اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

ارزیابی و مقایسه مدل رقومی ارتفاع حاصل از تصاویر ماهواره‌ای رادار و پیمایشهای صحرایی

کیمیا نوروزی

دانشجوی کارشناسی مهندسی ژئوماتیک و ژئودزی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده :

مدل رقومی ارتفاعی همواره خصوصیات سطح زمین و عوارض ارتفاعی را به تصویر می کشد. تغییر و ایجاد ساخت و ساز باعث به هم خوردن سطح زمین و تراز ارتفاعی ان می گردد. در پروژه های عمرانی، آگاهی از سطوح هموار و ایجاد سطوح صاف و فاقد شیب همیشه در دستور کار مجریان و پیمانکاران اینگونه طرح ها می باشد. ایجاد ابنیه و ساختار فیزیکی بر روی این سطوح نیازمند آگاهی از تراز ارتفاعی و عمق خاکهای ریخته شده و یا برداشت شده است.

در مطالعه حاضر در منطقه عسلویه بخش سیراف از سال ۲۰۰۸ تاکنون اقدام به ساخت و ساز و گودبرداری و خاکریزی در این محدوده شد. با توجه به اینکه در زمان اجرای پروژه هیچگونه ترازیابی و برداشت زمینی انجام نیافته بود در سال ۲۰۱۵ اقدام به پیمایش میدانی و نقشه برداری زمینی با استفاده از دستگاههای مجهز و دوربین های نقشه بردایر با دقت بالا شد. در این محدوده به فاصله ی کمتر از یک متر ۹۸۳ هزار نقطه ثبت و برداشت شد و تراز ارتفاعی آن ها بر اساس نقاط مرجع (Benchmark)سازمان نقشه برداری، ثبت گردید. مقایسه بین نقاط ارتفاعیحاضر با نقاط قبل از اجرای پروژه در دستور کار این مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه با استفاده از داده های سفارش داده شده و اخذ شده از منابع مختلف که به شرح زیر معرفی می گردد، اقدام به تهیه نقشه مدل رقومی ارتفاع برای سالهای قبل از اجرای پروژه شد. منابع اطلاعاتی سفارش داده شده شامل SRTM DEM مربوط به سال ۲۰۰۰ با دقت مکانی حدود ۸۵ متر، ASTER DEM مربوط به سال ۲۰۰۵-۲۰۰۷ با دقت مکانی ۳۰متر، AlOS DEMمربوط به سال ۲۰۰۶ با دقت مکانی ۱۲متر و عکسهای هوایی زوج (Stereopair) سازمان نقشه برداری مربوط به سال ۲۰۰۵ با دقت مکانی ۱۰متر استفاده شد. در نهایت با تجزیه و تحلیل آماری مشخص شد که مدل رقومی سال ۲۰۰۵تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری با داده های میدانی سال ۲۰۱۵ ارتباط معنا داری در سطح ۹۹٪ با همبستگی ۹۷٪ و ضریب تبیین ۹۴٪ دارد؛ و نسبت به سایر منابع اطلاعاتی دقت بالایی برای مقایسه و براورد میزان تغییرات و جابجایی خاک را دارد.

واژه‌های کلیدی : مدل رقومی ارتفاع،ASTER, SRTM,ALOS

نویسنده مکاتبه کننده : کیمیا نوروزی
آدرس پستی :
تلفن :
آدرس پست الکترونیک :

۱- مقدمه

اطلاع از توپوگرافی سطح زمین برای اجرای پروژه های عمرانی بسیار با اهمیت میباشد و وجود مدل رقومی ارتفاعی به عنوان یک منبع اطلاعاتی با ارزش کمک شایانی به آگاهی از وضعیت توپوگرافی سطح زمین می نماید. روش های مختلفی برای ایجاد مدل رقومی ارتفاعی (DEM) وجود دارد که میتوان با استفاده از تصاویر ماهواره ای زوج و همچنین برداشت های میدانی اشاره کرد که هرکدام از نظر هزینه و زمان بری متفاوتند. مدل های رقومی ارتفاعی موجود که قابل دسترسی می‌باشند می‌توان به داده‌های راداری SRTM، داده های ماهواره ای زوجی ASTER، داده‌های راداری ALOS و داده های عکسهای زوجی سازمان نقشه برداری اشاره کرد که در زیر به تفسیر توضیح داده میشود.

مدل رقومی ارتفاع نمایش رستری سطح زمین به گونه ای که هرنقطه بر روی تصویردارای ارتفاع متناظر خود بر روی زمین می باشد، سالیان اخیر به عنوان ابزاری موثر در بهتر به تصویرکشاندن ارتفاع واستخراج داده های مربوط به پستی وبلندی مورد استفاده قرارمی گیرد.

DEM یک شبکه فضایی منظم از مقادیر ارتفاعی یک ناحیه از سطح می باشد و در تهیه نقشه هایی از قبیل : نقشه ها توپوگرافی و کنتوری، نقشه‌های دیدانداز و همچنین مسیر برنامه‌ریزی ساختمان جاده ها و بزرگراهها و ... مورد استفاده قرار می گیرد. از این رو دقت حاصل از تولید مدل رقومی ارتفاع در استفاده ازآن در برنامه‌ریزی‌های مربوطه تاثیرگذار است. تهیه مدل رقومی ارتفاع با استفاده از منابع اطلاعاتی متنوعی امکانپذیر می باشد از جمله نقشه برداری زمینی، عکسبرداری هوایی، رادار، آلتیمتری لیزری ونقشه‌های توپوگرافی که برخی از آنها به دلیل کافی نبودن اطلاعات ارتفاعی سبب بروز خطا در تولید مدل رقومی ارتفاع می گردند، که اغلب از چشم کاربر دور می ماند، اما تاثیر خود را در محاسبات بعدی می‌گذارد.

