

استفاده از امکانات گوشی هوشمند جهت بررسی و تحلیل حرکت اجسام متحرک

دکتر بهادر ابول پور^۱، فائزه علیایی پاریزی^۲

۱-استاد و عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی سیرجان، bahadorabolpor1364@sirjantech.ac.ir
۲-دانشجوی کارشناسی رشته مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی سیرجان، faezeh.olyaee@gmail.com

چکیده

پیشرفت چشمگیر علم الکترونیک در بیست سال اخیر سال اخیر سبب پدید آمدن گوشی های همراه شده است که در قرن امروزه جز لاینفک زندگی روزمره مردم، اعم از هر قشر جامعه گشته است. بخصوص با فراگیر شدن خدمات اینترنت، گوشی های هوشمند که قابلیت اتصال به اینترنت و سامانه جی پی اس را دارند امکانات فراوانی را برای کاربران خود بوجود آورده اند. رقابت پی در پی شرکت های سازنده در راستای سرعت و خدمات بهتر منجر به جای گرفتن این گوشی ها در فرهنگ و فعالیت های روزانه بشر شده است طوری که گاهی انجام فعالیت های انسان بدون این وسیله بسیار سخت و حتی در برخی اوضاع غیر ممکن است. از طرفی با پیشرفت روز افزون علم هوافضا و صنایع هوایی همواره بشر در راه تسریع بخشی، حمل و نقل و می توان گفت که در GPS بلتبع آن امکان هدایت و ناوبری هر چه بهتر را داراست. امروزه با داشتن سیستم این کره خاکی هیچ نقطه کوری برای موقعیت یابی بشر دیگر وجود نداشته و کره زمین در دستان مطلق بشر قرار گرفته است. در اغلب فعالیت های انسان ها چه به گونه تخصصی در راستای صنعت، علمی- پژوهشی، تجارت، حمل و نقل ، ... و چه به صورت تفریحی نظیر کوهنوردی ، قایق سواری ، مسافرت ، کویر پیمایی و ... نیاز مبرم به هدایت و مسیر یابی دارد. همان طور با ساختن وسایلی اتوماتیک برای مسیر پیمایی نیاز فراوانی به کنترل وسیله می باشد تا بتوان با پایداری و کنترل از مبدا به مقصد بدون هرگونه صدمه ای انتقال یافت. یکی از ساده ترین کارهای ممکن استفاده از گوشی های هوشمند با حسگر ها موجود در آن و تحلیل مسیر است. برای این کار علوم و تکنولوژی کامپیوتر، الکترونیک و هوافضا دست در دست هم داده و برنامه ای کاربردی را برای استفاده کاربر پدید می آورد.

کلمات کلیدی:

جی پی اس، سامانه موقعیت یاب جهانی، گوشی هوشمند، حسگر، علم هوافضا

مقدمه

از زمان ماقبل تاریخ مردم سعی می کردند یک راه قابل اطمینان پیدا کنند که به آنها بگوید کجا هستند و حتی آنها را به جاییکه می روند راهنمایی کرده و سپس به خانه بازگرداندن مردمان غارنشین وقتی که برای تهیه غذا به شکار می رفتند، احتمالاً از سنگ‌ها و شاخه های کوچک برای علامت‌گذاری مسیر خود استفاده می کردند. ملوانان نیز ابتدا سواحل را به دقت دنبال می کردند تا از گم شدنشان جلوگیری کنند. وقتی دریا نوردان اولیه در دریاها (اقیانوس ها) کشتیرانی کردند، دریافتند که می‌توانند مسیر خود را با دنبال کردن ستاره ها ترسیم کنند. هدایت و ناوبری یکی از شاخه های مهم علوم بشری بوده که از دیر باز تا به کنون بشر در راستای بهبود و پیشرفت آن قدم برداشته است. همواره دانشمندان و محققان برای کنترل یک وسیله به خصوص از راه دور در حال تحقیق و پژوهش هستند ناوبری دانش هدایت و راهیابی وسایط نقلیه بین دو نقطه است. به طور خاص این هدایت بیشتر در مورد هواپیما و کشتی بین دو نقطه بر روی کره زمین است هرچند فضاپیماها نیز از سامانه‌های مشابهی استفاده می کنند

جی پی اس:

استفاده از فناوری های جدید درگوشی های هوشمند اندرویدی و آیفون ها این ابزار را به جزو لاینفک زندگی امروز تبدیل کرده و قابلیت های آن‌ها تا حد زیادی نیازهای مختلف افراد را برطرف ساخته اند. انواع سنسورهای بکار رفته در گوشی های تلفن همراه مواردی از قبیل شتاب سنج، ژيروسکوپ، فشارسنج، گرما سنج، مغناطیس سنج، سنسور تشخیص فواصل نزدیک، حسگرهای مجاورتی القایی، حسگرهای مجاورتی خازنی، حسگرهای مجاورتی مافوق صوت، سنسور روشنایی، گام‌شمار، سنسور تشخیص ضربان قلب، سنسور تشخیص اثر انگشت، سنسور تشخیص امواج مضر برای بدن می باشند. سامانه ی موقعیت یابی جهانی یا جی‌پی‌اس، منظومه ای تشکیل شده از ۲۴ ماهواره است که زمین را دور می زند و در هر مدار ۴ ماهواره قرار دارد. راکت های کوچکی نیز ماهواره ها را در مسیر صحیح نگاه می دارد. به این ماهواره ها نوستار (NAVSTAR) نیز گفته میشود. سیستم موقعیت‌یاب جهانی در دو باند L_1 (۱۵۷۵.۴۲ مگا هرتز) و L_2 (۱۲۲۷.۶۰ مگاهرتز) سیگنال های خود را ارسال می کند. باند L_1 با هر دو کد C/A و PA ترکیب می شود ولی باند L_2 فقط با کد PA ترکیب می شود. کد C/A برای عموم قابل استفاده است ولی کد PA فقط برای صنایع نظامی آمریکا قابل استفاده است. ماهواره های این سیستم، در مدارهای دقیق هر روز ۲ بار به دور زمین می‌گردند و اطلاعاتی را به زمین مخابره می‌کنند. گیرنده های جی پی اس این اطلاعات را دریافت کرده و با انجام محاسبات هندسی، محل دقیق گیرنده را نسبت به زمین محاسبه می کنند. در واقع گیرنده زمان ارسال سیگنال از ماهواره را با زمان دریافت آن مقایسه می کند. از اختلاف این دو زمان، فاصله گیرنده از ماهواره تعیین می‌گردد. این عمل را با داده های دریافتی از چند ماهواره دیگر تکرار می‌کند و بدین ترتیب محل دقیق گیرنده را با تقریب ناچیز معین می‌کند. اگر فاصله ما از ماهواره ۱ در حدود ۱۰ کیلومتر باشد، بنابراین مکان ما در فضا بر محیط کره ای به مرکزیت ماهواره ۱۰ شعاع ۱۰ کیلومتر منطبق می باشد. حال فرض می کنیم

