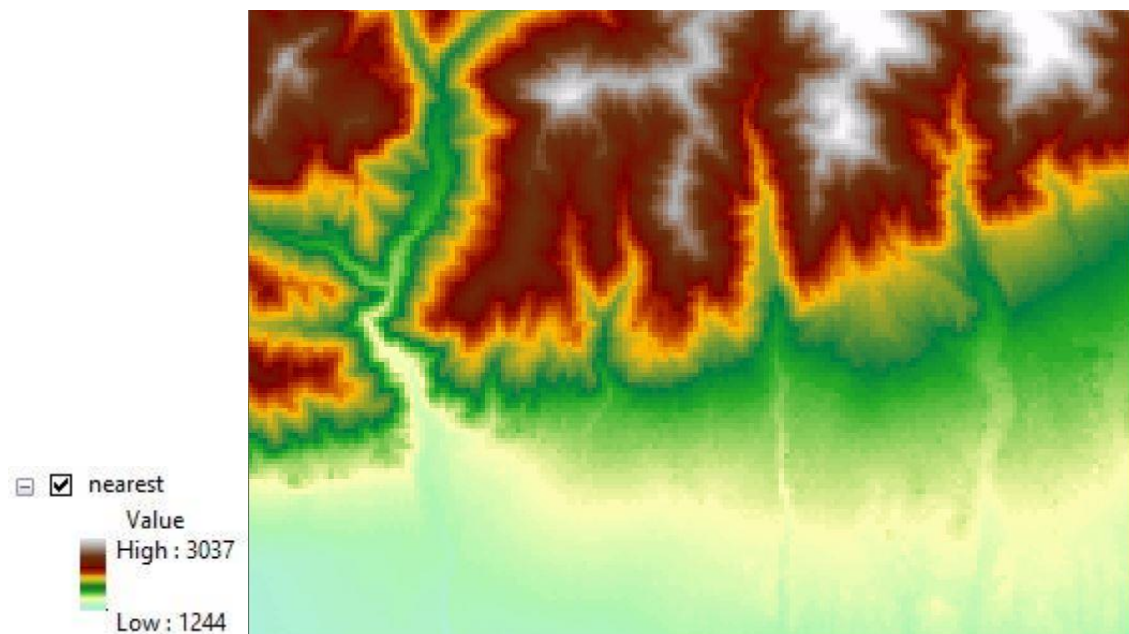
شکل ۴. مدل وزن دهی روش نزدیکترین همسایگی

برای بدست آوردن نتیجه ی درونیابی به روش نزدیکترین همسایگی، در برنامه ی ArcGIS از ابزار Resample استفاده می کنیم. از آنجایی که افزایش رزولوشن باعث از دست دادن دیتا می شود، رزولوشن را افزایش می دهیم تا مقدیری به عنوان مجهول داشته باشیم و بتوانیم درونیابی را برای آنها انجام دهیم. مقادیر رزولوشن را از ۱۲.۵ متر به ۱۰۰ متر افزایش می دهیم.



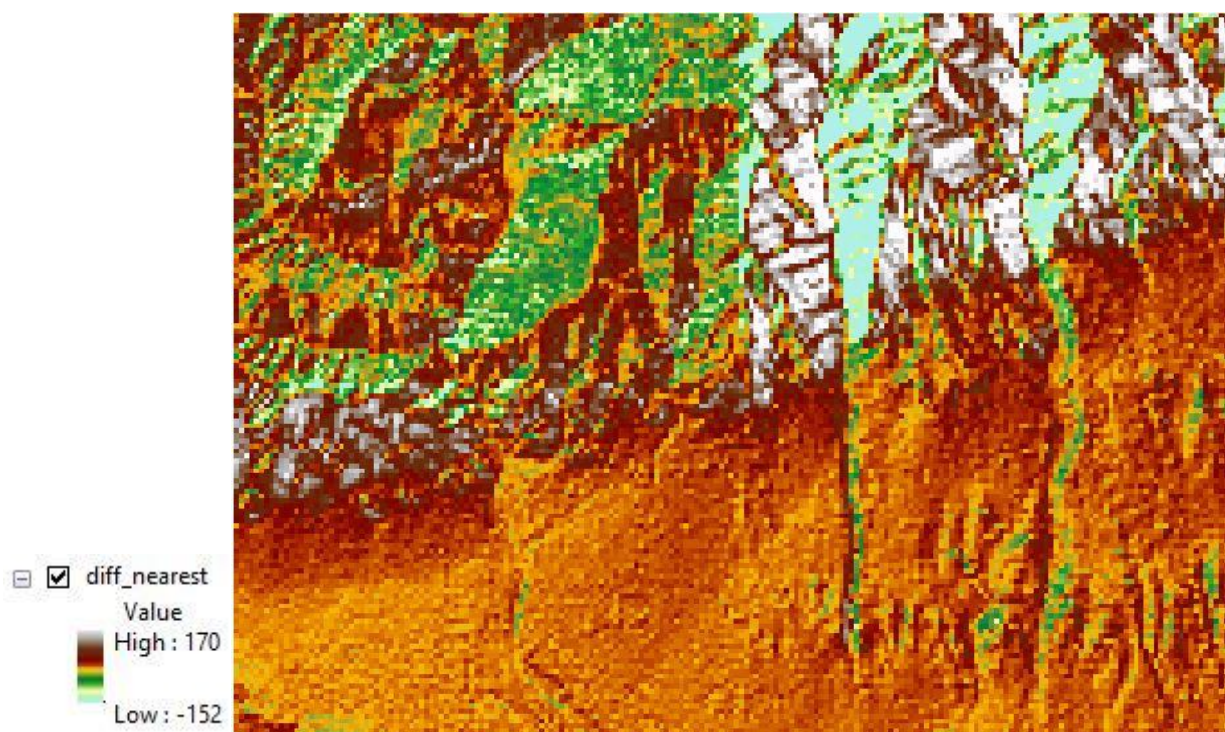
شکل ۵. روش انجام آنالیز در Arcmap

نتیجه ی بدست آمده به شکل زیر است:



شکل ۶. مدل Nearest Neighbour

اکنون می‌خواهیم رستر بدست آمده در بالا با رستر اولیه مقایسه کنیم. برای این کار، این دو را از هم کم کنیم تا اختلاف بدست آوریم.

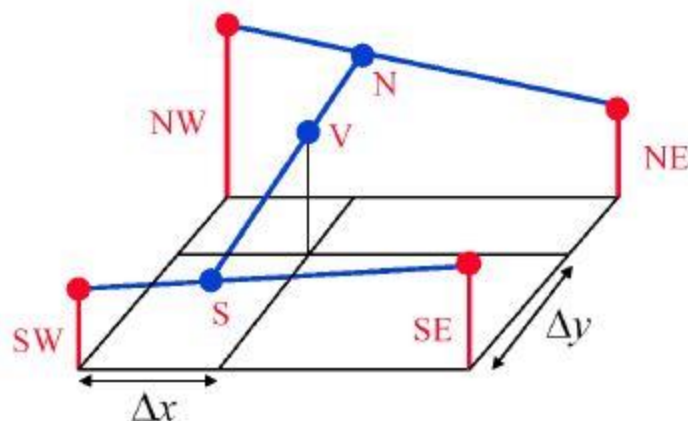


شکل ۷. مدل تفاضل شده ی Nearest Neighbour از واقعیت

اطلاعات آماری رستر نتیجه را از قسمت **symbology** از بخش **properties** استخراج می‌کنیم. مقدار انحراف معیار، برابر ۳۰.۵۴ ثبت شده است.

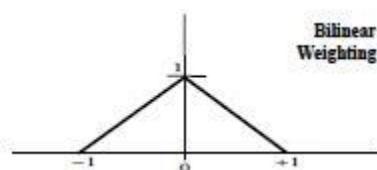
روش bilinear

این روش همانند روش **linear** و با ۴ همسایگی اطراف انجام می‌شود. در روش **linear** وزن همسایه‌ها براساس فاصله ی نقطه ی مجهول از آنها محاسبه می‌شود. تفاوت **bilinear** با **linear** در این است که در روش **bilinear** ابتدا در یک راستا درونیایی می‌کنیم و سپس در راستای عمود بر آن دوباره درونیایی را انجام می‌دهیم.