مدل رقومی ارتفاع SRTM

SRTM(Shuttle Radar Topography Mission): یک ماموریت ۱۰ روزه که توسط شاتل Endeavor در سال ۲۰۰۰ انجام شد. در این ماموریت اطلاعات ارتفاعی برای تمام مناطقی که در عرض جغرافیایی 60+ - 54- درجه قرار دارند تهیه شد. آماده‌سازی و Validation داده ها تا سال ۲۰۰۳ طول کشید. DEM در فرمت SDTS و در Raster image profile تهیه شد. داده های این مدل از دقت مکانی ۸۵ متری برخودارند.

مدل رقومی ارتفاع ASTER

داده های این مدل ارتفاعی مربوط به سنسور استر می باشد. این سنسور بر اساس سه باند در محدوده ی طیفی بصری ومادون قرمز نزدیک، شش باند در محدوده ی مادون قرمز طول موج کوتاه وپنج باند در محدوده ی طیفی مادون قرمز حرارتی بررسی شده و به ترتیب دقت‌های با قدرت ۱۵، ۳۰ و ۹۰ متر در محدوده ها ی طیفی فوق ثبت شده است. مدلهای ارتفاعی (DEM) به صورت دیجیتالی و تهیه شده با استفاده از داده های استر، امروزه به صورت گسترده کابرد دارند،علت این امر سرعت بالا و هزینه پایین و از طرف دیگر دقت قابل قبول این روش می باشد. داده های این مدل دارای قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر می باشند.

تاریخ پرتاب	۱۸ December ۱۹۹۹ at Vandenberg Air Force Base, California, USA
زمان عبور از خط استوا	۱۰:۳۰ AM (north to south)
ارتفاع مدار	۷۰۵ کیلومتر خورشیدآهنگ
زاویه میل	۹۸/۳ درجه از خط استوا
زمان گردش به دور زمین	۹۸/۸۸ دقیقه
تهیه پوشش کامل زمین	۱۶روز
قدرت تفکیک پذیری	۹۰–۱۵ متر

مدل رقومی ارتفاع(ALOS)

ماهواره ALOS (Advance Land Observation Satellite Data)توسط آژانس تحقیقات هوا فضای ژاپن در سال ۲۰۰۶ به فضا پرتاب شد.این ماهواره دارای ۳ سنجنده می باشد: سنجنده پانکروماتیک برای تصویر برداری استرئو (PRISM) جهت تولید مدل رقومی ارتفاعی(DEM) ؛ رادیومتر نوع دو فعال در نواحی مرئی و مادون قرمز (AVNIR-2)جهت مشاهده دقیق پوشش سطح زمین و سنجنده راداری SAR فعال در باند L که در روز و شب و تمامی شرایط آب و هوائی اقدام به تصویر برداری می‌کند و به تنهائی قادر است تا بدون نقاط کنرل زمینی نقشه هایی با مقیاس 1:25000 تولید کند. این ماهواره در زمینه‌های : کارتوگرافی-پایش بلایای طبیعی-منابع طبیعی و توسعه‌ی تکنولوژی‌های فضایی استفاده می شود. داده های این مدل دارای قدرت تفکیک مکانی ۱۲.۵ متر و دارای قدرت ارتفاعی ..... می باشند.

مشخصات ماهواره ALOS

مشخصات ماهواره	تاریخ پرتاب	۲۴ ژانویه ۲۰۰۶
	سکو پرتاب	H-IIA Rocket
	محل پرتاب	Tanegashima Space Center (Japan)
	عمر مفید	۳-۵ سال
اطلاعات مداری	مدار	خورشید آهنگ
	زاویه	۶۹۲ کیلومتر
	زاویه میل	۹۸.۲ درجه

مشخصات سنجنده های مختلف ALOS

سنجنده	باند	طول موج(میکرومتر)	قدرت تفکیک زمینی(متر)	مشخصات
PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping)	PAN	۰/۵۲–۰/۷۷	۲/۵	این سنجنده پانکروماتیک می باشد که تصاویر استریو جهت تولید DEM تهیه می کند.
AVNIR–۲ (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type ۲)	۱	۰/۴۲–۰/۵۰	۱۰	به منظور مشاهدات زمینی و کاربردهای مختلف در منابع طبیعی
	۲	۰/۵۲–۰/۶۰	۱۰	
	۳	۰/۶۱–۰/۶۹	۱۰	
	۴	۰/۷۶–۰/۸۹	۱۰	
(PALSAR) Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar	SAR-L	۱/۳	۱۰ –۱۰۰	سنجنده راداری ، تهیه تصویر روز وشب در شرایط مختلف آب و هوایی، تهیه نقشه های با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ بدون نیاز به نقاط کنترل زمینی

مدل رقومی ارتفاع(DTM)

