مجله رویکردهای نوین در تحقیقات علوم پایه، فنی و مهندسی
سال اول، شماره ۱، دی ۱۳۹۷
ISSN: ۲٦٤٥-٥٤٣٩
www.jonarbset.ir

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

بهادر ابول پور [۱] ، فائزه علیایی پاریزی [۲]

[۱] استاد و عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی سیرجان
[۲] دانشجوی کارشناسی رشته مهندسی کامپیوتردانشگاه صنعتی سیرجان

چکیده

پیشرفت چشمگیر علم الکترونیک در بیست 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.

واژه‌های 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 بازگرداند مردمان غارنشین وقتی که برای تهیه غذا به شکار می رفتند، احتمالا 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 دریاهای باز(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، ژیروسکوپ، فشارسنج،گرما سنج، مغناطیس‌سنج، 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 ٤ ماهواره قرار دارد. راکت های کوچکی نیز ماهواره ها را در مسیر صحیح نگاه می دارد. به این ماهوار ه‌ها نوستار (NAVSTAR) نیز گفته میشود. سیستم موقعیت‌یاب جهانی در دو باند L۱(۱۵۷۵,۴۲مگا هرتز) و L۲ (۱۲۲۷,۶۰مگاهرتز) سیگنال های خود را ارسال می کند.باند L۱ با هر دو کد C/A و PA ترکیب می شود ولی باند L۲ 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. ماهوار ه‌های این سیستم، در مدارهای دقیق هر روز ۲ بار به دور زمین می‌گردند و اطلاعاتی را به زمین مخابره می‌کنند. گیرند ه‌های جی پی‌اس 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 می‌کند. از اختلاف این دو زمان، فاصله گیرنده از ماهواره تعیین می‌گردد. این عمل را با داد ه‌های دریافتی از چند ماهواره دیگر تکرار می‌کند و بدین ترتیب محل دقیق گیرنده را با تقریب ناچیز معین می‌کند. اگرفاصله ما از ماهواره ۱ در حدود ۱۰ کیلومتر باشد، بنابراین مکان ما درفضا برمحیط کره ای به مرکزیت ماهواره ۱وشعاع ۱۰کیلومتر 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 و اقع است .فصل مشترک این دو کره می تواند یک دایره باشدکه مکان ما بطورقطع برر وی محیط این دایره قراردارد. بنابراین مکان ما درفضا برمحیط کره ای به مرکزیت ماهواره ۱وشعاع ۱۰کیلومتر منطبق می باشد حال فرض می کنیم فاصله ما از ماهواره ۲۰ در حدود ۱۱ کیلومتر باشد در این حالت نیز مکان ما درفضا برروی محیط کره ای به مرکز ماهواره ۲ و شعاع ۱۱ کیلومتر و اقع است فصل مشترک این دوکره می تواند یک دایره باشد که مکان ما بطورقطع برروی محیط این دایره قراردارد.

ایده اصلی این موضوع براساس همان معادله سرعت نوردرمدت زمان تاخیر استوار است. سیستم GPS بدین صورت کار می‌کند که گیرنده کاربر مدت زمانی را که طول میکشد تا امواج رادیویی ازماهواره به او برسد را اندازه گیری می کند. امواج رادیویی با سرعت نورحرکت می کند وبدین ترتیب با حاصلضرب اندازه گیری شده درسرعت نور مسافت خود را تا ماهواره بدست می‌آورد و این کارحداقل بایستی برای ۳ ماهواره مشخص،صورت گیرد بنابراین برای اندزه گیری زمان رسیدن به سیگنال باید ازساعتهای خیلی کوتاه باشند زیرا امواج با داشتن سرعت نورخیلی سریع حرکت می کنند .[۱]

سیگنا ل مسافت یابی جی پی اس، به منظور اندازه گیری فاصله تا ماهواره مورد استفاده قرار می گرفت و داد ه‌های نجومی برای محاسبه موقعیت ماهواره در مدار استفاده می شد. سیگنال های جی پی‌اس همچنین اطلاعاتی در خصوص زمان و وضعیت منظومه ماهوارها را در بر می گیرد.[۲]