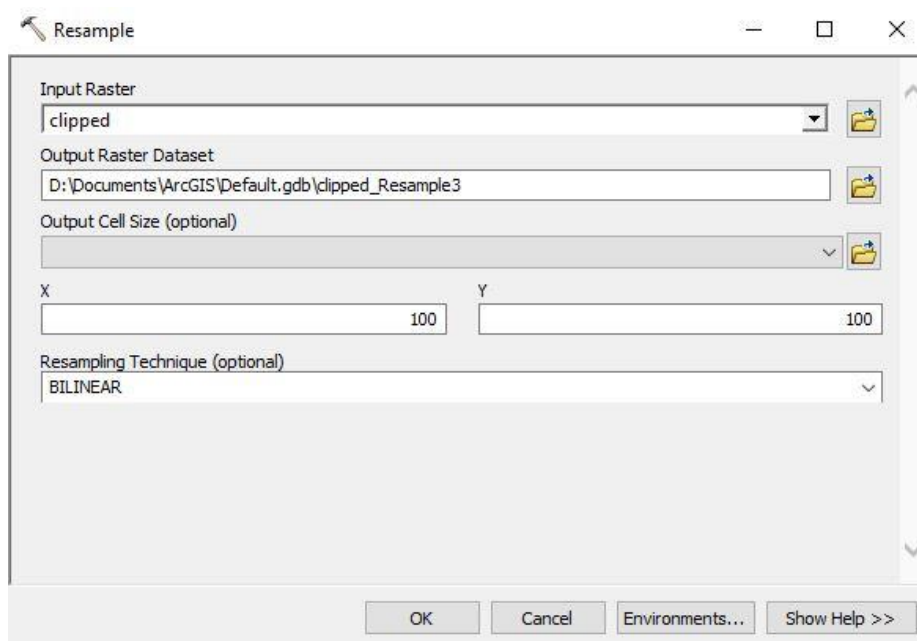
شکل ۸. همسایگی ها
در روش bilinear

نحوه ی وزن دهی در این روش برخلاف روش قبلی، صفر و یک نیست، بلکه یک تابع خطی است که شکل آن در پایین آمده است. پس پیش بینی می شود dem حاصل شده از درونیابی، نسبت به روش نزدیکترین همسایگی، کمتر خشن باشد.



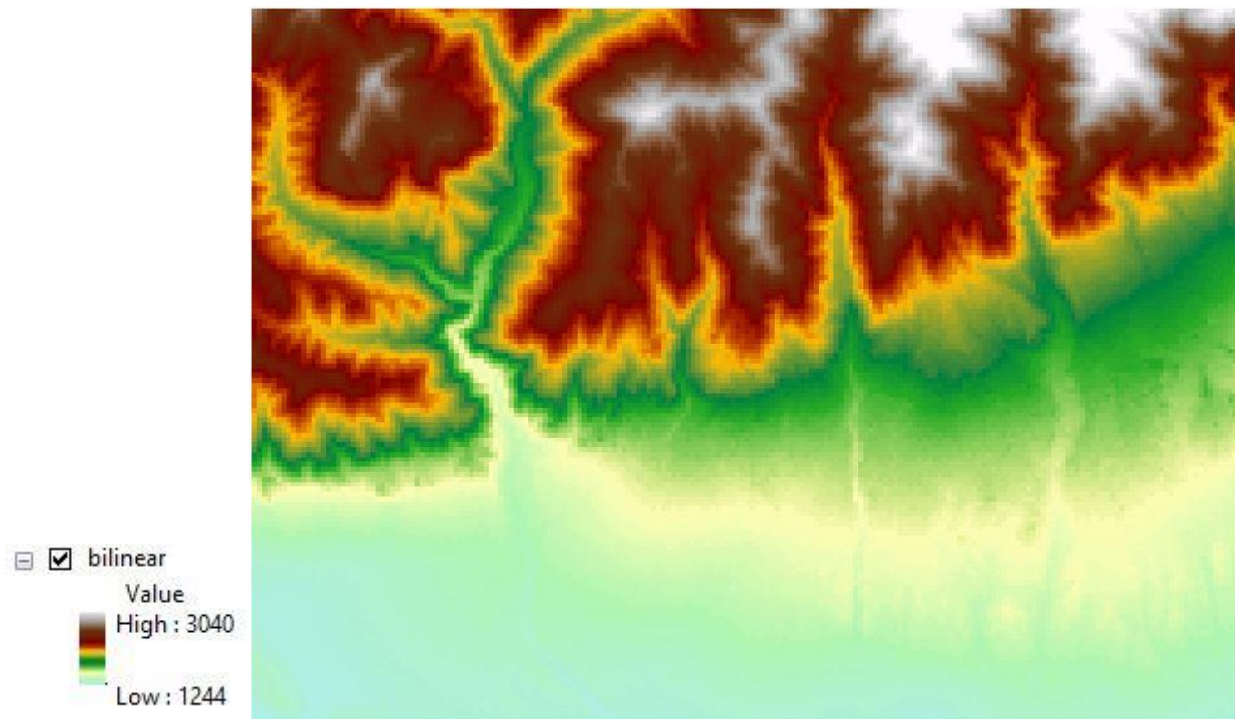
شکل ۹. مدل وزن دهی در روش bilinear

در نرم افزار ArcGIS دوباره از ابزار resample استفاده می کنیم و تکنیک درونیابی را bilinear انتخاب می کنیم.



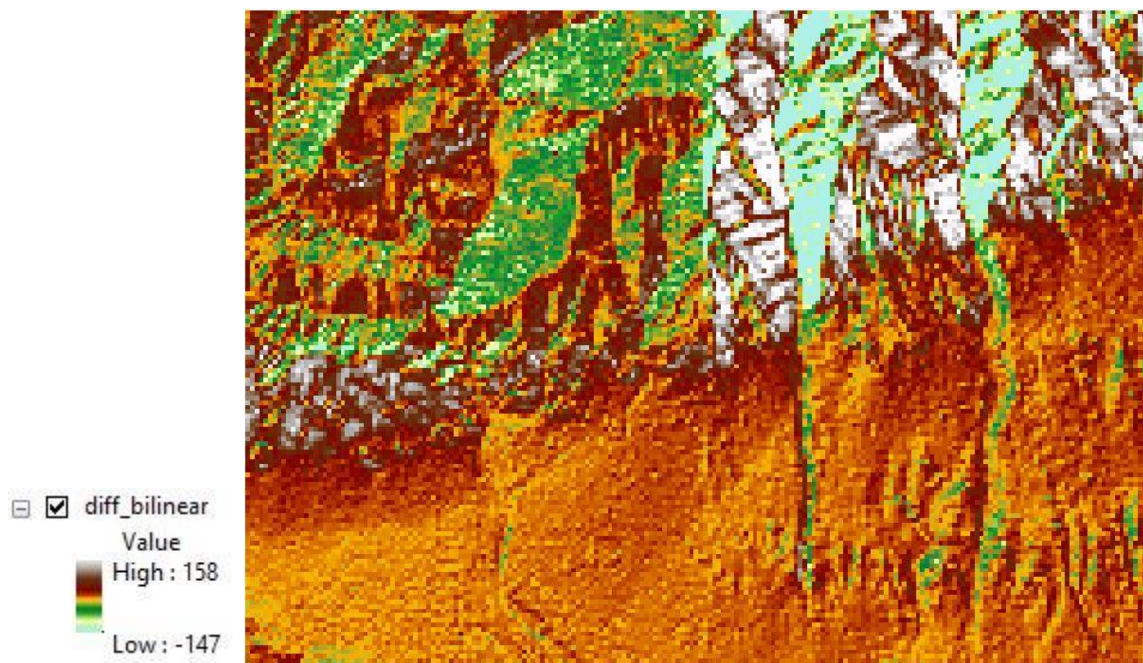
شکل ۱۰. روش انجام آنالیز در Arcmap

رستر حاصل شده به صورت زیر است:



شکل ۱۱. مدل bilinear

مانند روش قبل باید رستر فوق را از رستر ابتدایی کم کنیم تا مقایسه را انجام دهیم.

