استفاده از شبکه عصبی در افزایش دقت گیرنده های GPS تک فرکانسه پس از حذف اثر SA

سید محمد تقی المدرسی[1] ، محمد رضا تابان ، جواد عبـــدی[2]
دانشگاه یزد

چکیده :

امروزه سیستم موقعیت یابی جهانی (GPS) در کاربردهای متنوعی استفاده می شود. در اکثر کاربردها دقت بالایی مورد نیاز است.در این مقاله GPS های تک فرکانسه ارزان قیمت مورد مطالعه قرار گرفته و روشی هوشمند جهت بهبود دقت با استفاده ازشبکه های عصبی مصنوعی ارائه می دهیم .

کلمات کلیدی: GPS، شبکه های عصبی

1- مقدمه :

سیستم ماهواره ای موقعیت یابی جهانی (GPS) شامل بیش از 24 ماهواره است که بطور مداوم سیگنالهای خاصی را به سمت زمین ارسال می کنند. یک گیرنده GPS از سیگنالهای ماهواره ای ، موقعیت، سرعت و زمان را استخراج می کند. برای محاسبه زمان و موقعیت سه بعدی فقط چهار ماهواره مورد نیاز می باشد ولی موانعی ممکن است جلوی یک یا چند ماهواره را بگیرند 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 گیرنده ها می‌توانند سیگنالهای تمام ماهواره‌های دردید که بطور همزمان به آنتن می‌رسد را تشخیص دهد. البته بسته به نوع گیرنده و تعداد کانالهای ورودی گیرنده، تعداد ماهواره‌های رد یابی شده متفاوت می‌باشند. گیرنده‌های امروزی بطور معمولی تا 12 کانال می‌توانند ماهواره‌ها را ردیابی کنند. گیرنده با تلفیق داده های 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:
نوع اول : اندازه‌گیرشبه فاصله کد C/A[3]
نوع دوم :گیرنده اندازه‌گیر حامل کد C/A
نوع سوم :گیرنده کد P[4]

[1] Email: smta@yazduni.ac.ir
[2] Email :abdi_javad@yahoo.com
[3]Coarse & Acquisition Code
[4] Precision Code

در نوع اول فقط شبه فاصله کد C/A اندازه‌گیری می‌شود. این گیرنده‌ها معمولاً دارای یک تا شش کانال[1] مستقل ورودی هستند و خروجی این گیرنده‌ها موقعیت سه بعدی(طول و عرض و ارتفاع) می‌باشد. گیرنده‌هایی با 4 کانال ورودی یا بیشتر، جهت کاربردهای حرکتی مفیدتر می‌باشد زیرا دقت بیشتری در این حالت بدست می‌آید. به عبارت دیگر هنگامی که گیرنده در یک مکان ثابت قرار دارد، می‌توان از گیرنده‌ای با یک کانال ورودی استفاده کرد. در گیرنده نوع دوم، رشته کدی و فاز حامل محاسبه می‌شود. اکثر گیرنده‌های نوع دوم دارای حداقل 4 کانال ورودی هستند و بعضی بصورت 12 کانال ورودی طراحی شده‌اند. در این نوع گیرنده ها فقط فاز حامل توسط روشهای غیرکدی محاسبه می‌شود. گیرنده‌های نوع سوم، کد P را بکار می‌برند. [1]

2-منابع خطا در GPS

خطای 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 1 آورده شده است خطاهای ناشی از ماهواره‌ها شامل خطای مداری، ساعت ماهواره‌ها و اثر SA [2]می‌شود. البته خطای SA که توسط وزارت دفاع آمریکا جهت کاهش دقت گیرنده های غیر نظامی ایجاد شده بود، از اول ماه می سال2000 حذف شده است. خطای گیرنده شامل خطای ساعت گیرنده، خطای چند مسیری[3] ، نویز گیرنده ، تغییرات مرکز فاز آنتن و غیره می‌شود. خطای انتشار سیگنال شامل تاخیر ایجاد شده به سبب عبور سیگنال از لایه یونسفر و تروپسفر زمین می‌باشد.[7]