فاصله ما از ماهواره ۲۰ در حدود ۱۱ کیلومتر باشد در این حالت نیز مکان ما در فضا بر روی محیط کره ای به مرکز ماهواره ۲ و شعاع ۱۱ کیلومتر واقع است. فصل مشترک این دو کره می تواند یک دایره باشد که مکان ما بطور قطع بر روی

محیط این دایره قرار دارد. بنابراین مکان ما در فضا بر محیط کره ای به مرکزیت ماهواره ۱ و شعاع ۱۰ کیلومتر منطبق می باشد حال فرض می کنیم فاصله ما از ماهواره ۲۰ در حدود ۱۱ کیلومتر باشد در این حالت نیز مکان ما در فضا بر روی محیط کره ای به مرکز ماهواره ۲ و شعاع ۱۱ کیلومتر واقع است فصل مشترک این دو کره می تواند یک دایره باشد که مکان ما بطور قطع بر روی محیط این دایره قرار دارد.

ایده اصلی این موضوع بر اساس همان معادله سرعت نور در مدت زمان تاخیر استوار است. سیستم GPS بدین صورت کار می کند که گیرنده کاربر مدت زمانی را که طول میکشد تا امواج رادیویی از ماهواره به او برسد را اندازه گیری می کند. امواج رادیویی با سرعت نور حرکت می کند و بدین ترتیب با حاصل ضرب اندازه گیری شده در سرعت نور مسافت خود را تا ماهواره بدست می آورد و این کار حداقل بایستی برای ۳ ماهواره مشخص صورت گیرد بنابراین برای اندازه گیری زمان رسیدن به سیگنال باید از ساعت های خیلی کوتاه باشند زیرا امواج با داشتن سرعت نور خیلی سریع حرکت می کنند [۱]. سیگنال مسافت یابی جی پی اس، به منظور اندازه گیری فاصله تا ماهواره مورد استفاده قرار می گرفت و داده های نجومی برای محاسبه موقعیت ماهواره در مدار استفاده می شد. سیگنال های جی پی اس همچنین اطلاعاتی در خصوص زمان و وضعیت منظومه ماهواره را در بر می گیرد [۲].

طرح اصلی جی پی اس، شامل دو کد مسافت یابی می باشد. کد عادی اکتسابی یا C/A که بدون هیچ گونه محدودیتی برای عموم آزاد است و کد کنترل شده دقت یا کد P که معمولاً برای کاربردهای نظامی رزرو میشود. پیام جهت یابی علاوه بر کدهای مسافت یابی PRN، یک گیرنده نیاز دارد تا اطلاعات جزئی در خصوص موقعیت و شبکه هر ماهواره را بداند. در طرح جی پی اس چنین اطلاعاتی بر روی هر دوی کدهای مسافت یابی C/A و P(Y) در ۵۰ بیت در ثانیه، تنظیم شده است که پیام جهت یابی نامیده می شود. برای کدهای مسافت یابی و پیام جهت یابی تا از ماهواره به گیرنده برسند، آنها باید در یک بسامد حامل تعدیل شوند. در مورد طرح GPS اصلی، دو بسامد مورد استفاده قرار می گیرند؛ یکی در ۱۵۷۵/۴۲ مگاهرتز، که L₁ نامیده می شود، و دومی در ۱۲۲۷/۶۰ مگاهرتز که L₂ نامگذاری شده است. کد C/A بر روی فرکانس L₁ به عنوان یک سیگنال ۱/۰۲۳ مگاهرتزی منتقل می شود که یک شیوه مدولاسیون کلید انتقال فاز بی (BPSK) را استفاده می کند. کد P(Y) بر روی هر دوی فرکانس های L₁ و L₂ منتقل می شود که به عنوان یک سیگنال ۱۰/۲۳ مگاهرتزی از مدولاسیون BPSK مشابهی استفاده می کند، هر چند که حامل کد P(Y)، یک چهارم حامل C/A است، و معنی آن این است که ۹۰ درجه خارج از فاز قرار دارد.

همچنین اثرات (خطای) اتمسفریک، چند مسیری شدن، آفست و تغییرات مرکز فاز آنتن، خطای ساعت گیرنده و خطای مدار از موارد منابع خطا در اندازه گیری جی پی اس می باشند. علاوه وضعیت آب و هوا در زمان دریافت سیگنال، نوع گیرنده (تک فرکانسه یا چند فرکانسه)، روش تعیین موقعیت (استاتیک یا کینماتیک و...)، نحوه پردازش های بعدی معیار های دقت تعیین موقعیت GPS میباشند [۳].

سامانه موقعیت یاب جهانی تفاضلی (Differential Global Positioning System) که به اختصار دی جی پی اس (DGPS) نامیده میشود، نوع بهبود یافته سامانه موقعیت یاب جهانی است که قادر به تعیین موقعیت دقیق تر نسبت به جی پی اس، از دقت اسمی ۱۵ متری جی پی اس به حدود ۱۰ سانتی متر در بهترین حالت پیاده سازی است [۴].

دستگاه های مختصات مورد استفاده در هدایت و ناوبری به شرح زیر میباشند:

- الف) دستگاه مختصات سطح کره ای (پوسته ای)
 ب) دستگاه مختصات ثابت - متصل به مرکز زمین (ECEF)
 ج) دستگاه مختصات محلی شمال - شرق - پایین (NED)
 د) دستگاه مختصات NED حمل شده توسط وسیله پرنده
 ر) دستگاه مختصات بدنه

تبدیلات و روابط حاکم بین آنها

رابطه چرخش اوپلر:

$$R_{C^1/C^r} = \begin{bmatrix} \cos \zeta & \sin \zeta & 0 \\ -\sin \zeta & \cos \zeta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

در محاسبات راحت تریم که R را به صورت زیر نشان دهیم.

$$R_{C^1/C^r} = R_{C^1/C^r}^{-1} = R_{C^1/C^r}^T$$

جهت یابی یک دستگاه مختصات کارترین به ترتیب با سه گردش اوپلر قابل توضیح است. برای کاربرد در علوم هوافضا گردش اوپلر حول هر سه محور اعمال می گردد که از قانون دست راست پیروی می کند. زاویه اوپلر متشکل از سه زاویه است که توسط اوپلر برای جهت گیری جسم صلب در فضا معرفی گردیده است. اگرچه چرخش بین هر دستگاه مختصات کارترین توسط زوایای اوپلر قابل توصیف است اما در این بحث ما صرفاً به انتقال بین دستگاه مختصات حمل شده NED (یا محلی) و دستگاه مختصات بدنه می پردازیم. به صورت تخصصی تر زوایای اوپلر چهار چوب مرجع را به چهار چوب ارجاع داده شده حول سه محور X، Y و Z منتقل می کند. این سه زاویه اوپلر به عنوان زوایای محور roll و pitch و yaw شناخته می شود. سرعت زاویه ای: سرعت زاویه ای (یا نرخ زاویه ای) رابطه حرکتی دو دستگاه مختصات را به هم مربوط می سازد.

