نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۵، ص ۲۲۳-۲۱۴

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 6, No. 1, Spring - Summer 2016, p. 214-223

مقایسه دقت سه مدل گیرنده مکان‌یاب متداول

ابراهیم چاوشی[۱] - جعفر امیری پریان[۲*] - بهزاد جباری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۰۱

چکیده

با رشد روزافزون کاربرد سامانه‌های مکان‌یابی در عملیات کشاورزی دقیق، آگاهی از دقت و صحت گیرنده‌های مورد استفاده در این عملیات بسیار ضروری به نظر می‌رسد. این تحقیق به منظور بررسی و مقایسه دقت مکان‌یابی سه مدل مختلف از گیرنده‌های مکان‌یابی متداول در کشاورزی دقیق، شامل مدل‌های eTrex_VISTA، MAP_60_csx و MAP_78s در شرایط مختلف انجام شده است. برای مقایسه گیرنده‌ها ۹ ایستگاه ثبت داده در منطقه‌ای به ابعاد ۲۰ در ۲۰ متر با نقشه‌برداری دقیق به‌وسیله دوربین تئودولیت و قطب نمای دقیق به‌صورت شبکه‌های منظم مشخص شد. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت آزمون فاکتوریل برای بررسی سه عامل هرکدام در سه سطح شامل، شرایط جوی مختلف داده‌برداری (آسمان صاف، نیمه ابری و ابری)، ساعت‌های مختلف (۹ صبح، ۱۲ ظهر و ۱۶ عصر) و سه مدل گیرنده مکان‌یاب هرکدام در نه تکرار (ایستگاه) انجام و نتایج در نرم افزار SPSS20 تجزیه و تحلیل شد. بررسی نتایج به‌دست آمده برای هر گیرنده نشان داد، میانگین خطای گیرنده GPS مدل MAP_78s، ۹۱(cm)، مدل MAP_60_csx، ۲/۶۴(m) و مدل eTrex_VISTA، ۴/۷(m) می‌باشد. هم‌چنین در مقایسه تأثیر شرایط جوی و ساعات مختلف در دقت گیرنده‌های GPS اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین از گیرنده GPS مدل MAP_78s می‌توان برای عملیات کشاورزی دقیق در محدوده دقت ۱ تا ۳ متر، در عملیاتی نظیر پایش محصول و نمونه‌برداری از خاک و از گیرنده‌های دیگر شامل MAP_60_csx و eTrex_VISTA در عملیاتی که نیاز به دقتی در محدوده ۳ تا ۵ متر دارند، استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: سامانه مکان‌یاب، شرایط جوی، کشاورزی دقیق، گیرنده GPS

مقدمه

با گسترش علوم در حوزه‌های مختلف، در روش‌های تعیین موقعیت جغرافیایی نیز تغییراتی ایجاد شده است. از جمله روش‌های جدید مکان‌یابی، استفاده از سامانه مکان‌یابی جهانی[۴] (GPS) می‌باشد که با استفاده از یک سامانه ناوبری رادیویی-ماهواره‌ای، اطلاعات مربوط به موقعیت سه بعدی و زمان را برای کاربرانی که به گیرنده‌های خاص مجهز باشند فراهم می‌آورد. چند سامانه عمده مکان‌یابی، براساس اطلاعات ماهواره‌ها در جهان وجود دارند که عبارتند از: GPS مربوط به ایالات متحده، گالیله[۵] مربوط به کشورهای اروپایی (درحال توسعه) و GLONASS[۶] مربوط به کشور روسیه. برتری یا مزیت قابل توجهی برای سامانه‌های ذکر شده نسبت به یکدیگر گزارش نشده است (Aassi, 2007). کشاورزی دقیق در برگیرنده فن‌آوری‌های نوینی است که برای کشاورزان این امکان را فراهم می‌کند که تغییرات عوامل تولید مانند عناصر غذایی، خاک، رطوبت موجود و مورد نیاز گیاه، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و سایر عوامل را با دقت مکانی کمتر از چند سانتی‌متر تا چند متر پایش و ارزیابی نماید. با استفاده از فن‌آوری پایش نرخ تغییرات عوامل تولید مانند کود، سم، آفت‌کش‌ها و در نهایت پایش محصول، رشد کشاورزی دقیق تسریع شده است. مدیریت مکانی عوامل تولید، باعث می‌شود میزان نهاده‌های ورودی کاهش یافته و هم‌چنین خروجی محصولات بهینه شود که هر دوی این‌ها برای تولیدکنندگان محصولات زراعی مورد نیاز است. در همین زمان با کاهش نهاده‌های

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۲- استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
(*- نویسنده مسئول: (Email: amiriparian@basu.ac.ir
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

4- Global Positioning System

5- Galileo
6- Global Orbiting Navigation Satellite System

ورودی، کودها و آفت‌کش‌ها نیز کاهش می‌یابند. بنابراین، این امر باعث کاهش هزینه‌ها و بهبود شرایط زیست محیطی اکوسیستم‌های کشاورزی می‌شود (Goudarzi mehr and Matin far, 2010). گیرنده‌های GPS براساس نوع عملیات کشاورزی دقیق در موارد زیر با دقت‌های مشخص به‌کار می‌روند: ۱) پایش محصول و نمونه‌برداری خاک[1] (دقت کمتر از یک متر)، ۲) کاربرد در کودپاشی، آفت‌کشی و بذرکاری[2] (دقت کمتر از نیم متر) و ۳) نشاءکاری و ردیف‌کاری دقیق[3] (دقت کمتر از ۴ سانتی‌متر) (Perez *et al*., 2011).

