

به نام خدا

DGPS مجازی با استفاده از شبکه عصبی

گردآوری

جواد عبدی

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد

Sh_abdi@yahoo.com

کلمات کلیدی

شبکه عصبی، GPS، VDGPS¹

چکیده

سیستم موقعیت یابی GPS امروزه در کاربردهای متنوعی استفاده می شود و داشتن دقت بالا در این امر از موارد ضروری می باشد. بعداز حذف اثر SA توسط ایالات متحده آمریکا، دقت گیرنده های تجاری تا حدود بسیار زیادی افزایش یافته است اما در اغلب کاربردها کافی نیست. در این مقاله روشی جدید جهت افزایش دقت موقعیت یابی ارائه شده است که این روش مبتنی بر شبکه های عصبی و مفهوم DGPS می باشد که آن را موقعیت یابی تفاضلی مجازی نامیده ایم.



¹ Virtual DGPS

۱. مقدمه

سیستم ماهواره‌ای موقعیت‌یابی جهانی (*GPS*) شامل بیش از 24 ماهواره است که بطور مداوم سیگنالهایی با فرکانس خاص را به زمین ارسال می‌کنند. یک گیرنده *GPS* با استفاده از سیگنالهای ماهواره‌ای، موقعیت، سرعت و زمان را استخراج می‌کند. برای محاسبه زمان و موقعیت سه بعدی فقط چهار ماهواره مورد نیاز می‌باشد ولی موانعی ممکن است مانع رسیدن سیگنالهای بعضی از ماهواره‌ها به گیرنده شود از اینرو با انتخاب پنج و یا حتی شش ماهواره و بیشتر امکان موفقیت در یافتن یک موقعیت ثابت بیشتر خواهد بود. هر ماهواره یک کد مخصوص را ارسال می‌کند و گیرنده‌ها می‌توانند سیگنالهای تمام ماهواره‌های در دید که بطور همزمان به آنتن می‌رسد را تشخیص دهند. البته بسته به نوع گیرنده و تعداد کانالهای ورودی گیرنده، تعداد ماهواره‌های ردیابی شده متفاوت می‌باشند. گیرنده‌های امروزی بطور معمولی تا 12 کانال می‌توانند ماهواره‌ها را ردیابی کنند. گیرنده با تلفیق داده‌های حاصل از چهار ماهواره که در زاویه دیدش قرار دارند، یک موقعیت خاص را در سطح کره زمین مشخص می‌کند.

گیرنده‌های *GPS* را می‌توان بسته به نوع آشکارسازی به سه نوع تقسیم کرد [۱]:

نوع اول: اندازه‌گیرشبه فاصله ۱ کد C/A

نوع دوم: گیرنده اندازه‌گیر حامل کد C/A

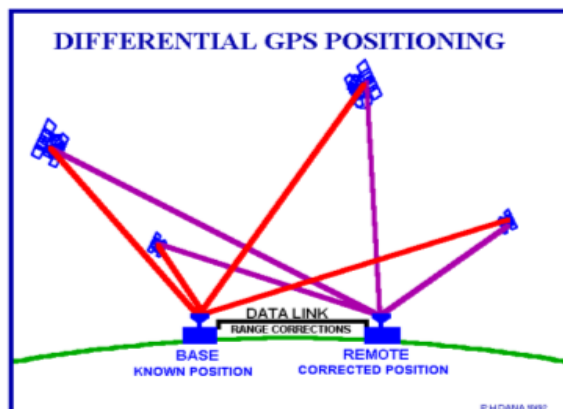
نوع سوم: گیرنده کد P^3

موقعیت تفاضلی با استفاده از *GPS*، منحصراً *DGPS* نامیده می‌شود. یک گیرنده معمولاً در یک مکان مرجع (*A*) که دارای موقعیت معلوم است، قرار داده می‌شود و گیرنده‌های دیگر (*B*) معمولاً در حرکت می‌باشند. کاهش دقت در موقعیت‌یابی نقاط در اثر *SA* باعث توسعه *DGPS* شده است. دقت بالاتر بر اساس این حقیقت استوار است که منابع خطای *GPS* در گیرنده‌هایی که در فاصله مشخصی از هم واقع شده‌اند، خیلی شبیه به هم است و بنابراین می‌تواند تقریباً با روش تفاضلی حذف شود. بنابراین جهت افزایش دقت گیرنده‌های *GPS* اصولاً دو روش کلی وجود دارد که عبارتند از روش پردازش یا فیلترینگ و نیز روش تفاضلی. روشی که ما در اینجا ارائه خواهیم کرد به نوعی برگرفته از دو روش است که در ادامه توضیح می‌دهیم. [۹ و ۲]

¹ Pseudo Range

² Coarse & Acquisition Code

³ Precision Code



شکل ۱- نحوه ارتباط در DGPS

۲. منابع خطا در GPS

خطاهای اندازه‌گیری فاز حامل و شبه فاصله GPS، تحت تاثیر عوامل مختلفی هستند. منابع خطا می‌تواند بصورت خطاهای ناشی از ماهواره، ناشی از خود گیرنده و یا ناشی از انتشار سیگنال (بازتاب‌های لایه اتمسفر) باشد. میزان خطای ایجاد شده توسط هر منبع خطا، در جدول ۱ آورده شده است. خطاهای ناشی از ماهواره‌ها شامل خطای مداری، ساعت ماهواره‌ها و اثر SA^۱ می‌شود. البته خطای SA^۱ که توسط وزارت دفاع آمریکا جهت کاهش دقت گیرنده‌های غیر نظامی ایجاد شده بود، از اول ماه می سال ۲۰۰۰ حذف شده است. خطای گیرنده شامل خطای ساعت گیرنده، خطای چند مسیری^۲، نویز گیرنده، تغییرات مرکز فاز آنتن و غیره می‌شود. خطای انتشار سیگنال شامل تاخیر ایجاد شده به سبب عبور سیگنال از لایه یونسفر و تروپوسفر زمین می‌باشد. [۴ و ۳]

۳. DGPS معمول و محدودیتهای آن

در روش DGPS از خاصیت همبستگی خطای لایه‌های جوی زمین در فاصله‌ای مشخص از دو گیرنده مبدا و کاربر استفاده کرده و سعی در کاهش این خطاها دارند اما روش DGPS محدودیتهایی نیز دارا می‌باشد که استفاده از آن را در بعضی کاربردها با مشکل مواجه می‌کند. بعضی از این محدودیتهای عبارتند از [۱۰ و ۶]:

بایاس یونسفر بعثت دور شدن گیرنده کاربر و مرجع غیر همبسته می‌شود.

^۱ Selective Availability

^۲ MultiPath Error

خطاهای مداری ماهواره ها می تواند خطای متفاوتی را در شبه فاصله گیرنده کاربر و مرجع ایجاد کند. پیاده سازی **DGPS** نیازمند هزینه زیادی می باشد.

