

تصحیح خطای گیرنده دستی GPS با استفاده از یک گیرنده ثابت

مرجان نوروزی^۱
حسین نوید^۲
محمد شاهکار^۳
زهرا حیدریان^۴

چکیده

هزینه‌های بالای انواع گیرنده‌های GPS دارای دقت بالا و عدم دسترسی آسان به آنها، امکان بهره‌گیری از مزایای تجهیزاتی که نیاز به تعیین دقیق موقعیت جغرافیایی دارند (نظیر کشاورزی دقیق و علوم مرتبط با زمین) را در ایران محدود ساخته است. در این تحقیق، روشی به منظور تصحیح خطای گیرنده‌های ارزان قیمت غیرتفاضلی مورد بررسی قرار گرفت و بدین منظور آزمون‌هایی طراحی و اجرا شد. یک گیرنده ثابت، مختصات نقطه ایستگاهی را تعیین کرده و یک گیرنده سیار بر روی مسیر مورد نظر حرکت و مختصات نقاط را در فواصل زمانی مشخص ثبت نمود. پس از پردازش داده‌ها و مقایسه نقاط گیرنده ثابت با مختصات مرجع، خطا به دست آمد. سپس این خطا بر داده‌های گیرنده سیار اعمال شد. در پایان مجموع خطای مختصات نقاط ثبت شده در هر آزمایش با مجموع خطای مختصات نقاط تصحیح شده با یکدیگر مقایسه و نتایج ارائه گردید. نتایج نشان داد که استفاده از روش حاضر، سبب تصحیح خطا به اندازه ۴۶ سانتی‌متر و کاهش خطا به میزان ۱۵ درصد می‌گردد.

واژگان کلیدی: GPS دستی، کاهش خطا، کشاورزی دقیق، گیرنده ثابت.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۲- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۳- عضو هیأت علمی گروه نقشه‌برداری، دانشگاه تبریز.

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی دانشگاه شهروود.

مقدمه

در علوم مرتبط با زمین و نیز کشاورزی دقیق، تعیین دقیق موقعیت جغرافیایی از عوامل ضروری می‌باشد. امروزه این کار با استفاده از تکنولوژی سیستم موقعیت‌یاب جهانی GPS¹ صورت می‌گیرد. این سیستم ماهواره‌ای بر اساس تعیین موقعیت زمانی و مکانی، اطلاعات ناوبری و موقعیت سه‌بعدی دقیق کاربرها را تهیه نموده و در تمام نقاط زمینی به طور دائم در دسترس قرار می‌دهد. گیرنده GPS برای تعیین موقعیت، زمان‌های دریافت شده را با زمان خود مقایسه می‌کند. تفاوت این دو، مشخص‌کننده فاصله گیرنده GPS از ماهواره مزبور می‌باشد. گیرنده GPS می‌تواند با استفاده از حداقل سه ماهواره، طول و عرض جغرافیایی مکان خود را تعیین کرده و با تبادل با چهار (و یا بیشتر) ماهواره، موقعیت سه‌بعدی خود را نیز تعیین نماید (لچنر² و همکاران، ۲۰۰۰). کشاورزی دقیق (که عمدتاً مبتنی بر استفاده از GPS استوار است) امکان ترسیم و مستندسازی عملیات تولید را در زمان و مکان فراهم می‌کند که می‌تواند اطلاعات با ارزشی در تعیین عوامل موثر بر تولید باشد (شلبرگ و همکاران، ۲۰۰۸). همه گیرنده‌ها امکان دریافت همه اطلاعات را ندارند و دقت گیرنده‌های ارزان قیمت نیز پایین بوده و برای کارهای دقیق مناسب نیستند. برای تعیین دقیق‌تر موقعیت کاربر از سیستم DGPS استفاده می‌شود که متأسفانه علاوه بر هزینه بالا، چندان در دسترس نیز نیست. در این تحقیق روش تعیین موقعیت تفاضلی با استفاده از گیرنده‌های در دسترس و ارزان قیمت شبیه‌سازی شده و امکان دستیابی به دقت‌های مورد نظر بویژه برای کاربردهای off line بررسی گردیده است. چنانچه بتوان با استفاده از این روش، خطای گیرنده‌های دستی GPS را کاهش داد، با توجه به امکان دسترسی آسان به این نوع گیرنده‌ها و قیمت پایین آنها، استفاده از آنها در عملیاتی که داده‌های جمع‌آوری شده در طول آن بعداً استفاده خواهد شد فراهم می‌شود.