روش‌های افزایش دقت در مکان‌یابی با گیرنده‌های GPS بسیار متنوع است، ازجمله متداول‌ترین روش‌ها، استفاده از مکان‌یابی تفاضلی DGPS[4] است. در این روش با استفاده از دو یا سه گیرنده GPS تک یا دو فرکانسه مخصوص و انتخاب یک گیرنده به‌عنوان ایستگاه ثابت و گیرنده‌های دیگر به‌صورت متحرک می‌توان به دقت بسیار بالایی در حد ۲۰ میلی‌متر دست یافت. این روش نیاز به مهارت بالا و هزینه نسبتاً زیادی دارد که معمولاً در امور کشاورزی بسیار دقیق استفاده می‌شود. روش دیگر، فعال‌سازی سیستم WAAS[5] می‌باشد که دارای ایستگاه‌های زمینی تقویت امواج بوده و درحال حاضر در کشور ما فعال نیست. سامانه بهبود و کنترل دقت ناوبری ماهواره‌ای، به نام سامانه ملی هدی نیز راه‌اندازی شده است که در مناطق خاصی از کشور با استفاده از گیرنده‌های خاص، دقت مکان یابی را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد (National Cartographic Center, 2013).

در یکی از مطالعات کاربردی GPS در کشاورزی، راهنمای مسیریاب تراکتور در عملیات کشاورزی دقیق به منظور کاهش خطای عبور در مزارع طوری طراحی شد که در صورت انحراف از مسیر تعیین شده، در محدوده بیش از ۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر راننده را مطلع ساخته و مسیر اصلاح شده را نمایش دهد (Perez *et al*., 2011). در مطالعه دیگری از سامانه RTK-GPS[6] فناوری راهنمای خودکار، در عملیات خاک‌ورزی دقیق بین ردیف‌ها و در محدوده بسیار نزدیک به لوله‌های آبیاری قطره‌ای و محصولات زراعی به فاصله ۵۰ میلی‌متری بدون آسیب رسیدن به آن‌ها استفاده شده است (Abidine *et al*., 2004).

دقت در سامانه‌های مجهز به DGPS شدیداً به کیفیت سیگنال‌های تصحیح شده[7] و همچنین کیفیت نوع گیرنده GPS وابسته است. علاوه بر این دقت مورد نیاز به نوع عملیات خاص نیز بستگی دارد، برای نمونه در عملیات راهنمای مسیریاب خودکار[8] تراکتور جهت حرکت بین ردیف‌ها به دقت ۵ میلی‌متر نیاز است (Keicher and Seufert, 2000) و در عملیات پایش محصول دقت ۱ متر کافی است (Arslan and Colvin, 2002).

در تحقیق دیگری به‌منظور ارزیابی، مقایسه دقت و صحت گیرنده‌ها، ۵ دستگاه از مدل‌های مختلف GPS مارک Trimble از ۱۵ ایستگاه نقشه‌برداری استفاده شد و نتایج حاصل اشاره می‌کند که مدل‌های Geo XT با دقتی معادل ۹۱ سانتی‌متر دارای کمترین خطا و Pharos با دقتی معادل ۵/۶۲ متر دارای بیشترین خطا می‌باشند (Kindra *et al*., 2006).

با توجه به استفاده روزافزون از گیرنده‌های GPS در کشاورزی و هم‌چنین عدم وجود منابع مورد اطمینان در خصوص ارائه دقت واقعی هریک از این گیرنده‌ها، این تحقیق به‌منظور بررسی و مقایسه دقت[9] و صحت[10] مکان‌یابی سه مدل مختلف از گیرنده‌های GPS متداول در ایران برای معرفی گیرنده‌ای با کمترین خطا جهت انجام عملیات کشاورزی دقیق و همچنین بررسی کارایی دستگاه‌ها در شرایط مختلف کاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش سه مدل از متداول‌ترین گیرنده‌های GPS مورد استفاده در کشور متعلق به شرکت GARMIN انتخاب و مقایسه شدند. این شرکت عمده‌ترین تولیدکننده دستگاه GPS در جهان است. سه مدل دستگاه GPS انتخابی شامل مدل‌های eTrex VISTA، MAP 60 csx و MAP 78s می‌باشند که در سال‌های اخیر از پرکاربردترین گیرنده‌ها، در بین دستگاه‌های GPS در کشاورزی دقیق بوده‌اند. تصویر دستگاه‌های مذکور در شکل ۱ و مشخصات آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

برای ارزیابی دستگاه‌ها، در ابتدا ۹ ایستگاه پایه[11] برای ثبت داده در منطقه‌ای به ابعاد ۲۰ متر در ۲۰ متر با نقشه‌برداری دقیق به‌وسیله دوربین نقشه‌برداری الکترونیکی (Sokkisha DT20E) ساخت ژاپن با دقت ۵ میلی‌متر (در هزار متر) و قطب‌نمای دقیق، مطابق شکل ۲ به‌صورت شبکه‌های منظم مشخص شد. منطقه مذکور به منظور کاهش خطای چند مسیری[12] که یکی از تأثیرگذارترین خطاها در کاهش دقت دستگاه GPS می‌باشد، در یک فضای نسبتاً باز و بدون مانع (مانند ساختمان، درختان و سایر موانع طبیعی و مصنوعی) در