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 تروپسفر	1m	
نویز شبه فاصله	1m	1m
نویز گیرنده	1m	1m
خطای چند مسیره	0.5m	0.5m
خطاها RMS	15m	1.6m

همچنین دقت محاسبه شده موقعیت یک GPS به مکان جغرافیایی گیرنده GPS نیز بستگی دارد. (چند ماهواره در دید گیرنده باشد) عموماً خطای ناشی از ماهواره وخطاهای ناشی از ساعت گیرنده را با عبارتی بر حسب RMS بیان می‌کنند ولیکن خطاهای انتشار را به علت آنکه دارای تغییرات شدید بوده و به موقعیت استفاده کننده و زاویه فراز ماهواره بستگی دارند را نمی‌توان اینگونه نمایش داد.[2]

3- نحوه جمع آوری اطلاعات و مطالعه روی موقعیت های بدست آمده

جهت جمع آوری اطلاعات موقعیتی و عملیاتی کردن سیستم از یک گیرنده تجاری ساخت شرکت مارکونی کانادا استفاده شده است. این گیرنده بنام Smart Antenna بوده که مشخصات آن به شرح زیر می باشد:

---

[1] تعداد کانال بیشتر امکان ردیابی همزمان ماهواره های بیشتری را می دهد .

[2] Selective Availability

[3] MultiPath Error

- ✓ دارای 12 کانال ردیابی ماهواره ها
- ✓ گیرنده از نوع آشکار ساز کد C/A
- ✓ خطا در حالتی که اثر SA موجود نیست, کمتر از 16 متر

جهت بررسی کارایی و مطالعه منابع خطا گیرنده مورد نظر در نقطه ای ثابت نصب گردید و به مـدت 1 ماه اطلاعات موقعیتی با پریود 1 ثانیه در سیستم ژئودتیک جهانـــی مصوب 1984 (WGS-84) جمع آوری و در کامپیوتر ذخیره گردید .با استفاده از نرم افزار MATLAB میانگین مقادیر X ، طبق معادله 1 محاسـبه شد، سپس میزان اختلاف موقعیت بدست آمده در هر لحظه از میانگین ، طبق معادله 2 بدست آورده شد.

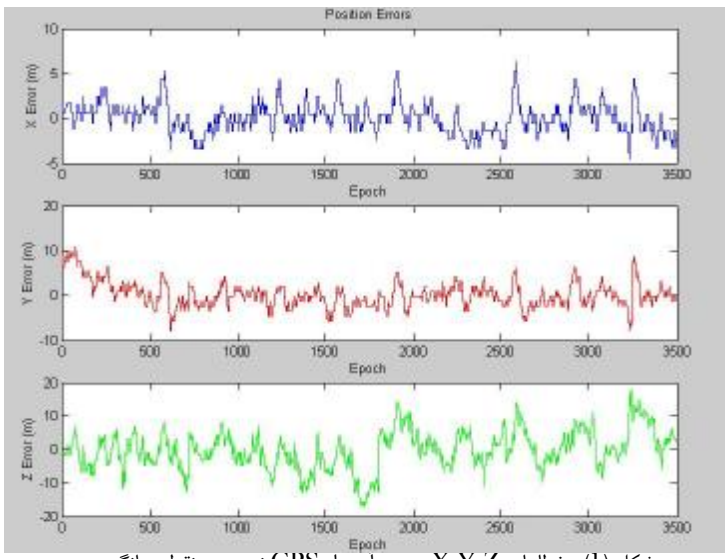
$$X_{average} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad (1)$$

$$dx_i = x_i - X_{average} \qquad (2)$$

در این روابط $X_{average}$ مقدار میانگین x ، x_i مقدار x در لحظه i و n تعداد مقادیر می باشـند. میـانگین و اختلاف موقعیت برای Y و Z نیز بطریق مشابه محاسبه شد. در شـکل 1 نمونـه ای از تغییـرات dx، dy، dz رسم شده است. در ادامه برای بررسی رابطه بین x, y, z میزان همبستگی آنها از رابطه 3 محاسبه شد.

