Archive of SID

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

بکارگیری فناوری لایدار موبایل مپینگ به منظور تهیه نقشه سه بعدی از منطقه معدنی گلکهر

محمد سعادت سرشت[1*]، جمشید طالبی[2]، محمد فیلی[2]، پروین طاهری[2]، رضا عابدی[2]

۱- استادیار دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دانشگاه تهران، تهران
۲- مهندسین مشاور پویا نقش امید تهران، بلوار اشرفی اصفهانی، خیابان پیامبر، خیابان شاهد، وحدت ۴، پ ۱۲. تلفن ۴۴۰۹۵۵۲۰

چکیده :

در یک دهه گذشته با پیشرفتهای صورت گرفته در زمینه دوربینهای پانورامیک کروی، پروفیل لیزر اسکنرها، واحدهای اندازه گیری اینرشیال دقیق و پایدار و گیرنده‌های چندفرکانسه چند ماهواره‌ای مناسب برای تعیین موقعیت کینماتیک دقیق، سیستم‌های موبایل مپینگ تبدیل به یک واقعیت عملی شده است. در این مقاله پس از معرفی سامانه موبایل مپینگ StreetMapper و اصول کارکرد آن، مراحل بکارگیری این سامانه در یک پروژه اجرایی با هدف نقشه‌برداری از منطقه معدنی گلگهر به وسعت ۱۸۰۰۰ هکتار معرفی می‌گردد. لازم به ذکر است که برداشت ابر نقاط بدون بکارگیری نقاط کنترل زمینی توسط چرخبال پس از اخذ مجوزهای مربوطه تنها در نه روز کاری و پیش پردازش و پردازش آنها برای تبدیل ابر نقطه به نقشه در حدود ۴۵ روز زمان امکانپذیر شده است. نتایج اجرایی پروژه نشاندهنده قابلیت بالای کاری سامانه از لحاظ سرعت و کیفیت بالای نتایج در حد نقشه با مقیاس ۱:۵۰۰ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی : لایدار موبایل مپینگ، معدن گلگهر، StreetMapper، ابرنقاط

نویسنده مکاتبه کننده : محمد سعادت سرشت
آدرس پستی : تهران-امیرآباد-پردیس دو دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران-ساختمان مرکزی-دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی
تلفن : ۰۹۱۲۶۰۳۹۰۶۶
آدرس پست الکترونیک : msaadat@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

سامانه‌های موبایل مپینگ همانطور که از نام آن برمی‌آید برای هدف نقشه‌برداری در حین حرکت طراحی و توسعه یافته است. این سامانه ها امروزه کاربردهای رو به گسترشی را دربرداشت اطلاعات مکانی سریع از مناطق وسیع بخصوص نواحی کریدوری شکل پیدا نموده‌اند[۱و۲]. برای مثال نقشه‌برداری از جزئیات معابر شهری یا جاده‌ها، برداشت خطوط ساحلی، برداشت سریع حوادث جاده‌ای برای مطالعات پلیس و مدارک حقوقی، نقشه‌برداری خطوط انتقال نیرو، نفت و گاز، برداشت مکانهای پر تردد، خطرناک، بدون امکان ایستگاه‌گذاری و مانند آن و البته برداشت کامل جزئیات هندسی و توصیفی سایتهای میراث فرهنگی را می‌توان نام برد. از کاربردهای دیگر موبایل کپینگ میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

- تهیه شهر سه بعدی
- برداشت جزئیات هندسی عوارض جاده ای
- تهیه نقشه سه بعدی از کریدور خطوط انتقال نفت، گاز، مخابرات و برق
- برآورد دوره ای کیفیت آسفالت
- برداشت خطوط انتقال و توزیع برق
- تهیه نقشه از سایتهای صنعتی
- برداشت سه بعدی مرزهای ساحلی و تاسیسات رو به دریا
- برداشت تونلهای جاده ای و زیرزمینی مانند مترو
- برداشت عمق زیر آب در نواحی کم عمق
- تسریع و حذف عملیات زمینی کلاسیک در خط تولید فتوگرامتری هوایی
- غنی سازی نقشه های شهری

ویژگی اساسی سامانه‌های موبایل مپینگ بکارگیری سنجنده‌های تعیین موقعیت و وضعیت دقیق در کنار سنجنده‌های تصویربرداری و برداشت ابر نقاط کالیبره شده می‌باشد. این سامانه‌ها بایستی مستقل از نقاط کنترل زمینی قابلیت برداشت اطلاعات هندسی بصورت زمین مرجع سازی مستقیم را دارا باشند. با توجه به محدودیت دقت تعیین موقعیت کینماتیک و محدویتهای کیفیت سنجنده‌ها، در گذشته از این سامانه ها صرفا برای مقاصد نمایشی بخصوص در برداشت معابر شهری استفاده می‌شده است. بحث استخراج اطلاعات هندسی با دقت بالا و بدون نیاز به نقاط کنترل زمینی و عدم توقف در مسیر حرکت، امروزه با معرفی IMU های بسیار دقیق و پایدار و گیرنده‌های GNSS چندفرکانسه چندماهواره‌ای در کنار دوربینهای پانورامیک کروی و پروفیل لیزر اسکنرهای با نرخ و دقت برداشت ابر نقاطه بالا تبدیل به واقعیت عملی شده است. یکی از سامانه‌های پیشرو در این زمینه، سامانه StreetMapper است که در ادامه مقاله قابلیت‌ها و مشخصات آن ارائه شده است.

