

کاربرد سیستم دوربین دیجیتال زیت برای تعیین انحراف نجومی قائم در استانبول

چکیده

سیستم‌های دوربین زیت رقومی ابزارهای اختصاصی ژئودتیک نجومی هستند که برای به دست آوردن داده‌های انحراف ژئودتیکی قائم با صحت بسیار زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند. اولین دوربین زیت رقومی ترکیه‌ای، دوربین ژئودتیکی نجومی است که در سال ۲۰۱۵ در شهر استانبول در کشور ترکیه ساخته شد. دوربین ژئودتیکی نجومی قادر به تعیین انحراف‌های قائم ژئودتیکی نجومی با دقت ۰.۳ آرک ثانیه بود. هر چند، این دوربین محدودیت‌هایی در مدت زمان مشاهدات داشت، چرا که به دلیل طراحی مکانیکی نیمه اتوماتیک، تراز کردن سیستم به سمت زیت یک فرایند زمان‌بر بود. از سال ۲۰۱۶، با ارتقای سیستم و به کارگیری اجزای جدید فناوری، سیستم دوربین ژئودتیکی نجومی، مدرن و امروزی شده است. در این مقاله، ما طراحی دستگاهی و مراحل مشاهداتی دوربین جدید DZCS-ACSYS^۲، ارزیابی داده‌های آزمون و محاسبات این داده‌ها را توصیف می‌کنیم. مشاهدات آزمایشی ژئودتیکی نجومی اولیه ACSYS^۲ در ایستگاه آزمایش دانشگاه فنی استانبول انجام شدند. نتایج به دست آمده برای انحراف استاندارد با انجام مشاهدات مکرر، اندازه‌گیری انحراف قائم را با دقت ۰.۳ آرک ثانیه برای هر دو مولفه‌ی شمالی جنوبی و شرقی غربی نشان می‌دهد. برای بررسی صحت این سیستم، از یک دستگاه توتال استیشن سبک با سیستم ژئودتیکی به نام QDaedalus نیز در ایستگاه آزمایش دانشگاه فنی استانبول استفاده شد. مقایسه داده‌های انحراف قائم‌ها بین دو سیستم ACSYS^۲ و QDaedalus نشان می‌دهد که ACSYS^۲ می‌تواند داده‌های انحراف قائم‌ها را به صورت قابل اطمینان تولید کند.

واژه‌های کلیدی: انحرافات قائم، اندازه‌گیری ژئودتیکی نجومی، ابزار ژئودتیکی، دوربین زیت رقومی، صحت و دقت.

۱. مقدمه

تعریفی که هلمرت از انحراف قائم ارائه داده است اختلاف زاویه‌ای بین جهت بردار ثقل یا خط شاقولی در یک نقطه از سطح زمین و نرمال سطح بیضوی از همان نقطه برای یک بیضی خاص است.^۱ انحراف قائم هلمرت متداول‌ترین انحراف قائم است.^۲ بنابراین، اغلب اوقات تحت عنوان انحراف قائم ژئودتیکی نجومی معرفی

^۱ Jekeli ۱۹۹۹; Featherstone and Rueger ۲۰۰۰

^۲ Jekeli ۱۹۹۹

می‌شود.^۳ دو نوع دیگر انحراف قائم که تحت عنوان Molodensky و Pizetti slightly معرفی می‌شوند، به دلیل انحنای خط شاقولی کمی از انحراف قائم هلمرت متفاوت هستند.^۴

انحراف قائم‌های ژئودتیکی نجومی اطلاعات ارزشمندی درباره ساختار میدان ثقل زمین ارائه می‌دهند. به همین دلیل، مشاهدات ژئودتیکی نجومی از مشاهدات ضروری میدان ثقل زمین هستند. در حال حاضر، تیم‌های تحقیقاتی در چندین کشور، ابزارهای مدرنی مانند دوربین زینت رقومی یا توتال استیشن با سیستم ژئودتیکی به نام QDaedalus ساخته‌اند که هر دوی آن‌ها در شب در ایستگاه‌های میدانی برای مشاهده مختصات نجومی (عرض جغرافیایی نجومی Φ و طول جغرافیایی نجومی Λ) مورد استفاده قرار می‌گیرند. گیرنده‌های GNSS واقع در همان علامت مرجع یا بنچ مارک، مختصات ژئودزیکی ژئوسنتریک (عرض جغرافیایی φ و طول جغرافیایی λ) را ارائه می‌دهند. از این میان، مولفه‌های شمال-جنوب ($\xi = \Phi - \varphi$) و شرق-غرب ($\eta = \cos(\Lambda - \lambda)$) انحراف قائم‌ها قابل محاسبه هستند (به‌عنوان مثال، Heiskanen and Moritz ۱۹۶۷; Voigt ۲۰۱۳; Schack و همکاران ۲۰۱۸). روابط مرتبه دوم و بالاتر که در اینجا از آن‌ها چشم‌پوشی شده است، در مقالات Pick و همکاران (۱۹۷۳) و Jekeli (۱۹۹۹) ارائه شده است.