طرح اصلی جی‌پی‌اس، 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 یابی‌علاوه بر کدهای مسافت یابیPRN ، یک گیرنده نیاز دارد تا اطلاعات جزیی در خصوص موقعیت و شبکه هر ماهواره را بداند. در طرح جی‌پی‌اس چنین اطلاعاتی بر روی هر دوی کدهای مسافت یابی C/Aو P(Y) در ۵۰ بیت در ثانیه، تنظیم شد ه است که پیام جهت یابی نامیده می‌شود. برای‌کدهای 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 L۱ نامیده می شود، و دومی در ۱۲۲۷/۶۰ مگاهرتز که L۲ نامگذاری شده است.کدC/A بر روی فرکانس L۱ به عنوان‌یک‌سیگنال۱/۰۲۳ مگاهرتزی منتقل می‌شود که یک شیوه مدولاسیون کلید انتقال فاز بی (BPSK) را استفاده می کند. کد P(Y) بر روی هر دوی فرکانس های L۱وL۲ منتقل می شود که به عنوان یک سیگنال ۱۰/۲۳ مگاهرتزی از مدولاسیون BPSKی مشابهی استفاده می کند، هرچند 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.بعلاوه وضعیت آب و هوا در زمان دریافت سیگنال ،نوع‌گیرنده (تک فرکانسه یا چندفرکانسه) ، روش تعیین موقعیت (استاتیک یا کینماتیک و...) ، نحوه پردازش های بعدی معیار های دقت تعیین موقعیت GPS میباشند.[۳]

سامانه موقعیت‌یاب 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 دقیق‌تر نسبت به جی‌پی‌اس، از دقت اسمی ۱۵ متری جی‌پی‌اس به حدود ۱۰ سانتی‌متر در بهترین حالت پیاده سازی است.[۴]

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

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 NEDحمل شده توسط وسیله پرنده

ر) دستگاه مختصات بدنه

تبدیلات و روابط حاکم بین ان ها

رابطه چرخش اویلر:

$$R_{C1/C2} = \begin{bmatrix} \cos\zeta & \sin\zeta & 0 \\ -\sin\zeta & \cos\zeta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

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

$$R_{C1/C2} = R_{C1/C2}^{-1} = R_{C1/C2}^{T}$$

جهت یابی یک دستگاه مختصات کارتزین به ترتیب با سه گردش اویلر قابل توضیح است. برای کاربرد در علوم هوافضا گردش اویلر حول هر سه محور اعمال می گردد که از قانون دست راست پیروی می کند.

زاویه اویلر متشکل از سه زاویه است که توسط اویلر برای جهت گیری جسم صلب در فضا معرفی گردیده است.اگرچه چرخش بین هر دستگاه مختصات کارتزین توسط زوایای اویلر قابل توصیف است اما در این بحث ما صرفا به انتقال بین دستگاه مختصات حمل شده NED (یا محلی) و دستگاه مختصات بدنه می پردازیم. به صورت تخصصی تر زوایای اویلر چهر چوب مرجع را به چهار چوب ارجاع داده شده حول سه محور X، Y و Zمنتقل می کند.این سه زاویه اویلر به عنوان زوایای محور roll و pitch، 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:

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

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 :

$$\dot{\lambda} = \frac{v_{nv}}{(N_E+h)\cos\Phi} \qquad \dot{\Phi} = \frac{u_{nv}}{M_E+h} \qquad \dot{h} = -w_{nv} \qquad (٤)$$

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

$$\dot{u_{nv}} = -\frac{(v_{nv})^2 \sin\Phi}{(N_E+h)\cos\Phi} + \frac{u_{nv}w_{nv}}{M_E+h} + a_{mx,nv} \qquad (٥)$$

$$\dot{v_{nv}} = \frac{u_{nv}v_{nv}\sin\Phi}{(N_E+h)\cos\Phi} + \frac{v_{nv}w_{nv}}{M_E+h} + a_{my,nv} \qquad a_{me,nv} = \begin{pmatrix} a_{mx,nv} \\ a_{my,nv} \\ a_{mz,nv} \end{pmatrix} \qquad (٦)$$

$$\dot{w} = \frac{(v_{nv})^2}{(N_E+h)} - \frac{(u_{nv})^2}{M_E+h} + g + a_{mz,nv} \qquad (٧)$$

که در آن $a_{me,nv}$ شتاب اندازه گیری شده مربوط به چهارچب بدنه بر رویNEDحمل شده توسط وسیله است نسبت به$a_{mea,b}$پیش افکندگی دارد .در رابطه فوق ما ترم مربوط به چرخش آزاد زمین را حذف کرده ایم. زیرا برای وسیله ای پرنده همانندUAVقابل چشم پوشی است.