ابتدا مروری بر مبانی ریاضی زمین مرجع سازی مستقیم خواهیم پرداخت و سپس مراحل اجرایی کار با سامانه موبایل مپینگ در پروژه تهیه نقشه منطقه معدنی گلگهر تشریح خواهد شد. نتایج هر مرحله نمایش یافته و در انتها جمع بندی روی قابلیتهای کاری سامانه در تهیه نقشه دقیق از مناطق وسیع ارائه می‌شود.

۲- زمین مرجع سازی مستقیم در سامانه‌های موبایل مپینگ

مدلسازی ریاضی زمین مرجع سازی مستقیم بطور کامل توسط [۳] ارایه شده است. در اینجا کلیاتی از آن ارائه می-شود:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: عناصر مدل ریاضی زمین مرجع سازی مستقیم

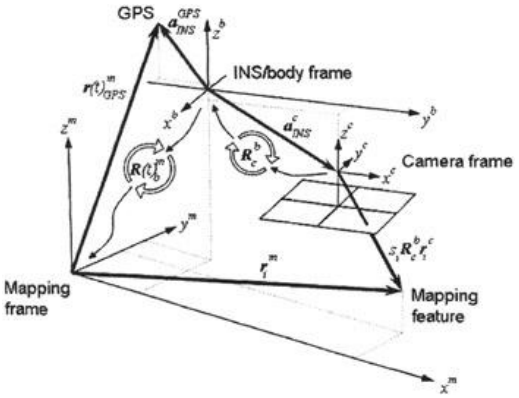
متغیر	توضیحات
$\mathbf{r}_i^m$	بردار مختصات نقطه i در سیستم مختصات زمینی (سه مجهول)
$\mathbf{r}(t)_{GPS}^m$	بردار مختصات درونیابی شده GPS در سیستم مختصات زمینی
S_i	ضریب مقیاس که قابل محاسبه از طریق زوج عکس، لیزراسکنر و DTM منطقه می‌باشد.
$\mathbf{R}_b^m(t)$	ماتریس دوران درونیابی شده بین سیستم مختصات INS و سیستم مختصات زمینی
(t)	لحظه اخذ تصاویر، تعیین شده در هم‌زمان‌سازی
$\mathbf{R}_c^b$	ماتریس دوران بین سیستم مختصات دوربین و INS (زاویای Boresight) تعیین شده در کالیبراسیون
$\mathbf{r}_i^c$	بردار مختصات عکسی نقطه i در سیستم مختصات دوربین
$\mathbf{a}_{INS}^c$	بردار level arm برای انتقال بین سیستم مختصات INS و دوربین تعیین شده در کالیبراسیون
$\mathbf{a}_{INS}^{GPS}$	بردار level arm برای انتقال بین سیستم مختصات INS و مرکز فاز آنتن GPS تعیین شده در کالیبراسیون

طبق شکل (۱) مدل ریاضی زمین مرجع سازی مستقیم یک سامانه متشکل از GPS/IMU و سنجنده برداشت داده – که در اینجا دوربین لحاظ شده است- مطابق رابطه (۱) می‌باشد:

$$\mathbf{r}_i^m = \mathbf{r}(t)_{GPS}^m + \mathbf{R}_b^m(t)\left(s_i \mathbf{R}_c^b \mathbf{r}_i^c + \mathbf{a}_{INS}^c - \mathbf{a}_{INS}^{GPS}\right)$$

رابطه (۱)

اختلاف بین دو بردار انتقال a میتواند بصورت یک پارامتر level arm به روش خودکالیبراسیون در کنار R_c^b برآورد شود که مجموعا شش پارامتر کالیبراسیون خواهد شد. دو بردار R و r در خارج پرانتز از طریق مشاهدات سنجنده‌های ناوبری و بردار r و اسکالر s درون پرانتز، از طریق مشاهدات سنجنده‌های تصویربرداری یا برداشت ابرنقاط بصورت لحظه‌ای بدست می‌آیند.