1- Yield monitoring and soil sampling
2- Broadcast seeding, fertilizer and herbicide application
3- Transplanting and drill seeding
4- Differential Global Positioning System
5- Wide Area Augmentation System
6- Real Time Kinematic
7- Correction signals
8- Automatic Guidance Systems
9- Precision
10- Accuracy
11- Base station
12- Multipath error

مزرعه تحقیقاتی عباس‌آباد واقع در دانشگاه بوعلی سینای همدان در شرایطی مشابه موقعیت واقعی مزارع در نظر گرفته شد. خطای چند مسیری، به حالتی اطلاق می‌گردد که سیگنال‌های ارسالی توسط ماهواره‌ها، در اثر برخورد با موانع اطراف از چند مسیر مختلف به‌وسیله گیرنده مکان‌یاب دریافت می‌شود. در این حالت به دلیل تغییر زمان دریافت سیگنال‌ها، که اساس مکان‌یابی می‌باشد، موقعیت گیرنده با خطا ارزیابی می‌شود. این خطا در شرایط مختلف از ۱ تا ۵ متر متغیر است.

(c) (b) (a)

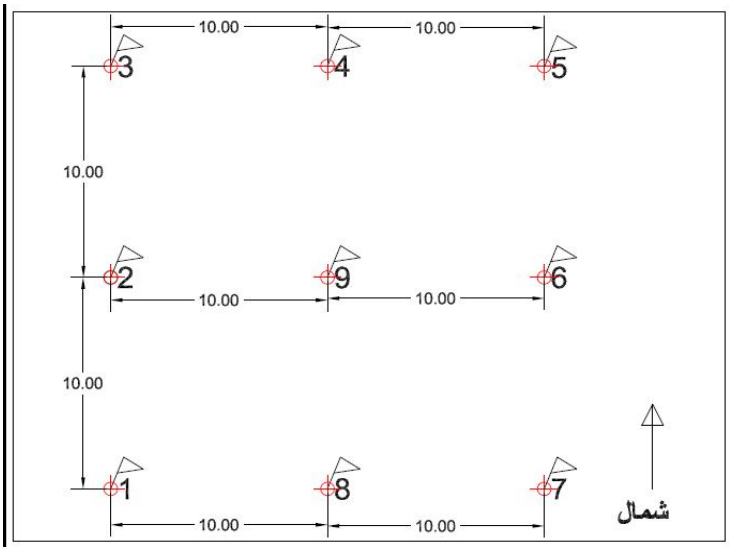
شکل ۱- تصاویر گیرنده‌های GPS a) مدل MAP 60 csx b) مدل eTrex VISTA c) مدل MAP 78S

Fig.1. Pictures of GPS receivers, a) MAP 60 csx, b) eTrex VISTA and c) MAP 78s

جدول ۱- مشخصات گیرنده‌های GPS

Table 1- Properties of GPS receivers

مدل دستگاه of Model receiver	حافظه Memory	نوع ارتباط Interface	خروجی نرم افزاری Software output	تعداد نقاط قابل ثبت Waypoints	نرم افزار رابط Interface software	سایر امکانات Accessories
MAP 60 csx	۵۱۲ مگا بایت 512 MB	USB, Com	NMEA	۱۰۰۰ نقطه 1000 points	Map Source(v5)	بارگذاری نقشه Map uploading
eTrex VISTA	۲۴ مگا بایت 24 MB	Com, RS232	NMEA	۱۰۰۰ نقطه 1000 points	Map Source(v5)	ثبت ردپا Track log
MAP 78s	۱/۷ گیگا بایت 1.7 GB	USB, Wi-Fi	NMEA	۲۰۰۰ نقطه 2000 points	Map Source(v6)	میانگین‌گیر از نقاط ثبت شده Mean of waypoints



شکل ۲- منطقه علامت‌گذاری شده برای ثبت داده‌های مکانی

Fig.2. Marking field for position data recording

در ادامه سه دستگاه GPS منتخب مطابق دستورالعمل کاربرد دستگاه کالیبره شدند (کالیبراسیون[1] قطب نما و ارتفاع انجام شد). پس از کالیبراسیون، از بین سامانه‌های مختصات جغرافیایی، برای مطابقت با الگوهای سازمان نقشه برداری کشور، سامانه WGS84 انتخاب شد. سپس برای یکسان‌سازی ثبت و نمایش داده‌ها سیستم مختصاتی ثبت مکان[2] UTM (سیستم تصویر معکوس جهانی مرکاتور) انتخاب شد که یکی از سیستم‌های تصویر مهم جهانی بوده و یکای اندازه‌گیری آن متریک است. در سیستم تصویر معکوس جهانی مرکاتور، کره زمین به موازات خط نصف‌النهار مبدأ به ۶۰ قسمت ۶ درجه‌ای تقسیم شده است که هر قسمت یک منطقه[3] نامیده می‌شود، همچنین در راستای عرضی نیز زمین به ۲۴ قسمت تقسیم شده است که با حروف لاتین نمایش داده می‌شود. با این سیستم ایران در مناطق ۳۸ تا ۴۱ طولی و در راستای عرضی در بخش S و R قرار دارد (Aassi, 2007).