1- Global Positioning System

2- Lechner

آنچه دقت گیرنده‌های GPS را تحت تاثیر قرار می‌دهد خطاهای مختلف هستند. این خطاها ترکیبی از خطاهای سیستماتیک^۱، نویز و خطاهای سهوی هستند. منابع خطای سیستماتیک شامل خطاهای وابسته به ماهواره، خطاهای وابسته به محیط انتشار موج و خطاهای وابسته به گیرنده می‌باشند. خطاهای وابسته به ماهواره شامل خطای مدار، انحراف ساعت و خطای مربوط به چگونگی قرار گرفتن ماهواره‌ها در فضا می‌باشد (شاهکار، ۱۳۸۳).

خطاهای وابسته به محیط انتشار موج شامل شکست سیگنال‌های ارسالی از ماهواره در حین عبور از دو لایه یونسفر و تروپوسفر و تغییر مسیر و انعکاس پس از برخورد با سایر پدیده‌ها است (علوی و حلاوتی، ۱۳۸۲). خطاهای وابسته به گیرنده شامل خطای ناشی از تغییرات مرکز فاز آنتن و انحراف ساعت گیرنده است. نویز نیز خطاهایی هستند که منبع مشخص نداشته و تحت فرمول خاصی به دست نیامده و قابل پیش‌بینی نیستند. خطاهای سهوی از اشکالات سخت افزاری یا نرم‌افزاری گیرنده، اشتباهات کاربر، خطاهای بخش کنترل به دلیل اشکال در کامپیوتر یا خطای انسانی، ناشی می‌شود. برای دستیابی به دقت یک‌متر و کمتر از متر درگیرنده‌های دو فرکانسه (تفاضلی^۲) از شیوه تعیین موقعیت نسبی استفاده می‌شود. در این حالت یک جفت از گیرنده‌ها اندازه‌گیری را انجام داده و خطاهای سیستماتیک تصحیح می‌شود (ایتانی^۳ و همکاران، ۲۰۰۷). بدین ترتیب که یکی از گیرنده‌ها ثابت بوده و مختصات نقطه ثابت (نقطه پایه که مختصات آن در سیستم جغرافیایی استفاده شده توسط GPS شناخته شده است) را اندازه‌گیری می‌کند. انحراف سه بعدی بین موقعیت تعیین شده و واقعی نقطه پایه، تقریباً مساوی با خطای اندازه‌گیری در گیرنده دوم (سیار^۴) است که به تعیین موقعیت مکانی در نقطه ناشناخته مشغول است. تغییرات سیگنال دریافتی از ماهواره توسط ارتباط رادیویی از گیرنده GPS ثابت به گیرنده سیار ارسال می‌گردد. از این

1 - Bias
2 -DGPS
3 -Itani
4 -Rover

طریق گیرنده ثابت قادر به تصحیح سیگنال‌های دریافتی خواهد بود که برای تصحیح مکان استفاده می‌شود. تصحیح می‌تواند در زمان و یا بعداً انجام گیرد (پیرت^۱ و همکاران، ۲۰۰۰).