شکل ۱: زمین مرجع سازی مستقیم

www.SID.ir

Archive of SID

نکته لازم به ذکر این است که کلیه سنجنده‌های ناوبری و برداشت داده باید نسبت به هم صلب بوده و پایدار باشند تا توسط روابط فوق بتوان موقعیت لحظه ای هر نقطه را در سیستم مختصات زمینی بدست آورد. علاوهر بر این فرض شده است که کالیبراسیون داخلی کلیه سنجنده‌ها قبلا انجام شده و اعوجاجات هندسی آنها برطرف شده است.

۳- سامانه StreetMapper

این سامانه، یک سامانه 3D Lidar Mobile Mapping بسیار پیشرفته است که بواسطه تجهیزات دقیق و گرانقیمت بکار رفته در آن، از قابلیتهای ویژه ای در مقایسه با رقبای خود برخوردار است. برای مثال بواسطه بکارگیری یک IMU مکانیکی فوق پیشرفته و پایدار در آن با دقت ۰.۰۰۳ درجه، قابلیت نقشه‌برداری از تونلهای طویل چند کیلومتری با حفظ دقت در حد چند سانتیمتر را دارا است. اودیومتر یا فاصله سنج دیفرانسیلی بکار گرفته شده امکان تعیین موقعیت کینماتیک دقیقتر و پایدارتر را بخصوص در حالات فقدان مشاهدات GPS فراهم می‌سازد. گیرنده GPS بکار رفته دارای نرخ ۲۰ هرتز برای برداشت داده های مکانی بوده که امکان تعیین موقعیت کینماتیک در سرعتهای بالا در حد ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت را میسر می‌سازد.

شکل ۲: به ترتیب از بالا به پایین و راست به چپ: لیزراسکنر با قابلیت برداشت ۶۰۰.۰۰۰ نقطه سه بعدی در ثانیه- IMU با قابلیت توجیه ۴۰۰ بار در ثانیه و حفظ صحت موقعیت تا ۴۰ دقیقه در حالت قطع ارتباط GPS- دوربین پانوراما LadyBug با قابلیت تصویربرداری ۳۶۰ درجه با نرخ دو بار در ثانیه- اودیومتر با دقت سه میلیمتر در کیلومتر- SMU با قابلیت ذخیره سازی ابر نقاط در یک روز کاری و فیلتر خودکار نقاط غیردلخواه و متحرک-POD محفظه سنجنده ها دارای لرزش گیر و فن

بواسطه بکارگیری دو پروفیل اسکنر لیزری، این سامانه قابلیت برداشت ابرنقاط در شعاع ۵۰۰ متر با حد تفکیک چند سانتیمتر را دارا است. همچنین بخاطر نرخ بالای حدود ۶۰۰ هزار نقطه در ثانیه و ۲۰۰ خط پروفیل در ثانیه و نفوذپذیری بالای لیزر، امکان برداشت عوارض پشت درختان را نیز دارا بوده و زاویه ۴۵ درجه قرارگیری پروفیلهای لیزر نسبت به سطح زمین امکان برداشت سطوح زیر خودروها را تا حد زیادی میسر می‌سازد. همچنین بخش پردازنده و کنترل کننده مرکزی SMU قادر است بصورت آنی ابرنقاط حاصل از عوارض متحرک را شناسایی و فیلتر نماید که منجر به سرعت بالای خط تولید در حذف نقاط ناخواسته می‌شود. دوربین ماژولار پاناورمیک سامانه امکان رنگ‌دهی به ابر نقاط برداشت شده را میسر می‌سازد. برای برداشت داده‌های مکانی از نماهای میراث فرهنگی و عکسبرداری هوایی، سیستم مجهز به سه دوربین کالیبره شده ماشین بینایی نیز می‌باشد. شکل (۲) نمایی از سنجنده های بکار رفته در StreetMapper را نشان می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

محفظه StreetMapper را میتوان روی هر نوع سکوی زمینی، هوایی و دریایی قرار داد و اقدام بـه برداشـت داده نمـود. شکل (۳) حالات مختلف بکارگیری این سامانه را در عمل نشان می‌دهد.