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت آزمون فاکتوریل برای بررسی سه عامل هرکدام در سه سطح، شامل شرایط جوی (آسمان صاف، نیمه ابری و ابری)، ساعات مختلف روز (ساعت ۹ صبح، ۱۲ ظهر و ۴ عصر) و مدل‌های مختلف گیرنده (MAP 60 csx، eTrex VISTA و MAP 78s) هرکدام در ۹ ایستگاه انجام شد. علت استفاده از ساعات مختلف روز به‌عنوان یکی از عوامل مورد بررسی، چرخش ماهواره‌های سیستم GPS در ساعات مختلف شبانه روز است که باعث تغییر موقعیت قرارگیری ماهواره‌ها شده و ممکن است در دقت مکان‌یابی گیرنده‌های GPS مؤثر باشد (Aassi, 2007). همچنین علت انتخاب صاف یا ابری بودن آسمان به‌عنوان یکی دیگر از فاکتورهای مؤثر بر دقت، این بود که سیگنال‌های ارسالی از ماهواره‌ها به گیرنده‌ها، امواج الکترومغناطیس بوده و امکان جذب و دفع آن‌ها توسط توده‌های باردار ابری و در نتیجه کاهش قدرت و شدت امواج ارسالی و همچنین انحراف امواج در مسیر گیرنده‌ها وجود دارد که این عامل نیز ممکن است باعث کاهش دقت مکان‌یابی GPS شود.

برای شروع برداشت و ثبت دقیق داده‌های مکانی ابتدا هریک از دستگاه‌ها روشن شده و پس از مدت زمان سه دقیقه ماهواره‌ها شناسایی و ایستگاه مورد نظر جداگانه ثبت شد، سپس به ایستگاه بعدی رفته و همین عملیات تکرار شد. پس از برداشت و ذخیره‌سازی داده‌های مکانی به‌صورت way point در هر یک از ایستگاه‌های ۹ گانه، اطلاعات داخل حافظه دستگاه‌های GPS به‌وسیله کابل‌های رابط مخصوص هریک از دستگاه‌ها به نرم افزار Map Source 6163 v6 منتقل شد.

در ادامه از مقایسه مقدار انحراف طول و عرض جغرافیایی ثبت شده با مقدار میانگین ثبت شده در هر ایستگاه برای محاسبه دقت (رابطه ۱) و از مقدار انحراف طول و عرض جغرافیایی ثبت شده با موقعیت واقعی طول و عرض جغرافیایی هر ایستگاه برای محاسبه صحت استفاده شد (رابطه ۲). موقعیت اصلی ایستگاه شماره ۱ به‌وسیله نقشه‌های بزرگ مقیاس به‌طور دقیق مشخص شد. سپس با توجه به اینکه موقعیت سایر ایستگاه‌ها با دوربین و قطب نما در جهت دقیق شمالی با شبکه قائم‌الزاویه انتخاب شده بود، موقعیت جغرافیایی دقیق سایر ایستگاه‌ها با مبنا قرار دادن ایستگاه شماره ۱، به‌دست آمد. میانگین خطای هر ایستگاه به کمک رابطه (۳) (فاصله اقلیدسی) و در نهایت دقت و صحت گیرنده‌ها با تعاریف مربوط به هریک محاسبه شدند.

دقت= مقدار ثبت شده هر ایستگاه – مقدار میانگین نقاط ثبت شده برای همان ایستگاه (۱)

صحت= میانگین مقدار ثبت شده هر ایستگاه – مقدار واقعی موقعیت همان ایستگاه (۲)

$$e=\sqrt{x^2+y^2} \quad (۳)$$

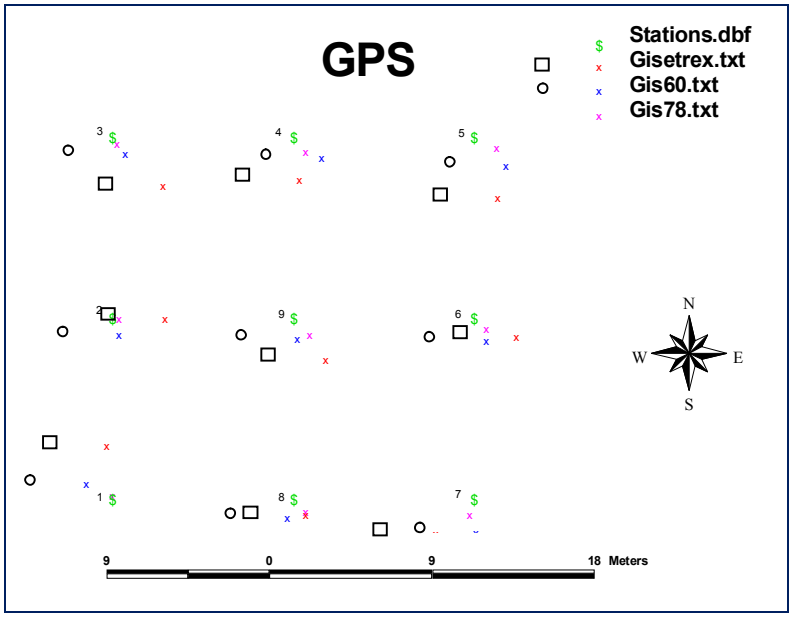
که در این رابطه، e، میانگین خطای هر دستگاه، x میانگین خطای طول جغرافیایی و y میانگین خطای عرض جغرافیایی هر دستگاه می‌باشد.