هولدن^۲ و همکاران (۱۹۹۹)، از مکان‌یابی ماهواره‌ای در جهت افزایش راندمان تولید پیت^۳ استفاده نمودند. در این تحقیق تصحیح داده‌های حاصل از گیرنده‌های ارزان قیمت به روش پس پردازش، مدنظر قرار گرفت. از آنجایی که مسیرهای حرکت تراکتور جهت برداشت پیت همیشه ثابت است، مختصات یک نقطه از هر مسیر به عنوان نقطه معلوم در نظر گرفته شد. سپس گیرنده بر سقف یک تراکتور نصب شده و وسیله مسیر حرکت را طی و گیرنده هر ۵ ثانیه یکبار نقاط را ثبت کرد. سپس نقشه مزرعه بر شبکه نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه منطبق شده و مختصات نقاط تصحیح شده را به دست آوردند. در نهایت با کمک این تصحیح، خطای گیرنده غیر دیفرانسیلی ارزان قیمت را از ۳۰ متر به ۱۲ متر کاهش دادند.

شوگر^۴ (۲۰۰۳)، از پس‌پردازش سیگنال‌های فاز که در GPSهای دستی نیز وجود دارد برای مکان‌یابی دقیق استفاده کرد. او از یک گیرنده دستی و یک GPS دقیق، که بر روی مختصات شناخته شده قرار می‌گرفت، استفاده نمود. داده‌های حاصل از هر دو GPS، با یک نرم‌افزار، پردازش شده و مسیر به دست آمد. مسیر تصحیح شده، حاصل اعمال آفست موجود بین داده برداشت شده GPS دقیق و GPS دستی است. در حالت کینماتیک، گیرنده روی یک اتومبیل نصب و مسیر طی شده با نقشه توپوگرافیک مقایسه شد. در حالت استاتیک سریع، دقت تا زیر ۱۰ سانتی‌متر به دست آمد، اما در مکان‌یابی کینماتیک افزایش معنی‌داری در دقت مشاهده نگردید.

در تحقیق دیگری، ایتانی و همکاران (۲۰۰۷)، دقت اندازه‌گیری سرعت گیرنده‌های تک فرکانس ارزان قیمت را بررسی نمودند و سپس با کمک انتگرال‌گیری، مسیر طی شده

1- Peyret

2- Holden

3- Peat

4- Schwieger

مکان‌یابی شد. وسیله، مسیر مستقیم را چندین بار با سرعت‌های ثابت ولی متفاوت (در حد سرعت‌های عملیات کشاورزی) پیمود. سرعت‌های ثبت شده توسط دستگاه‌های مختلف به یک کامپیوتر منتقل و با سرعت سنج داپلر مقایسه شد. نتایج نشان داد که در بیش از ۹۰٪ موارد، خطای سرعت به دست آمده از گیرنده تک فرکانسه، کمتر از ۰/۰۵ متر بر ثانیه بود. در نهایت، با انتگرال‌گیری از سرعت، موقعیت‌ها به دست آمدند. این روش در مقایسه با گیرنده تفاضلی، خطای کمتری داشت. عیب عمده این روش این بود که نقاط ابتدا و انتهای حرکت باید برهم منطبق باشند. این تحقیق ثابت کرد که امکان مکان‌یابی دقیق با استفاده از GPS تک فرکانسه وجود دارد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق یک گیرنده در نقطه‌ای که مختصات دقیق آن مشخص بود قرار داده شد. این گیرنده در هر لحظه موقعیت آن را تعیین و با استفاده از روش‌های محاسباتی میزان خطای موجود به دست آمد. این خطا در موقعیت تعیین شده سایر نقاط نیز اعمال شده و با مختصات دقیق آنها که با استفاده از تجهیزات نقشه‌برداری تعیین شده بود مقایسه گردید. برای این کار، ابتدا دو نقطه از نقاطی که توسط سازمان نقشه‌برداری کشور تعیین شده بودند و مختصات دقیق آن در اختیار بود^۱ (مختصات دقیق نقطه شروع و پایان مسیر به ترتیب عبارت بودند از: $E50^{\circ} 24' 57.2''$ و $N35^{\circ} 20' 26.1''$ و $E50^{\circ} 25' 14.7''$ و $N35^{\circ} 20' 18.5''$)، با فاصله ۲۸۲/۸۴m در نظر گرفته شد. مکان مورد نظر در 50° شرقی و 35° شمالی و در زون ۳۹ مختصات UTM قرار گرفته است. نقشه ماهواره‌ای منطقه مورد نظر در شکل ۱ آورده شده است.