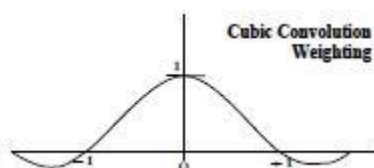


شکل ۱۲. مدل تفاضل شده ی bilinear از واقعیت

اطلاعات آماری رستر حاصل شده را از قسمت **symbolology** استخراج می کنیم. مقدار انحراف معیار برای این روش ۲۸.۷۶ را نمایش می دهد.

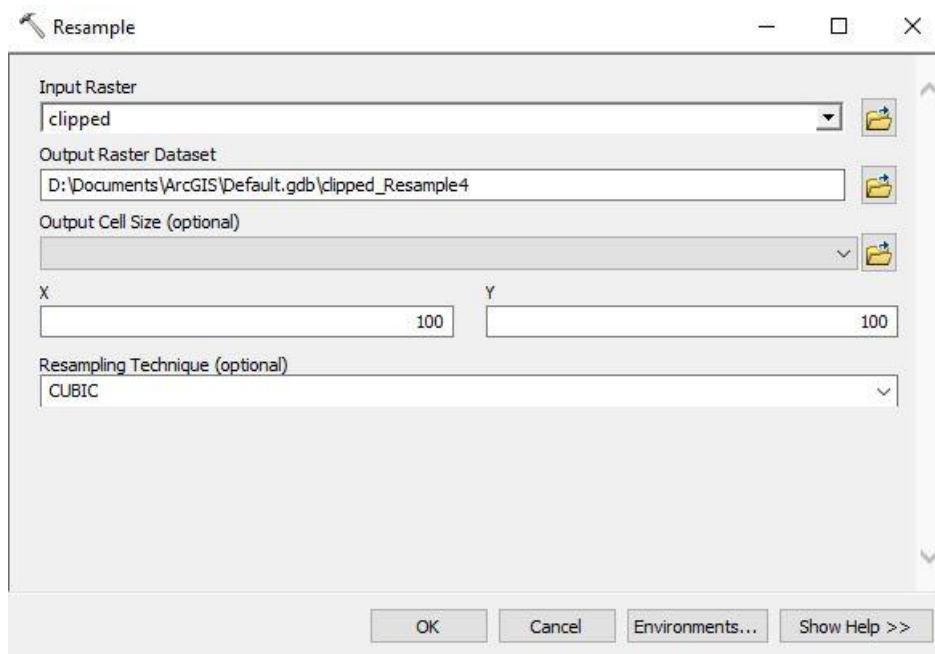
روش bicubic

در این روش از همسایگی چهارگانه (4×4) استفاده می شود. وزن دهی این روش تقریب خوبی از تابع sinc است. نمودار وزن دهی در زیر آمده. این نمودار نشان می دهد که هرچه همسایه های اطراف به نقطه ی مجهول نزدیک تر باشند وزن بیشتر و هرچه دورتر باشد وزن کمتر می گیرد.



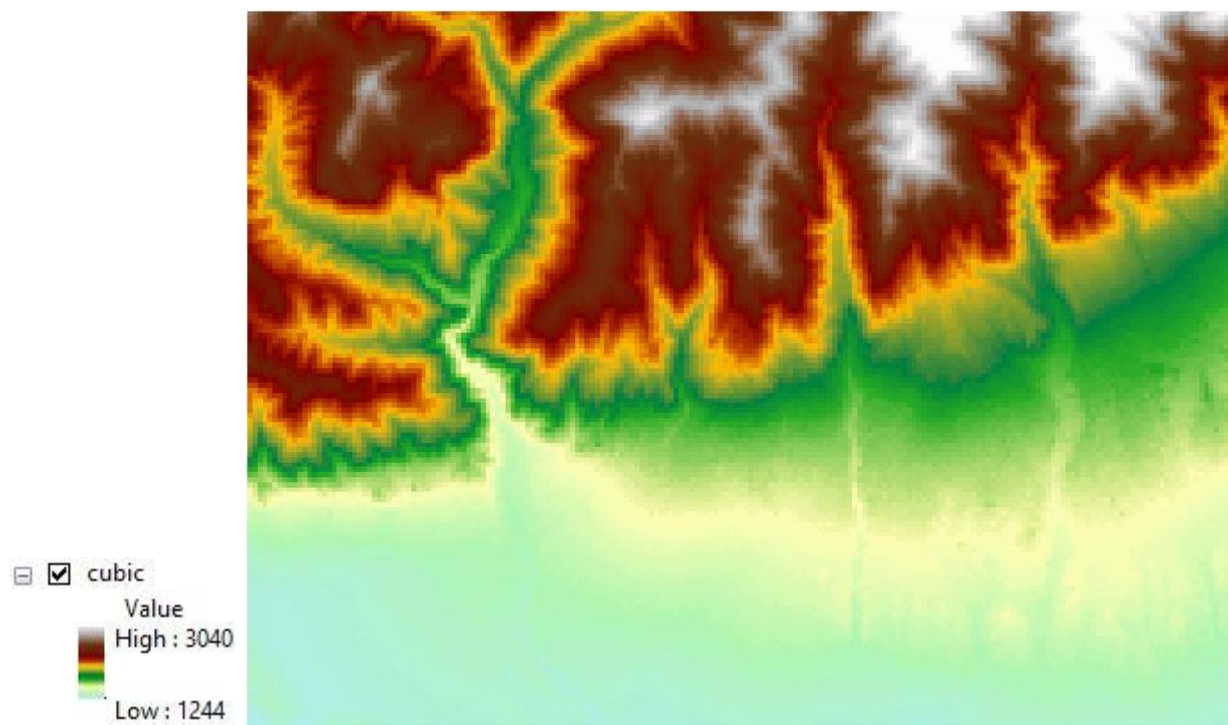
شکل ۱۳. مدل وزن دهی روش bicubic

از آنالیز **resample** در آرک استفاده کرده و ورودی تکنیک درونیابی را روی **cubic** قرار می دهیم.



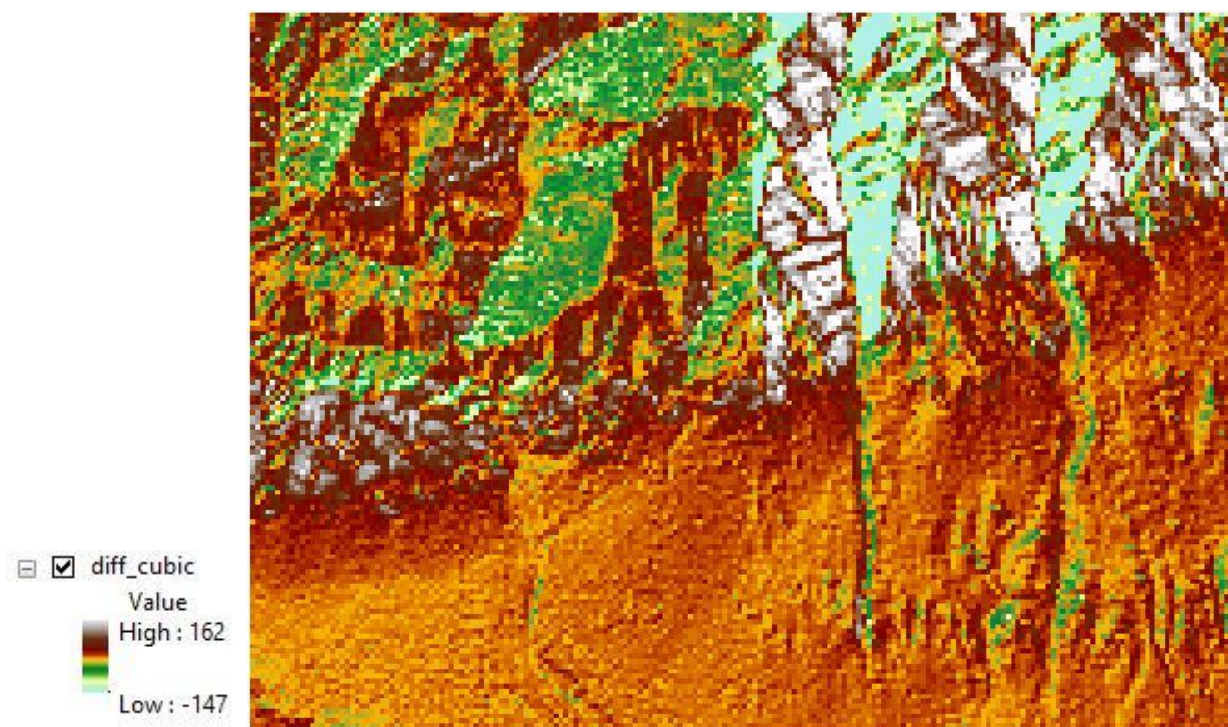
شکل ۱۴. روش انجام آنالیز در Arcmap

خروجی به شکل زیر است:



شکل ۱۵. مدل bicubic

برای مقایسه با رستر اولیه، رستر فوق را از آن کم می کنیم. نتیجه به صورت زیر نمایش داده شده است:



شکل ۱۶. مدل تفاضل شده ی bicubic از واقعیت

مقدار انحراف معیار برای این روش مقدار ۲۸.۷۲ است.