جدول 1: منابع خطا و میزان تاثیر گذاری آنها

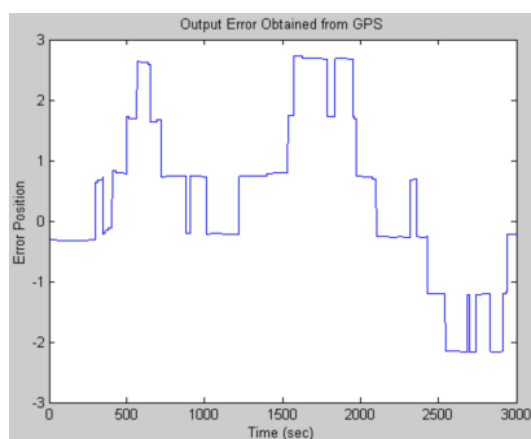
منبع خطا	میزان خطا	میزان خطا در DGPS کمتر از 100km از مرجع
ساعت ماهواره	1m	
مدار ماهواره	1m	
اثر SA	10m	
لایه تروپوسفر	1m	
نویز شبه فاصله	1m	1m
نویز گیرنده	1m	1m
خطای چند مسیره	0.5m	0.5m
RMS خطاها	15m	1.6m
منبع خطا	میزان خطا	میزان خطا در DGPS کمتر از 100km از مرجع
ساعت ماهواره	1m	
مدار ماهواره	1m	
اثر SA	10m	
لایه تروپوسفر	1m	
نویز شبه فاصله	1m	1m
نویز گیرنده	1m	1m
خطای چند مسیره	0.5m	0.5m
RMS خطاها	15m	1.6m

روشی که ارائه کرده ایم بر اساس سیستم ایستگاهی در حالت **DGPS** بنا شده است که در ادامه توضیح می دهیم.

۴. DGPS مجازی یا VDGPS

در این روش فرض می‌کنیم که وسیله نقلیه ای که گیرنده *GPS* روی آن نصب شده است، در یک فاصله کوتاه بصورت خط راست و با سرعت یکنواخت در حال حرکت است. سرعت اطلاعات خروجی *GPS* می‌تواند تا یک ثانیه باشد. اگر روی اطلاعات بدست آمده از *GPS* دقت شود، مشاهده می‌شود تغییرات خطا در نبود اثر *SA* بسیار کند می‌باشد. بنابراین ما از این فرض که این خطا در بازه ای مثلا 10 ثانیه ای ثابت است استفاده خواهیم کرد.

اساس این روش مبتنی بر روش *DGPS* می‌باشد و ایده اصلی از آنجا گرفته شده است. بدین صورت که در آنجا یک یا چند ایستگاه ساکن مدام تصحیحات را برای کاربران می‌فرستند و کاربران نیز از این اطلاعات جهت تصحیح خطای خود استفاده می‌کنند. در الگوریتم پیشنهادی فرض می‌شود که وسیله نقلیه از مسیرهای مشخصی عبور می‌کند. در اینجا ما این مسیرها را به قسمتهای زیادی با فاصله مشخص تقسیم می‌کنیم و اطلاعات دقیق این نقاط را به حافظه *GPS* می‌دهیم. این مجموعه اطلاعات را به عنوان موقعیت دقیق ایستگاههای مجازی در نظر می‌گیریم. میزان فاصله این نقاط باید به گونه ای تعیین شود که وسیله نقلیه این فاصله را کمتر از 10 ثانیه طی نکند. همانطور که گفته شد اگر فرض کنیم خطا در فاصله زمانی 10 ثانیه تغییر نمی‌کند، می‌توان با بدست آوردن خطا در ایستگاههای مجازی کار تصحیح خطا را مانند یک سیستم *DGPS* انجام داد. مساله ای که بوجود می‌آید نحوه یافتن میزان خطا در ایستگاههای مجازی مربوطه می‌باشد. برای پیدا کردن خطا در این ایستگاهها از شبکه های عصبی استفاده کرده ایم.



شکل 2- میزان تغییرات خطای بدست آمده از *GPS* (مدل *Etrex Vista* از شرکت *Garmin*) در طول زمانی تقریباً 1 ساعت