دوربین‌های DZCS، یک محیط پژوهشی پویا، به ویژه برای تحقیقات نجومی ایجاد کرده‌اند و انگیزه جدیدی را به اخترشناسی و ژئودزی داده‌اند.

انگیزه به دست آمده در این دوره از تغییرات و تحولات سریع فن آوری، کمک بسیاری به جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها نموده است: به عنوان مثال، برنامه‌های ژئودزی نجومی (astrogeodetic)، مانند تراز هندسی-نجومی (هرت و بورکی ۲۰۰۶؛ هرت و همکاران ۲۰۱۱)؛ تعیین ژئوئید ژئودزی ماهواره‌ای (اسمیت و همکاران ۲۰۱۳؛ وانگ و همکاران ۲۰۱۷)، اعتبارسنجی یکسان‌سازی ارتفاعی و مدلهای میدان ثقل (هرت و فلوری ۲۰۰۸؛ شاک و همکاران ۲۰۱۸)، برنامه‌های کاربردی شبکه ژئودتیکی محلی (ولاریک و همکاران ۲۰۱۳؛ هالیچی اوقلو و همکاران ۲۰۱۶) و نظارت بر تحقیقات شکستگی غیر عادی در میان سایر شکستگی‌ها (هرت ۲۰۰۶، هرت ۲۰۱۲).

هدف اصلی DZCS در این مطالعه، تعیین ژئوئید محلی است، که به ویژه برای اندازه‌گیری در مناطق ساحلی و کوهستانی مفید است (هرت و بورکی ۲۰۰۳، هرت و همکاران ۲۰۱۰).

^۳ Hirt ۲۰۱۰

^۴ Jekeli ۱۹۹۹; Torge and Müller ۲۰۱۲

سیستم دوربین ژئودزی- نجومی (ACSYS) که اولین دوربین DZCS در ترکیه بود، در سال ۲۰۱۵ ارتقاء یافت. دوربین ACSYS قادر به تعیین مختصات نجومی (Φ, Λ) با دقت تقریبی "۰/۳" بود. با این حال در طول مدت زمان مشاهده، محدودیتهای قابل توجهی داشت.

از ابتدای سال ۲۰۱۶، ACSYS با یک سری به روز رسانی های سیستم، از جمله مؤلفه های جدید فن آوری، سخت افزار و نرم افزار، نوسازی شد و با عنوان ACSYS۲ شناخته می شود.

در این مقاله ما به تشریح فرایند نوسازی، طراحی ابزار ACSYS، روش های مشاهده، ارزیابی داده های آزمایشی و محاسبات این داده ها می پردازیم.

مشاهدات آزمایشی ژئودزی نجومی اولیه با ACSYS۲ در ایستگاه دانشگاه فنی استانبول (ITU) به مدت ۵ شب انجام شد. نتایج مشاهدات تکراری و مقایسه ای VD ها، دقت اندازه گیری تقریبی در حدود ۰/۳ " VD ها را نشان می داد. برای بررسی میزان دقت، از سیستم اندازه گیری ژئودتیک مبتنی بر ایستگاه توتال استیشن سبک استفاده کردیم، "QDaedalus"، توسعه یافته در ETH زوریخ (بورکی و همکاران، ۲۰۱۰، گیلانوم و همکاران، ۲۰۱۲، چارالامپس و همکاران، ۲۰۱۵، توس و ولژیسی، ۲۰۱۸).