شکل ۳: سکوهای حرکت مختلف برای سامانه StreetMapper

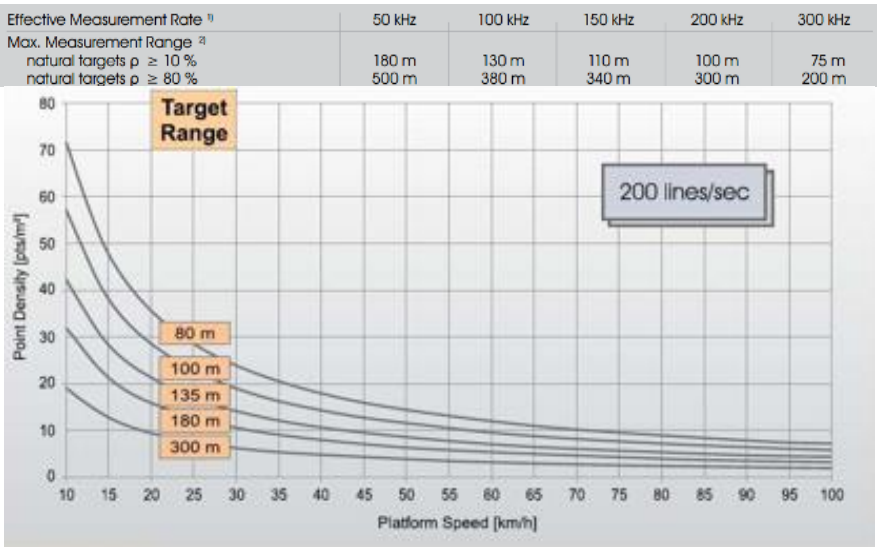
اصول عملکرد سامانه به شرح زیر می‌باشد:

- توسط GPS به همراه ایستگاه ثابت زمینـی، موقعیـت متحـرک بـا دقتـی در حـد 10+1ppm بـه روش Post Processing Kinematic (PPK) با نرخ ۲۰ هرتز محاسبه می‌شود.
- توسط IMU با نرخ ۴۰۰ هرتز موقعیت و وضعیت نسبی متحرک با صحت نسبی چند سانتیمتر برداشت مـی-شود.
- توسط اودیومتر OD فواصل نسبی موقعیتهای متوالی متحرک اندازه گیری می‌شود.
- داده های GPS/IMU/OD در فیلتر کالمن با هم تلفیق شده و موقعیت و وضعیت متحرک با تراکم ۴۰۰ هرتز و صحت مطلق ۵ تا ۱۰ سانتیمتر محاسبه می شود.
- موقعیت و وضعیت نسبی انواع سنجنده ها روی متحرک در فرآیند کالیبراسیون مشخص شده و بـا داده هـای مرحله قبل، موقعیت و وضعیت مطلق آنها در هر لحظه بدست می آید.
- مشاهدات ابر نقطه و مشاهدات عکسی تعیین موقعیت شده و ابر نقاط رنگی بدست می اید.
- ابر نقاط در محیط گرافیکی پردازش شده و خروجی نقشه و مدلهای سه بعدی تهیه میگردد.

با افزایش نرخ اسکنر، تراکم نقاط بیشتر شده اما شعاع کاری اسکنر کمتر می‌شود. البته برد لیزر اسـکنر عـلاوه بـر نـرخ برداشت داده، به ضریب بازتابش سطح نیز بستگی دارد. بطور کلی اشیاء طبیعی و روشن برد بیشتر و اشیاء مصـنوعی و تیره از قاصله کمتری قابل برداشت هستند. همچنین سرعت متحرک باید بگونـه ای تنظـیم شـود کـه تـراکم نقـاط در راستای حرکت متناسب با تراکم نقاط در پروفیلهای برداشت شده با اسکنر باشد. شـکل (۴) روابـط مناسـب بـین ایـن پارامترها را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴: بالا: رابطه برد لیزر اسکنر با ضریب بازتابش سطح و پایین: ارتباط تراکم ابر نقاط و سرعت حرکت سکو در فواصل مختلف در حالت فرکانس ۶۰۰ کیلو هرتز برای اسکنر

بطور کلی سامانه StreetMapper در قیاس با سامانه های موبایل مپینگ و لایدار هوایی موجـود در ایـران از قابلیتهـای پیشرفته تری برخوردار است:

- مقایسه با سامانه لایدار هوایی موجود در ایران:
  - عملکرد مشابه لایدار هوایی با قابلیتهای بیشتر
  - نسل جدید سنجنده های تعیین موقعیت با حفظ صحت در طول ۴۰ دقیقه حرکت بدون GPS
  - صحت هندسی بالاتر در تعیین موقعیت
  - تنوع سنجنده های تصویربرداری بینایی ماشین و پانوراما
  - امکان نصب روی سکوهای زمینی، هوایی و دریایی
  - برد کمتر اسکنر در مقایسه با لایدار هوایی موجود (قابلیت ارتقاء تا ۲۰۰۰ متر)

- مقایسه با سامانه ویدئوگرامتری Iwane موجود در ایران
  - برداشت ابر نقاط سه بعدی همراه با ویدئو پانوراما
  - نسل جدید سنجنده های تعیین موقعیت با حفظ صحت در ۴۰ دقیقه بدون GPS
  - صحت هندسی بالاتر در تعیین موقعیت

- مقایسه با سامانه برداشت ویدئوی پانوراما
  - عدم دقت مکانی و عدم امکان تهیه نقشه

در ادامه یک مثال اجرایی از بکارگیری سامانه StreetMapper ارائه می‌شود.