رابطه تبدیل دستگاه مختصات ECEF و سطح کره ای:

$$\vec{P}_e = \begin{pmatrix} x_e \\ y_e \\ z_e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (N_E + h) \cos \Phi \cos \lambda \\ (N_E + h) \cos \Phi \sin \lambda \\ [N_E(1 - e^2)h] \sin \Phi \end{pmatrix} \quad (2)$$

رابطه تبدیل دستگاه مختصات ECEF و دستگاه مختصات محلی NED :

$$R_{n/e} = \begin{bmatrix} -\sin \Phi_{ref} \cos \lambda_{ref} & -\sin \Phi_{ref} \sin \lambda_{ref} & \cos \lambda_{ref} \\ -\sin \lambda_{ref} & \cos \lambda_{ref} & 0 \\ -\cos \Phi_{ref} \cos \lambda_{ref} & -\cos \Phi_{ref} \sin \lambda_{ref} & -\sin \Phi_{ref} \end{bmatrix} \quad (3)$$

که در آن λ_{ref} و Φ_{ref} طول و عرض جغرافیایی مرتبط با $P_{e,ref}$ است.

رابطه تبدیل دستگاه مختصات سطح کره ای و دستگاه مختصات NED حمل شده توسط وسیله پرنده :

$$\dot{\lambda} = \frac{v_{nv}}{(N_E+h) \cos \Phi} \quad \dot{\Phi} = \frac{u_{nv}}{M_E+h} \quad \dot{h} = -w_{nv} \quad (4)$$

باید توجه نمود که دو رابطه اول بر اساس قاعده مثلثات کروی استخراج گردیده است اما رابطه آخری بر اساس تعریف بین w_{nv} و h می توان بدست آورد. مشتق سرعت در دستگاه مختصات NED حمل شده توسط وسیله به ترتیب به صورت زیر است.

$$\dot{u}_{nv} = -\frac{(v_{nv})^2 \sin \Phi}{(N_E+h) \cos \Phi} + \frac{u_{nv} w_{nv}}{M_E+h} + a_{mx \cdot nv} \quad (5)$$

$$\dot{v}_{nv} = \frac{u_{nv} v_{nv} \sin \Phi}{(N_E+h) \cos \Phi} + \frac{v_{nv} w_{nv}}{M_E+h} + a_{my \cdot nv} \quad a_{me, nv} = \begin{pmatrix} a_{mx \cdot nv} \\ a_{my \cdot nv} \\ a_{mz \cdot nv} \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$\dot{w}_{nv} = \frac{(v_{nv})^2}{(N_E+h)} - \frac{(u_{nv})^2}{M_E+h} + g + a_{mz \cdot nv} \quad (7)$$

که در آن $a_{me, nv}$ شتاب اندازه گیری شده مربوط به چهارچوب بدنه بر روی NED حمل شده توسط وسیله است نسبت به $a_{mea, b}$ پیش افکنده دارد. در رابطه فوق ما ترم مربوط به چرخش آزاد زمین را حذف کرده ایم. زیرا برای وسیله ای پرنده همانند UAV قابل چشم پوشی است.

رابطه تبدیل دستگاه مختصات NED حمل شده توسط وسیله و بدنه:

$$V_b = R_{b/nv} \quad a_b = R_{b/nv} a_{nv} \quad a_{mea, b} = R_{b/nv} a_{mea, nv} \quad (8)$$

که در آن ماتریس تبدیل از دستگاه NED حمل شده توسط وسیله پرنده به دستگاه مختصات بدنه می باشد که به صورت زیر تعریف می گردد.

$$R_{b/nv} = \begin{bmatrix} C_\theta C_\psi & C_\theta S_\psi & -S_\theta \\ S_\theta S_\psi C_\psi - C_\theta S_\psi & S_\theta S_\psi S_\psi + C_\theta C_\psi & S_\theta C_\psi \\ C_\theta S_\psi C_\psi + S_\theta S_\psi & C_\theta S_\psi S_\psi - S_\theta C_\psi & C_\theta C_\psi \end{bmatrix}$$

که در آن برای چرخش حرکتی بر روی بردار سرعت $w_{b/nv}^b$ متمرکز می شویم که بیانگر چرخش دستگاه NED حمل شده توسط وسیله نسبت به بدنه است. به دنبال تعریف و تابعیت زاویه اوپلر به صورت زیر داریم:

$$w_{b/nv}^b = \begin{pmatrix} p \\ q \\ r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{\Phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{pmatrix} + R_{b/int^2} \begin{pmatrix} \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{pmatrix} + R_{int^2/int^1} \begin{pmatrix} \dot{\psi} \end{pmatrix} = S \begin{pmatrix} \dot{\Phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{pmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & -\sin \theta \\ \cdot & \cos \Phi & \sin \Phi \cos \theta \\ \cdot & -\sin \Phi & \cos \Phi \cos \theta \end{bmatrix} \text{ به صورت } S \text{ تعریف می گردد.}$$

رابطه $w_{b/nv}^b = S \begin{pmatrix} \dot{\Phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{pmatrix}$ به عنوان معادله جنبشی اوپلر شناخته می شود که $\theta = \pm 90^\circ$ موجب یکتایی در ماتریس S میشود