$$R_{xy} = \frac{[n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - (\sum_{i=1}^{n} x_i)(\sum_{i=1}^{n} y_i)]}{\sqrt{[n\sum_{i=1}^{n} {x_i}^2 - (\sum_{i=1}^{n} x_i)^2][n\sum_{i=1}^{n} {y_i}^2 - (\sum_{i=1}^{n} y_i)^2]}} \qquad (3)$$

(روابط Y, Z نیز مشابه می باشند.)



شکل (1) : خطاهای X,Y,Z بدست امده از GPS نسبت به نقطه میانگین

طبق ایـن رابطـه مقـدار همبـستگی بـین پارامترهـا عبارتنـد از $R_{xy} = 0.5189$ ، $R_{xz} = 0.0843$ و $R_{yz} = 0.1151$ که این مقادیر نشان می دهد پارامترهـای مـورد نظـر از هـم مـستقل نیـستند و بـا یکـدیگر همبستگی خطی دارند ، بنابراین اگر بخواهیم از این مقادیر در شبکه عصبی استفاده کنـیم بایـد همزمـان از سـه پارامتر استفاده شود.

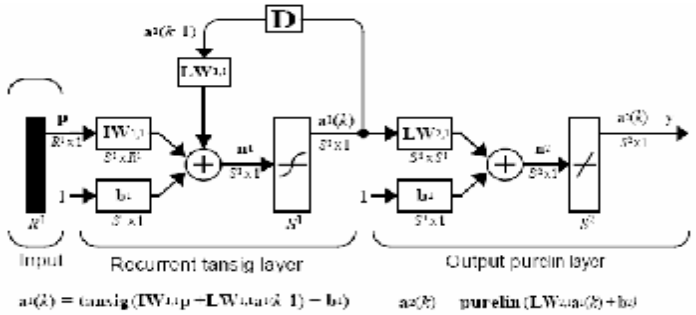
4- پیش بینی خطای GPS با مدل شبکه عصبی

4-1-مدل کردن سیستم

چون خطای GPS تابعی از زمان می باشد می توان این تابع را با استفاده از شبکه عصبی مدل و پیش بینی کرد [4]. اساسا برای مدل کردن سیستمهای دینامیک دو نوع شبکه عصبی می‌توان بکار برد. نوع اول شبکه های عصبی پیشخور[1] می‌باشدکه ساختاری شامل چند لایه پرسپترون هستند.در این نوع شبکه ها یک نگاشت استاتیک در نظر گرفته می شود و این نکته که چه آلگوریتم یاد گیری بکار برده شود، مهم نیست. نوع دیگری از مدل شبکه های عصبی دارای ساختار برگشتی[2] 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..[3]

با در نظر گرفتن مواردی که در بالا گفته شد ، شبکه عصبی برگشتی المان[3] جهت پیش بینی خطا بکار گرفته شد. 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 دو لایه در شکل 2 نشان داده شده است.

بعد از اینکه ساختار شبکه مشخص گردید، الگوهای خطاهای موقعیت (dx,dy,dz) به شبکه عصبی اعمال می شود و شبکه با الگوهای خطا تعلیم می بیند و به واسطه این تعلیم قادر می شود پیش بینی از خطاهای لحظه بعد داشته باشد. همانطور که در بخش قبل مشخص شد، بعلت همبستگی بین x , y , z شبکه باید با الگوهای مشترکی از آنها به عنوان ورودی عمل نماید. خروجی شبکه نیز پیش بینی خطاهای موقعیت می‌باشد.[5و8]