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

$$V_b = R_{b/nv} \qquad a_b = R_{b/_{nv}} a_{nv} \qquad a_{mea,b} = R_{b/nv} a_{mea,nv} \qquad (٨)$$

که در آن $R_{b/nv}$ ماتریس تبدیل از دستگاه NED حمل شده توسط وسیله پرنده به دستگاه مختصات بدنه می باشد که به صورت زیر تعریف می گردد.

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

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

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

Sمجموع ماتریس انتقال است که به صورت $S=\begin{bmatrix}1 & \cdot & -\sin\theta\\ \cdot & \cos\Phi & \sin\Phi\cos\theta\\ \cdot & -\sin\Phi & \cos\Phi\cos\theta\end{bmatrix}$ تعریف می گردد.

رابطه $\mathrm{S}\begin{pmatrix}\dot{\Phi}\\ \dot{\theta}\\ \dot{\psi}\end{pmatrix}w_{b/nv}^{b}=$ به عنوان معادله جنبشی اویلر شناخته می شود که $\theta=\pm^{9\cdot^{\circ}}$ موجب یکتایی در ماتریسS می شود.

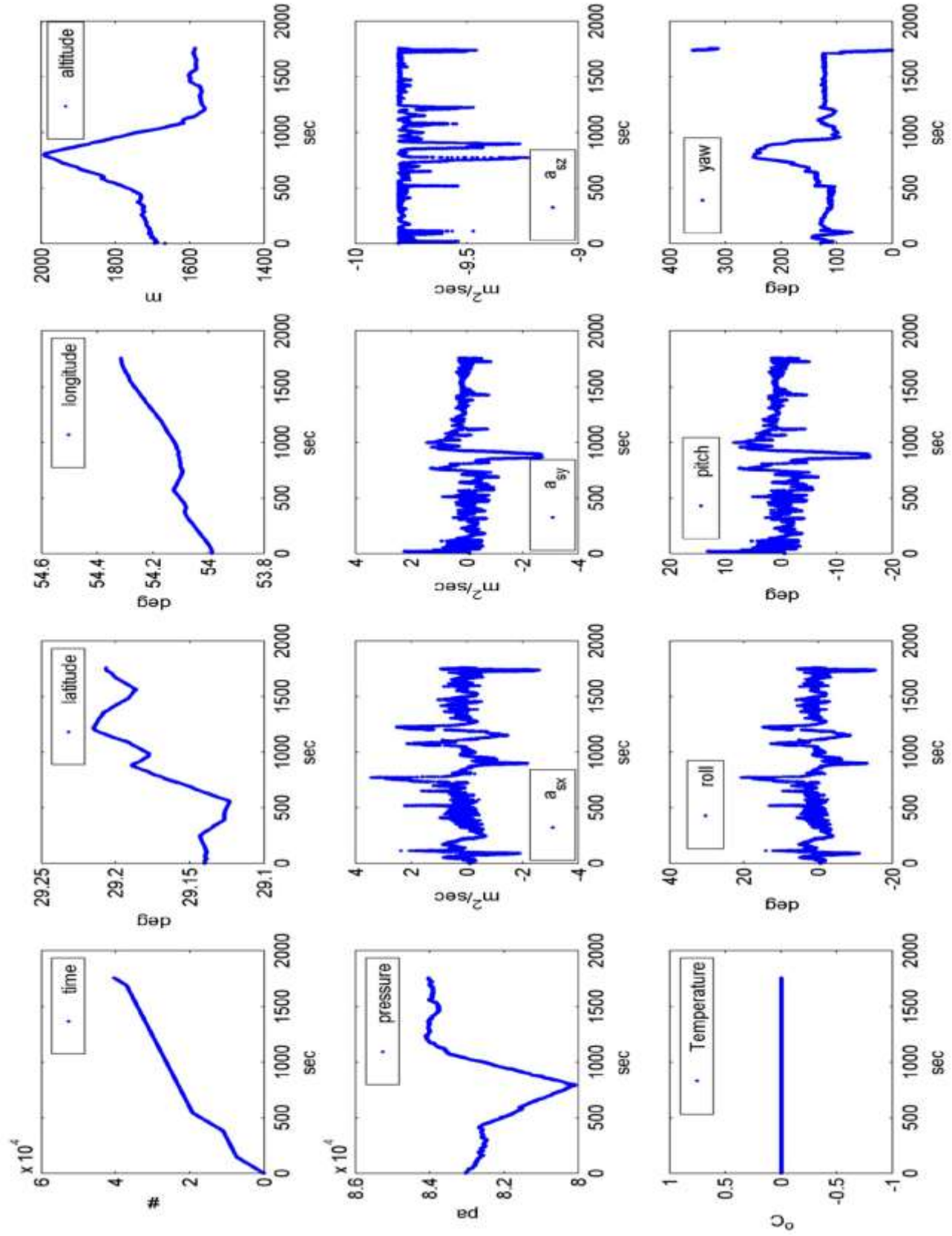
رابطه تبدیل دستگاه مختصاتNED حمل شده توسط وسیله و NED محلی:

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

$$v_n=v_{nv}\qquad w_{b/n}^{b}=w_{b/nv}^{b}\qquad a_n=a_{nv}\qquad a_{mea,n}=a_{mea,nv}\qquad (۹)$$

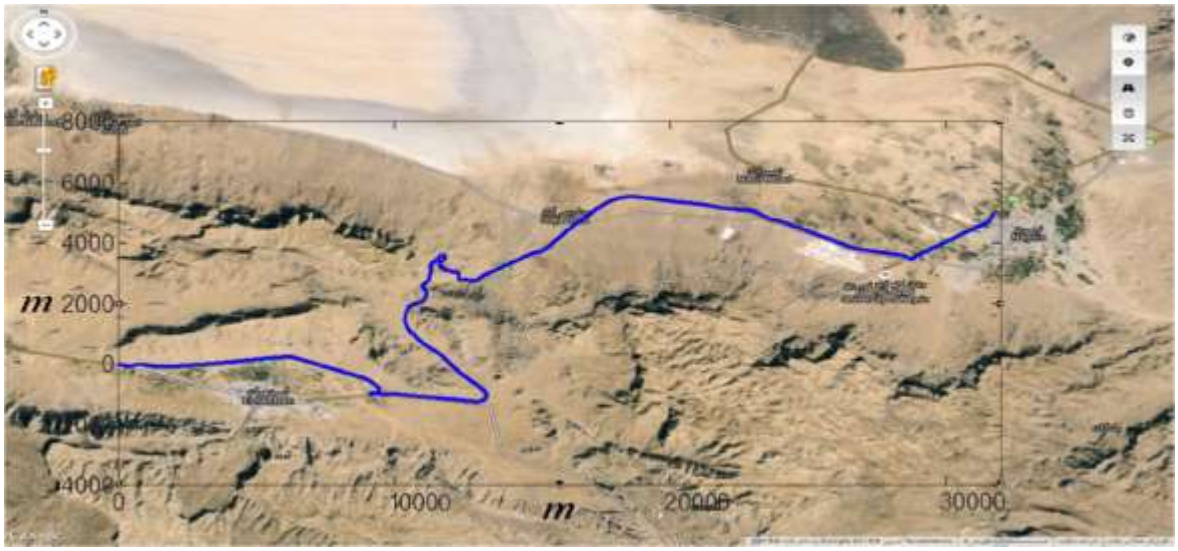
تحلیل داده ها و نتیجه گیری:

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.