نتایج و بحث

به منظور نمایش پراکندگی جغرافیایی محل ایستگاه‌ها و نقاط ثبت شده برای آن‌ها داده‌های مکانی دستگاه‌های GPS به نرم افزار ArcView (v3.3) از مجموعه نرم افزارهای GIS انتقال یافت، که در شکل ۳ نمایش داده شده است. در این شکل موقعیت دقیق ایستگاه‌ها و موقعیت ثبت شده به‌وسیله هریک از گیرنده‌ها مشخص شده است. اطلاعات ثبت شده در نرم افزار Map Source شامل کلیه طول‌ها و عرض‌های جغرافیایی ثبت شده برای هر ایستگاه و گیرنده به نرم افزار Excel 2007 انتقال یافت.

همچنین در جدول ۲ نتایج مقادیر میانگین خطای هر گیرنده برای مقایسه صحت گیرنده‌ها در شرایط مختلف جوی و ساعات روز ارائه شده است. بررسی نتایج صحت دستگاه‌ها با استفاده از محاسبه مقادیر انحراف نقاط ثبت شده از ایستگاه نشان می‌دهد گیرنده مدل MAP 78s با میانگین انحراف ۱/۶۱ متر دارای بالاترین و گیرنده مدل eTrex VISTA با میانگین انحراف ۵/۷ متر دارای کمترین صحت می‌باشد (جدول ۲).

1- Calibrate Compass and Altimeter
2- Universal Transverse Mercator
3- Zone



شکل ۳- نمایش مقدار خطای هریک از سه مدل GPS با نرم افزار ArcView

Fig.3. Display of each three GPS models error value by ArcView software

جدول ۲- میانگین خطای هر گیرنده برای مقایسه دقت و صحت در شرایط مختلف جوی و ساعات روز

Table 2- Average of error values of each receiver to compare precision and accuracy in different weather conditions and day times

شرایط جوی Weather conditions	ساعات روز Day times	دقت گیرنده‌ها (m) Precision of receivers			صحت گیرنده‌ها (m) Accuracy of receivers		
		MAP 60 csx	eTrex VISTA	MAP 78s	MAP 60 csx	eTrex VISTA	MAP 78s
آسمان صاف Clear sky	9:00 am	2.20	4.63	0.86	1.83	3.35	1.93
	12:00 pm	3.25	5.55	0.77	2.73	6.34	1.25
	16:00 pm	2.70	4.56	0.94	2.27	5.35	1.48
نیمه ابری partially cloudy sky	9:00 am	3.16	4.50	1.32	2.36	5.44	2.07
	12:00 pm	2.02	4.15	0.85	2.13	5.42	1.23
	16:00 pm	2.09	5.22	0.88	1.57	6.33	2.02
ابری full cloudy sky	9:00 am	2.67	3.87	0.81	2.36	4.89	1.41
	12:00 pm	2.77	4.17	1.00	2.04	5.37	1.69
	16:00 pm	2.91	5.61	0.79	2.43	6.45	1.42
میانگین خطا (متر) Average of error (m)		2.64	4.70	0.91	2.19	5.70	1.61

با توجه به اینکه مقدار خطای کل ناشی از انحراف طول و عرض جغرافیایی است و از روابط (۱) و (۲) محاسبه می‌شود، مقادیر انحراف طول و انحراف عرض جغرافیایی در هریک از ایستگاه‌ها نیز جداگانه مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به نتایج جدول آنالیز واریانس اختلاف معنی‌داری بین این انحرافات مشاهده نشد (P_{value}>۰/۰۱).

در جدول ۳ تحلیل واریانس داده‌های دقت در مدل‌ها، شرایط جوی و ساعات روز به‌طور جداگانه به همراه اثرات متقابل عوامل ارائه شده است.

نتایج به‌دست آمده از جدول ۳ در بررسی تأثیر مدل، روز و ساعت مکان‌یابی بر دقت گیرنده‌های مکان‌یاب، نشان داد بین مدل‌های مختلف گیرنده مکان‌یاب از لحاظ دقت مکان‌یابی اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد ولی بین زمان اندازه‌گیری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P_{value}>۰/۰۱)، که این نتایج با نتایج مطالعه کیندرا و همکاران مطابقت داشت (Kindra *et al.*, 2006).

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس اثر مدل، شرایط جوی و زمان اندازه‌گیری بر دقت و صحت گیرنده‌های GPS

Table 3- ANOVA results of the effect of model, weather conditions and measurement time on GPS receivers precision and accuracy

منبع خطا Error source	دقت Precision				صحت Accuracy			
	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares	F	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares	F
مدل Model	417.855	2	208.928	109.776**	524.216	2	231.814	116.249**
شرایط جوی (روز) Weather C.(day)	2.794	2	1.397	.734ns	5.249	2	1.548	.924ns
زمان Time	.711	2	.355	.187ns	1.145	2	.421	.216ns
مدل × روز Day×Model	1.374	4	.343	.180ns	1.821	4	.539	.227ns
مدل × زمان Time×Model	12.342	4	3.086	1.621ns	14.521	4	4.149	2.025ns
روز × زمان Time×Day	23.265	4	5.816	3.056ns	25.362	4	6.851	3.298ns
روز × زمان× مدل Time× Day×Model	23.927	8	2.991	1.571ns	25.842	8	4.024	1.749ns
خطا Error	411.097	216	1.903		438.519	216	2.025	
کل Total	3347.423	243			3824.197	243		

