

## پیش‌بینی سهام شرکت ایران خودرو به کمک شبکه‌ی عصبی چندجمله‌ای (PNN)

مجتبی مسعودی‌نژاد و ادهم بیکی خشک

دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی، دانشجویان کارشناسی کنترل

masoudinejad@ee.kntu.ac.ir

bakey@ee.kntu.ac.ir

چکیده - هدف این تحقیق، بررسی توانایی‌های شبکه‌ی عصبی چندجمله‌ای (PNN) در تخمین سهام شرکت ایران خودرو به عنوان نمونه است، دلیل انتخاب این شرکت، اهمیت بالای سهام آن در بازار بورس و تغییرات زیاد سهم آن بر اساس شرایط بازار می‌باشد، چرا که در صورت یافتن نتیجه‌ای مناسب برای این نمونه، می‌توان توانایی شبکه را به بازار بورس نیز تعمیم داد. در بررسی‌های انجام شده دریافتیم که گستره‌ی داده‌های مورد پردازش، شکل پراکندگی آن‌ها و معیار تغییر این پراکندگی در قدرت تخمین شبکه بسیار موثر است.

کلید واژه - PNN، ایران خودرو، پیش‌بینی بازار بورس، سری‌های زمانی، شبکه‌ی عصبی چندجمله‌ی

### 1- مقدمه

تمامی این روابط غیرخطی در قالب روابطی قانونمند و ریاضی‌وار هستیم.

از یکی از اولین روش‌های مدلسازی به کمک روابط غیرخطی، می‌توان به روش داده‌پردازی جمعی، (GMDH) اشاره کرد که توسط Ivakhenko در دهه‌ی 1960 بسط داده شد. [1]

در این بخش با تکیه بر GMDH به توصیف شبکه‌ی عصبی جدیدی با نام شبکه‌ی عصبی چندجمله‌ای (PNN)<sup>1</sup> می‌-

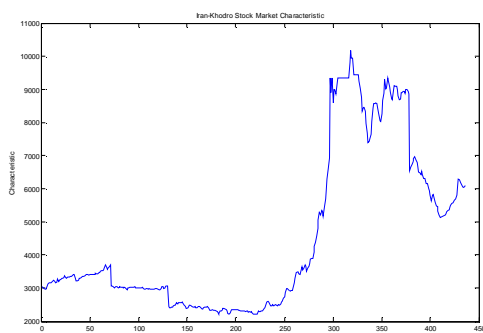
اخیرا تلاش‌های زیادی برای به‌کارگیری روش‌های مدلسازی غیرخطی صورت گرفته است. اما باید توجه داشت که مدلسازی غیرخطی به مانند یک شمشیر دودم عمل می‌کند. به این معنا که، درست است که روش‌های مدل‌سازی غیرخطی، قابلیت انعطاف بیشتری را ارائه می‌کنند، اما از طرف دیگر، این انعطاف توسط روابطی غیرخطی از عناصر مدل به دست می‌آید که ما به عنوان طراح مجبور به توصیف

<sup>1</sup> Polynomial Neural Network

که این سری زمانی در شکل (1) قابل مشاهده می‌باشد.

به سادگی از شکل برمی‌آید که گستره‌ی داده‌های ورودی بسیار وسیع برابر [2000, 12000] است و به علت دارا بودن شیب‌ها بسیار تند، سیستم بسیار غیرخطی است.

به دنبال مدل کردن بازار بورس به صورت رابطه‌ای هستیم که با گرفتن نرخ سهام مربوط به سه روز متوالی، بتواند نرخ سهام روز چهارم را پیش‌بینی کند. (شکل 2)



شکل (1): منحنی شاخص سهام شرکت ایران خودرو برای 436 روز کاری بازار بورس [2]



شکل (2): ساختار مدل شبکه پیش‌بینی بازار بورس

به علت تعداد داده‌های ورودی، از معماری عام PNN استفاده می‌کنیم [1] و درجه‌ی هر چندجمله‌ای را مطابق رابطه‌ی (3) برابر 2 در نظر می‌گیریم.

$$f = c_0 + c_1x_2 + c_2x_2^2 + c_3x_1^2 + c_4x_2^2 + c_5x_1x_2 \quad (3)$$

توجه داریم که به علت برابری تعداد ورودی‌ها با گره‌های لایه‌ی اول، شبکه گسترش عرضی نداشته و نیازی به حذف گره‌ها نیست.