مقایسه ی سه روش

ابتدا می توان روی هزینه و زمان انجام پروژه ها بحث کرد. در واقع هرچه درجات مدل افزایش می یابد معادلات پیچیده تر می شوند و پیچیده تر شدن مدل سبب افزایش هزینه و زمان انجام آن می شود. پس می توان با هزینه و زمانی که در اختیار داریم، مدل مناسب را انتخاب کرد.

موضوع دیگر تطابق مدل های بدست آمده با واقعیت است. هرچه مدل پیچیده تر می شود، بازه ی بیشینه و کمینه ی تغییرات ارتفاع کاهش می یابد. این موضوع را می توان به کمک انحراف معیار های استخراج شده از خروجی های ArcGIS فهمید. مقادیر انحراف معیار در جدول زیر آمده است.

روش	مقدار انحراف معیار
Nearest Neighbour	۳۰.۵۴
Bilinear	۲۸.۷۶
Bicubic	۲۸.۷۲

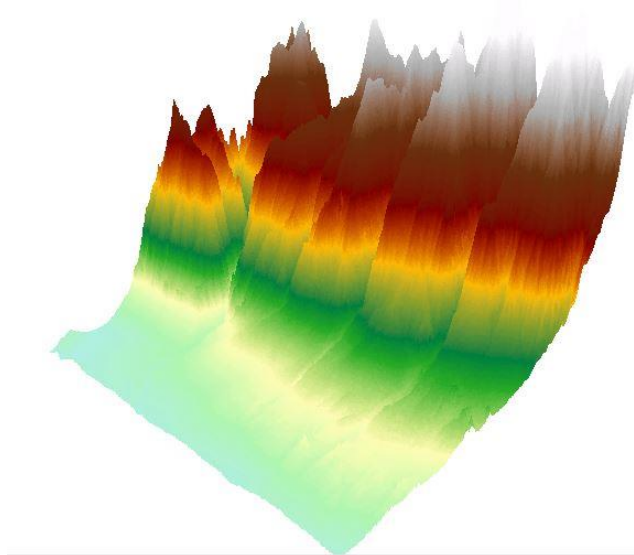
جدول ۱. مقادیر انحراف معیار

هرچه مدل پیچیده تر می شود، انحراف معیار کمتری با واقعیت دارد. اما این انحراف معیار کمتر به چه معناست. برای پاسخ به این سوال از ArcScene استفاده می کنیم تا دید بهتری از منطقه ی بدست آمده داشته باشیم. رستر های ساخته شده در Arcmap را وارد ArcScene می کنیم و اغراق ارتفاعی ۱۰ را به آن نسبت می دهیم.