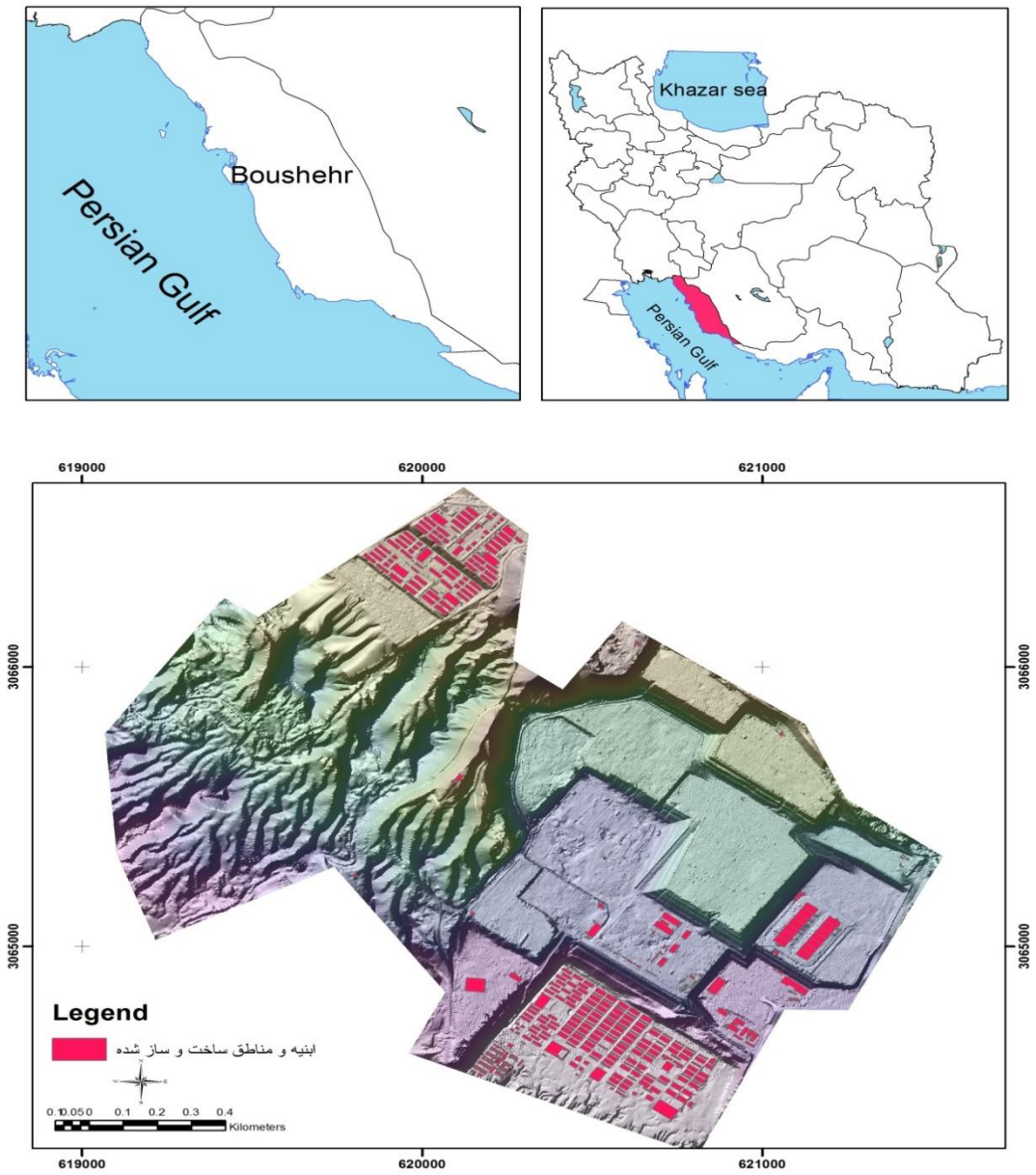
مدل رقومی زمین (DTM) مدل سه بعدی از سطح زمین بوده و حاوی داده های X، Y و Z سطح یک منطقه می باشند. ارتفاع در این مدل ها صرفا ارتفاع سطح زمین نیست، بلکه سایر عوارض زمین مانند رودخانه ها، دریاچه ها و خط الراس ها و مرزها نیز در این مدل ها لحاظ شده است. در واقع DTMها DEMهایی هستند که به طور خاص نمایشگر المان هایی چون خطوط شکست نیز می باشند. بدین وسیله DTMها مدل واقعی تری از سطح ظاهری زمین می باشند. امروز با افزایش قدرت رایانه ها در نمایش مدل های سه بعدی، DTMهای کاربرهای وسیعتری در حوزه علوم زمین و مهندسی پیدا کرده اند.

مشخصات مدل ارتفاعی رقومی (DTM) سازمان نقشه برداری	
ابعاد	قطع شیتهای ۱:۲۵۰۰۰
قدرت تفکیک	۱۰ متر
سیستم تصویر	UTM
بیضوی	WGS-84
مبنای تولید داده	عکسهای هوایی و نقشه های ارتفاعی رقومی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰
سطح مبنای ارتفاعی	ایستگاه بندرعباس
دقت ارتفاعی	بهتر از ۶ متر
فرمت	TIF , GRD

در این پژوهش با مقایسه ی منابع اطلاعاتی فوق و با پیمایش های میدانی میزان دقت و صحت مدل های رقومی با برداشت های میدانی مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش کار:

این مطالعه که در مختصات طول ۱۲ ۵۲ و ۱۴ ۵۲ شرقی و عرض جغرافیایی ۴۲ ۲۷ تا ۴۳ ۲۷ شمالی در کنار سواحل خلیج فارس منطقه عسلویه بخش سیراف با وسعت ۳۰۸ هکتار انجام گرفت (شکل ۱)