۴- پروژه گلگهر

در این بخش پس از معرفی منطقه مورد آزمون، شرح خدمات پروژه بیان شـده و کلیـاتی از گامهـای عملیـات زمینـی، عملیات موبایل مپینگ هوایی و پردازشهای دفتری تشریح می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۴-۱- معرفی منطقه

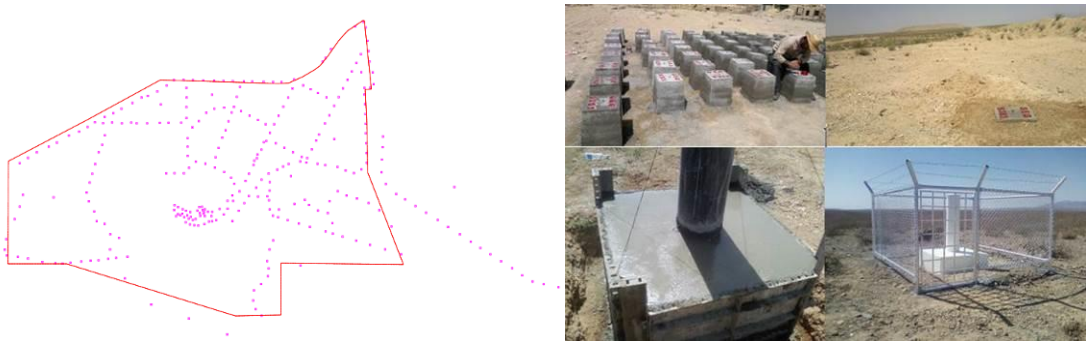
سایت معدنی و صنعتی گل گهر در استان کرمان در طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی ، عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۷ دقیقه شمالی و بطور تقریبی در مرکز مثلثی که رئوس آن را کرمان ، شیراز و بندرعباس تشکیل می دهند واقع شده است . نزدیکترین شهر به آن سیرجان می باشد که در ۵۰ کیلومتری شمال شرقی قرار دارد . محدوده معدن در دشت مرتفعی با ارتفاع متوسط ۱۷۵۰ متر از سطح دریا در دامنه شمالی رشته کوه زاگرس در یک ناحیه نیمه کویری واقع است . این منطقه توسط کوههایی به ارتفاع ۲۵۰۰ متر و بیشتر با امتداد شمال غرب – جنوب شرق احاطه شده و در جنوب شرقی کانسار رشته کوهی به بلندای ۲۹۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد (شکل ۵).

شکل ۵: سایت معدنی گلگهر

۴-۲- تعریف پروژه

فعالیتهای انجام یافته در این پروژه به شرح ذیل می باشد:

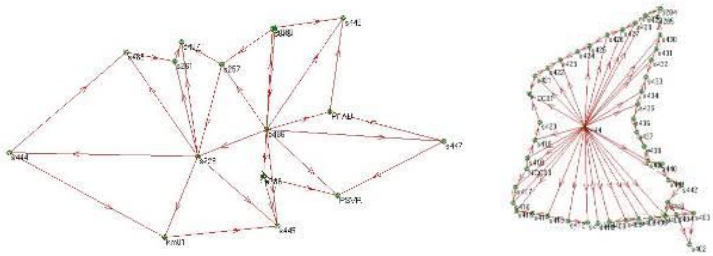
- ایجاد ایستگاههای نقشه برداری و تعیین مختصات توسط گیرنده های جی پی اس و ترازیابی مستقیم به تعداد ۳۰۰ ایستگاه
- احداث و ایجاد ۲۰ ایستگاه پیلار و تعیین موقعیت نقاط و ترازیابی مستقیم بین پیلارها
- انجام عملیات لیزر اسکن هوایی ، عکسبرداری هوایی رقومی و تهیه نقشه توپوگرافی ۱:۲۰۰۰ با منحنی تراز یک متری و ایجاد پایگاه اطلاعات مکانی در سیستم اطلاعات مکانی



شکل ۶: ساخت و نصب ۳۰۰ بنچ مارک و ۲۰ پیلار و جانمایی مربوطه از سوی کارفرما

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷: شبکه های اصلی و فرعی پردازش تعیین موقعیت استاتیک در نرم افزار LGO

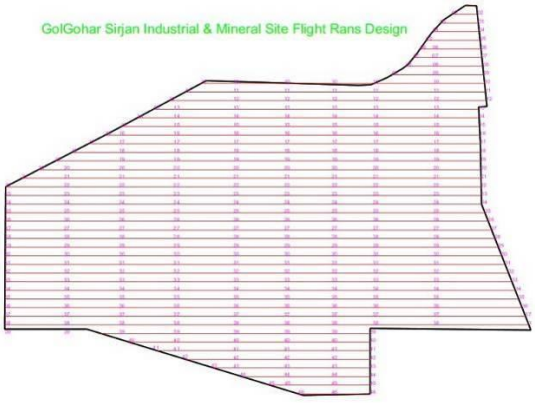
لازم به ذکر است برای انجام عملیات موبایل مپینگ هوایی تنها به یک نقطه کنترل زمینی به عنوان ایستگاه مرجع نیاز است و بخشهای اول و دوم این پروژه صرفا مورد نیاز کارفرما بوده و در بخش سوم بکار گرفته نشده است. شرح خدمات بخش سوم که هدف از نگارش این مقاله تشریح آن بوده است بصورت زیر می‌باشد:

- اخذ مجوز و تاییدیه های لازم جهت انجام عملیات عکسبرداری و لیزر اسکن هوایی
- اجرای عملیات لیزر اسکن هوایی در سطح منطقه بر اساس خطوط طراحی شبکه فتوگرامتری
- پردازش داده های لیزر اسکن و عکسبرداری هوایی
- تهیه ابر نقاط لیزر اسکن هوایی
- تهیه نقشه ارتوفتو موزاییک از عکس های هوایی منطقه
- تهیه نقشه از داده های لیزر و عکسهای رقومی منطقه
- تهیه پایگاه داده اطلاعات مکانی در سیستم اطلاعات مکانی

۳-۴- عملیات موبایل مپینگ هوایی

با توجه به وسعت منطقه ، نوع توپوگرافی و ساختار کلی محدوده متعلق به مجتمع صنعتی و معدنی گل گهر سیرجان به روزترین و سریعترین روش جهت نقشه برداری این محدوده استفاده از روش لیزر اسکن هوایی یا Lidar Mobile Mapping می‌باشد.که با تلفیق عملیات فوق و عکسبرداری هوایی همزمان ضمن تهیه مدل سه بعدی منطقه به صورت ابر نقطه با دقت مسطحاتی و ارتفاعی بسیار بالا امکان تهیه نقشه در مقیاس تا ۱:۵۰۰ در اختیار مشاور قرار می‌گیرد ، ضمن اینکه عکس هوایی منطقه نیز در اختیار قرار گرفته و امکان تهیه ارتوفتو و همچنین ایجاد پایگاه اطلاعات مکانی را به سادگی فراهم می‌آورد.

جهت انجام عملیات هوایی ابتدا بر اساس محدوده عملیات و مشخصات نقشه درخواستی طراحی خطوط پرواز انجام و مطابق با طراحی انجام شده و با ارتفاع پرواز مشخص عملیات پرواز انجام می پذیرد (شکل ۸).



شکل ۸: طراحی پرواز برای عملیات موبایل مپینگ هوایی

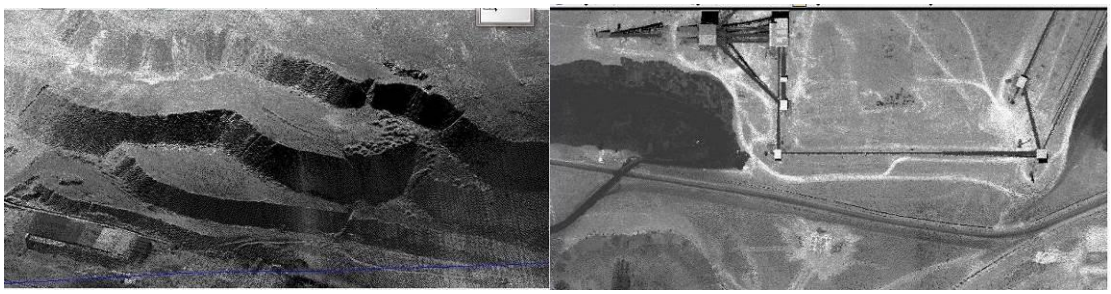
www.SID.ir

Archive of SID

در مرحله بعد و پس از طی فرایندهای اخذ مجوز و انجام هماهنگیهای پرواز و تعیین موقعیت مناسب فرودگاهی و تعیین باند مناسب جهت تنظیمات سیستم ، شروع بکار سیستم و پرواز عملیات آغاز گردید. کل عملیات پرواز در نه روزکاری انجام و مطابق با طراحی و زمانبندی انجام شده به اتمام رسید.