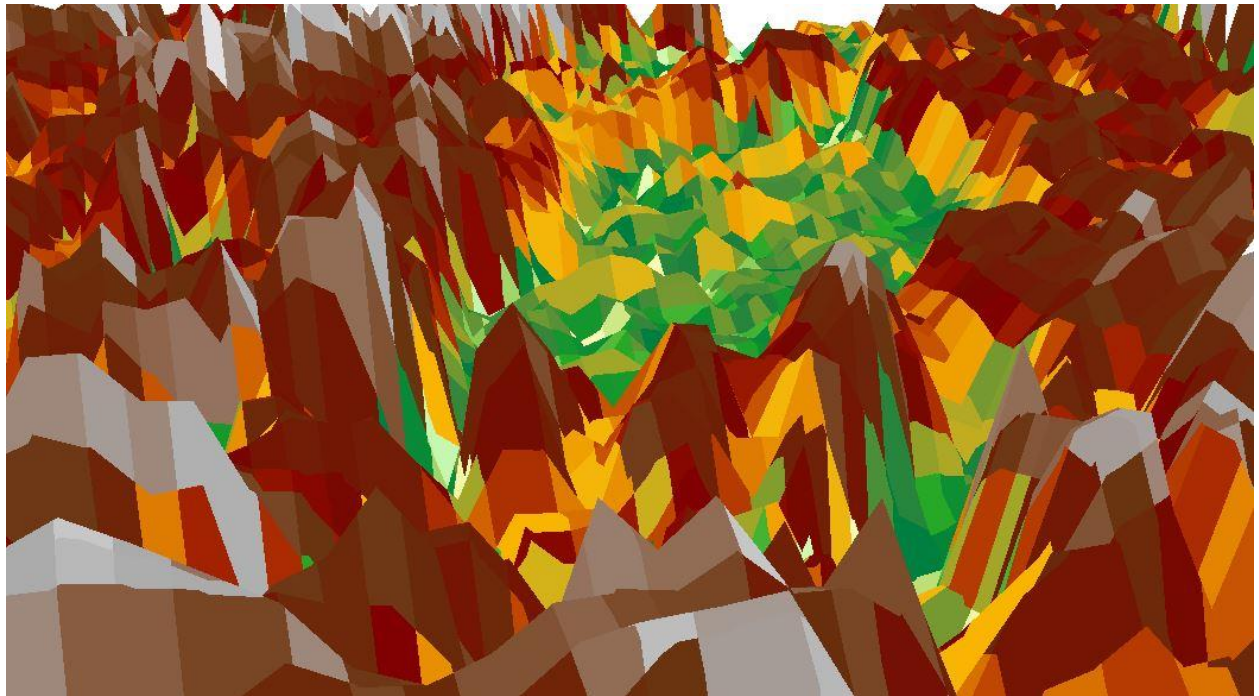
شکل ۱۷. واقعیت منطقه

ی جدا شده در

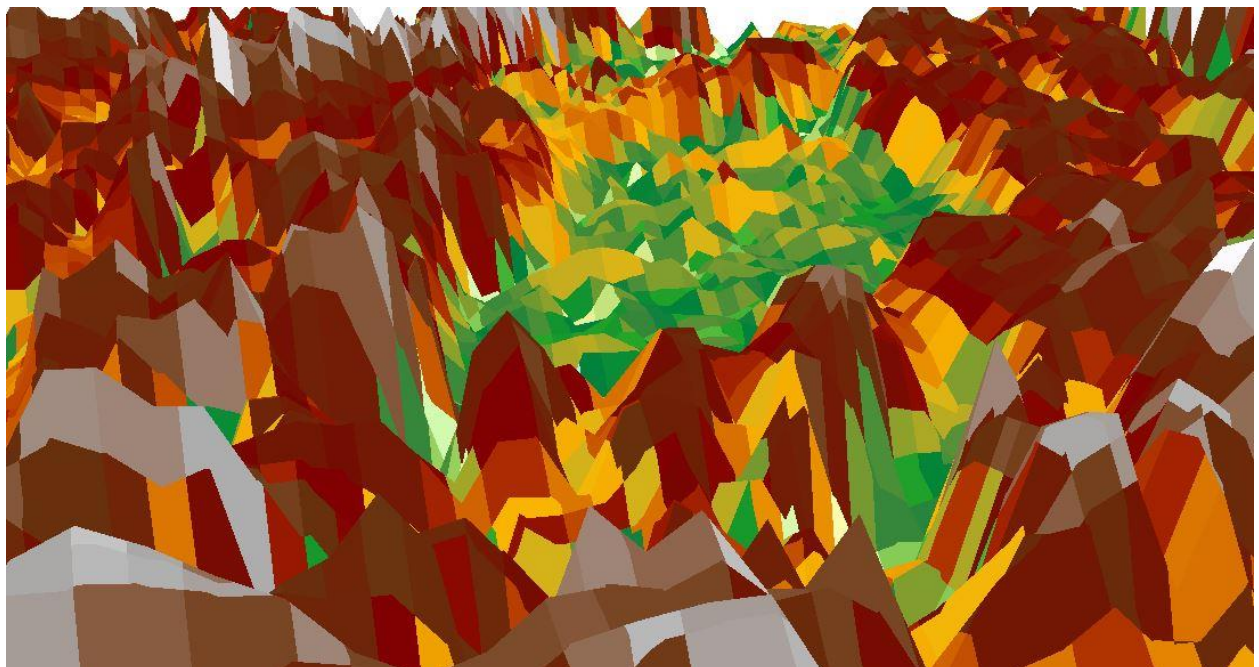
ArcScene



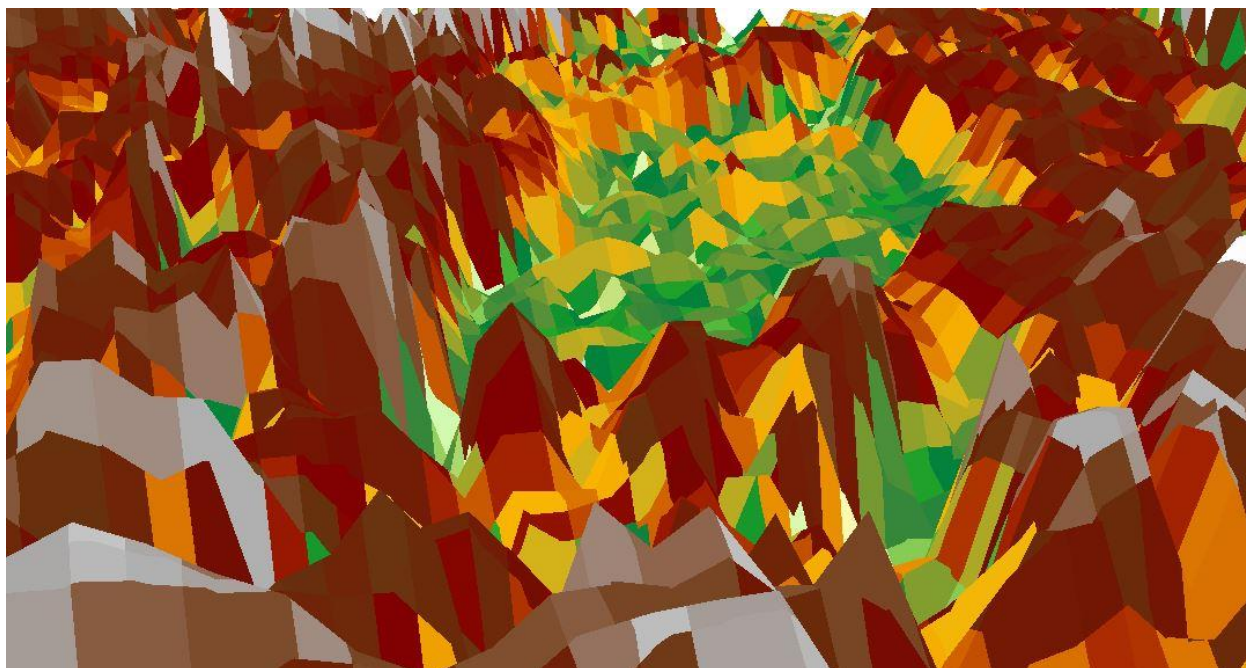
تصاویر برخی از قسمت های منطقه در پایین آمده است.



شکل ۱۸. مدل Nearest Neighbour



شکل ۱۹. مدل bilinear

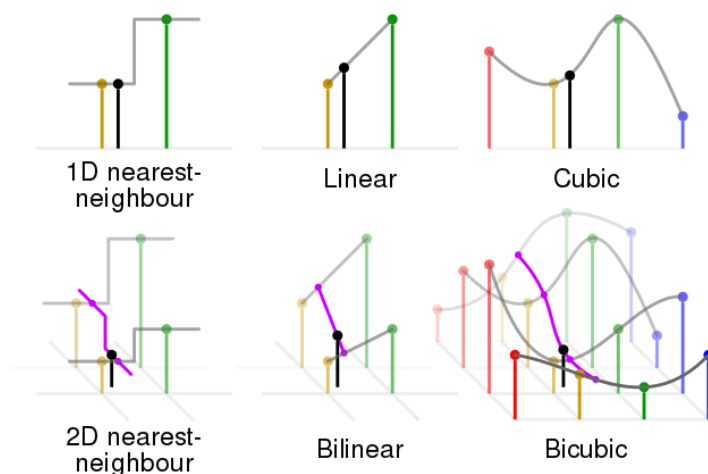


شکل ۲۰. مدل bicubic

همانطور که دیده می شود مدل حاصل از Nearest Neighbour مدل خشن و صفر و یک است و دید خوبی از منطقه نمی دهد.

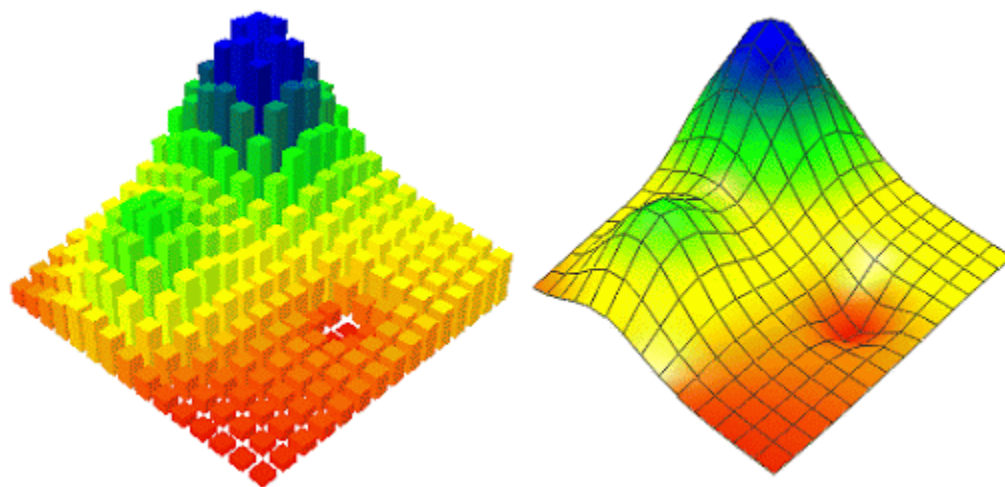
در مدل bilinear این خشن بودن سطح کمتر شده و در مدل bicubic نیز نسبت به دو مدل قبل کمتر دیده می شود. تفاوت ها در فایل ArcScene پروژه که در فایل زیپ قرار دارد، مشهود است!

درواقع هرچه درجه ی مدل درونیابی بیشتر می شود، رویه ی ساخته شده منعطف تر است و در عین حال هزینه و بار محاسباتی بیشتری دارد.



شکل ۲۱. مدل های مختلف سطوح حاصل از درونیابی به سه روش

با افزایش درجه مدل، دیده می شود که حالت پیکسل پیکسل موجود در مدل کمتر دیده می شود و سطح حاصل smooth تر شده است.



شکل ۲۲. نمایش rough بودن سطح در بعضی از مدل های درونیایی

پس می توان نتیجه گرفت که با افزایش درجه ی مدل، درونیایی بهتری می توان از مجهولات ارتفاعی یک منطقه داشت. این موضوع در جدول آماری مشهود بود که هرچه مدل پیچیده تر میشد، به واقعیت منطقه هم نزدیکتر می شود. علاوه بر این، در نمایش سه بعدی منطقه هم دیدیم که سطح smooth داریم.