شکل شماره (۱) نقشه ماهواره‌ای منطقه انجام آزمون (ابتدا و انتهای مسیر مشخص شده است)

از دوربین نقشه‌برداری TOTAL TC 1610 با دقت طولی ۱mm استفاده شد. بر روی خط واصل بین دو نقطه، مختصات ۳۰ نقطه ثبت گردید و نقاط توسط رنگ مشخص شدند. مختصات دقیق این نقاط با دقت میلی‌متر به دست آمد. در این آزمون از روش نقشه‌برداری نیمه‌کینماتیک نقاط استفاده گردید. یک گیرنده، مختصات نقطه ایستگاه را در هر ۱۰ ثانیه ثبت می‌کرد و گیرنده دوم مختصات نقاط مشخص شده توسط رنگ را پس از ۱۰ ثانیه توقف بر روی هر نقطه، ثبت می‌نمود. پس از انجام کلیه آزمون‌ها و ثبت نقاط توسط گیرنده‌های ثابت و سیار، مختصات نقاط برداشت شده از مختصات ژئودتیک به UTM تبدیل شد تا بتوان از روابط ساده ریاضی جهت تصحیح داده‌ها استفاده کرد. زمان ثبت هر نقطه بررسی و نقاطی از گیرنده‌های ثابت و سیار که در یک لحظه زمانی ثبت شده بودند، بر هم منطبق شدند. برای هر نقطه خطای فاصله مختصات ثبت شده با مختصات واقعی نقطه از رابطه (۱) به دست آمد.

$$R = \sqrt{X_D^2 + Y_D^2} \quad (1)$$

که در آن

$$X_D = X_K - X_2 \quad (2)$$

$$Y_D = Y_K - Y_2 \quad (3)$$

و در آنها (X_D, Y_D) فاصله طولی و عرضی نقطه ثبت شده توسط دوربین و گیرنده سیار، مختصات ثبت شده نقطه توسط دوربین و (X_2, Y_2) مختصات نقطه ثبت شده توسط گیرنده سیار می‌باشد.

سپس داده‌های حاصل از گیرنده پایه با مختصات دقیق ایستگاه، مقایسه شده و بردار خطا از روابط (۴) و (۵) حاصل گردید.

$$X' = X_b - X \quad (4)$$

$$Y' = Y_b - Y \quad (5)$$

که در آنها (X, Y) مختصات دقیق ایستگاه و (X', Y') بردار خطا و (X_b, Y_b) مختصات نقطه برداشت شده توسط گیرنده پایه می‌باشد. از طرف دیگر مختصات نقطه برداشت شده توسط گیرنده سیار (X_r, Y_r) بود و تصحیح بر اساس روابط (۶) و (۷) انجام گرفت.

$$X'' = X_r - X' \quad (6)$$

$$Y'' = Y_r - Y' \quad (7)$$

که در آنها (X'', Y'') مختصات پس از تصحیح می‌باشد. بدین ترتیب مختصات به دست آمده توسط گیرنده سیار تصحیح گردید.



آزمایش‌ها در ۱۰ روز و هر روز با ۳ تکرار (در مجموع ۳۰ آزمایش) انجام گرفت. پس از انجام محاسبات برای تک‌تک نقاط، مجموع کل خطای گیرنده سیار قبل و پس از تصحیح به دست آمد. در پایان مجموع فواصل مختصات ثبت شده از مختصات واقعی در هر آزمایش با مجموع فواصل مختصات تصحیح شده از مختصات واقعی مقایسه گردید.