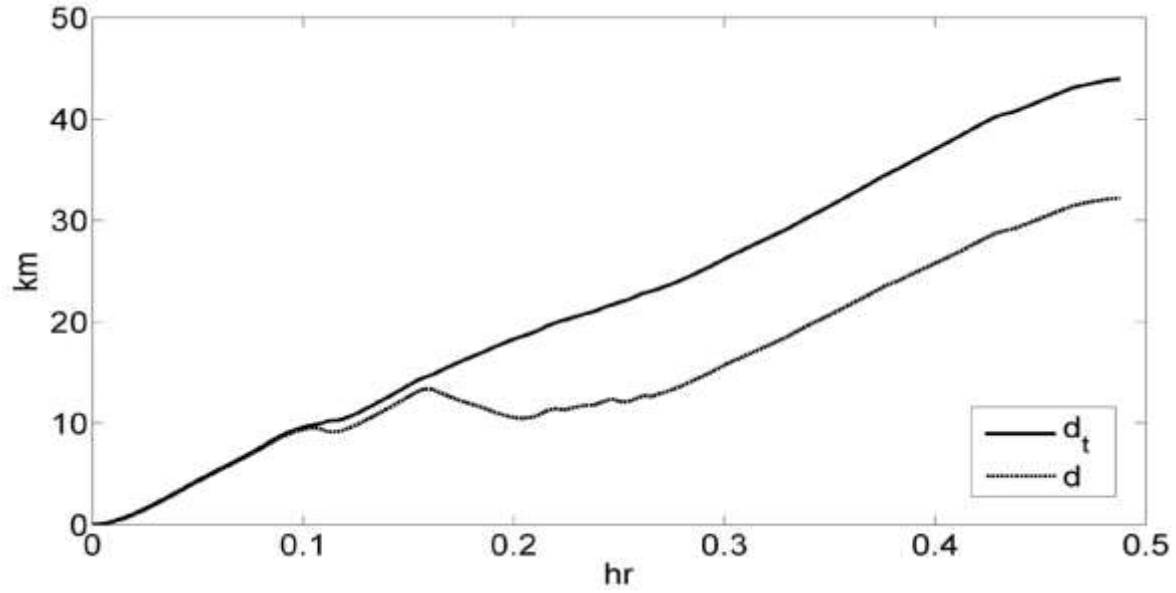
شکل(۱) داده های خام حسگرهای گوشی

مطابق شکل زیر ردیف بالا نشانگر داده های گرفته شده توسط GPS است. اولین نمودار در ردیف بالا سمت چپ نشانگرمیزان 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 بالابه 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 نشاگر فشار حس شده بر حسب زمان توسط فشار سنج گوشی بوده و سه نمودار بعدی در ردیف دوم شتاب حس شده توسط سنسورشتاب 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 حس‌شده توسط سسنسور گوشی و داده های سنسور ژیروسکوبی 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 توسطژیروسکوب گوشی را نشان می دهد که همان چرخش گوشی حول محور های x ، z و y در صفحه دستگاه مختصات بدنه است که ژیروسکوب قرار دارد.با دریافت اطلاعات از GPS و تبدیل آن به مختصاتECEF در دستگاه مختصات کارتزین می توان موقعیت مکانی جسم متحرک را بر حسب x,yوz بیان نمود.