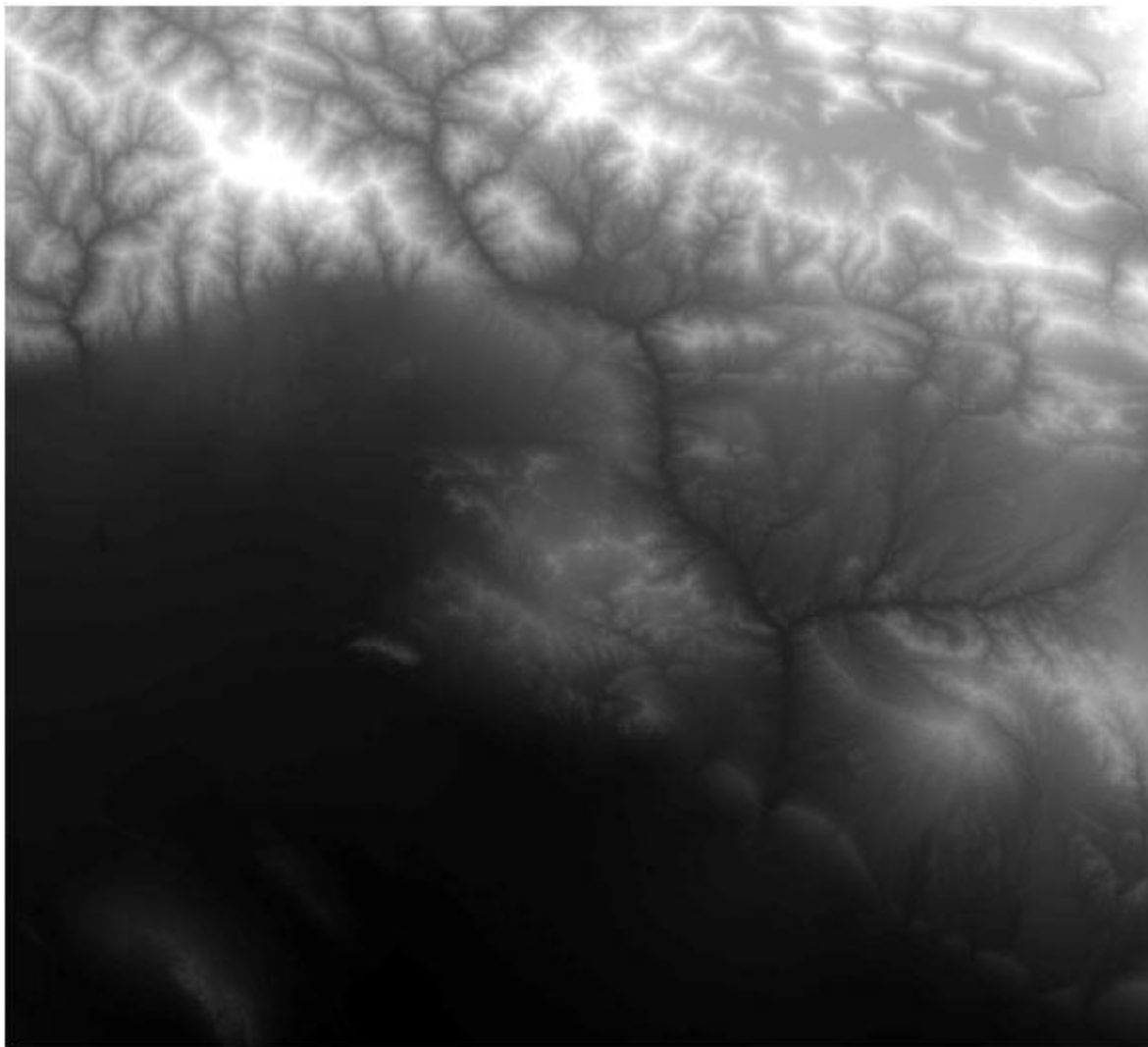
به نام خدا

حسن رضوان – ۸۱۰۳۹۶۰۷۹

تمرین چهارم (اختیاری) درس مدل سازی رقومی سطح

درونیابی IDW

در این تمرین قصد داریم تا روش IDW که یکی از روش های درونیایی است را روی dem دانلود شده اعمال کنیم. dem منطقه ی موردنظر، منطقه ی تهران و دامنه های شمالی آن است. این dem مربوط به سنجنده ی ALOS PALSAR با رزولوشن ۱۲.۵*۱۲.۵ متر است. تصویر آن در پایین نمایش داده شده است:

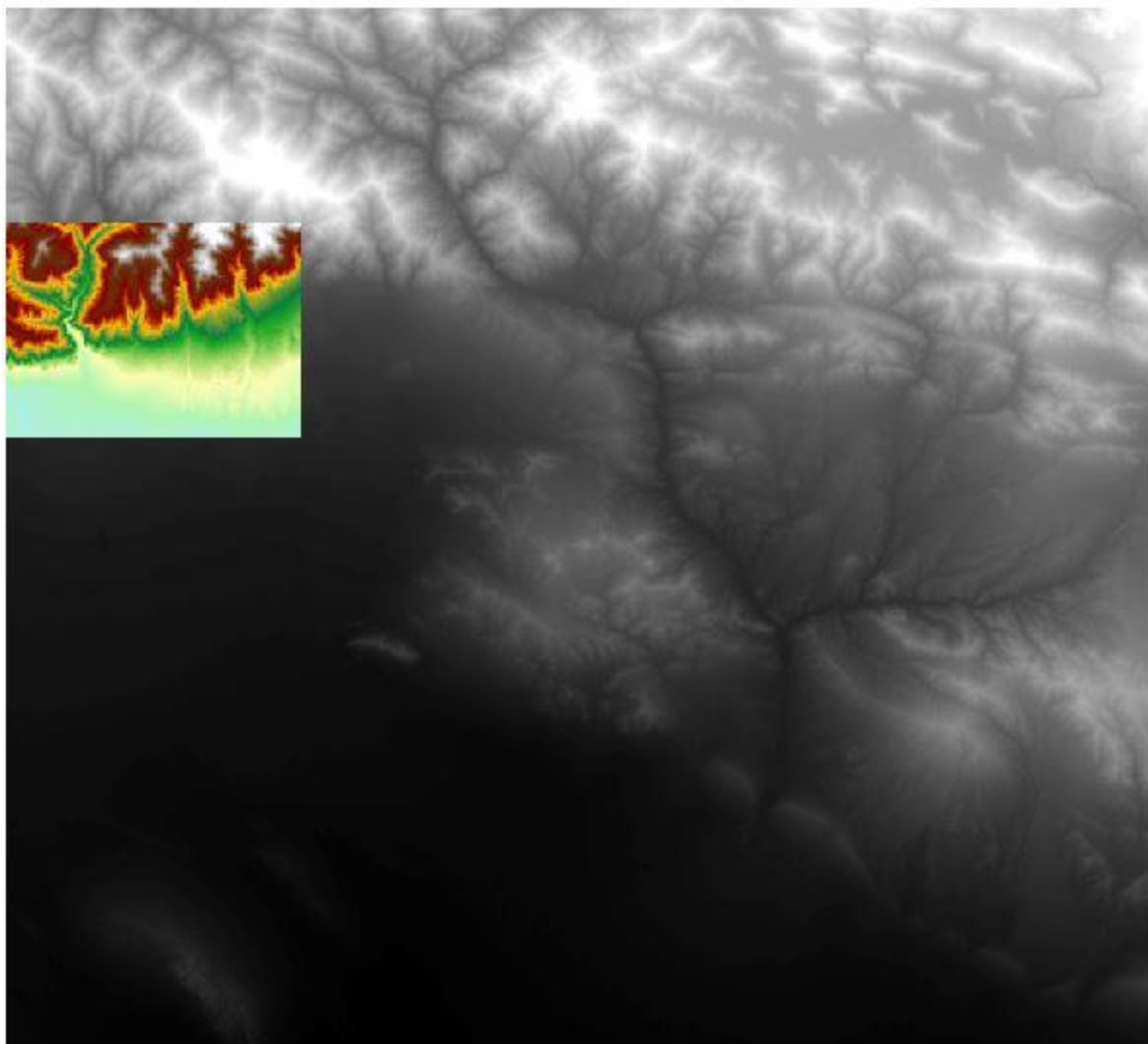


شکل ۱. منطقه ی تحت بررسی

جهت آنکه حجم محاسبات کاهش یابد، قسمتی از آنرا که تغییرات ارتفاعی در آن مشهود است، جدا می کنیم. این کار را در Arcmap به کمک ابزار Clip و با مختصات دهی مختصات های بالا و پایین انجام می دهیم. مختصات های بالا و پایین قسمت جداشده به صورت زیر هستند.