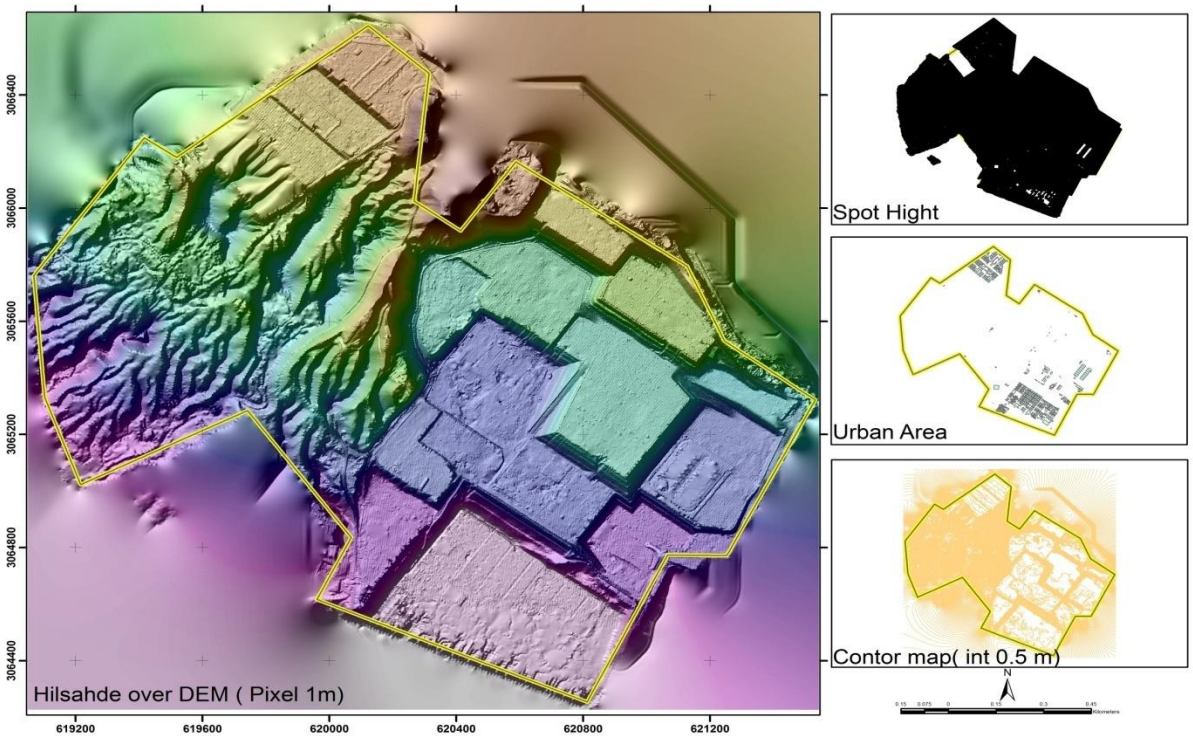
شکل ۱محدوده مورد مطالعه

در سال ۲۰۱۵ با انجام نقشه برداری دقیقی بیش از ۹۸۳۰۰۰ نقاط زمینی به فاصله کمتر از ۱ متر که بـا bench mark سازمان نقشه برداری تصحیح شده بودند برداشت میدانی انجام گرفت با استفاده از محیط GIS اقدام به تولید نقشـه ی مدل رقومی ارتفاع و شبه سه بعدی (Hillshade) شد سپس در قسمت غربی این محدوده که هیچگونه تغییر و تحـولی انجام نگرفته بود،تعداد ۷۸۰۰ نقطه بعنوان صحت سنجی و مقایسه با سـایر منـابع اطلاعـاتی تولیـد DEM شـد. بـدین منظور کلیه ی مدل های رقومی ارتفاعی (STRM,ASTER,ALOS و سازمان نقشه برداری) می بایست تغییر اندازه ی پیکسل داده و تبدیل به ۱متر شوند (Resampling) تا بتوان نقشه ی پیمایش میدانی کـه دارای انـدازه پیکسـل ۱متـر میباشد را با کلیه منابع اطلاعاتی فوق مقایسه نمود. سپس در محیط GIS تـراز ارتفـاعی ۷۸۰۰ نقطـه از کلیـه ی داده

های اطلاعلتی استخراج شد و جدول تولیدی به محیط نرم افزار SPSS منتقل و تجزیه و تحلیل های لازم در آن انجـام گرفت. با استفاده از آنالیز همبستگی و همچنین ضریب تبیین رگرسیون (R^2) استخراج و بالاترین همبستگی به عنـوان مدل رقومی ارتفاعی مناسب درنظر گرفته شد درنهایت با ارزیابی صحت و اعتبار سنجی DEM مورد نظر در سایر نقـاط بر اساس دو آماره ی M_Eو RMS_E میزان خطا در مدل رقومی ارتفاع مورد نظر مشخص شد. در نهایت با مشخص کـردن مناطق خاکبرداری و خاکریزی شده به تفکیک حجم و خطوط ارتفاعی برداشت و واریز مشخص شد.

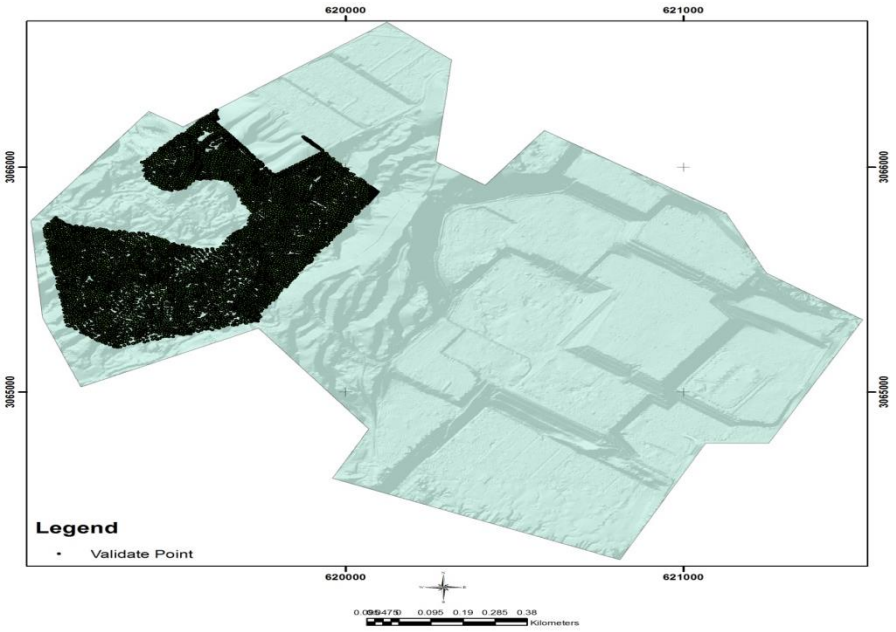
نتایج:

در این بخش با توجه به روش کار ارائه شده نتایج در قالب نقشـه هـا جـداول و گـراف بـه تفکیـک ارائـه میشـود ابتـدا ۹۸۳۰۰۰ نقطه ی برداشت شده از محیط excel به فرمت قابل ورود در GIS تبدیل و خوانده شد .و سـپس بـا اسـتفاده ازمحیطGIS تبدیل به مدل رقومی ارتفاعی شد.جهت تفسیر بصری و ارائه ی دیـد بهتـر دیـد سـه بعـدی (Hillshade) تولید شد.