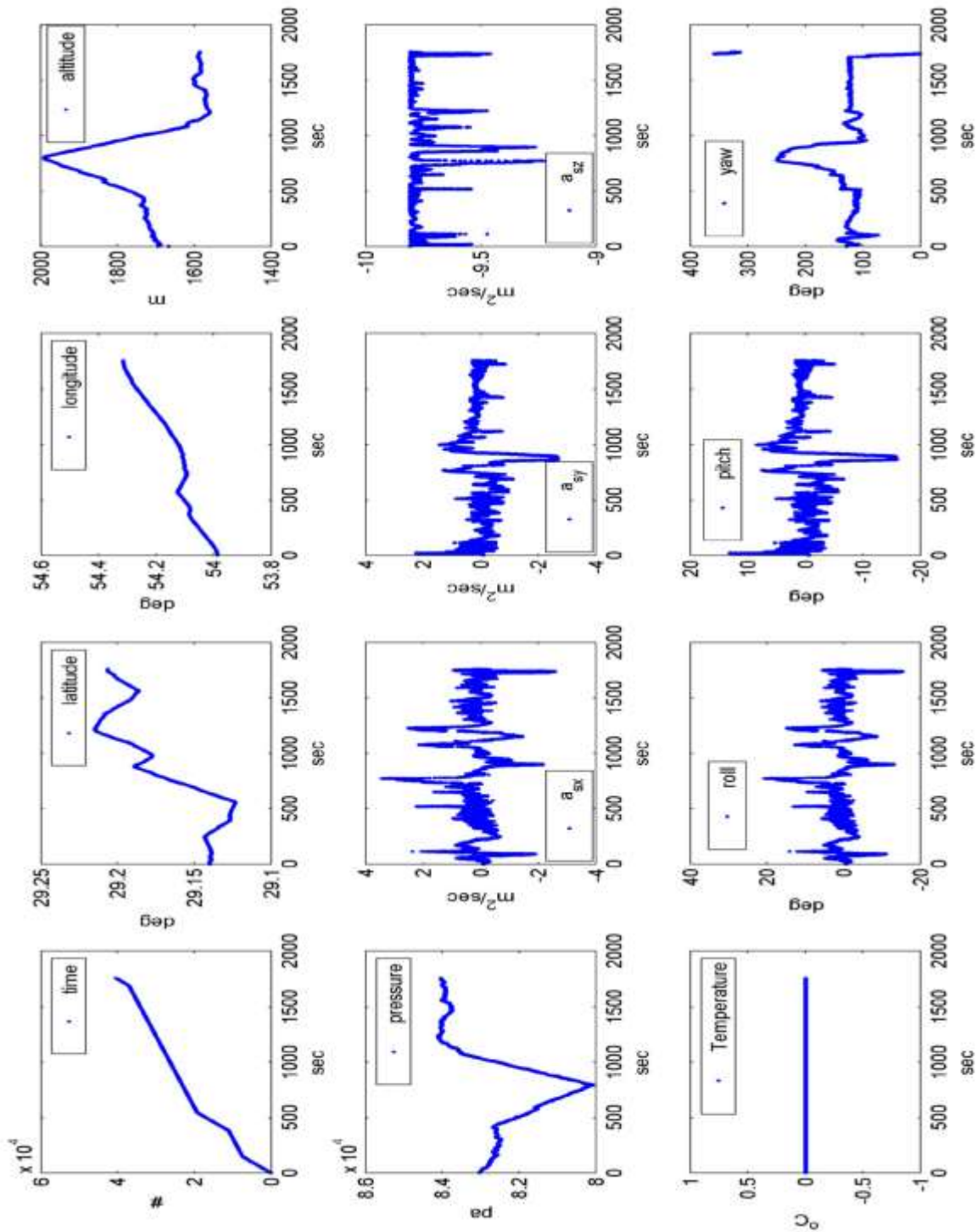
رابطه تبدیل دستگاه مختصات NED حمل شده توسط وسیله و NED محلی:

بر اساس فرضیات در نظر گرفته شده تفاوت جهتی بین این دو دستگاه نیست پس داریم

$$v_n = v_{nv} \quad w_{b/n}^b = w_{b/nv}^b \quad a_n = a_{nv} \quad a_{mea,n} = a_{mea,nv} \quad (9)$$

تحلیل داده ها و نتیجه گیری:

داده های ورودی کلی ما برای تحلیل متشکل از داده های حس شده توسط تک تک سنسور های موجود در گوشی و اطلاعات خوانده شده از سیستم GPS در ادامه به ترتیب بررسی خواهد شد. در شکل زیر داده های خوانده شده از سنسور گوشی نشان داده شده است.



شکل (1) داده های خام حسگرهای گوشی

مطابق شکل زیر ردیف بالا نشانگر داده های گرفته شده توسط GPS است. اولین نمودار در ردیف بالا سمت چپ نشانگر میزان اطلاعات خوانده شده بر حسب ثانیه می باشد. همان طور که از این نمودار آشکار است شیب نمودار در جاهای مختلف تغییر کرده است این بدان معناست که در جاهایی میزان دریافتی اطلاعات زیاد و یا کم شده است. سه نمودار دیگر در ردیف بالا به ترتیب بیانگر عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی و ارتفاع است که در دستگاه مختصات سطح کره ای در قالب مختصات کروی بر حسب زمان بدست آمده است. ردیف دوم اولین نمودار از سمت چپ نشانگر فشار حس شده بر حسب زمان توسط فشار سنج گوشی بوده و سه نمودار بعدی در ردیف دوم شتاب حس شده توسط سنسور شتاب سنج گوشی است که به ترتیب شتاب را در جهت های X ، Z و Y بر حسب زمان نشان می دهد. ردیف پایین نیز دمای حس شده توسط سنسور گوشی و داده های سنسور ژيروسکوپ گوشی می باشد. اولین نمودار در پایین سمت چپ مربوط به دما بر حسب زمان است که چون گوشی ما مجهز به سنسور دما نیست مقدار این داده ثابت و برابر صفر نشان داده شده است. سه نمودار بعدی جهتگیری گوشی به عنوان یک جسم صلب در فضا بر حسب درجه با گذر زمان را توسط ژيروسکوپ گوشی را نشان می دهد که همان چرخش گوشی حول محور های X ، Z و Y در صفحه دستگاه مختصات بدنه است که ژيروسکوپ قرار دارد. با دریافت اطلاعات از GPS و تبدیل آن به مختصات ECEF در دستگاه مختصات کارتیزین می توان موقعیت مکانی جسم متحرک را بر حسب X, Y, Z بیان نمود.