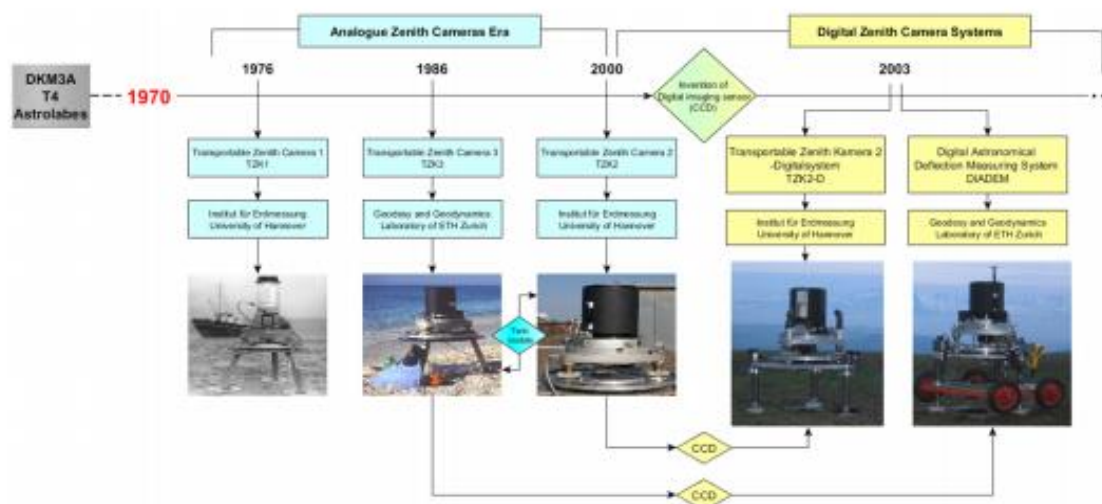
این مقاله پیشرفت اخیر اولین سیستم دوربین دیجیتال زینت (DZCS) استفاده شده در ترکیه برای به دست آوردن انحراف نجومی قائم را توصیف می نماید. این طراحی جدید DZCS حاصل تلاش برای به روز سازی و نوسازی سیستم دوربین نجومی ۲ (ACSYS۲) است. طراحی ابزاری DZCS جدید، روند مشاهده، ارزیابی داده های آزمایشی و محاسبات با این داده ها توصیف شده است. مشاهدات نجومی اولیه آزمایشی در ایستگاه مشاهده اصلی با ITU در ۵ شب با ACSYS۲ هدایت شد. نتایج تکرار شده ی مشاهدات انحراف های قائم مقایسه ای نشان دهنده ی دقت اندازه گیری انحراف قائم در حدود ۰/۳. ثانیه است که نشان دهنده ی دقت ابزار است. تعیین صحت DZCS یکی از بزرگترین چالش های تولید کنندگان این دوربین هاست. قابل اطمینان ترین روش برای ایجاد صحت این دوربین ها استفاده از یک ابزار نجومی دیگر با صحت قابل اطمینان شناخته شده است. ما در اینجا نشان می دهیم که می توان این کار را با سیستم QDaedalus که توسط ETH Zurich ساخته شده است، انجام داد. سطح صحت QDaedalus به میزان ۰/۱۵ تا ۰/۲۰ ثانیه (Hauk و همراهان، ۲۰۱۷، Albayrak و همراهان، ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹) است. که صحت انحراف قائم قابل قبولی است. QDaedalus در ایستگاه آزمایشی ITU استفاده شد که همان ایستگاه آزمایشی است که برای ACSYS۲ استفاده شد. نتایج انحراف قائم بدست آمده نشان می دهد که ACSYS۲ داده های انحراف قائم قابل قبولی را تولید می کند (بخش ۵.۲ را ببینید).

دقت ACSYS۲ در طی روند نوسازی بهبود داده نشد. با این حال، دقت را می توان به روش قابل اطمینان تری به دست آورد. نصب و تراز یابی ACSYS۲ دو برابر کمتر از ACSYS است. ACSYS۲ پایدارتر و راحت تر در استفاده هم هست و جابه جایی آن از نمونه ی اول آسانتر است.

قرار شد ACSYS۲ در شبکه نجومی استانبول (IAN) برای تعیین ژئوئید نجومی مورد استفاده قرار گیرد. شبکه نجومی استانبول با استفاده از ۳۰ عدد BM از شبکه مثلث بندی GPS استانبول (IGTN) و شبکه تراز یابی استانبول (ILN) برای پیشگیری از نیاز به انجام اندازه گیری های جدید تراز یابی و GPS ایجاد گردید (et al. ۲۰۰۶). Ayan). نیمه از BM ها، BM های پایه هستند که می توان در تکرار مشاهدات آینده از آنها دوباره استفاده نمود. با این وجود نمی توان ACSYS۲ را بر روی BM های پایه نصب کرد. بنابراین کاربران نیازمند نصب BM های جدیدی نزدیک به پایه ای که قابل استفاده برای ACSYS۲ باشد هستند. برای این BM های تغییر یافته تراز یابی و اندازه گیری های GPS جدید باید انجام شود. بسیاری از BM های شبکه نجومی استانبول بسیار دور از زیرساخت قرار گرفته اند. برای این دلایل، ACSYS۲ برای استفاده در شبکه نجومی استانبول مناسب نیست. به جای آن، اندازه گیری های برنامه ریزی شده ی شبکه با سیستم QDaedalus انجام شد (Albayrak and Hirt ۲۰۱۸; Albayrak et al. ۲۰۱۹; Özlüdemir ۲۰۱۸). انحراف های قائم مشاهده شده از سیستم QDaedalus در استانبول، سپس می تواند در مقایسه نتایج انحراف های قائم که از ACSYS۲ به دست می آید، مورد استفاده قرار گیرد.

۸. پیوست

8. Appendix



شکل A۱: پیشینه تاریخی سیستم های دوربین رقومی زنیت (تصاویر از Hirt و Bürki، ۲۰۰۶)



شکل A۲: ACSYS۲ و سیستم QDaedalus هر دو در یک شب به ایستگاه آزمایشی ITU برده شده است.

مترجمین: صدیقه مقدمی - فاطمه عمادیان مهر - فرخنده رفانی

گروه افکار سنجی و همکاری های علمی بین المللی