$X_{top}=538600$; $Y_{top}=3968000$; $X_{bottom}=518600$; $Y_{bottom}=3953400$

قسمت جداشده در پایین آمده است:



شکل ۲. قسمت جدا شده از منطقه

بازه ی ارتفاعی در قسمت جدا شده در زیر آمده است:



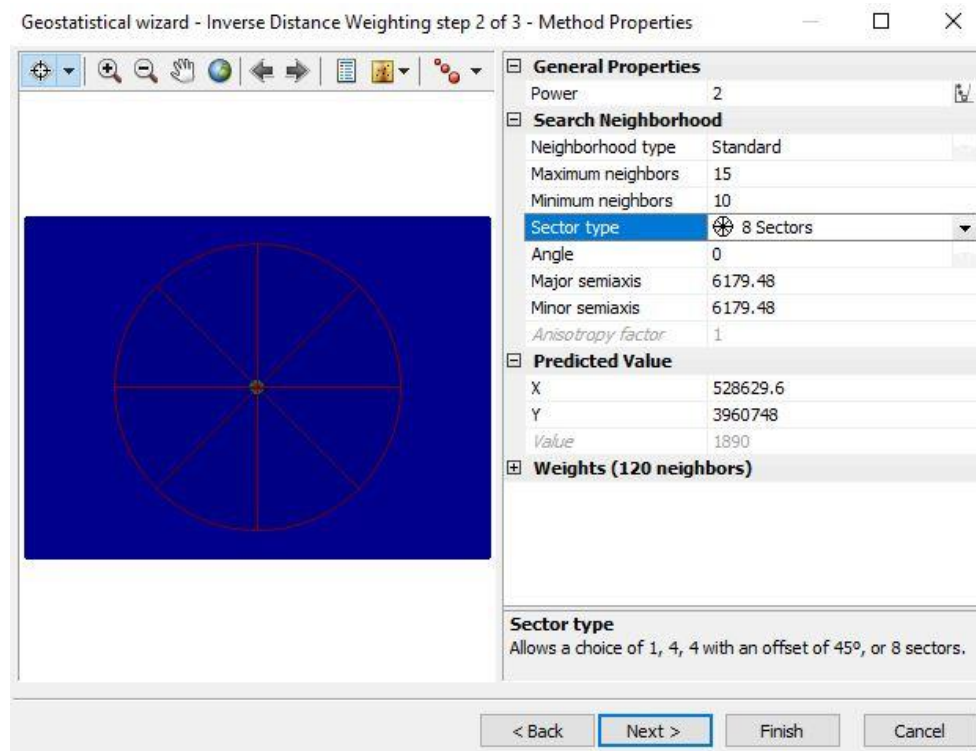
IDW

روش IDW از جمله روش های درونیابی است که در آن برآورد براساس مقادیر نقاط نزدیک به نقطه ی برآورد که بنابر عکس فاصله وزن دهی می شوند، انجام می گیرد. به عبارت دیگر به نقاط نزدیک به نقطه ی برآورد وزن بیشتری داده می شود تا به نقاط دورتر از آن. پس فرضی که صورت می گیرد آن است که نقاط نزدیک به مجهول بیشتر به آن شبیه هستند. رابطه ای که برای این روش در نظر گرفته می شود به صورت زیر است:

$$Z(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{Z_i}{d_i^p} \right]}{\sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{d_i^p} \right]}$$

در این روش اغلب توانی برای وزن در نظر گرفته می شود (p) که بین ۱ تا بی نهایت باشد ولی در Arcmap تا توان ۱۰۰ قابل محاسبه است. مشخصه ی جالب این روش آن است که وزن به کار رفته با افزایش فاصله به سرعت کاهش می یابد، در نتیجه درونیابی کاملاً محلی است و چون وزن ها هیچگاه صفر نمی شوند، هیچ گونه انقطاع و عدم پیوستگی در برآوردها رخ نمی دهد.

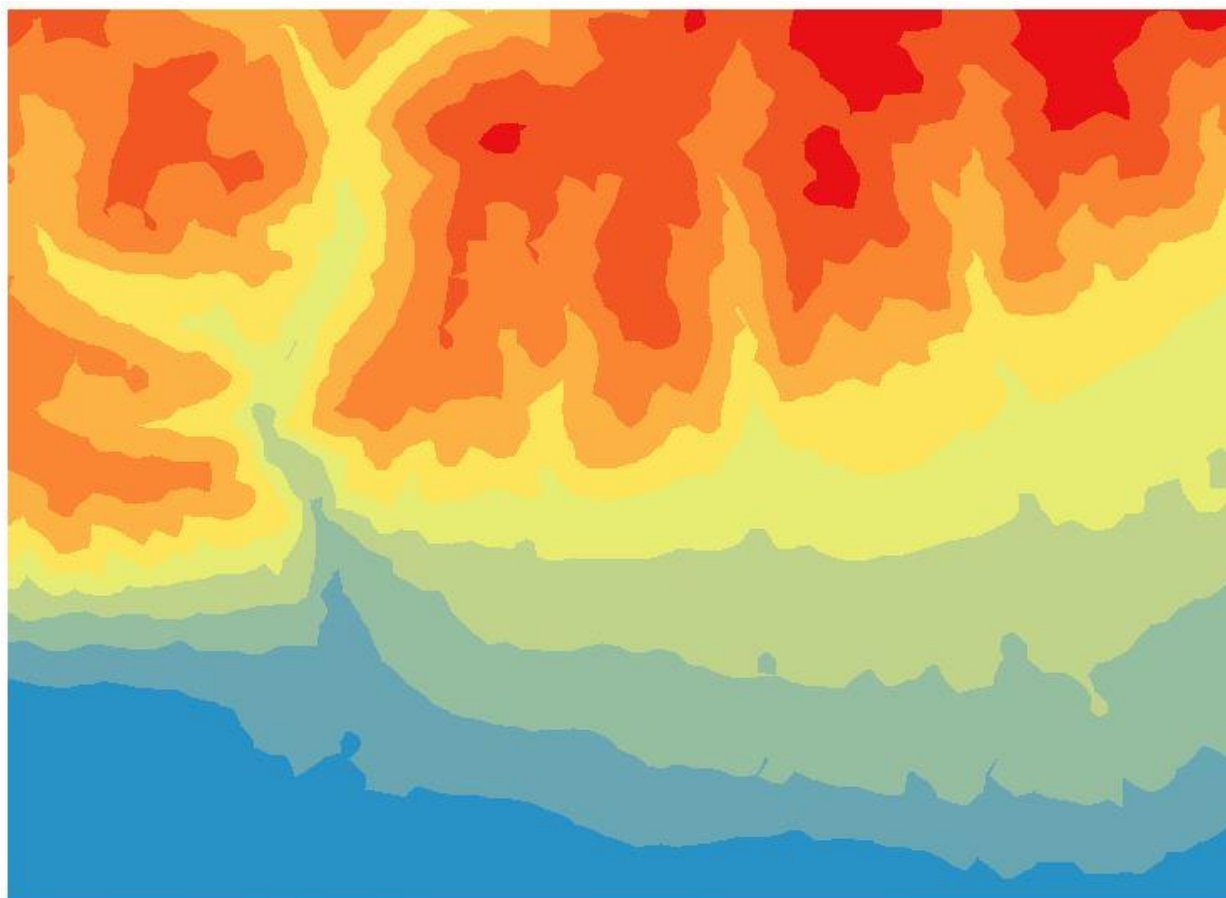
اکنون می خواهیم روش IDW را در برنامه ی Arcgis روی قسمت انتخابی از dem اعمال کنیم. این کار را به کمک نوار ابزار Geospatial Analyst انجام می دهیم.



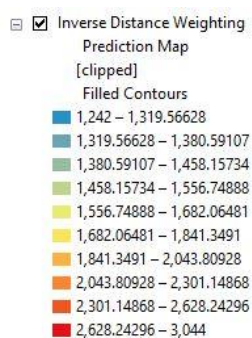
شکل ۳. ورودی های آنالیز IDW

در آنالیز بالا، همسایگی ۸ جهت را برای درونیابی در نظر می گیریم و توان های مختلف را برای این روش از درونیابی امتحان می کنیم.