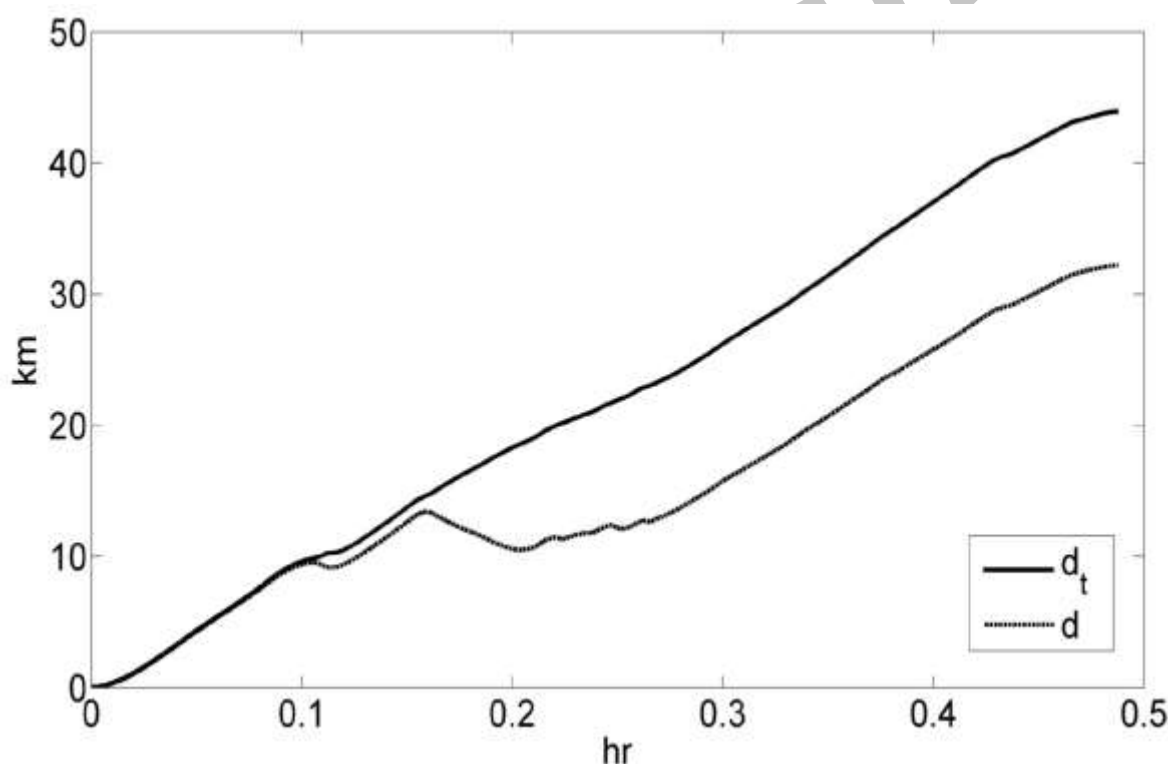


شکل (۲) مسیر طی شده توسط وسیله پرنده

شکل فوق مسیر طی شده بین دو شهرستان استهبان و نی ریز را نشان می دهد. ما در اینجا اطلاعات GPS در دستگاه مختصات کروی را به دستگاه مختصات کارتیزین تبدیل کردیم و X و Y را در نموداری رسم نمودیم که در این نمودار محور افقی نشانگر Y و محور عمودی نشانگر X می باشد. سپس با کمک برنامه google earth نقشه جغرافیایی

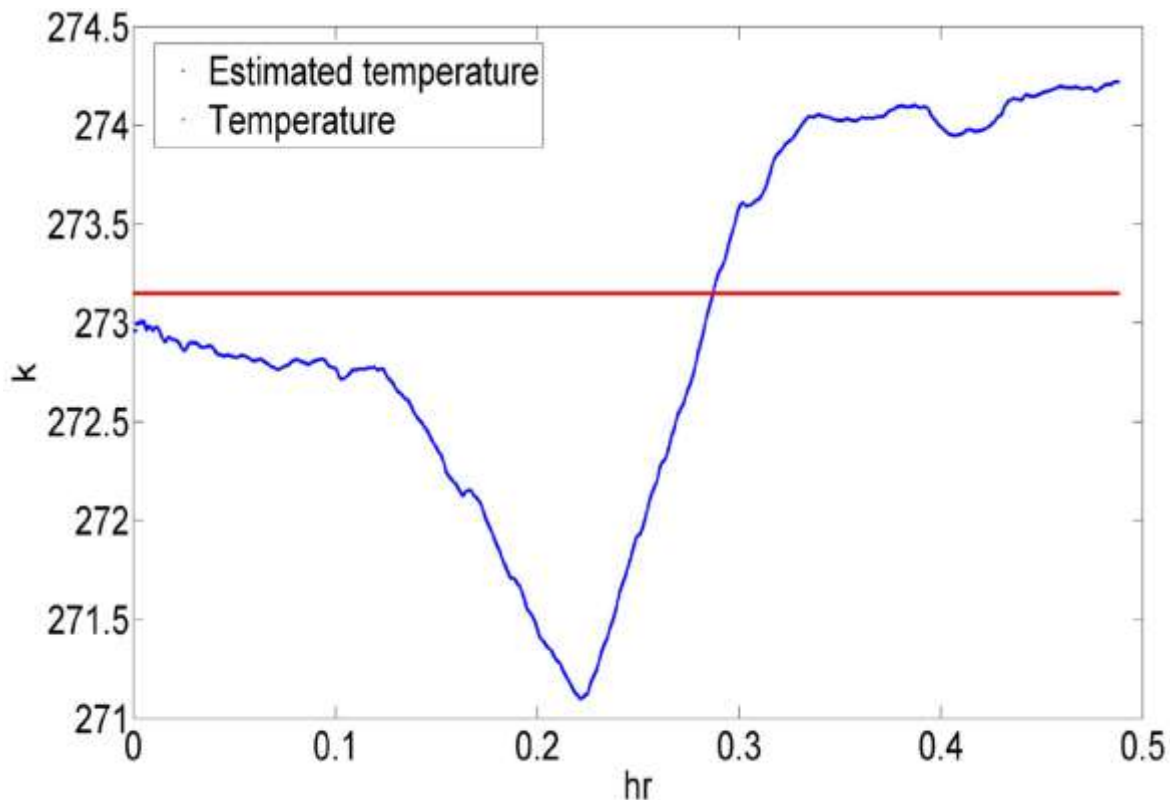
بین دو مسیر را انتخاب کردیم. با منطبق نمودن نمودار بر روی نقشه متوجه شدیم که نمودار گرافیکی بدست آمده همان مسیر راه موجود در نقشه است. این کار صحت و دقت تبدیل مختصات را از سطح کره ای به ECEF را نشان می دهد.

فاصله بین دو نقطه مبدا و مقصد در اندازه گیری جغرافیایی به دو صورت قابل بیان است. در تعریفی فاصله بین دو نقطه را خطی مستقیم است که اندازه این خط فاصله این دو نقطه را نشان می دهد اما در تعریفی دیگر به عنوان مثال وقتی گفته می شود که فاصله بین دو شهر مفروض ۵۰۰ km است فاصله جاده بین دو شهر که دارای پیچ های مختلف بوده و به صورت منحنی می باشد را در نظر گرفته می شود.