نتایج

پس از انجام محاسبات براساس روابط ۱ تا ۷ برای هر یک از نقاط برداشت شده، خطای هر یک از نقاط ثبت شده از نقطه مرجع در هر آزمون محاسبه شده و مجموع خطا به دست آمد. با کمک نرم‌افزار ArcGIS 9.3 نقشه مسیر حرکت و نقاط تصحیح شده رسم گردید. جدول ۱ نتایج به دست آمده برای آزمون‌ها را نشان می‌دهد. شکل ۲ نقاط ثبت شده در چند آزمون را قبل و پس از تصحیح توسط نرم‌افزار ArcGIS 9.3 نشان می‌دهد. همچنان که شکل نیز نشان می‌دهد در اغلب نقاط داده‌های تصحیح شده به مختصات اصلی نزدیک‌تر شده‌اند بدین معنی که میزان خطا کاهش یافته است.

جدول شماره (۱) نتایج حاصل از انجام آزمون

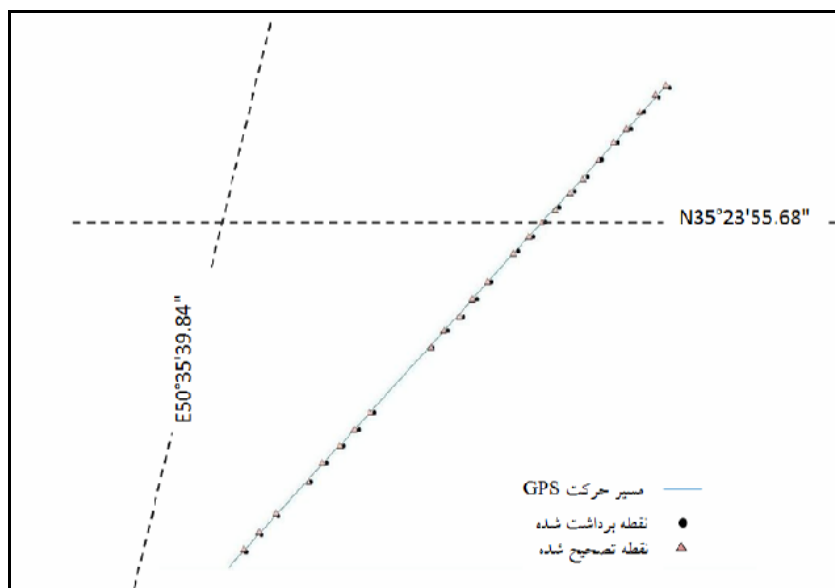
شماره آزمون	روز	وضعیت آب و هوا	تکرار	تعداد نقاط	جمع فواصل سیار* (متر)	جمع فواصل پس از تصحیح** (متر)	آیا خطا کاهش یافته است؟	اختلاف (متر)	متوسط خطا قبل از تصحیح	متوسط خطا بعد از تصحیح	متوسط میزان تصحیح**
۱-۱	۱		۱	۲۳	۵۸/۲۷	۴۵/۸۰	+	۱۲/۴۷	۲/۵۳	۱/۹۹	-/۵۴
۱-۲			۲	۳۰	۲۳۹/۸۳	۱۹۲/۵۷	+	۴۷/۲۵	۷/۹۹	۶/۴۲	۱/۵۸
۱-۳			۳	۲۹	۷۱/۶۰	۶۴/۳۲	+	۷/۲۸	۲/۴۷	۲/۲۲	-/۲۵
۲-۱	۲		۱	۳۰	۷۶/۴۳	۵۵/۰۱	+	۲۱/۴۱	۲/۵۵	۱/۸۳	-/۷۱
۲-۲			۲	۲۶	۵۴/۰۹	۲۸/۹۳	+	۲۵/۱۶	۲/۰۸	۱/۱۱	-/۹۷
۲-۳			۳	۲۹	۶۸/۰۰	۶۸/۱۶	-	-/۱۶	۲/۳۴	۲/۳۵	-/۰۱
۳-۱	۳		۱	۲۹	۶۲/۰۲	۶۲/۰۶	-	-/۰۴	۲/۱۴	۲/۱۴	-/۰۰
۳-۲			۲	۲۳	۴۷/۶۴	۳۵/۲۹	+	۳۵/۱۲	۲/۰۷	۱/۵۳	-/۵۴
۳-۳			۳	۲۳	۴۹/۲۵	۳۶/۴۶	+	۸۹/۱۲	۲/۱۵	۱/۵۹	-/۵۶
۴-۱	۴		۱	۲۵	۴۴/۴۲	۴۷/۲۷	-	-۲/۸۵	۱/۷۸	۱/۸۹	-/۱۱
۴-۲			۲	۲۴	۸۴/۸۶	۶۲/۶۹	+	۲۲/۱۶	۳/۵۴	۲/۶۱	-/۹۲
۴-۳			۳	۲۴	۶۳/۱۸	۵۴/۱۸	+	۹/۰۰	۲/۶۳	۲/۲۶	-/۳۸
۵-۱	۵		۱	۲۶	۱۲۸/۲۱	۱۲۲/۱۴	+	۶/۰۷	۴/۹۳	۴/۷۰	-/۲۳
۵-۲			۲	۲۵	۸۰/۴۷	۶۳/۳۴	+	۱۷/۱۳	۳/۲۲	۲/۵۳	-/۶۹
۵-۳			۳	۲۵	۸۰/۴۷	۶۹/۷۱	+	۱۰/۷۶	۳/۲۲	۲/۷۹	-/۴۳
۶-۱	۶		۱	۲۶	۱۱۴/۴۹	۱۱۲/۰۴	+	۲/۴۵	۴/۴۰	۴/۳۱	-/۰۹
۶-۲			۲	۲۷	۱۵۸/۴۲	۱۴۸/۵۲	+	۹/۹۰	۵/۸۷	۵/۵۰	-/۳۷
۶-۳			۳	۲۶	۲۰۰/۱۰	۱۹۱/۶۶	+	۸/۴۴	۷/۷۰	۷/۳۷	-/۳۲
۷-۱	۷		۱	۲۶	۶۲/۳۹	۵۴/۵۶	+	۷/۸۳	۲/۴۰	۲/۱۰	-/۳۰
۷-۲			۲	۲۶	۴۷/۳۹	۴۶/۱۸	+	۱/۲۱	۱/۸۲	۱/۷۸	-/۰۵