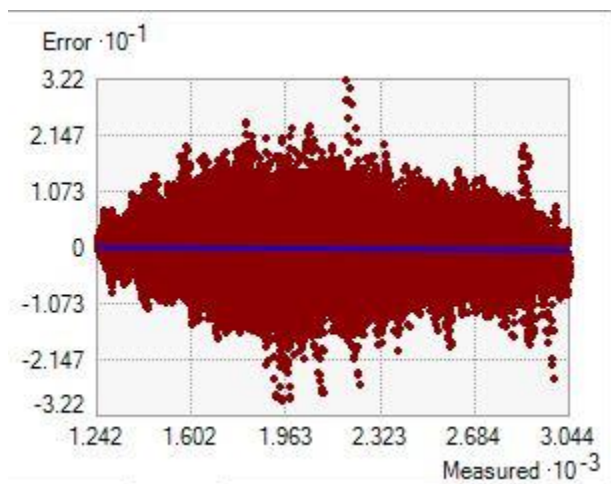
نتیجه ی درونیابی IDW تصویر زیر است:



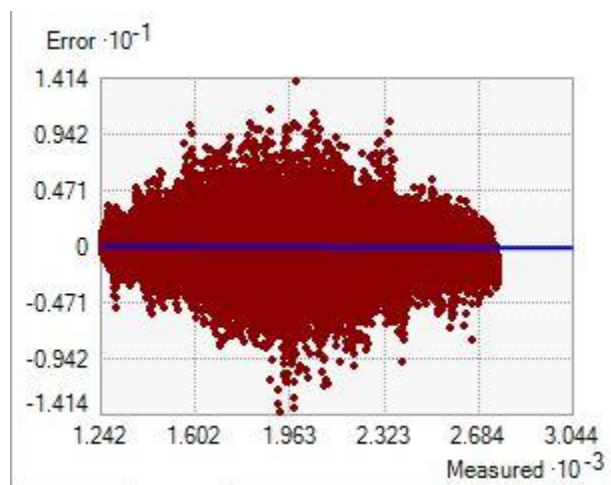
شکل ۴. خروجی IDW



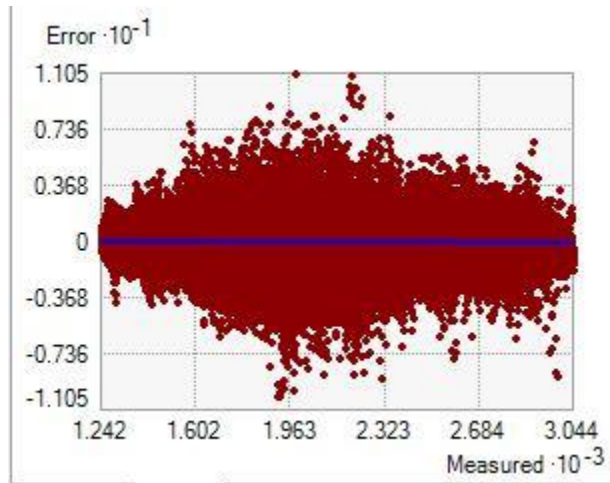
نتایج حاصل از خطا را که از اعمال درونیابی IDW با توان های مختلف بدست آمده در پایین می بینیم. نمودار های زیر نتایج بدست آمده از توانهای ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ است:



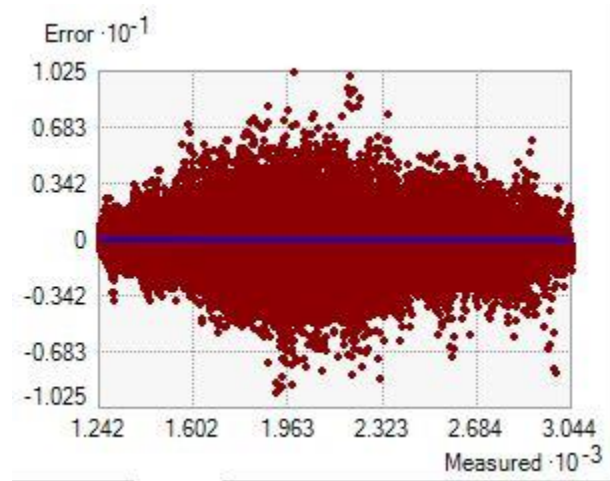
شکل ۵. خطا در IDW با توان ۲



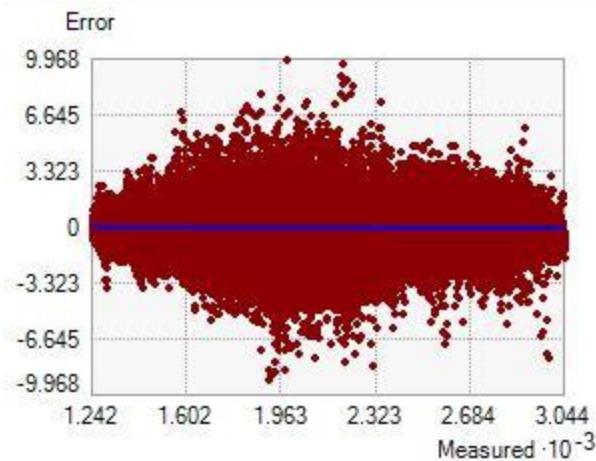
شکل ۵. خطا در IDW با توان ۴



شکل ۶. خطا در IDW با توان ۶



شکل ۷. خطا در IDW با توان ۸

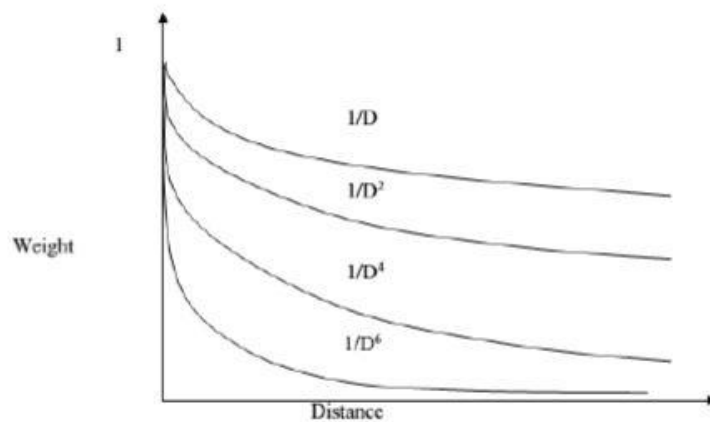


شکل ۸ خطا در IDW با توان ۱۰

همانطور که از نمودار های بالا که از Arcmap استخراج شده بدست آمده، نتایج بدست آمده از IDW تا توان ۸ خطای کاهشی داشته و از توان ۸ به بالا میزان خطا افزایشی می شود. در واقع سطح smooth شده ی حاصل از افزایش توان تا توان هشتم بسیار به واقعیت نزدیک است و از توان هشتم به بالاتر، این سطح از واقعیت فاصله می گیرد. پس بهترین توانی که می توان برای فواصل در نظر گرفت، توان ۸ است که ماکزیمم خطای آن ۰.۱۰۲۵ است و کمترین خطا را در بین توانهای دیگر داراست.

نکته ی مهمی که در بالا هم ذکر شد آن است که هرچه توان های فاصله افزایش می یابد، تاثیر نقاط دورتر از نقطه ی مجهول بسیار کاهش می یابد. این موضوع در نمودار زیر به خوبی نشان داده شده است:

Inverse Distance Weighting



Possible Weights

شکل ۹. نمودار وزن

دهی در روش IDW

در واقع هر چه توان فاصله افزایش می یابد، دایره ی استفاده از همسایگی های اطراف کاهش می یابد. این اتفاق بسیار مشابه اتفاقی است که در روش نزدیکترین همسایگی (Nearest Neighbours) داشتیم که مقدار نزدیکترین همسایگی جایگزین مجهول می شد. پس انتظار می رود که هرچه در محاسبه ی وزن ها، توان فاصله افزایش یابد به نتیجه ای مشابه نتیجه ی درونیابی Nearest Neighbours برسیم.