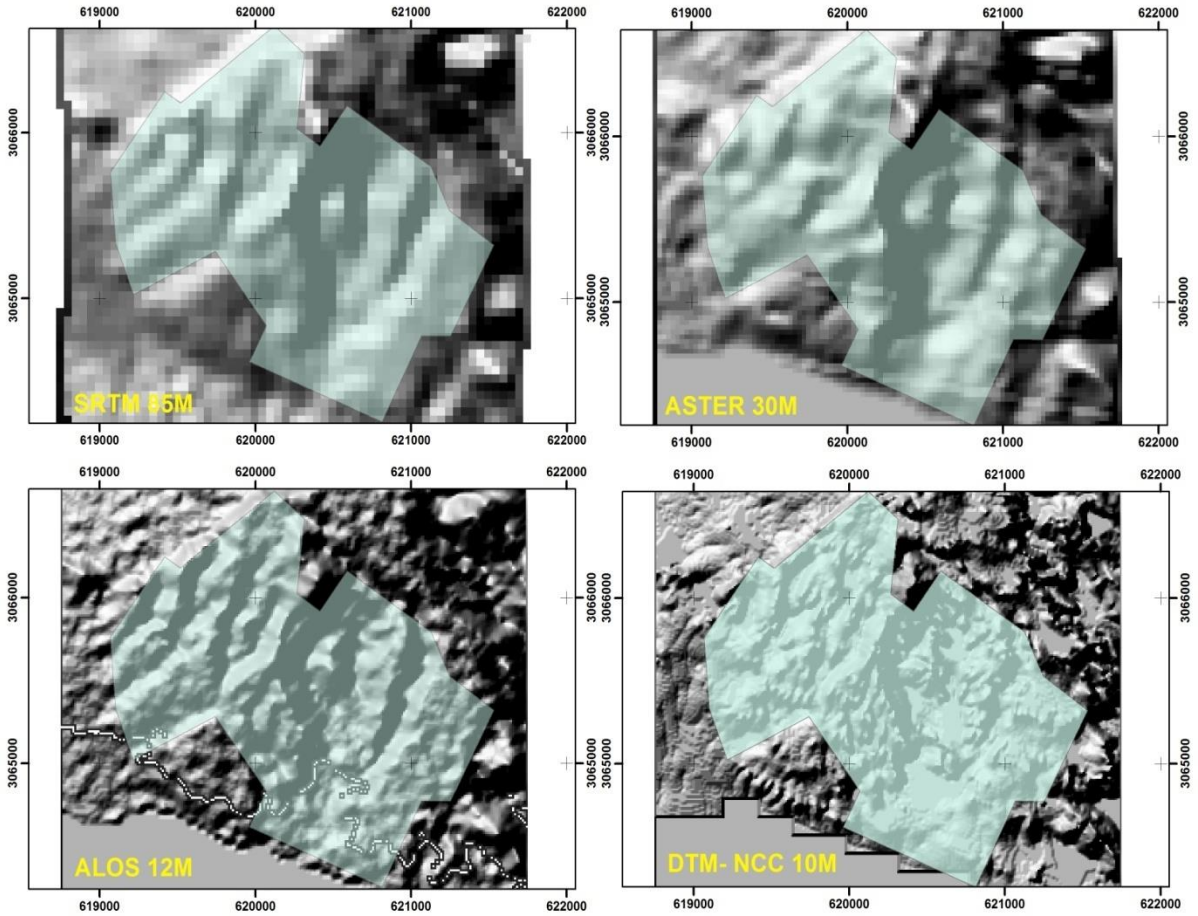
شکل ۲ مدل رقومی ارتفاعی منطقه در سال ۲۰۱۵

سپس در قسمت غربی منطقه که از قبل احداث پروژه تاکنون دست نخورده باقی مانده است اقـدام بـه انتخـاب نقـاط مقایسه ای به تعداد ۷۸۰۰ نقطه از مجموع ۹۸۳۰۰۰ نقطه شد.