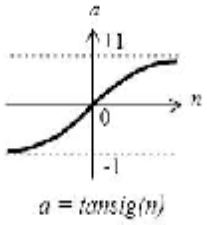


شکل (2) : ساختار شبکه عصبی برگشتی المان شامل دو لایه

در تشکیل شبکه عصبی برای پیش بینی خطای GPS ورودیهای $dx(n)\,,\,dx(n-1),\ldots..dx(n-m)$ و $dy(n)\,,\,dy(n-1),\ldots..dy(n-m)$ و $dz(n)\,,\,dz(n-1),\ldots..dz(n-m)$ را بکار می بریم , $dx(n+1)\,,\,dy(n+1)\,,\,dz(n+1)$ را پیش بینی می‌کنیم. تابع انتقال شبکه تانژانت سیگموئید در نظر گرفته شده است.

---

[1] Feed Forward Neural Network
[2] Recurrent Neural Network
[3] Elman Recurrent Neural Network



شکل (3) : منحنی تابع انتقال تانژانت سیگموئید

در عبارتهای بالا m تعداد تاخیر ورودی می باشد. m های متفاوتی تست شد و به این نتیجه رسیدیم که برای m بین 5 و 8 خطای پیش بینی تقریبا در یک حدود است. بعد از انتخاب پارامتر ، یادگیری شبکه عصبی با الگوریتم پس انتشار خطای گرادیان توام که به اختصار CGBP [1] نامیده می شود با 1000 نمونه، انجام پذیرفت.

4-2-محاسبات مربوط به یادگیری شبکه عصبی

در روش الگوریتم CGBP، 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.

$$P_0 = -g_0 \qquad (4)$$

سپس مسیر جستجوی بهینه بصورت معادله 5 اعمال می گردد.

$$x_{k+1} = x_k + \alpha_k P_k \qquad (5)$$

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:

$$P_k = -g_k + \beta_k P_{k-1} \qquad (6)$$

در یادگیری شبکه از روش Fletcher-Reeves استفاده شده است که در این روش β_k بصورت معادله 7 تغیر می کند:

$$\beta_k = \frac{g_k^{\,T} g_k}{g_{k-1}^{\,T} g_{k-1}} \qquad . \qquad (7)$$

این عبارت بصورت نسبتی از مربع نرم [2] گرادیان جاری به مربع نرم گرادیان قبلی می باشد.[6]

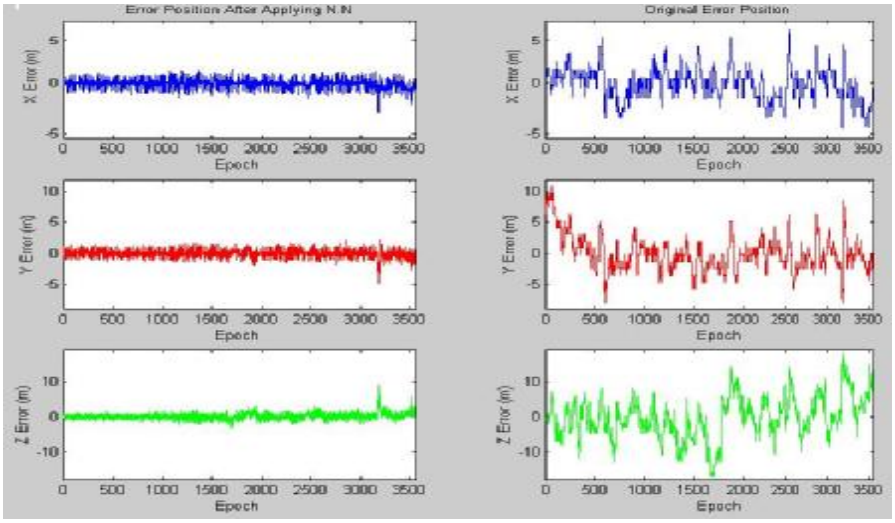
بعد از آموزش شبکه، جهت بررسی شبکه تعلیم دیده، از 3500 داده های آزمون برای تست استفاده شده است معیاری که برای بررسی کارایی شبکه در نظر گرفته شده است، واریانس خطا می باشد که بصورت زیر تعریف می گردد:

$$\mathrm{var}(x) = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)} \qquad (8)$$