**, Significant at 0.01 level and ns, Non-Significant

**، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ns، عدم اختلاف معنی‌دار

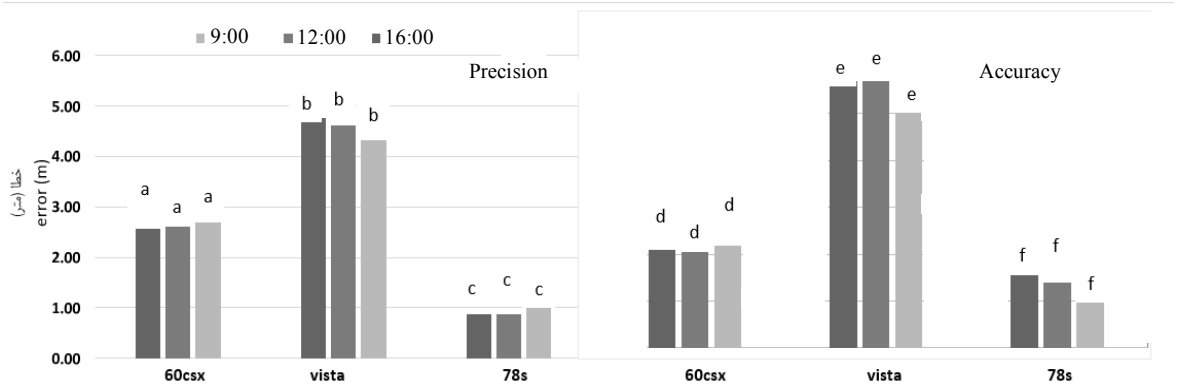
همچنین بررسی نتایج برای نقاط ثبت شده در سه روز مختلف با هوای صاف، نیمه ابری و ابری نشان داد که در شرایط جوی مختلف، اختلاف در مکان‌یابی وجود دارد اما این اختلاف معنی‌دار نیست (P_{value}>۰/۰۱)، این نتایج نیز با دستورالعمل دستگاه‌ها در مورد عدم تأثیر شرایط مختلف آب و هوایی در دقت گیرنده‌ها مطابقت داشت (Garmin Ltd, 2010). بررسی اثرات متقابل مدل گیرنده و شرایط جوی نشان داد این دو فاکتور اثر معنی‌داری روی هم ندارند و اثر متقابل مدل گیرنده و زمان اندازه‌گیری نیز دارای اختلاف معنی‌داری نیست. این نتایج بیانگر تأثیر یکنواخت شرایط جوی و ساعات مختلف روز در دقت مکان‌یابی گیرنده‌های GPS به‌کار رفته در این تحقیق است. این نتایج نیز با مطالعه جوز و همکاران مطابقت داشت (Jose *et al.*, 2006).

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های دقت و صحت براساس آزمون LSD بین مدل‌های GPS

Table 4- Means comparison of precision and accuracy using post-hoc LSD test for the GPS models

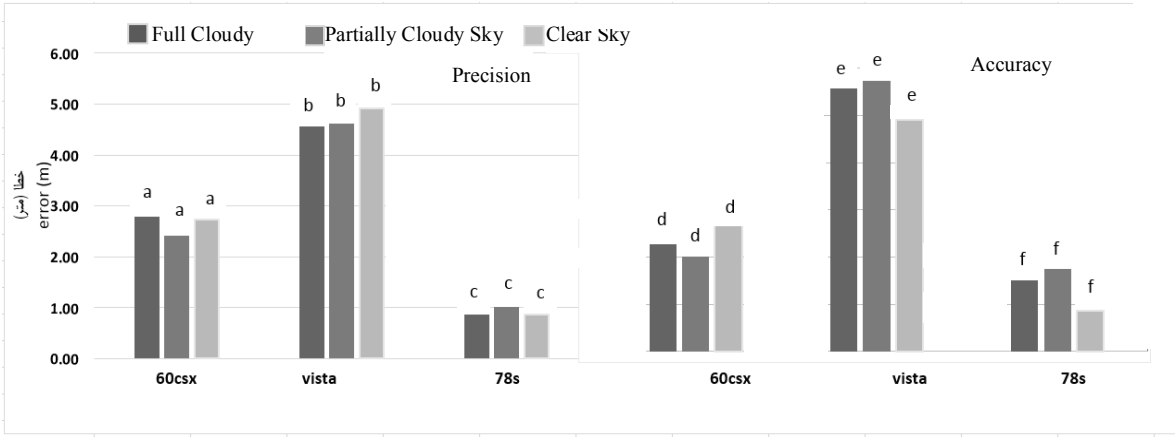
مدل GPS (I) Model-gps	مدل GPS (J) Model-gps	دقت Precision	صحت Accuracy
		اختلاف میانگین Mean difference (I-J)	اختلاف میانگین Mean difference (I-J)
MAP 78s	etrex VISTA	-3.78198*	-4.08877*
	MAP 60-csx	-1.73111*	-.57975*
etrex VISTA	MAP 78s	3.78198*	4.08877*
	MAP 60-csx	2.05086*	3.50901*
MAP 60-csx	MAP 78s	1.73111*	0.57975*
	etrex VISTA	-2.05086*	-3.50901*

* Significant mean difference at 0.05 level * اختلاف میانگین معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.