#### 4- آموزش و آزمایش شبکه

##### 4-1- آموزش با داده‌های ترتیبی

رابطه‌ی ورودی، خروجی و پارامترهای شبکه به صورت زیر است.

$$Y = XC \quad (4)$$

با استفاده از متد Cholesky می‌توانیم ضرایب  $C_{ij}$  را به

پردازیم.

در ابتدا الگوریتم PNN به اختصار شرح داده می‌شود و پس از توصیف مسئله به حل مسئله با استفاده از PNN می‌پردازیم. در نهایت حل مسئله را با شبکه‌های با مرتبه‌های بالاتر و داده‌های ورودی با ترتیب تصادفی مورد بررسی قرار می‌دهیم.

#### 2- الگوریتم PNN

فرض می‌کنیم، رابطه‌ی ورودی - خروجی شبکه با معادله‌ی (1) و خروجی تخمین‌زده شده توسط شبکه با معادله (2) توصیف گردد.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (1)$$

$$\hat{y} = \hat{f}(x_1, x_2, \dots, x_N) = c_0 + \sum_{k1} c_{k1}x_{k1} + \sum_{k1k2} c_{k1k2}x_{k1}x_{k2} + \sum_{k1k2k3} c_{k1k2k3}x_{k1}x_{k2}x_{k3} + \dots \quad (2)$$

در این معادلات،  $C_{ij}$  ها ضرایب مدل هستند.

مراحل الگوریتم PNN به صورت زیر هستند:

- 1- مشخص کردن ورودی‌های شبکه
- 2- دسته‌بندی داده‌های ورودی
- 3- انتخاب ساختار شبکه‌ی PNN
- 4- تعیین تعداد ورودی‌ها و چندجمله‌ای‌های مربوط به گره‌ها
- 5- تخمین ضرایب گره‌های شبکه
- 6- انتخاب گره‌های با بهترین ضرایب انتخابی
- 7- بررسی شرایط اتمام یادگیری شبکه
- 8- تعیین متغیرهای ورودی لایه‌ی بعد در صورت لزوم

#### 3- شرح مساله

صورت مساله در این بخش به طور موقت از ماهیت فیزیکی خود خارج شده و ما به آن، به عنوان یک مساله پیش‌بینی سری‌های زمانی می‌نگریم.

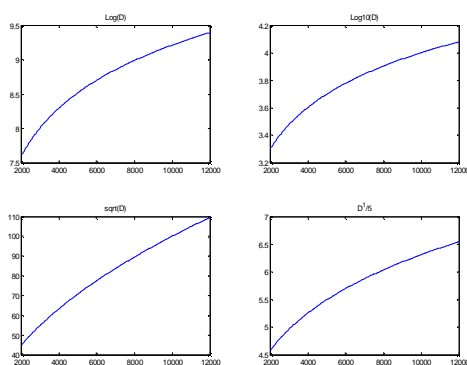
اطلاعات موجود در این بخش، شامل 436 روز کاری بازار سهام تهران، مربوط به شرکت سهامی ایران خودرو می‌باشد

آموزش و آزمایش.

صورت زیر به دست آوریم.

روش‌های متفاوتی را آزمودیم، از جمله تقسیم، تفریق، لگاریتم با مبناهای مختلف، رادیکال با فرجه‌های مختلف و روش‌هایی به صورت ترکیبی از این عملگرها و با دقت‌های متفاوت. جمعا بالغ بر 70 حالت مختلف تست شد که بهترین نتایج در جدول (1) آورده شده است.

با توجه به شکل (4) می‌بینیم که عملگر رادیکال با فرجه 2 با رفتاری خطی‌تر نسبت به سایر عملگرها، داده‌های ورودی را در گستره‌ی مناسب‌تری توزیع می‌کند.



شکل (4): نمایش رابطه‌ی ورودی-خروجی عملگرهای استفاده‌شده در مرحله فشرده‌سازی

نتایج جدول (1) نیز این نکته را تایید می‌کنند.