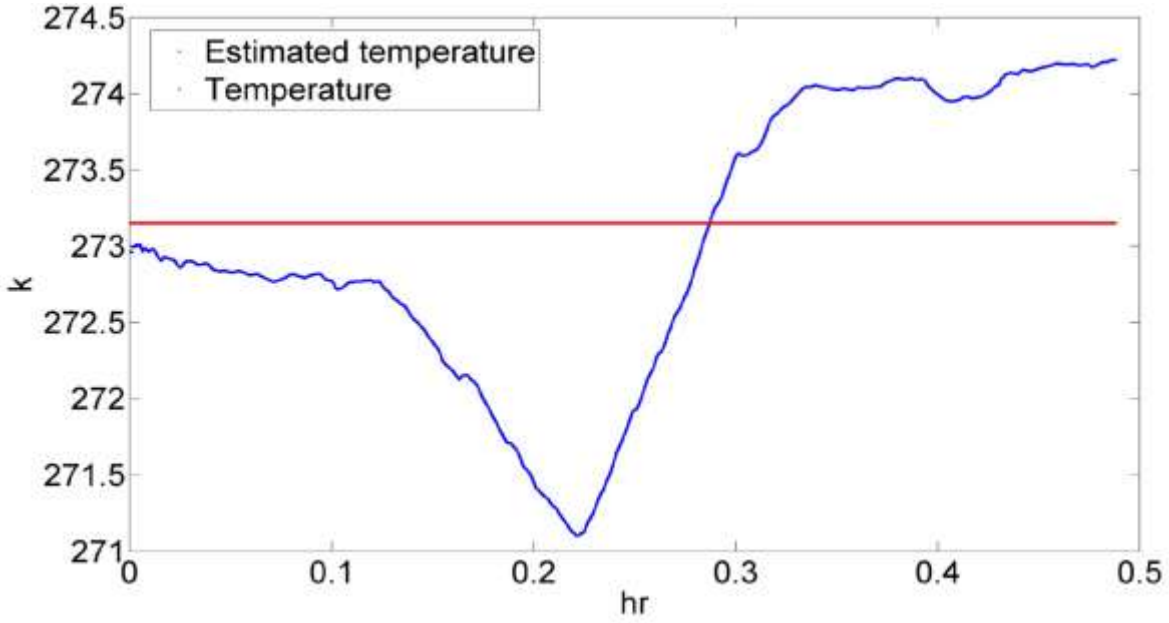
شکل(۲) مسیر طی شده توسط وسیله پرنده

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 کارتزین تبدیل کردیم وx و y را در نموداری رسم نمودیم که در این نمودار محور افقی نشانگر y و محور عمودی نشانگرx 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

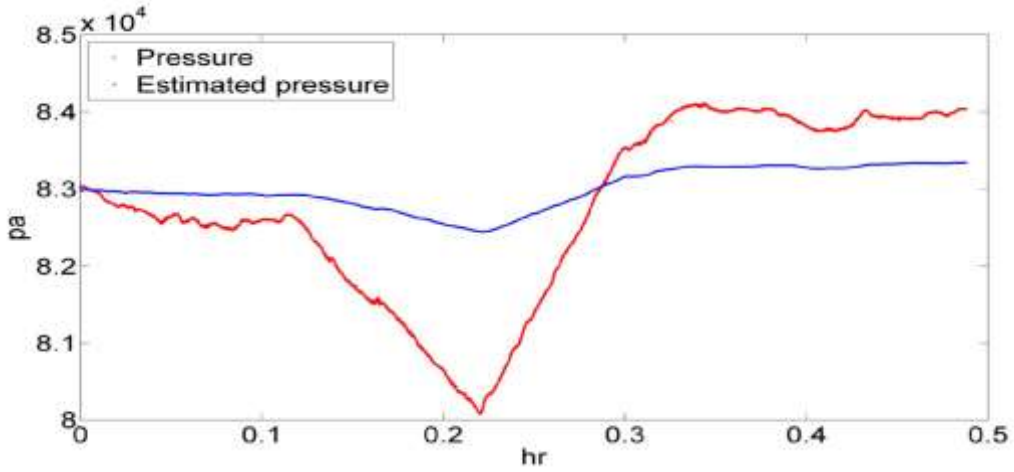
نمودار فوق فاصله طی شده خودرو(km) بر حسب زمان (hr)داده شده است. خطوط نقطه چین (d) پایین تر هستند فاصله مستقیم را نشان می دهد و خط مشکی رنگ مسیر طی شده توسط خودرو را در جاده نشان می دهد. از شیب این نمودار به طور میانگین می توان سرعت خودرو را بدست آورد که تقریبا برابر با ۹۰کیلومتر بر ساعت می باشد. همچنین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