۴-۱. پیش بینی خطای GPS با مدل شبکه عصبی

چون خطای GPS تابعی از زمان می باشد می توان این تابع را با استفاده از شبکه عصبی مدل و پیش بینی کرد [۷]. اساسا برای مدل کردن سیستمهای دینامیک دو نوع شبکه عصبی می توان بکار برد. نوع اول شبکه های عصبی پیشخور^۱ می باشد که ساختاری شامل چند لایه پرسپترون دارند. در این نوع شبکه ها یک نداشت استاتیک در نظر گرفته می شود و این نکته که چه الگوریتم یادگیری بکار برده شود، مهم نیست. نوع دیگری از مدل شبکه های عصبی دارای ساختار برگشتی^۲ هستند. در این شبکه ها پارامترهای بازگشتی توسط نگاشتی پویا از ورودیهای قبلی استفاده می شود. بنابراین توانایی رفتار با سیستمهای متغیر با زمان را دارند. این نوع شبکه ها در سیستمهای دینامیک مناسبتر از ساختار پیشخور می باشند. وجود پارامترهای زیاد در هنگام وارد شدن نویز به سیستم کارایی را کاهش می دهد و باعث طولانی شدن زمان یادگیری شبکه می شود، به این دلایل استفاده از شبکه ای با پارامترهای کمتر مورد قبول می باشد [۸].

با در نظر گرفتن مواردی که در بالا گفته شد ، شبکه عصبی برگشتی المان^۳ جهت پیش بینی خطا بکار گرفته شد .

۴-۱-۱. شبکه المان : مدل و یادگیری

شبکه المان معمولا بصورت یک شبکه دو لایه می باشد که از خروجی لایه اول به ورودی همان لایه فیدبک می شود. این اتصال برگشتی به شبکه المان اجازه می دهد تا الگوهای متغیر با زمان را آشکار کند. یک شبکه المان تصحیح شده در شکل ۳ نشان داده شده است. برای مدل کردن شبکه فرض می کنیم m ورودی و q خروجی داریم. یک مدل غیر خطی از فضای حالت بصورت معادلات ۱ و ۲ می باشد.

$$x(k+1) = f\{x(k), u(k)\} \quad (1)$$

$$y(k) = g\{x(k)\} \quad (2)$$

در فرمولهای بالا $x(k), y(k), u(k)$ به ترتیب بردار ورودی ، بردار خروجی و بردار حالت در زمان k می باشند .

¹ Feed Forward Neural Network

² Recurrent Neural Network

³ Elman Recurrent Neural Network

دینامیک شبکه المان توسط معادلات 3 تا 6 ارائه می شود.

$$s(k+1) = W^x x^c(k+1) + W^u u(k) \quad (3)$$

$$x^h(k+1) = \varphi\{s(k+1)\} \quad (4)$$

$$x^c(k+1) = x^h(k) + \alpha x^c(k) \quad (5)$$

$$y^h(k+1) = W^y x^h(k+1) \quad (6)$$

در این فرمولها $s(k)$ متغیر طبقه میانی و $\varphi(\cdot)$ تابع انتقال شبکه است. الگوریتم **CGBP**، جهت یادگیری شبکه استفاده شده است. در این الگوریتم نیازی به محاسبات مشتق دوم وجود ندارد و همگرایی آن نیز سریع می باشد. این الگوریتم مسیر جستجوی اولیه خود را در جهت بیشترین شیب قرار می دهد.

$$P_0 = -g_0 \quad (7)$$

سپس مسیر جستجوی بهینه بصورت معادله 8 اعمال می گردد.

$$x_{k+1} = x_k + \alpha_k P_k \quad (8)$$

بنابراین مسیر جستجوی بعدی توام با مقدار قبلی خواهد بود. روند معمول در تعیین مسیر جستجوی جدید ترکیبی از بیشترین شیب گرادیان و مسیر جستجوی قبلی می باشد :