عملکرد	دقت	زمان	میانگین خطا
X	0,1	0,303572	1,9818
$X/100$	0,001	0,239796	1,9818
$X/1000$	0,0001	0,216553	1,9818
$X/8000$	0,0001	0,242897	3,5079
$X/12000$	0,00001	0,208442	2,1674
$\log x$	0,0001	0,226291	3,6823
$\log_2 x$	0,0001	0,250386	3,6823
$\sqrt{x}$	0,001	0,217482	1,9594
$\sqrt[3]{x}$	0,001	0,227118	3,6186
$\sqrt[5]{x}$	0,0001	0,249896	3,6399
$\sqrt{x}/10$	0,0001	0,261889	1,9594

جدول (1): خروجی‌های به دست‌آمده از شبکه به ازای

عملگرهای متفاوت فشرده‌سازی

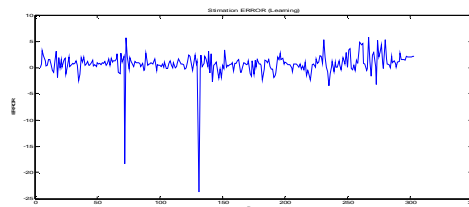
$$C_i = (X_i^T X_i)^{-1} X_i^T Y \quad (5)$$

حدود 300 روز را برای آموزش و 136 روز باقیمانده را برای تست شبکه، به صورت ترتیبی برمی‌گزینیم. این داده‌ها و نیز خروجی‌های حاصله را به صورت ماتریسهای رابطه‌ی (6) مرتب می‌کنیم.

با استفاده از معیار قدر مطلق خطا و رابطه‌ی (5)، شبکه را با دقت 0,0001 آموزش می‌دهیم.

$$X = \begin{bmatrix} D_1 & D_2 & D_3 \\ D_2 & D_3 & D_4 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ D_{300} & D_{301} & D_{302} \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} D_4 \\ D_5 \\ \vdots \\ D_{303} \end{bmatrix} \quad (6)$$

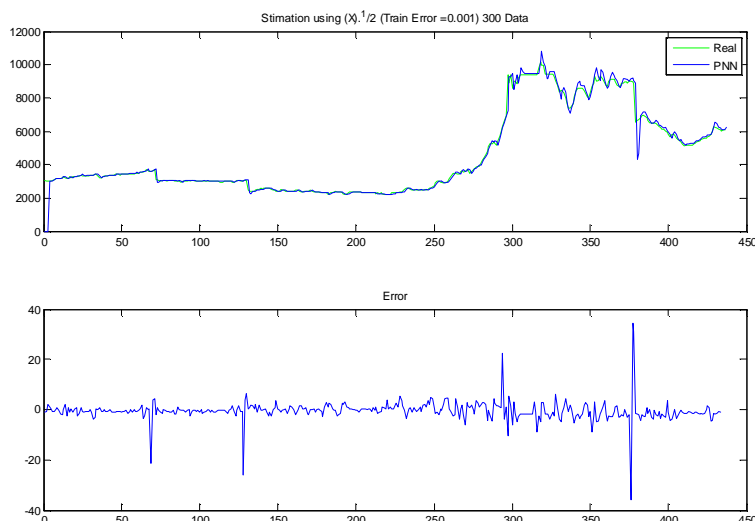
خطای حاصل در این مرحله در شکل (3) دیده می‌شود.



شکل (3): توزیع خطا در آموزش با داده‌های ترتیبی

محاسبات مربوط به شبکه، توسط نرم‌افزار MATLAB انجام شد. در این محاسبات به علت کوچک بودن دترمینان ماتریس داده‌ها، هنگام به دست آوردن ضرایب، نرم‌افزار اخطارهایی تولید می‌کند که این اخطارها در مرحله‌ی آزمایش منجر به پیش‌بینی‌های بی‌معنا (NaN) می‌گردد. بنابراین، شبکه‌ی حاضر توان تخمین ندارد.

دلیل محتمل برای این اتفاق (عدم توان شبکه برای تخمین) را می‌توان تفاوت گستره‌ی داده‌های آموزش و آزمایش دانست. با توجه به اخطارهای تولید شده، برای از بین بردن کوچکی دترمینان داده‌های ورودی و رفع مشکل گسترده‌ی ماتریس، آن‌ها را فشرده می‌کنیم و در نهایت عکس عمل فشرده‌سازی را روی خروجی انجام می‌دهیم و در نتیجه‌ی این فشرده‌سازی، عملکرد شبکه تصحیح می‌شود. بنابراین می‌توان گفت، عدم توان تخمین شبکه مربوط به گسترده‌ی ماتریس‌های ورودی است، نه تفاوت گستره‌ی داده‌های



شکل (5): بهترین نتیجه‌ی بدست آمده (توسط معیار  $\sqrt{X}$ ) که به طور متوسط خطای 1,9594 را داراست

تصادفی انتخاب می‌کنیم که سه داده‌ی اول (مربوط به سه روز اول) به عنوان ورودی و داده‌ی چهارم (مربوط به روز چهارم) به عنوان خروجی مطلوب استفاده می‌شود.