شکل(۵) نموداردما بر حسب زمان

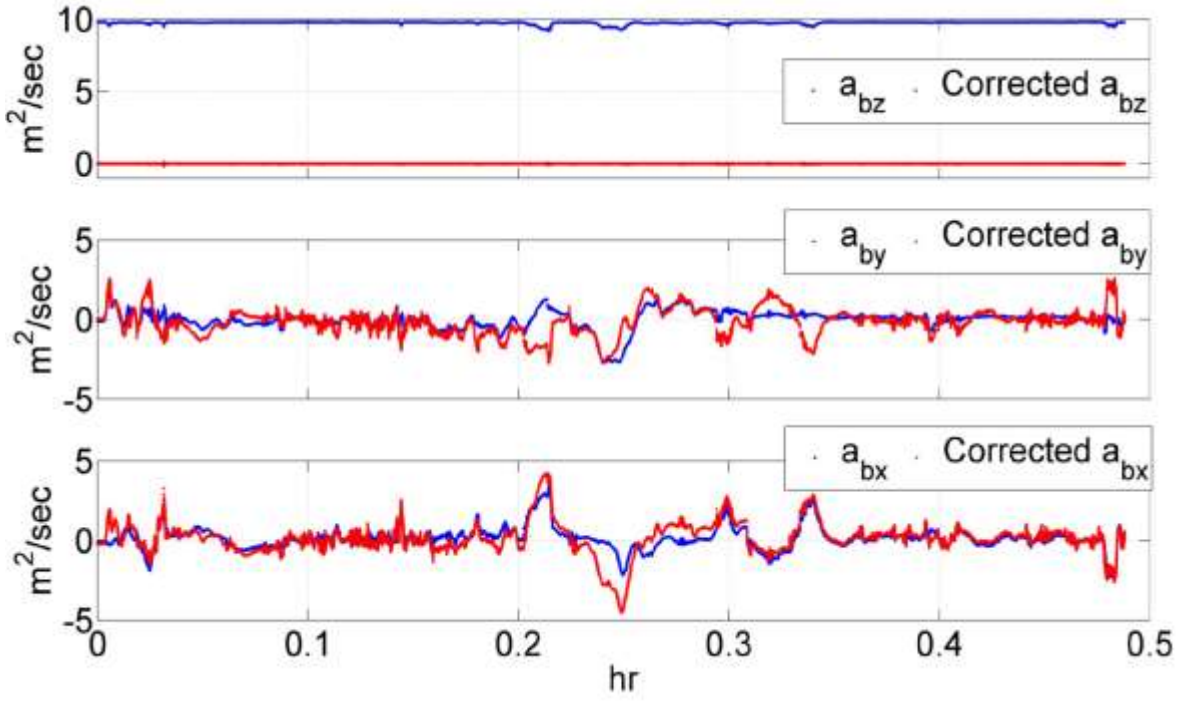
با داشتن دما سنج یا ترمومتر می توان دما را در هر شرایط ممکن اندازه گیری نمود .همان طور که قبلا ذکر شد گوشی همراه ما مجهز به این سنسور نیست به همین دلیل ما از طریق رابطه بین فشار و دماکه قبلا قید گردید مقدار دمارا اندازه گیری نمودیم.

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 بالا تر می رود زیرا حساسیت عملکرد یک حسگر بسیار بالاتر از میزان دقت فرمول های تجربی است.