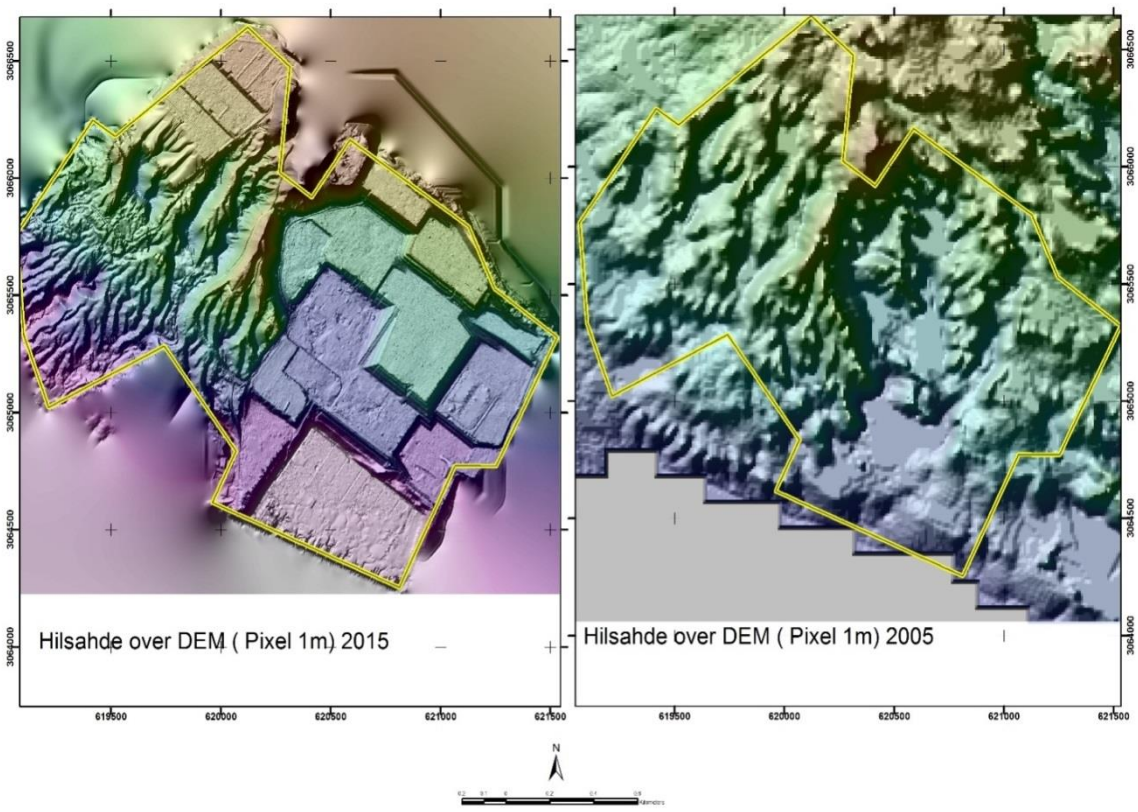
شکل ۳ نقاط انتخابی برای اعتبار سنجی

بـه مـوازات ایـن کـار داده هـای مـدل رقـومی ,DEM STRM,DEM ASTER,DEM ALOS و DEM نقشـه‌بـرداری تولید شد.



شکل ۴ مدل رقومی ارتفاعی از منابع اطلاعاتی متفاوت

با استفاده از ابزار موجود در GIS برای ۷۸۰۰ نقطه که دارای مقادیر ارتفاعی پیمایشهای میدانی (سال ۲۰۱۵) بود، تراز ارتفاعی مشابه از مدل رقومی منابع اطلاعاتی فوق استخراج شد. جدول حاصل به محیط SPSS منتقل و جداول همبستگی و رگرسیون بازای هر متغیر جداگانه حاصل شد.



شکل ۵ مقایسه نقشه حاصل از پیمایشهای میدانی با مدل رقومی حاصل از داده های سازمان نقشه برداری

در محیط نرم‌افزار SPSS به کمک آنالیزهای همبستگی و رگرسیون چند متغیره خطی به روش گام به گام همبستگی بین نقاط نقشه‌رداری شده با تمامی مدلهای رقومی برقرار شد.

تعداد نمونه	Std. Deviation	Mean	مدل رقومی ارتفاع
۷۷۹۴	۲۱.۷۱	۷۳.۶۲	برداشت زمینی
	۲۱.۱۷	۶۸.۶۷	سازمان نقشه برداری
	۱۹.۸۱	۴۷.۷۰	ALOS
	۲۰.۰۳	۷۱.۷۷	ASTER
	۲۰.۰۸	۷۴.۷۸	SRTM

همبستگی بین نقاط برداشت شده میدانی با مدلهای مختلف رقومی ارتفاع

مدل های رقومی ارتفاع		برداشت زمینی	NCC	ALOS	ASTER	SRTM
z	Pearson Correlation	1	.965**	.949**	.927**	.919**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
	N	7794	7794	7794	7794	7794

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

مدلهای حاصل از رگرسیون چند متغیره به روش گام به گام بین نقاط برداشت شده میدانی با مدلهای رقومی ارتفاعی

Model Summary[d]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.965[a]	.932	.932	5.66588793684158	
2	.969[b]	.940	.940	5.33831776370615	1.817
3	.970[c]	.940	.940	5.30661952723309	

a. Predictors: (Constant), dem25000_r
b. Predictors: (Constant), dem25000_r, alos2006
c. Predictors: (Constant), dem25000_r, alos2006, srtm_res1m
d. Dependent Variable: z

همانطور که مشخص است با انجام انالیز رگرسون چند متغیره سه مدل با ضریب تبیین نزذیک به ۹۴ درصد مشخص شد که در مدل اول مدل رقومی سازمان نقشه برداری و درمدل دوم مدل رقومی داده های راداری ALOS به ان اضافه شد و در مدل سوم علاوه بر دو مدل رقومی سازمان نقشه برداری و داده های ALOS مدل رقومی داده های راداری SRTM ارتباط برقرار کرد. که ضزایب و مقادیر ثابت هر مدل به تفکیک در زیر ارائه شده است.

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	5.651	.218		25.943	.000
	NCC	.990	.003	.965	326.573	.000
2	(Constant)	10.159	.250		40.566	.000
	NCC	.697	.010	.679	71.334	.000
	ALOS	.328	.010	.299	31.410	.000
3	(Constant)	8.241	.318		25.933	.000
	NCC	.664	.010	.648	64.647	.000
	ALOS	.279	.012	.254	24.165	.000
	SRTM	.087	.009	.080	9.714	.000

با توجه به بررسی‌های به عمل آمده، ضرورت اگاهی از ارتباط دو به دو هر یک از مدلهای رقومی با برداشتهای میدانی بیشتر از مدلهای چند متغیره بنظر رسید. لذا در این راستا با آنالیزهای رگرسیون دو به به دو اقدام به بررسی رابطه هر یک از مدلهای رقومی ارتفاعی بصورت جداگاه شد؛ که نتایج هر یک از مدلها در جداول جدا ارائه شده است.