۷-۳			۳	۲۶	۶۳/۴۵	۵۹/۱۳	+	۴/۳۱	۲/۴۴	۲/۲۷	-۰/۱۷
۸-۱	۸		۲	۲۶	۶۶/۷۱	۴۳/۸۷	+	۲۲/۸۵	۲/۵۷	۱/۶۹	-۰/۸۸
۸-۲			۲	۲۵	۵۲/۷۵	۴۹/۷۶	+	۲/۹۹	۲/۱۱	۱/۹۹	-۰/۱۲
۸-۳			۳	۲۶	۵۱/۳۰	۲۲/۶۲	+	۲۸/۶۸	۱/۹۷	-۰/۸۷	۱/۱۰
۹-۱	۹		۱	۲۶	۲۸/۴۲	۵۴/۹۹	-	-۲۶/۵۷	۱/۰۹	۲/۱۲	-۱/۰۲
۹-۲			۲	۲۵	۸۸/۳۲	۸۰/۰۱	+	۸/۳۱	۳/۵۶۳	۳/۲۰	-۰/۳۳
۹-۳			۳	۲۵	۳۹/۰۴	۳۰/۰۰	+	۹/۰۴	۱/۵۶	۱/۲۰	-۰/۳۶
۱۰-۱	۱۰		۲	۲۶	۹۶/۳۵	۶۱/۰۰	+	۳۵/۳۵	۳/۷۱	۲/۳۵	۱/۳۶
۱۰-۲			۲	۲۴	۶۲/۶۹	۶۰/۲۶	+	۲/۴۳	۲/۶۱	۲/۵۱	-۰/۱۰
۱۰-۳			۳	۲۶	۸۶-۰۶	۴۷-۴۵	+	۳۸-۵۲	۳/۳۱	۱/۸۳	۱/۴۸
							متوسط	۳/۰۹	۲/۵۳	-۰/۴۶	