پارامترهای مورد نظر در جدول 2 آورده شده است. همچنین مقدار خطا در فاصله(d) نیز نسبت به نقطه میانگین محاسبه شده که نشان می دهد نسبت واریانسها در این حالت برابر 20/59 می باشد. نتایج در این حالت

[1] Conjugate Gradient Back Propagation
[2] Norm

بصورت گرافیکی در شکل 5 و 6 ترسیم شده است. نتایج نشان دهنده کاهش خطا در نتیجه آموزش شبکه می باشد.



شکل (4) : مقایسه بین مقادیر خطا در ابتدا و بعد از پیش بینی توسط شبکه عصبی

برای محاسبه فاصله دو نقطه در سطح (که نزدیک بهم می باشند) از فرمول 11 و 12 استفاده شده است.

$$R_1 = \frac{a(1-e^{\wedge}2)}{\sqrt[3]{1-e^{\wedge}2*(\sin(lat0))^{\wedge}2}} \qquad (9)$$

$$R_2 = \frac{a}{\sqrt{1-e^{\wedge}2(\sin(lat0))^{\wedge}2}} \qquad (10)$$

$$distance_North = R_1 * dlat \qquad (11)$$

$$distance_East = R_2 * \cos(lat0) * dlon \qquad (12)$$

هر یک از پارامترها در سیستم WGS84 بصورت زیر تعریف می شوند.

lon0 Lat0 : طول و عرض جغرافیایی نقطه ثابت

dlat و dlon : تفاضل طول و عرض نقطه مورد نظر از نقطه ثابت

a : شعاع استوایی زمین (6378/137 km)

e^2 : برابر f*(2-f) است که f فشردگی و برابر $\frac{1}{298.257223563}$ است

R_1, R_2 : دو شعاع زمین در یک مدل کروی است.

جدول (2) : مشخصات آماری مربوط به اطلاعات اصلی و پیش بینی شده

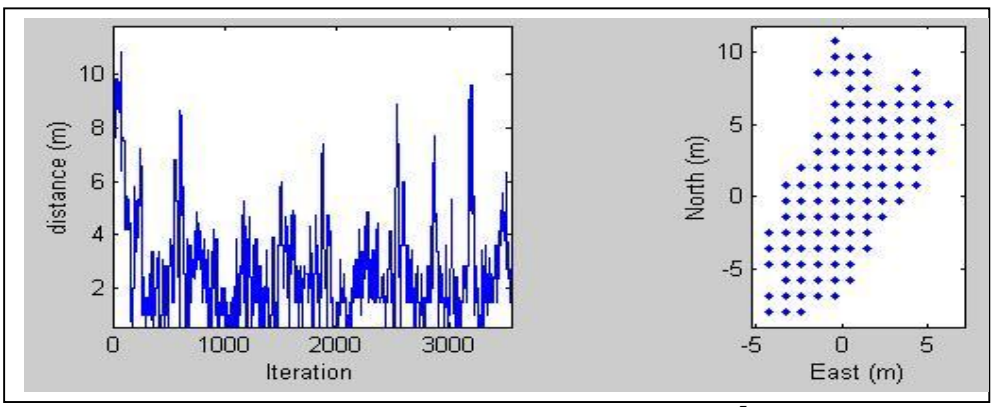
مشخصات آماری	X در حالت پیش بینی	X در حالت اولیه	Y در حالت پیش بینی	Y در حالت اولیه	Z در حالت پیش بینی	Z در حالت اولیه	فاصله اولیه از مقدار میانگین	فاصله مقادیر پیش بینی از مقدار