رگرسیون دو به دو بین نقاط صحرایی با DTM سازمان نقشه برداری

Model Summary [d]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.965[a]	.932	.932	5.66588793684158	1.820

a. Predictors: (Constant), NCC DEM
b. Dependent Variable: z

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5.651	.218		25.943	.000
	NCC	.990	.003	.965	326.573	.000

a. Dependent Variable: z

رگرسیون دو به دو بین نقاط صحرایی با ALOS

Model Summary [d]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	. 949[a]	.900	.900	6.86326673661707	1.671

a. Predictors: (Constant), ALOS DEM
b. Dependent Variable: z

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	24.041	.203		118.637	.000
	ALOS	1.039	.004	.949	264.956	.000

a. Dependent Variable: z

رگرسیون دو به دو بین نقاط صحرایی با SRTM

Model Summary [d]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.919[a]	.845	.845	8.54898622320516	1.541

a. Predictors: (Constant), SRTM
b. Dependent Variable: z

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.685	.373		-1.834	.067
	SRTM	.994	.005	.919	206.097	.000

a. Dependent Variable: z

رگرسیون دو به دو بین نقاط صحرایی با ASTER

Model Summary [d]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	927[a]	.859	.859	8.15814876629644	1.509

a. Predictors: (Constant), ASTER
b. Dependent Variable: z

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.431	.344		4.158	.000
	ASTER	1.006	.005	.927	217.733	.000

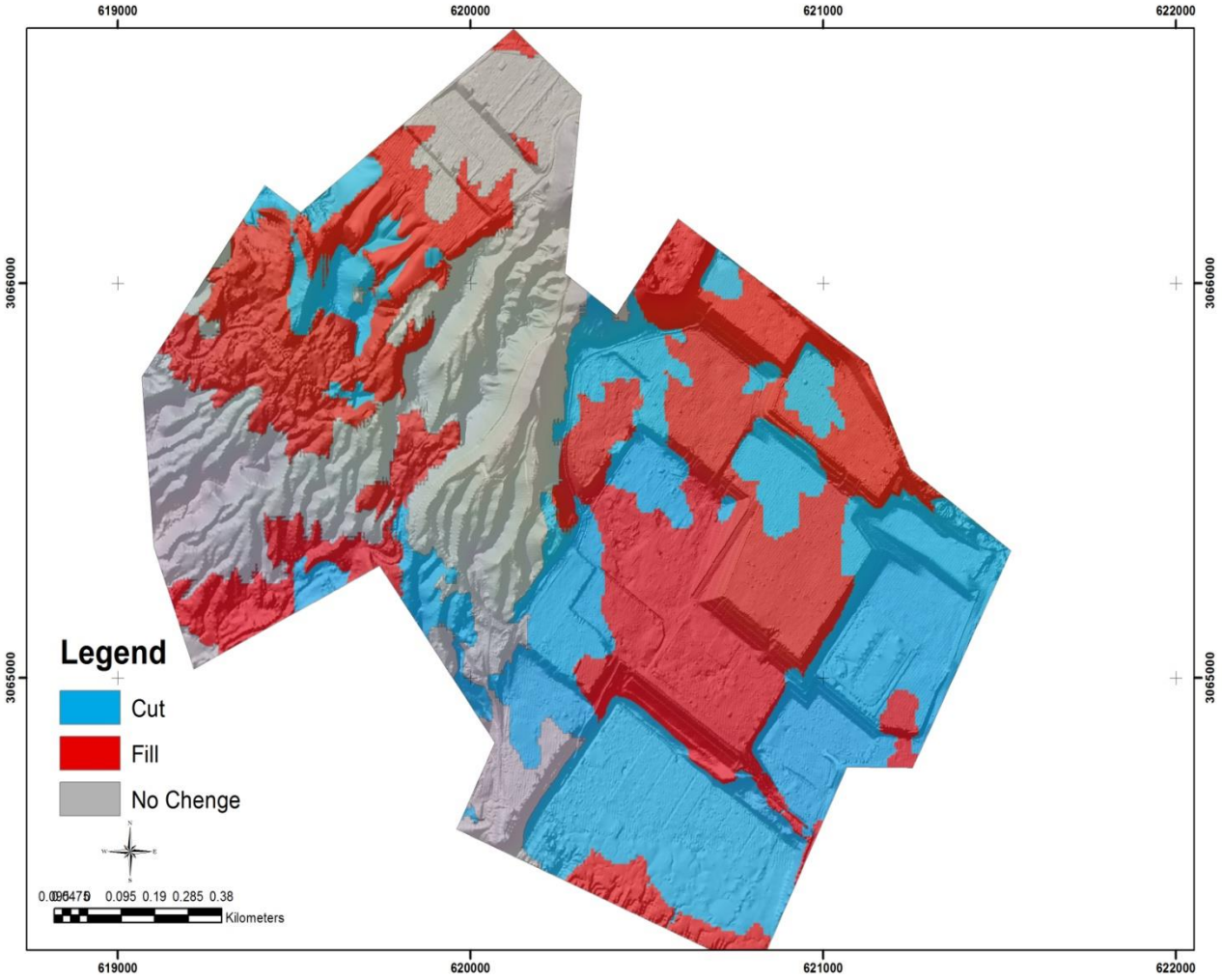
a. Dependent Variable: z

با توجه به نتایج بدست آمده و روابط حاصل بین داده های برداشت شده صحرایی با مدل هـای رقـومی ارتفـاعی منـابع اطلاعاتی مختلف، برای اعتبار سنجی و صحت سنجی مدلها، اقدام به ارزیابی صحت نتایج مدلها بـا اسـتفاده از دو امـاره میان خطا(ME) و خطای متوسط ریشه دوم مضاعف (RMSE) شد. که مدل رقومی ارتفاعی سازمان نقشـه بـرداری بـا کمترین میزان خطا به عنوان بهترین مدل معرفی و شناسایی شد.