۴-۴- عملیات دفتری برای پردازش داده ها

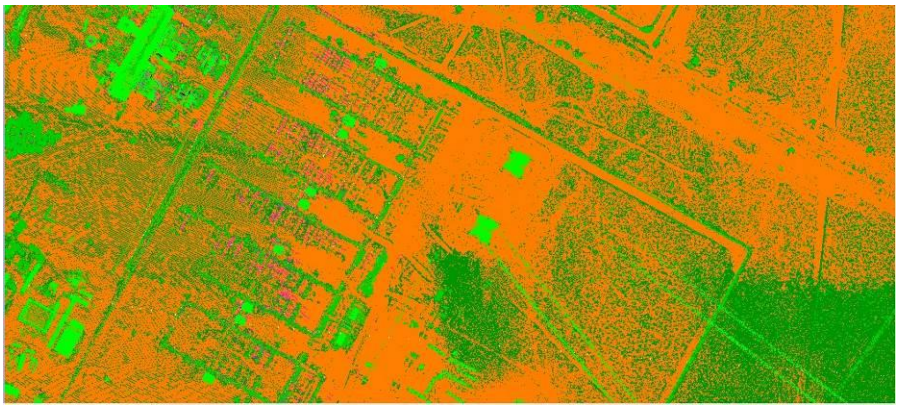
در این مرحله داده‌های خام لیزراسکن و عکسهای هوایی با مشاهدات تعیین موقعیت GPS/IMU توسط نرم‌افزارهای تخصصی پردازش تلفیق شده و خروجیهای مورد نظر شامل ابر نقاط زمین مرجع شده و تصاویر هوایی توجیه شده بدست می‌آیند. شکل (۹) مثالهایی از ابر نقاط را نشان می‌دهد.



شکل ۹: ابر نقاط زمین مرجع شده حاصل از پردازش اولیه

تراکم نقاط در این پروژه با توجه به ارتفاع پرواز یک نقطه در هر هشت سانتی متر روی زمین می‌باشد که قابلیت فوق العاده در تولید و استخراج نقشه مسطحاتی و توپوگرافی در مقیاس ۱:۵۰۰ را داراست. اما آنچه در این مرحله از اهمیت بالایی برخوردار است لزوم دارا بودن سرعت مناسب در تولید نقشه وکتورایز و برداری از ابر نقاط می باشد تا محصول نهایی قابل استفاده در نرم افزارهای عمومی مانند اتوکد، برای طراحان، مشاوران و پیمانکاران می باشد.

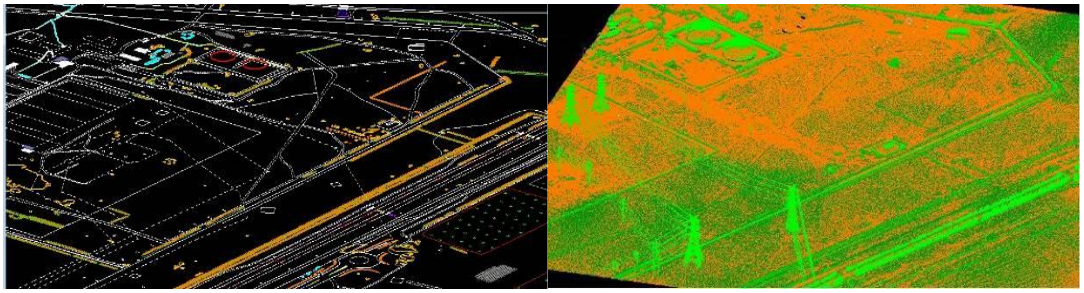
راهکار موجود استفاده از ابزارهایی مانند کلاس بندی اتوماتیک ابر نقاط ، استخراج اتوماتیک لایه های وکتور از ابر نقاط و همچنین استخراج اتوماتیک نقاط ارتفاعی و منحنی میزان از ابر نقاط می باشد که با انجام عملیات فوق در نرم-افزارهای تخصصی موجود ، امکان تهیه نقشه برای محدوه ای با مساحت بالغ بر ۱۸۰۰۰ هکتار ، ظرف مدت ۴۵ روز و با دقت مسطحاتی و ارتفاعی زیر ۵ سانتی متر مهیا گردید. شکلهای (۱۰) تا (۱۳) نمونه خروجی‌های ابر نقاط پردازش شده را نشان می‌دهند.



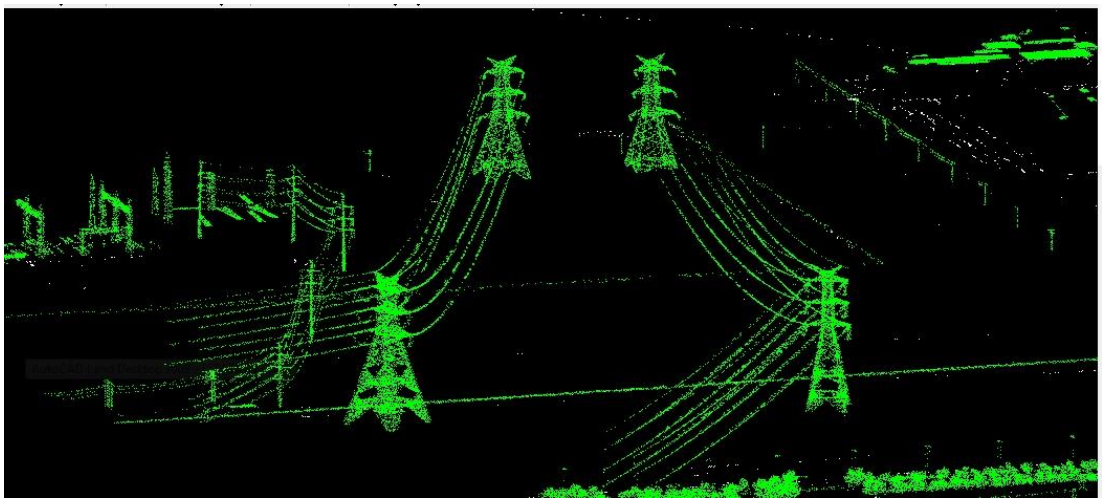
شکل ۱۰: ابر نقاط کلاس بندی شده از نیروگاه موجود