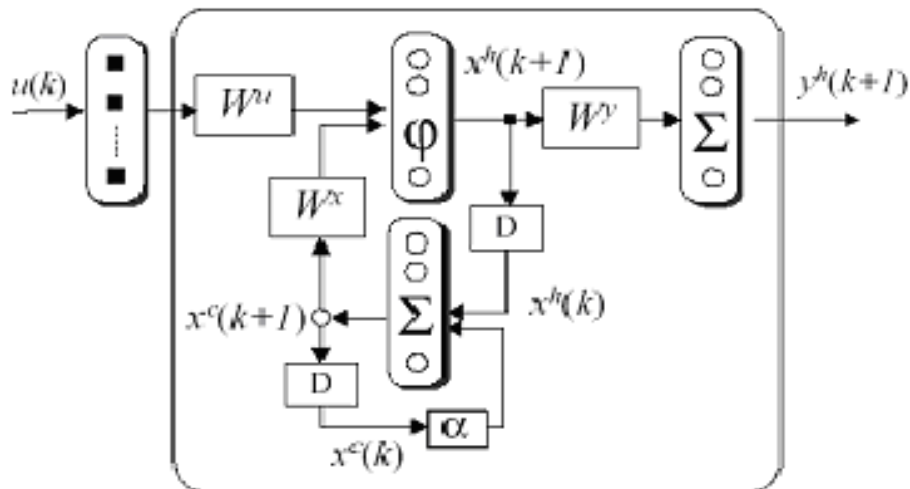
$$P_k = -g_k + \beta_k P_{k-1} \quad (9)$$

در یادگیری شبکه از روش **Fletcher-Reeves** استفاده شده است که در این روش β_k بصورت معادله 10 تغییر می کند :

$$\beta_k = \frac{g_k^T g_k}{g_{k-1}^T g_{k-1}} \quad (10)$$

این عبارت بصورت نسبتی از مربع نرم ۱ گرادیان جاری به مربع نرم گرادیان قبلی می باشد.

۲-۴. بررسی کارایی روش با استفاده از شبیه سازی



شکل ۳- بلوک دیاگرام یک شبکه المان اصلاح شده

در این الگوریتم بعد از اینکه خودرو حرکت کرد با استفاده از اطلاعات بدست آمده از *GPS* و نیز اطلاعات موجود در حافظه آن، گیرنده نزدیکترین ایستگاه مجازی (n) را نسبت به خود پیدا می کند. سپس بسته به سرعت خودرو قبل از اینکه به محدوده ایستگاه مجازی بعدی ($n+1$) برسد، تفاضل اطلاعات بدست آمده از *GPS* تا m لحظه قبل نسبت به ایستگاه n ام را محاسبه کرده و به عنوان ورودی شبکه عصبی اعمال می کند. خروجی شبکه میزان خطا در ایستگاه مجازی بعدی خواهد بود. بنابراین بعد از اینکه

گیرنده به محدوده بعدی رسید، میزان خطای پیش بینی از قبل را از اطلاعات بدست آمده از GPS کم کرده و می تواند تصحیح خطا انجام دهد.

برای اثبات این مدعا (الگوریتم ارائه شده) مسیری به طول 90 کیلومتر شبیه سازی شد و فرض شد که خودرو با سرعت ثابت بین ایستگاههای مجازی در حال حرکت است. شایان ذکر است که سرعت ثابت فقط به علت شبیه سازی اتخاذ شده اما در اجرای الگوریتم سرعت متغیر نیز می تواند وجود داشته باشد. سپس به موقعیتهای دقیق شبیه سازی شده، نویز واقعی بدست آمده از GPS اضافه گردید. بعد از این مرحله شبکه عصبی برگشتی المان، جهت پیش بینی خطاها استفاده شد. ورودیها بدین صورت اعمال شد که برای پیش بینی خطا در ایستگاه $(n+1)$ تفاوت مقادیر طول و عرض جغرافیایی در لحظات t ، $t-1$ و $t-2$ از ایستگاه n ام محاسبه شده و این مقادیر به شبکه اعمال شدند. بنابراین در این حالت شبکه ای با 6 ورودی و دو خروجی خواهیم داشت. تابع انتقال شبکه نیز به صورت سیگموئید غیر خطی متقارن استفاده شد.