شکل (۳) مسافت طی شده بر حسب زمان

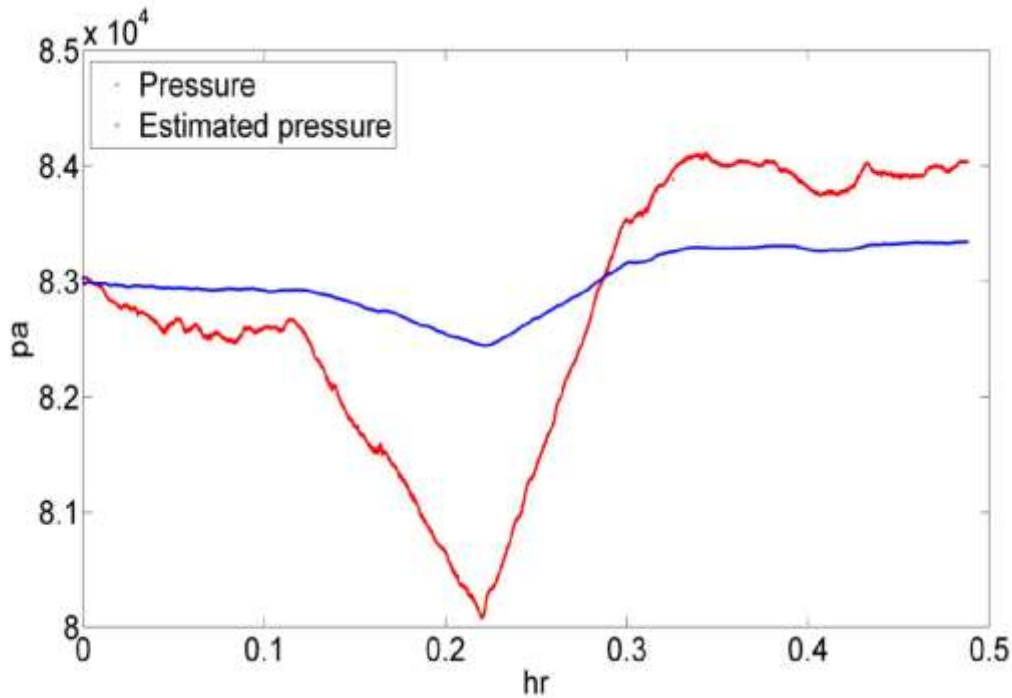
نمودار فوق فاصله طی شده خودرو (km) بر حسب زمان (hr) داده شده است. خطوط نقطه چین (d) پایین تر هستند فاصله مستقیم را نشان می دهد و خط مشکی رنگ مسیر طی شده توسط خودرو را در جاده نشان می دهد. از شیب این نمودار به طور میانگین می توان سرعت خودرو را بدست آورد که تقریباً برابر با ۹۰ کیلومتر بر ساعت می باشد. همچنین با کمک نمودار میتوان دما، فشار، شتاب و سرعت را محاسبه نموده و آنها را تحلیل نمود.



شکل (۵) نمودار دما بر حسب زمان

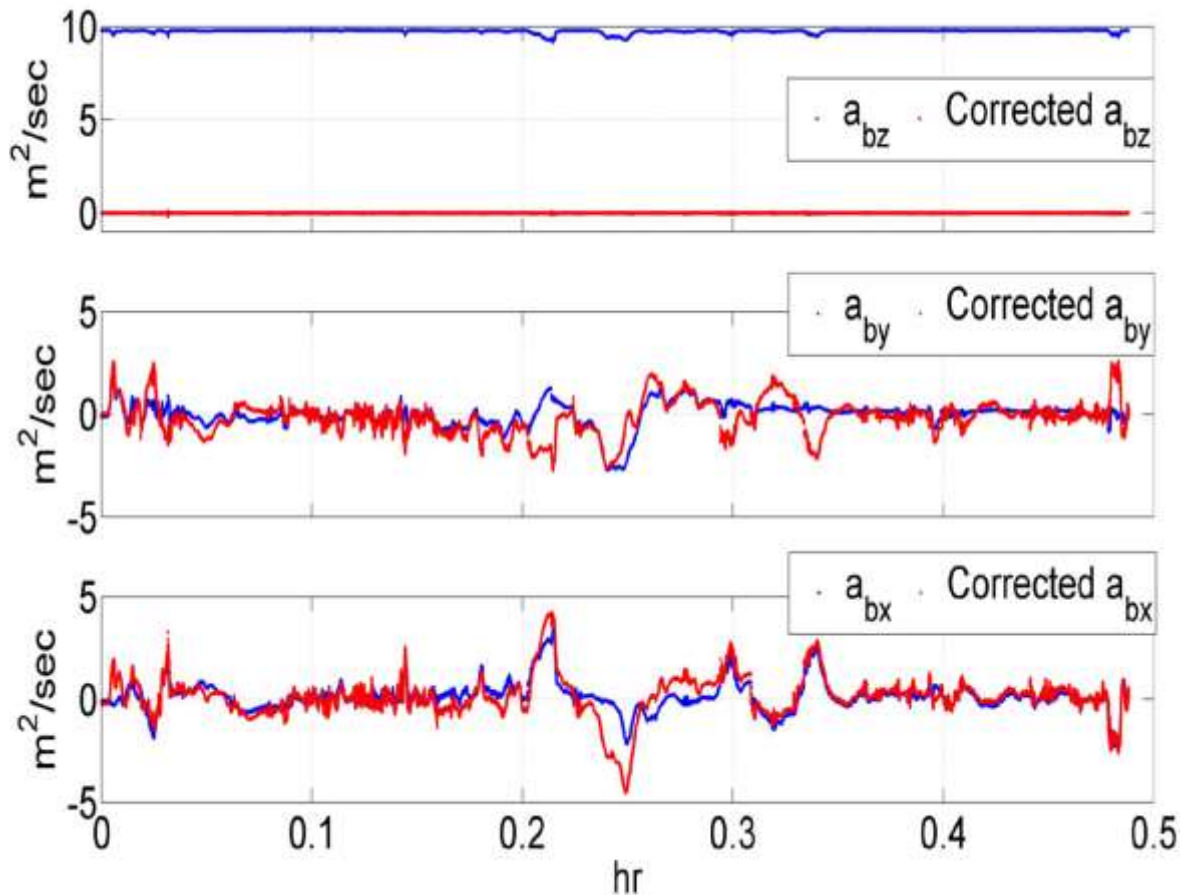
با داشتن دما سنج یا ترمومتر می توان دما را در هر شرایط ممکن اندازه گیری نمود. همان طور که قبلا ذکر شد گوشی همراه ما مجهز به این سنسور نیست به همین دلیل ما از طریق رابطه بین فشار و دما که قبلا قید گردید مقدار دما را اندازه گیری نمودیم.