ارزیابی صحت

	SRTM	ASTER	ALOS	NCC
ME	-0.0224	-30.08	0.02	**-0.011**
RMSE	8.548	32.306	6.862	**5.66**

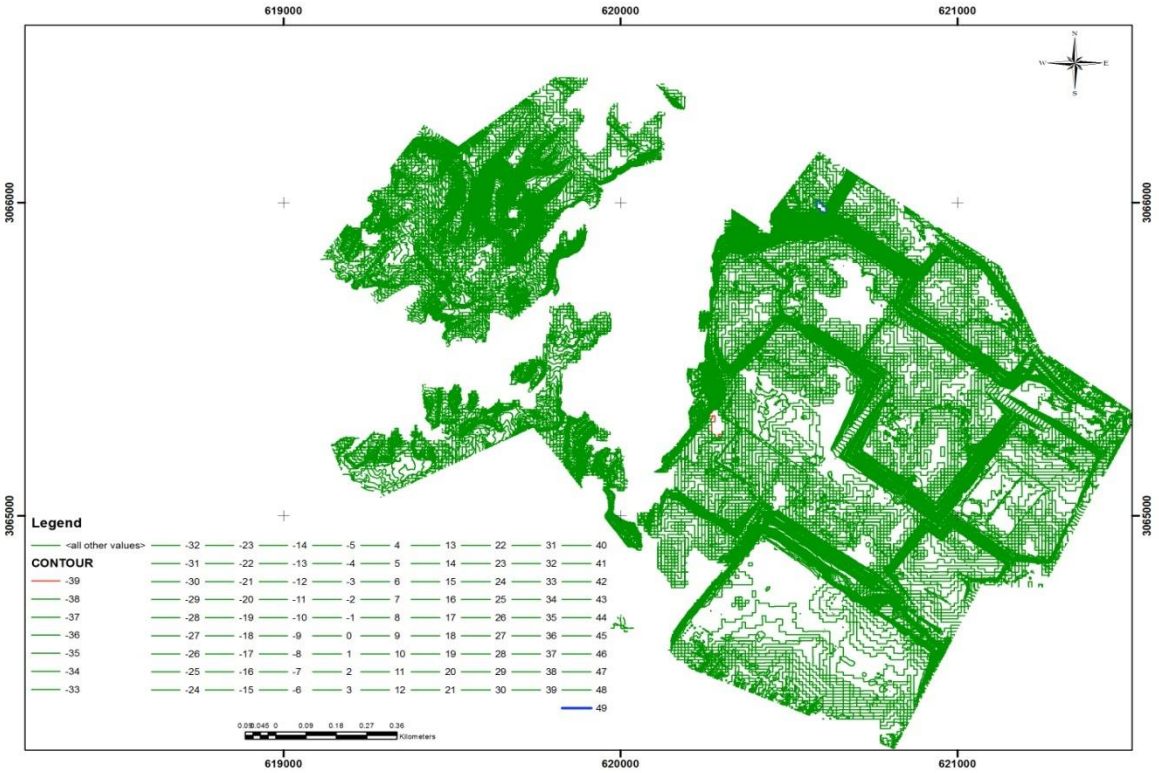
پس از ارزیابی صحت مدل و رابطه بدست آمده با مدل رقومی ارتفاعی سازمان نقشه برداری، با استفاده از رابطه بدسـت آمده و ضرایب حاصل مدل رقومی اصلاح شده ای از داده های سازمان نقشه برداری تهیه و سپس اقدام به تهیـه نقشـه میزان خاکبرداری و خاکریزی طی سال و ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ نمودیم.



شکل ۶ مناطق خاکریزی و خاکبرداری طی سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵

همانگونه که در نقشه فوق مشخص است در محدوده مورد مطالعه به وسعت ۳۰۸ هکتار تعداد ۱۶ پهنه به وسعت ۱۰۲ هکتار خاکبرداری انجام شده و تعداد ۹ پهنه به وسعت ۱۲۰ هکتار در انها خاکریزی انجام یافته است . و مابقی محدوده به وسعت ۸۶ هکتار تغییرات چشمگیری در انها به اتفاق نیافتاده است.

در این محدوده ها بیشترین میزان ارتفاع خاکبرداری در نقاط مرکزی و جنوب شرقی به ارتفاع ۳۹ متر و در قسمتهای شمالی تا ارتفاع ۴۹ متر خاکریزی انجام شده است.



بحث و نتیجه گیری:

باتوجه به تجزیه و تحلیل های آماری انجام شده مشخص شد که مدل رقومی تولیدی از عکسهای هوایی سازمان نقشه برداری با همبستگی ۹۸٪ و ضریب تبیین ۹۴٪ دارای دقت بالاتری نسبت به سایر داده های مدل رقومی ارتفاعی میباشد و همچنین با اعمال اعتبار سنجی به کمک دو آماره ی ME=-0.01 و RMSE=5.6 از این مدل رقومی میتوان استفاده کرد همچنین باتوجه به میزان خاکبرداری در قسمت های شرقی منطقه با عمق حدود ۳۹ متر،پهنه های خاکبرداری و خاکریزی نیز مشخص و مورد استفاده قرار گرفت.

منابع:

۱- گزارش اطلس سیمای حوزه ابخیز. ۱۳۹۳ پژوهشکده حفاظت خاک و ابخیزداری کشور

۲- نقشه های توپوگرافی ۱۳۷۸ .سازمان نقشه برداری کشور

۳- تارنمای مرکز فضایی و مطالعات زمین شناسی امریکا

۴- تارنمای مرکز فضایی ژاپن

۲- عنوان

۲-۱- زیر عنوان

۲-۱-۱- زیر زیر عنوان

عنوان شکل بایستی زیر شکل به صورت وسط چین باشد.

شکل ۱ : نمودار تغییرات مقادیر منفرد ماتریس نرمال

عنوان جدول باید بالای جدول و به صورت وسط چین باشد.

جدول ۱ : مقادیر میدانهای سرعت بدست آمده