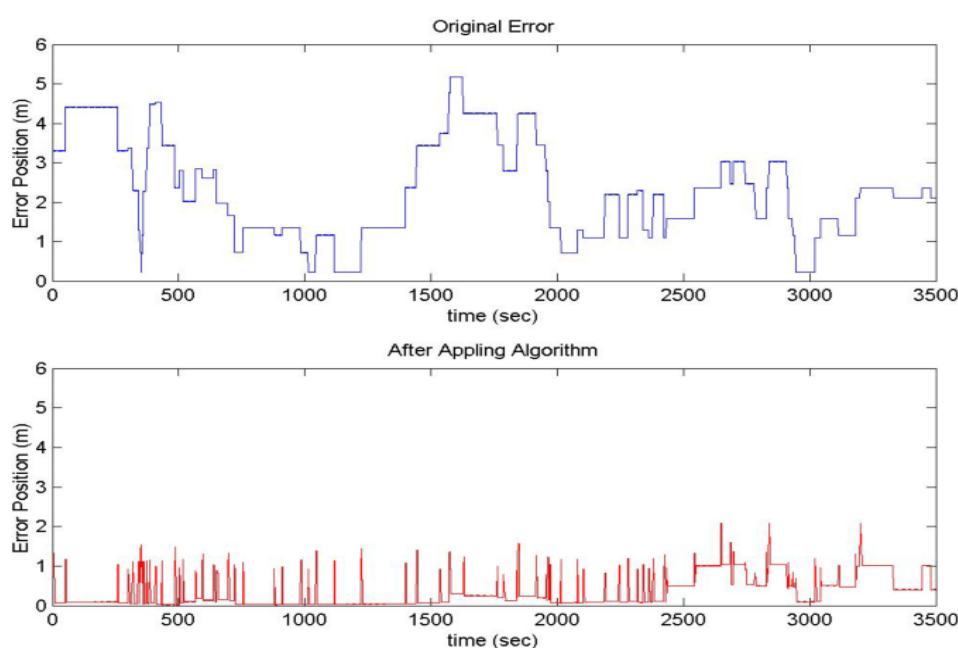
$$Tansig(n) = \frac{2}{1 + e^{-2n}} - 1 \quad (11)$$

شبکه عصبی پیاده سازی شده توسط 1000 نمونه اطلاعات یادگیری، آموزش دید. بعد از این مرحله شبکه قادر بود تا میزان خطا را پیش بینی نماید. جهت تست کارایی این الگوریتم بیش از 3000 نمونه آزمون استفاده شد. نتایج این شبیه سازی در شکل 4 نشان می دهد که میزان خطا بطور محسوسی کاهش یافته است. همچنین مشخصات آماری نیز در جدول 2 مؤید این مطلب می باشد. از جدول 2 مشخص است که میانگین خطا با استفاده از الگوریتم به حدود 10 سانتی متر کاهش یافته است. همچنین واریانس خطا نیز حدود 10 برابر بهتر شده است. تمام مشخصات این ادعا را ثابت می کند که این روش می تواند در موقعیت یابی بسیار مفید باشد.

جدول ۲- نتایج شبیه سازی الگوریتم *DGPS* مجازی

مشخصات آماری	خطا در حالت اولیه	خطا پس از اعمال الگوریتم
میانگین خطا	۲/۲۸۲	۰/۱۱۴۴
واریانس خطا	۱/۴۸۳۵	۰/۱۵۹۴
انحراف معیار خطا	۱/۲۱۸۰	۰/۳۹۹۲

نکته ای که باید حتما مد نظر قرار گیرد میزان زمان لازم برای محاسبه خطا در ایستگاه مجازی بعدی توسط شبکه عصبی می باشد؛ زیرا با توجه به سرعت خودرو باید سیستم قادر به محاسبه خطا قبل از رسیدن به منطقه بعدی باشد. در الگوریتمی که ارائه شد زمان لازم برای محاسبه خطا در ایستگاه مجازی بعدی با یک کامپیوتر پنتیوم 3 که سرعت آن 850 مگاهرتز است، برابر 0/026 ثانیه بدست آمده است، بنابراین می تواند عملا نیز پیاده سازی شود.