در نمودار فوق خط قرمز رنگ نشان دهنده ی میزان دمای حس شده توسط دماسنج ما می باشد که در اینجا خطی ثابت و صفر است زیرا حسگر نداریم. خط آبی رنگ نشان دهنده ی دمای محاسبه شده بر حسب زمان بر اساس روابط حاکم بین پارامترهای ترمودینامیکی است. در مسیر طی شده چون اختلاف فشار ناشی از تغییرات ارتفاع بسیار زیاد نیست تغییرات چشم گیری در دما دیده نمی شود لازم به تاکید است که در صورت وجود حسگر دما میزان دقت بالاتر می رود زیرا حساسیت عملکرد یک حسگر بسیار بالاتر از میزان دقت فرمول های تجربی است



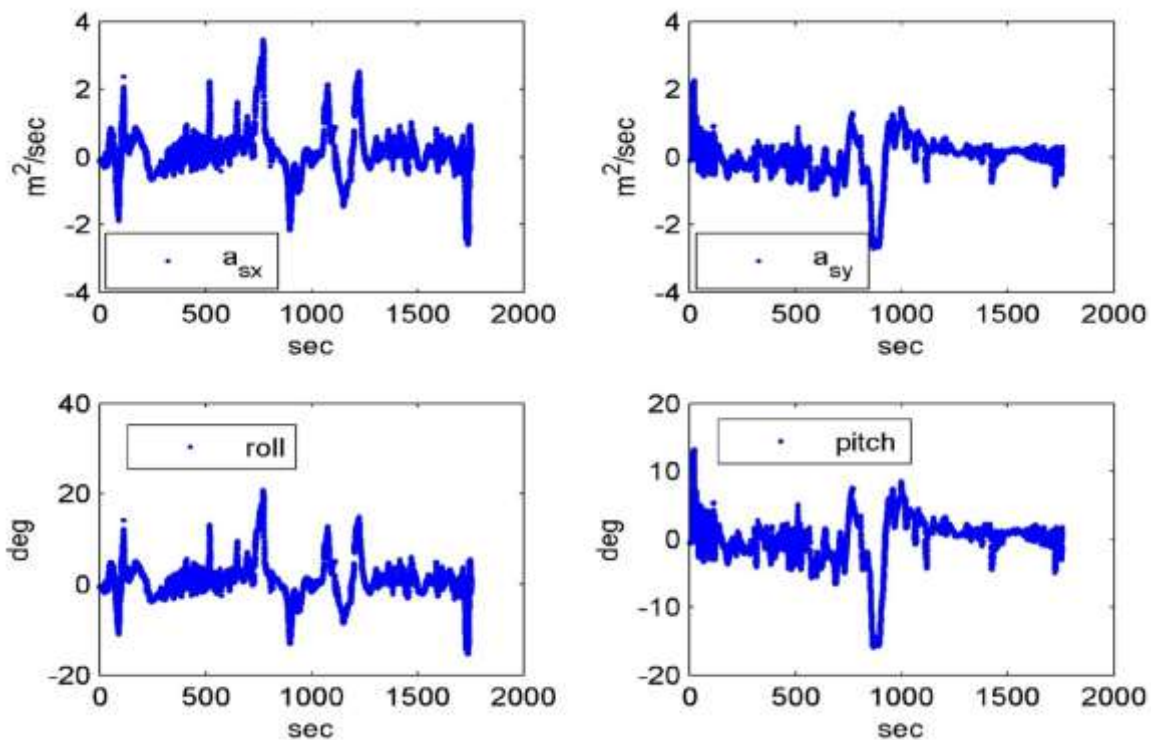
شکل (۵) نمودار فشار بر حسب زمان

نمودار آبی محاسبه فشار بر اساس روابط حاکم و از طریق فرمول تجربی است. در اینجا فشار بر اساس تغییرات ارتفاع محاسبه گشته است و چون در مسیر طی شده خودرو تغییرات ارتفاع همانند یک وسیله پرنده زیاد نیست میزان تغییر فشار نیز تغییرات زیادی ندارد.



شکل (۶) شتاب های محوری

شتاب سنج های گوشی در سه جهت X، Y و Z با وارد شدن هر گونه شتاب، میزان حرکت را حس می کنند. اما مشکلی که اینجا هائز اهمیت است این است که شتاب گرانش در راستای محور Z رو به پایین به گوشی وارد می شود و در هر حرکت این شتاب توسط سنسور حس می گردد. حال زمانی که گوشی ما از حالت تخت (flat) خارج شود یعنی نسبت به هر محوری زاویه اس پیدا کند، شتاب گرانش در راستای هر محور مولفه پیدا کرده و در این شرایط میزان دقت کار ما کاهش پیدا می کند زیرا در این موقعیت میزان شتاب حس شده نشان دهنده ی مقدار شتاب خالص در راستای X، Y و Z نیست.



شکل (۷) شتاب های زاویه ای و محوری

برای رفع این مشکل ما در برنامه نویسی نرم افزار خود سعی کردیم میزان شتاب گرانش را از محاسبات خود حذف کرده و شتاب سنج را در حالتی کالیبره کنیم که هیچ گونه شتابی را اعم از شتاب سنج در لحظه شروع حس نکند برای این کار داده ها را از دستگاه مختصات بدنه به دستگاه مختصات NED حمل شده توسط وسیله برده در اینجا مقدار شتاب گرانش را از شتاب a_z حذف نموده و دوباره داده ها را به دستگاه مختصات بدنه برگرداندیم. در شکل فوق نمودار آبی رنگ میزان شتاب حس شده توسط شتاب سنج در حالت عادی بوده و نمودار قرمز رنگ میزان شتاب اصلاح شده را نشان می دهد. بعد از اصلاح همان طور که از شکل مشخص است در راستای Z میزان شتاب از مقدار تقریبی ۹,۸ به صفر کاهش یافته است اما در جهت X و Y میزان تاثیر این اصلاح کمتر است.

شکل فوق داده های خام حس شده توسط دو سنسور شتاب سنج و ژيروسکوپ را نشان می دهد. همان طور که از شکل آشکار است نمودار a_{sx} به roll و نمودار a_{sy} با pitch شبیه به هم هستند. این بدان معناست که زمانی که جسم در فضا شروع به چرخش می کند ما نمی توانیم تشخیص دهیم که آیا شتاب وارده بدلیل دوران بوده است یا اینکه به خاطر شتاب خطی حرکت است. این کار موجب افزایش دقت داده های خروجی به هنگام جهت گیری جسم موجود در فضا می-

باشد و دیگر اختلال شتاب وجود نخواهد داشت. در صورت عدم انجام این کار هنگامی که گوشی در حالت چرخیده شتاب می گیرد ما قادر به تشخیص نیستیم که آیا این شتاب به خاطر وجود مولفه گرانش است یا به خاطر خود شتاب.