شکل ٤– نمودار مقایسه دقت و صحت سه مدل دستگاه GPS در ساعات مختلف روز (حروف یکسان به مفهوم عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها است)

Fig.4. Comparison of three GPS models precision and accuracy in different times (same letters means non-significant difference between groups)



شکل ٥– نمودار مقایسه دقت و صحت سه مدل دستگاه GPS در شرایط جوی مختلف (حروف یکسان به مفهوم عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها است)

Fig.5. Comparison of three GPS models precision and accuracy in different weather condition (same letters means non-significant difference between groups)

در ادامه برای بررسی بیشتر دقت و صحت بین مدل‌های مختلف، مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون LSD (در سطح احتمال ۵ درصد) انجام شد و مشخص شد بین همه مدل‌ها از لحاظ دقت و صحت اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۴).

شکل‌های ۴ و ۵ به‌ترتیب نمودار مقایسه دقت و صحت سه مدل گیرنده GPS در ساعات مختلف روز و شرایط مختلف جوی را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل دیده می‌شود اختلاف فقط در بین مدل‌های گیرنده GPS وجود دارد و اختلاف معنی‌داری بین ساعات و روزهای مختلف داده‌برداری مشاهده نمی‌شود.

نتیجه‌گیری

یکی از عوامل مورد مطالعه در این پژوهش، بررسی میزان تأثیر ساعات روز بر دقت مکان‌یابی بود که نتایج حاصل مؤید تأثیر بسیار کم این عامل در دقت مکان‌یابی است. نتایج بررسی تأثیر شرایط جوی بر دقت نیز نشان داد، این عامل باعث کاهش دقت مکان‌یابی GPS می‌شود اما تأثیر این عامل در دقت و صحت مکان‌یابی در محدوده چند سانتی‌متر است. به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد در بین سه عامل مدل، شرایط جوی و ساعت داده‌برداری فقط اثرات مدل گیرنده در دقت معنی‌دار بود و کمترین خطا در سه مدل گیرنده مورد مطالعه، مربوط به گیرنده مدل MAP 78s به میزان ۹۱

سانتی‌متر و بیشترین خطا مربوط به گیرنده مدل eTrex به میزان ۴/۷ متر به‌دست آمد، که نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین مدل‌ها می‌باشد. در مجموع نتایج بررسی‌های این مطالعه نشان داد، کاربرد صحیح گیرنده‌های GPS در شرایط کاری مختلف و انتخاب گیرنده مناسب باعث کاهش قابل ملاحظه خطای مکان‌یابی می‌شود. با توجه به این نتایج از گیرنده GPS مدل MAP 78s می‌توان برای عملیات کشاورزی دقیق در محدوده دقت ۱ تا ۳ متر، در عملیاتی نظیر پایش محصول و نمونه‌برداری از خاک استفاده نمود و از گیرنده‌های دیگر شامل مدل‌های MAP 60 csx و eTrex VISTA در عملیاتی که نیاز به دقت کمتری در محدوده ۳ تا ۵ متر دارند، استفاده نمود.

References

1. Abidine, A. Z., B. C. Heidman, S. K. Upadhyaya, and D. J. Hills. 2004. Auto guidance system operated at high speed causes almost no tomato damage. California Agriculture 58: 44-47.
2. Aassi, M. R. 2007. General Surveying. Sharif University. Tehran. (In Farsi).
3. Arslan, S., and T. S. Colvin. 2002. An evaluation of the response of yield monitors and combines to varying yields. Precision Agriculture 3: 107-122.
4. Goudarzi mehr, S., and H. R. Matin far. 2010. Remote sensing technology and its capabilities in precision agriculture. Second National Conference on Agriculture and Sustainable Development (Opportunities and challenges). Islamic Azad University of Shiraz. (In Farsi).
5. Jose, R., M. Rodriguez, A. Flor, E. Sanz, and A. Gavela. 2006. Comparison of GPS receiver accuracy and precision in forest environments: Practical recommendations regarding methods and receiver selection. 23rd FIG Conference, Munich, Germany.
6. Keicher, R., and H. Seufert. 2000. Automatic guidance for agricultural vehicles in Europe. Computers and Electronics in Agriculture 25: 169-194.
7. Kindra, S., T. Windholz, and K. Weber. 2006. Comparing GPS Receivers: A Field Study. URISA Journal 18: 21-26.
8. Nationa Cartographic Center. 2013. Hoda National System. Available from: http://hodasystem.net/?page_id=131.
9. Perez, M., J. Ruiz, J. Carballio, and J. Agura. 2011. Assessing of correction signal for assisted guidance systems in agricultural vehicles. Precision Agriculture 12: 639-652.
10. Garmin Ltd. 2010. Garmin GPS MAP78 series owner s manual. Garmin international Inc.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 6, No. 1, Spring - Summer 2016, p. 214-223