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۱: ابر نقاط مربوط به نیروگاه موجود در محدوده تهیه نقشه و مقایسه آن با نقشه وکتورایز تهیه شده از آن



شکل ۱۲: امکان استخراج اتوماتیک عوارضی همچون دکلها و کابلهای فشارقوی از ابر نقاط

شکل ۱۳: استخراج نقاط ارتفاعی با هر تراکم مورد نظر و منحنی میزان با دقت ارتفاعی بالا از ابر نقاط

۵- نتیجه‌گیری

از یک دهه قبل بکارگیری سامانه های موبایل مپینگ بخاطر پیشرفتهای صورت گرفته در زمینه سنجنده‌های ناوبری و برداشت داده و همچنین توسعه‌های نرم افزاری صورت گرفته تبدیل به واقعیتی عملی شده است. سامانه موبایل مپینگ StreetMapper که در آن دو پروفیل لیزر اسکنر، گیرنده GNSS، IMU بسیار دقیق، اودیومتر، دوربین پانوراما کروی، دوربینهای ماشین بینایی در کنار واحد پردازنده و کنترل کننده مرکزی SMU بکار گرفته شده است یکی از پیشرفته-ترین دستگاه‌ها از نوع خود می‌باشد. این سامانه در سال ۱۳۹۳ برای اولین بار به کشور وارد شد و پروژه های متعددی با آن انجام پذیرفت. در این مقاله کلیاتی از پروژه تهیه نقشه از منطقه معدنی گلگهر به وسعت ۱۸۰۰۰ هکتار که پس از نصب این سیستم روی یک سکوی هوایی انجام شده است ارائه شد. نتایج پروژه نشان میدهد تنها در ۹ روز کاری برداشت داده ها از کل منطقه با تراکمی بهتر از ۱۰ سانتیمتر صورت گرفت و در طول ۴۵ روز نقشه های مورد نیاز با کیفیت هندسی در حد مقیاس ۱:۵۰۰ تولید شد.

www.SID.ir

Archive of SID

۶- منابع

[1] Boavida, J., Precise Long Tunnel Survey using the Riegl VMX-250 Mobile Laser Scanning System. RIEGL LiDAR 2012, Orlando, Florida, USA. 2012.

[2] Rieger, P., Advances in Mobile Laser Scanning Data Acquisition. FIG Congress 2010. Sydney, Australia, 2010.

[3] Habib, A., Impact Of Lidar System Calibration On The Relative And Absolute Accuracy Of The Adjusted Point Cloud. ISPRS 2008.

www.SID.ir

Archive of SID

Using LiDAR Mobile Mapping Technology for 3D Map Production of Golgohar Mine Area

Saadatseresht, M. *[1], Talebi, J.[2], Feili, M.[2], Taheri, P.[2], Abedi, R.[2]

1- Assisstant professor in School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran.

2- Pooya Naghsh Omid Co., #12, Vahdat 4, Shahed St., Payambar St., Ashrafi Isfehani Bulvar, Tehran. 021-44095520-pooya.naghsh@gmail.com.

Abstract

Since one decade ago, due to developments in spherical panoramic cameras, profile laser scanners, robust and precise inertial measuring units, and muti-frequency multi-sattelite positioning recivers which are proper for precise kinematic positioning; mobile mapping systems have become operational. In this paper, after introduction of StreetMapper mobile mapping system and its functionality principals, the process of using that system in a practical project, mapping from 18000 hectares of Golgohar mine area, is presented. It is noted that all point clouds were collected by carrying StreetMapper system into a helicopter just in nine working days after getting required licences without using any ground control points while the processing of point clouds and production of maps were possible only in 45 days. The result of this practical project shows that the StreetMapper is a high quality rapid map production solution for map scale of 1:500 and lower.

Keywords: LiDAR Mobile Mapping, Golgohar mine, StreetMapper, Point Cloud.

Correspondence Address: School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. **Tel: +98 9126039066.**

Email: msaadat@ut.ac.ir

www.SID.ir