* مجموع انحراف نقاط گیرنده سیار از نقاط ثبت شده توسط دوربین،

** مجموع انحراف نقاط تصحیح شده از نقاط ثبت شده توسط دوربین،

*** متوسط تصحیح انجام گرفته برای هر آزمون



شکل شماره (۲) نقشه مسیر قبل (نقاط دایره تیره رنگ) و پس از تصحیح (نقاط مثلث روشن)

خط واصل، مسیر حرکت را نشان می‌دهد که از وصل کردن مختصات نقاط ثبت شده توسط دوربین نقشه‌برداری دقیق به دست آمده است. نقاطی که به شکل دایره مشخص شده‌اند نقاط ثبت شده قبل از تصحیح و نقاط مثلثی نقاط پس از تصحیح را نشان می‌دهد.

در ادامه، جهت بررسی این که آیا خطای برداشت به زمان انجام آزمون وابسته است یا خیر، میانگین خطاهای برداشتی ۱۰ روزه توسط گیرنده سیار با کمک جدول تجزیه واریانس مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول ۲ میانگین خطای نقاط ثبت شده توسط گیرنده سیار را در آزمون‌ها و جدول ۳ تجزیه واریانس خطای مختصات برداشتی در ۱۰ روز را نشان می‌دهد. با مقایسه F به دست آمده با F جدول، می‌توان نتیجه گرفت که خطا در روزهای مختلف حتی در یک ناحیه مشخص نیز ثابت نبوده و حتی در ساعت‌های مختلف متفاوت می‌باشد. علاوه بر اثر سایر منابع خطا، شاید یکی از دلایل عمده این امر تغییر شرایط جوی و اثرات آن روی کارکرد سیستم GPS باشد.

جدول شماره (۲) میانگین خطا در همه آزمون‌ها

روز	تکرار		
	اول	دوم	سوم
اول	۲/۵۳۴	۷/۹۹۴	۲/۴۶۹
دوم	۲/۵۴۸	۲/۰۸۱	۲/۳۴۵
سوم	۲/۱۳۹	۲/۰۷۲	۲/۱۴۶
چهارم	۱/۷۷۷	۳/۵۳۶	۲/۶۳۳
پنجم	۴/۹۳۱	۳/۲۱۹	۳/۲۱۹
ششم	۴/۴۰۳	۵/۸۶۷	۷/۶۹۶
هفتم	۲/۴۰۰	۱/۸۲۳	۲/۴۴۰
هشتم	۲/۵۶۶	۲/۱۱۰	۱/۹۷۳
نهم	۱/۰۹۳	۳/۵۳۳	۱/۵۶۲
دهم	۳/۷۰۶	۲/۶۱۲	۳/۳۱۰

جدول شماره (۳) تجزیه واریانس خطا

	درجه آزادی	SS	MS	F	$(d=F_t/20)5\%$
تکرار	۹	۴۴/۲۵۱۰۱	۴/۹۱۶۷۷۹	۲/۹۲۹۰۶۸*	۲/۳۹
خطا	۲۰	۳۳/۵۷۲۳۲	۱/۶۷۸۶۱۶		
کل	۲۹	۷۷/۸۲۳۳۳			

متوسط انحراف نقاط ثبت شده در کلیه آزمون‌ها در انتهای ستون «متوسط خطا قبل از تصحیح» جدول ۱ محاسبه شده و برابر با ۳/۰۹ متر و متوسط انحراف پس از تصحیح در انتهای ستون «متوسط خطا بعد از تصحیح» برابر با ۲/۶۳ متر به دست آمد و بدین ترتیب متوسط تصحیح انجام شده برای هر نقطه با کمک این روش از تفاضل این دو مقدار، برابر ۴۶ سانتی‌متر، یعنی حدود ۰/۵ متر (۱۵٪) به دست آمد.