روشی که ارائه شد می تواند در بعضی کاربردهای خاص همچون حرکت قطارها یا اتوبوسهای برقی که در مسیری مشخص حرکت می کنند، میزان خطای موقعیت یابی توسط **GPS** را تا حدود زیادی بهبود ببخشد. البته با کار بیشتر روی این روش و ارائه روشی جامعتر می توان کاربردهای بیشتری را تعریف کرد و عملاً از محدودیتهای گفته شده برای **DGPS** معمول، رهایی یافت.

۵. نتایج

محدودیت های روش **DGPS** معمول ، عملاً استفاده از آن را در بعضی از کاربردها غیر ممکن می کند. اما نیاز به دقت زیاد در اکثر کاربردها یکی از مهمترین خواسته های کاربر می باشد. روشی که در این مقاله ارائه شد روشی هوشمند است که براساس میزان فاصله اطلاعات بدست آمده از **GPS** در لحظات n تا $n-m$ از ایستگاه مجازی k ام ، می تواند میزان خطا را در محدوده ایستگاه مجازی بعدی پیش بینی نماید و پس از وارد شدن وسیله نقلیه به محدوده بعدی، بتواند با استفاده از خطای پیش بینی شده از مرحله قبل، میزان دقت موقعیت یابی خود را افزایش دهد.

با شبیه سازی که انجام شد مشخص گردید که تا چه میزان این روش می تواند کارایی داشته باشد. همانطور که از جدول ۲ مشخص است میزان واریانس خطا تقریباً ۱۰ برابر بهتر شده است. همچنین میانگین خطا نیز به حدود ۱۰ سانتی متر تقلیل یافته است.

۶. مراجع

- [1] Detlef R., Holger F., *High fidelity ground effect model based on DGPS data*, scienceDirect, Available online 17 June 2005.
 - [2] Omae M., Fujioka T., " *DGPS Based Position Measurement and Steering Control for Automatic Driving*", American control conference, IEEE Proceeding of the 1999, VOL. 5 .
 - [3] Kremer G. T. , Kalafus , P.W. , Loomis P.W., and Reynolds J.C., " *The Effect of Selective Navigation Journal of the Institute of Navigation, Availability on Differential GPS Corrections*", 1990, Vol . 37 , No. 1, pp. 39-52.
 - [4] M.R. Mosavi and K. Mohammadi, " *Improve the Position Accuracy on Low Cost GPS Receiver with Adaptive Neural Networks* " , Conference on Research and Development 2002 . Proceedings, Malaysia ,IEEE,
 - [5] Farooq I. , Anya T. , " *DGPS/INS Integration Using Neural Network Methodology*", IEEE, 2000.
- شکل ۴- مقایسه خطاها در حالت اصلی و در حالت اعمال الگوریتم
- [6] Xian-Jan Gao. Yi-song Dai Ke wang, " *A study on the Self-Difference GPS Positioning by Dynamic and Factitious Datum Station* ", IEEE Conference on Vehicle Electronics, Vol.1 , 1999, pp16-18.

- [7] John L. Vickery, Roger L. King, "An Intelligent Differencing GPS Algorithm and Method for Remote Sensing", IEEE 2002.
- [8] Jizhang S. Kurt K, Lianggang Z., " Prediction of DGPS Corrections with Neural Networks", First International Conference on Knowledge-Based Intelligent Electronic systems, 1997, Australia, pp . 355- 361.
- [9] Surender K. Gupta , Foong Sui Jin and Khoo Aik Leong , " An Intelligent Small Area DGPS ", IEEE Conference on Position , Location and Navigation ,1996, pp. 169-173.
- [10] Ueda F., Washino s. , " A Study for Accurate Measurement of Relative Position Using the Principle of Differential GPS ", IVEC '99, Proceeding of the IEEE , VOL. 1 , 1999 .