میانگین								
میانگین خطا	0/2672	1/3255	0/3696	2/1033	0/6079	4/5636	/70202	0/4881
واریانس خطا	0/1732	2/8912	0/3134	7/9109	0/7763	34/0185	/41983	0/1695

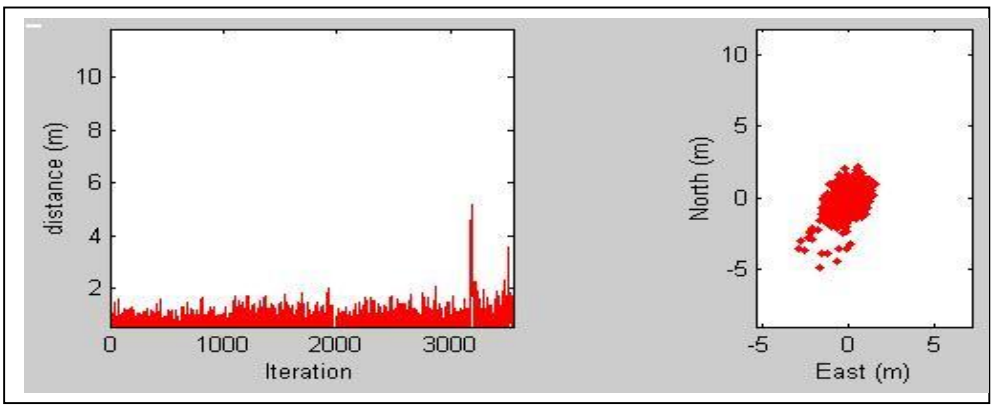
مشخصات آماری	X در حالت پیش بینی	Y در حالت پیش بینی
میانگین خط	0/2326	0/3193
واریانس خطا	0/1371	0/2332
انحراف معیار خطا	0/3703	0/4829

اگر به مقادیر همبستگی خطی بین X , Y نسبت به Z دقت شود، مشاهده می شود که همبستگی بسیار کم می باشد، بنابراین اگر در بعضی از کاربردها نیازی به اصلاح Z نباشد می توان Z را حذف کرد در اینصورت مشخصاتی که بدست می آید به صورت جدول 3 می باشد. از جدول مشخص است که مشخصات آماری بهتری در این حالت بدست می آید.

جدول (3) : مشخصات آماری مربوط به اطلاعات پیش بینی شده بعد از حذف Z



شکل (5) : میزان خطا در فاصله نسبت به میانگین در حالت اولیه (پیش بینی نشده)



شکل (6): میزان خطا در فاصله نسبت به میانگین در حالت پیش بینی شده

5- نتایج

در این مقاله ساختار و الگوریتم یادگیری شبکه برگشتی المان جهت پردازش داده های GPS ارائه شد و سپس نشان داده شد که تا چه میزان پس از حذف اثر SA شبکه عصبی می تواند در حذف سایر منابع خطا موثر باشد. از جدول 2 مشخص است که میزان خطا بطور محسوسی با استفاده از شبکه عصبی کاهش می یابد. در اینحالت واریانس خطای نقاط پیش بینی شده از نقطه میانگین برابر 0/4760 بدست آمده است در حالی که مقدار واریانس اولیه برابر 1/8648می باشد.

6- مراجع

[1] Ahmed El ,*Introduction to GPS*,Artech House mobile Communication Series,2002

[2] Faroog I. ,Anya T. ," *DGPS/INS Integration Using Neural Network Methodology* ", IEEE, 2000.

[3] 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.

[4] John L. Vickery ,Roger L. King ,"*An Intelligent Differencing GPS Algorithm and Method for Remote Sensing*", IEEE 2002.

[5] M.R. Mosavi and K. Mohammadi ," *Improve the Position Accuracy on Low Cost GPS Receiver with Adaptive Neural Networks* " , Conference on Research and Development Proceedings, Malayzia ,IEEE, 2002 .

[6] 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.

[7] 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 .

[8] 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.