مقایسه شتاب اندازه گیری شده با شتاب سنج و GPS

روشی دیگر برای اندازه گیری مقدار شتاب، استفاده از GPS است. با مشتق گیری از میزان جا به جایی قادر به اندازه گیری شتاب میانگین وسیله متحرک است در شکل فوق نقاط قرمز رنگ شتاب کلی احساس شده توسط شتاب سنج و نقاط آبی رنگ شتاب محاسبه شده توسط GPS است.

میزان شتاب کلی محاسبه شده توسط حسگر و GPS برابر است با:

$$a_{accT} = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2 + (a_z)^2} \quad (10)$$

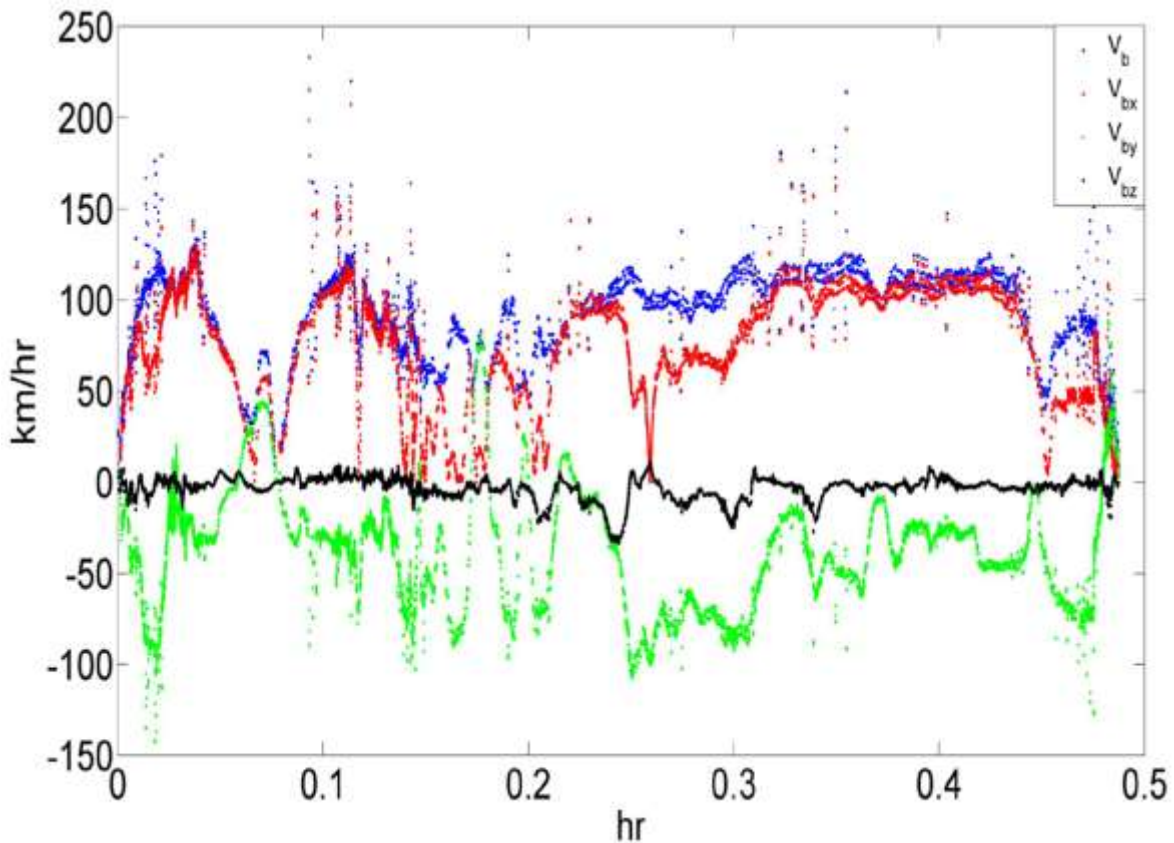
$$a_{GPS} = \frac{d(V_{GPS})}{dt} = \frac{d^2(d_t)}{dt^2} \quad (11)$$

طبق شکل فوق همان طور که مشخص است در بعضی نقاط اختلاف شتاب بین شتاب سنج و GPS بسیار در زیاد است دلیل این خطا آن است که شتاب سنج به صورت پیوسته شتاب را حس می کند اما در GPS هر چند میلی ثانیه ممکن است بین ۴ تا ۱۵ متر خطای جابه جایی داشته باشد. در این حالت GPS شتابی بسیار بزرگ را محاسبه می کند چون به نظر می آید که وسیله متحرک در طی چند میلی ثانیه ممکن است مسافت زیادی را طی کرده باشد پس شتابی خیلی زیاد را محاسبه می کند.

محاسبه سرعت

شکل فوق میزان سرعت کلی و سرعت در راستای محور ها را نشان می دهد که به ترتیب نقاط آبی رنگ سرعت کلی، نقاط قرمز سرعت در راستای محور x، نقاط سبز رنگ سرعت در راستای محور y و نقاط مشکی رنگ سرعت را در راستای محور z نشان می دهد.

سرعت کلی از رابطه $V_T = \sqrt{(V_x)^2 + (V_y)^2 + (V_z)^2}$ بدست می آید. وسیله ما چون یک خودرو است و در جاده حرکت می کند میزان تغییرات در ارتفاع در جاده زیاد نیست به همین دلیل مقدار سرعت در راستای Z تقریباً ثابت است.



شکل (۸) سرعت کل و سرعت های محوری

نقاط قرمز رنگ با آبی رنگ تشابه زیادی دارند. این بدان معنا است که هنگامی که خودرو به صورت مستقیم حرکت کرده است. میزان سرعت کل با سرعت در راستای محور x . تقریباً برابر است و در زمانی که خودرو شروع به خیدن می کند در راستای محور y هم سرعت مولفه پیدا کرده به همین دلیل نقاط آبی رنگ فاصله می گیرند. باید توجه نمود که از شتاب سنج برای محاسبه موقعیت مکانی نمی توان استفاده نمود زیرا از شتاب به مکان رسیدن مستلزم انتگرال دوگانه می باشد. حال اگر میزان شتاب احساس شده خطا داشته باشد با انتگرال گیری این خطا بسیار بزرگتر شده و دقت کار پایین می آید.

منابع و مراجع

- ۱- <https://fa.wikipedia.org/wiki/> سیگنال های جی پی اس
- ۲- <http://gitech.ir/gps/> منابع خطا در اندازه گیری جی پی اس
- ۳- <https://fa.wikipedia.org/wiki/> سامانه موقعیت یاب جهانی
- ۴- <https://fa.wikipedia.org/wiki/> جی پی اس تفاضلی

Archive of SID