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۵، ص ۲۲۳-۲۱۴

Comparison of the precision of three commonly used GPS models

E. Chavoshi[1]- J. Amiri Parian[2*]- B. Jabari[3]

Received: 25-11-2013
Accepted: 21-04-2014

Introduction: Development of science in various fields has caused change in the methods to determine geographical location. Precision farming involves new technology that provides the opportunity for farmers to change in factors such as nutrients, soil moisture available to plants, soil physical and chemical characteristics and other factors with the spatial resolution of less than a centimeter to several meters to monitor and evaluate. GPS receivers based on precision farming operations specified accuracies are used in the following areas: 1) monitoring of crop and soil sampling (less than one meter accuracy) 2) use of fertilizer, pesticide and seed work (less than half a meter accuracy) 3) Transplantation and row cultivation (precision of less than 4 cm) (Perez *et al.,* 2011). In one application of GPS in agriculture, route guidance precision farming tractors in the fields was designed to reduce the transmission error that deviate from the path specified in the range of 50 to 300 mm driver informed and improved way to display (Perez *et al.,* 2011). In another study, the system automatically guidance, based on RTK-GPS technology, precision tillage operations was used between and within the rows very close to the drip irrigation pipe and without damage to their crops at a distance of 50 mm (Abidine *et al.,* 2004). In another study, to compare the accuracy and precision of the receivers, 5 different models of Trimble Mark GPS devices from 15 stations were mapped, the results indicated that minimum error was related to Geo XT model with an accuracy of 91 cm and maximum error was related to Pharos model with an accuracy of 5.62 m (Kindra *et al.,* 2006).

Due to the increasing use of GPS receivers in agriculture as well as the lack of trust on the real accuracy and precision of receivers, this study aimed to compare the positioning accuracy and precision of three commonly used GPS receivers models used to specify receivers with the lowest error for precision farming operations as well as the efficiency of the work done in different situations.

Materials and Methods: In this study, three commonly used GPS models belong to GARMIN CO. were selected for comparison. This company is the world biggest manufacturer of GPS device. Three models include eTrex VISTA, MAP 60 csx and MAP 78s that in recent years have been the most widely used receivers in precision agriculture (Figure 1, Table 1). To assess the accuracy and precision of the receivers, 9 recording stations were selected in a field (20×20 m^2) and detailed mapping by the odolite camera under high precision compass networks and regular conditions (figure 2) was identified. To reduce the error of multi-path, a relatively open and unobstructed place in the Abbas Abad field of Bu-Ali Sina University were considered. This study was conducted in a Completely Randomized Design (CRD) with factorial analysis to examine three factors, at three levels, each in three replication including weather conditions (clear, partially cloudy and full cloudy sky), time of day (9 am, 12 am and 4 pm) and three different models of receiver (MAP 60 csx, eTrex VISTA and MAP 78s), in 9 local stations. Difference of deviation value at each station with the mean value of latitude and longitude recorded at same station was used to precision calculate on (equation 1) and the difference of deviation value at each station with a deviation of the actual position latitude and longitude of the same station was used to calculate the accuracy (equation 2). The base station position (No.1) was determined with an accurately large-scale map. Then, the positions of other stations were defined with camera and compass in exact rectangular grid by underlying base station. Mean error for each station using equation (3) and the precision and accuracy and the definitions of each receiver was calculated.

Results and Discussion: To display the geographical distribution stations and the registered location data for GPS devices ArcView software (v3.3) was used (Fig.3). The real location of stations and registered by each receiver position has been determined. Information recorded in Map Source software, including all longitude and latitudes registered for each station and receiver were transferred to Excel Software (2007). Table 2 shows the mean precision values recorded in each weather conditions. The results obtained by equation 1 (the mean error at

1- MSc Student of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
2- Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sine University, Hamedan
3- MSc student of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
(*- Corresponding Author Email: amiriparian@basu.ac.ir)

each station) showed that the GPS MAP 78s model has the lowest error of 91 cm, VISTA eTrex model has a maximum error of 4.7 meters and MAP 60 csx model has mean error of about 2.64 meters. The analysis of variance of models and weather conditions and the time of day with the interactions between factors have been shown in Table 3. Results showed that there is significant difference ($0.01 < P_{value}$) between models, but there is no significant difference between the date and time positioning precision of different receivers models. Investigating of the interactions between the receiver models and the weather conditions showed no significant effect of them and the interaction between the receiver models and the measured time difference is not significant. These results showed that weather conditions and time of day is the same effect on positioning precision of GPS receivers used in this research. These results were consistent with the study of Jose and colleagues (Jose *et al.,* 2006). The mean Comparison test of LSD (at 5% level) for the accuracy and precision of the models showed the significant difference for all models (Table 4). Figures 4 and 5 respectively show the accuracy and precision of three models of GPS receiver at different times of day and different weather conditions.

Conclusions: Effect of daylight hours on positioning precision was very low; also the effect of different weather conditions may reduce the accuracy of GPS positioning to size of few centimeters. Overall, the results indicated that between the three factors include the models, the effects of weather and time only receiver models had significant effect in precision. The lowest error between the models was belonged to MAP 78s (91 cm) and the maximum error was belonged to eTrex VISTA model with the 4.7 m. In addition, results of this study showed that the correct application of GPS receivers in different conditions and select of appropriate receiver can be reduced positioning error considerably. According to the result the MAP 78s GPS receiver could be used for precision farming operations in the range of 1 to 3 meter such as crop monitoring and soil sampling and the other receivers (eTrex VISTA and MAP 60 csx) could be used in operations that require less precision (range of 3 to 5 meters).

Keywords: GPS receiver, Positioning system, Precision farming, Weather condition