بحث

هدف از تحقیق حاضر تصحیح خطای تعیین موقعیت با گیرنده‌های معمولی و ارزان قیمت تک‌فرکانسه و برای کاربردهایی بود که در آنها، اطلاعات به دست آمده با تاخیر زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روش توانست خطای تعیین موقعیت با استفاده از GPS را حدود ۱۵٪ کاهش دهد که کمتر از مقدار کاهش خطا در روش هولدن و همکاران (حدود ۶۰٪) است، اما باید توجه کرد که در زمان انجام آزمایش توسط آنها یکی از اصلی‌ترین منابع خطا یعنی خطای دسترسی انتخابی SA هنوز حذف نشده بود و بعد از حذف این خطا، دقت گیرنده‌ها بطور قابل توجهی افزایش یافته است. همچنین از جداول ۲ و ۳ می‌توان نتیجه گرفت که خطا در روزهای مختلف، متفاوت است، چرا که در روزهای مختلف شرایط جوی تغییر کرده و با تغییر شرایط جوی، وضعیت محیط انتشار موج نیز تغییر کرده و به خاطر اثری که حرارت و فشار محیط روی انکسار موج دارد خطاهای متفاوتی را در شرایط مختلف ایجاد می‌کند.

همچنین با توجه به دقت مناسب این گیرنده‌ها در تهیه نقشه عملکرد (شانون^۱ و همکاران، ۲۰۰۲ و سالدانا^۲ و همکاران، ۲۰۰۶)، از نتایج این تحقیق می‌توان در تهیه Off Line نقشه‌ها با دقت بیشتر استفاده نمود. به دین منظور کاربران گیرنده‌ها می‌توانند هم زمان با جمع‌آوری سایر داده‌ها، با استفاده از این روش، میزان خطا را برآورد نموده و بعد از اتمام عملیات و به هنگام پردازش داده‌ها، خطا را اعمال کرده و داده‌های زمین مرجع دقیق‌تری به دست آورند. به نظر می‌رسد چنانچه آزمایش با تعداد نقاط بیشتر و در فواصل زمانی کمتری انجام بگیرد و گیرنده‌ها قبل از انجام آزمایش دقیقاً کالیبره شده و دقت‌های مشابهی داشته باشند، نتایج بهتری حاصل گردد.

1- Shannon

2- Saldana

منابع

- ۱- شاهکار م، (۱۳۸۳)، «ژنودزی ماهواره‌ای (GPS)»، ص ۹۶ تا ۱۳۳.
- ۲- علوی م ض، حلاوتی ا، (۱۳۸۲)، «بررسی منابع ایجاد خطا و روش‌های مکان‌یابی در GPS»، *دهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی عمران*، تهران. دانشگاه امیرکبیر.
- 3- Holden NM, Comparetti A, Ward SM, and McGovern EA, (1999), "Accuracy Assessment and Position Correction for Low-cost Non-differential GPS as Applied on an Industrial Peat Bog", *Computers and Electronics in Agriculture*, 24: 119-130.
- 4- Itani K, Chosa T, and Omine M, (2007), "Dynamic Performance of Global Positioning System Velocity Sensor for Extremely Accurate Positioning", *Bio Systems Engineering*, (97): 3-9.
- 5- Lechner W, and Baumann S, (2000), "Global Navigation Satellite Systems", *Computers and Electronics in Agriculture*, (25): 67-85.
- 6- Peyret F, Betaille D, and Hintzy G, (2000), "*Automation in Construction*", (9): 299-314.
- 7- Saldana N, Cabrera JM, Serwatowski RJ and Gracia C, (2006), "Yield Mapping System for Vegetables Picked up with a Tractor-pulled Platform", *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4(2): 130-139.
- 8- Schellberg J, Hill MJ, Gerhards R, Rothmund M and Braun M, (2008), "Precision Agriculture on Grassland: Application, Perspectives and Constraints", *European Journal of Agronomy*, Vol. 29: 59-71.
- 9- Schwieger V, (2003), "Using Handheld GPS Receivers for Precise Positioning", *2nd FIG Regional Conference*, Marrakech, Morocco, December 2-5.
- 10- Shannon k, Ellis C, and Hoette G., (2002), "Performance of Low-Cost GPS Receivers for Yield Mapping", *ASAE. Annual International Meeting/ CIGR XVth World Congress*, Paper Number: 021151.