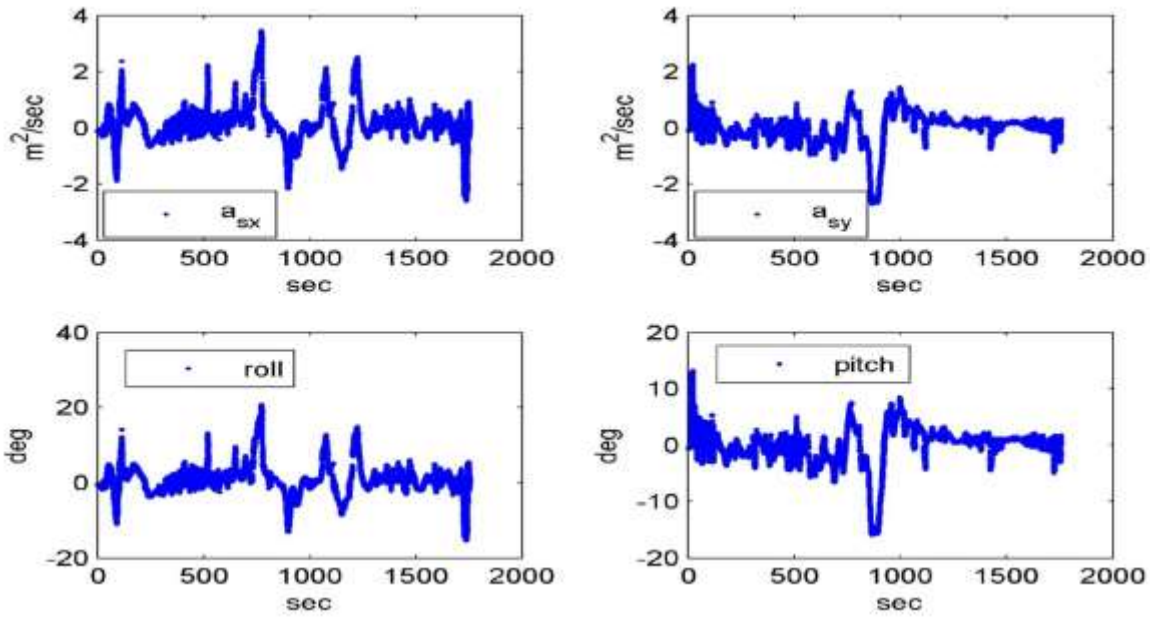
شکل(۵) نمودار فشار بر حسب زمان

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 جهتx ،zgy 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 محورمولفه 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 راستایx ،zgy 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 هارا از دستگاه مختصات بدنه به دستگاه مختصاتNED حمل شده توسط وسیله برده در اینجا مقدار شتاب گرانش را از شتاب a_zحذف 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 درراستایz میزان شتاب از مقدار تقریبی۹،۸ به صفر کاهش یافته است اما در جهتX وYمیزان تاثیر این اصلاح کمتر است.

شکل فوق داده های خام حس شده توسط دو سنسور شتاب سنج و ژیروسکوب 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 فضاشروع 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 ازGPS 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 توسطGPS است.

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

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

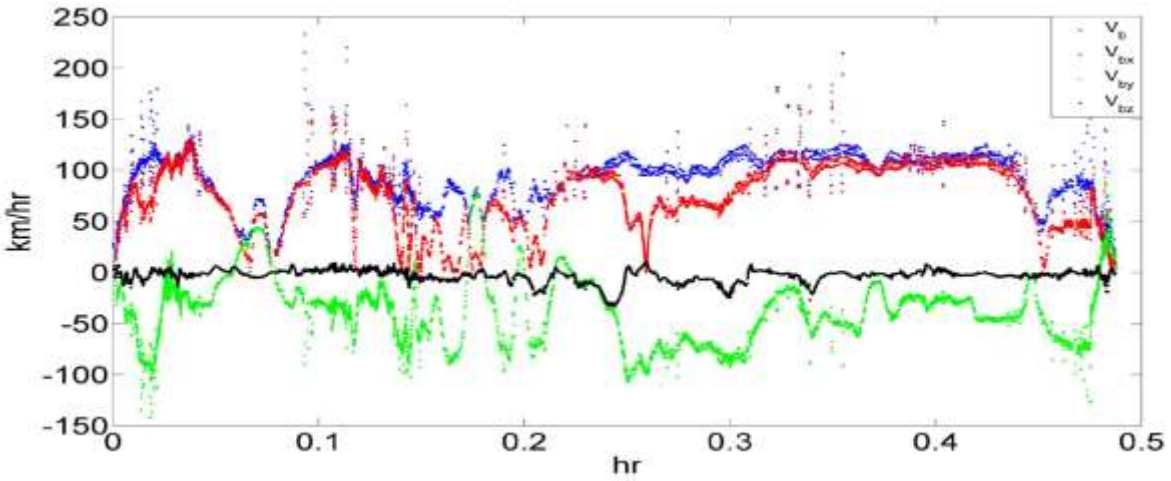
$$a_{GPS} = \frac{d(V_{GPS})}{dt} = \frac{d^2(d_t)}{dt^2} \qquad (11)$$

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 درGPS هر چند میلی ثانیه ممکن است بین ٤ تا ١٥ متر خطای جابه جایی داشته باشد .در این حالتGPS 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 محورy و نقاط مشکی رنگ سرعت را در راستای محورz 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 خودرواست و در جاده حرکت می کند میزان تغیرات در ارتفاع در جاده زیاد نیست به همین دلیل مقدار سرعت درراستایZ تقریبا 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 است .میزان سرعت کل با سرعت در راستای محورx .تقریبا برابراست و در زمانی که خودرو شروع به خیدن می کند در راستای محورy 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- سیگنال های جی پی اس https://fa.wikipedia.org/wiki/

۲- منابع خطا در اندازه گیری جی پی اس http://gistech.ir/gps/

۳- سامانه موقعیت یاب جهانی https://fa.wikipedia.org/wiki/

٤- جی پی اس تفاضلی https://fa.wikipedia.org/wiki/