نتایج مربوطه در جدول (3) مشاهده می‌شود.

معیار	دقت	داده 300	داده 320
$X/100$	0,1	3,6832	3,5097
$X/100$	0,01	3,6832	3,5097
$X/100$	0,001	1,9818	1,9224
$X/100$	0,0001	2,0889	1,9224
$\sqrt{X}$	0,1	3,5963	2,9841
$\sqrt{X}$	0,01	3,5963	2,9841
$\sqrt{X}$	0,001	1,9594	1,73

جدول (3): بررسی اثر استفاده از داده‌های تصادفی

#### 4-2- بررسی اثر تعداد داده‌ها در آموزش

در این بخش برای بررسی اهمیت تعداد داده‌های آموزش از 3 سری داده 250 تایی، 300 تایی و 320 تایی استفاده کردیم و برای یک معیار مقادیر خطا را مقایسه کردیم که نتایج آن در جدول (2) قابل مشاهده هستند.

معیار	دقت	داده 250	داده 300	داده 320
$X/100$	0,1	9,1546	3,6832	3,5097
$X/100$	0,01	9,1546	3,6832	3,5097
$X/100$	0,001	9,1546	1,9818	1,9986
$\sqrt{X}$	0,1	3,5963	2,9841	
$\sqrt{X}$	0,01	3,5963	2,9841	
$\sqrt{X}$	0,001	1,9594	1,7377	

جدول (2): بررسی اثر تعداد داده‌های آموزش

#### 5- بررسی اثر درجه‌ی چندجمله‌ای‌های شبکه

در این بخش مرتبه‌ی چندجمله‌ای‌های گره‌ها را بالا می‌بریم و آن را به 3 می‌رسانیم. اما بر خلاف انتظار، نتایج به شدت افت دارند و خطا تقریباً 1,8 برابر گردید. این مطلب احتمالاً ناشی از ماهیت درجه‌ی 2 این سیستم است. (بر خلاف ظاهر کلی ساختار، امکان بروز این مطلب وجود دارد، چون ما رابطه‌ی خروجی را تنها نسبت به 3 روز گذشته بررسی می‌کنیم و به بقیه‌ی روزها اهمیتی نمی‌دهیم، و عملاً تابع را

همانطور که با توجه به جدول دیده می‌شود در یک سطر با ثابت بودن معیار، بدلیل افزایش تعداد داده‌های آموزش کیفیت بهبود یافته و خطا کم شده است.

#### 4-3- آموزش با داده‌های تصادفی

در این قسمت تمامی مراحل را که در بخش قبل برای آموزش شبکه انجام دادیم، تکرار می‌کنیم. با این تفاوت که مجموعه‌هایی 4 عضوی از داده‌های ورودی به صورت

در مقیاس کوچکی (حول نقطه کار) بررسی و تخمین می-  
زنیم.)

[1] Sung-Kwun Oh, Witold Pedrycz,  
Byoung-Jun Park Polynomial neural  
networks architecture: analysis and design,  
2003

[2] سارا نورآذری، بررسی روش‌های پیش‌بینی بازار سهام به  
کمک شبکه‌های عصبی و پیاده‌سازی یک روش بر بازار  
بورس تهران، هفتمین کنفرانس سیستم‌های هوشمند،  
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، آذر 1384.

[3] حمیده قدیانی، حل معادلات سینماتیک مستقیم ربات  
شانه هیدرولیکی با استفاده از شبکه عصبی چندجمله‌ای،  
پایان نامه کارشناسی، دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه  
نصیرالدین طوسی، مرداد 1383

## 6- نتیجه‌گیری

در نهایت با بررسی و مقایسه نتایج به دست آمده در بیش از  
100 آزمایش مختلف با معیارها، دقت‌ها و تعداد داده‌های  
آموزش متفاوت، در بین 300 داده آموزش بهترین نتیجه از  
این شبکه با استفاده از عملگر رادیکال با دقت 0,001  
بدست آمد.

آموزش شبکه چه با داده‌های ترتیبی و چه با داده‌های  
تصادفی، به یک نتیجه‌ی یکسان منجر می‌شود.

به دلیل حجم کم محاسبات، شبکه از سرعت خوبی  
برخوردار بود.

این شبکه، شیب‌های بالارونده را بهتر از شیب‌های پایین  
رونده تخمین می‌زند. بنابراین می‌توان گفت تخمین خرید  
سهام در این شبکه دقیق‌تر از تخمین برای فروش سهام  
است.

## 7- ارائه پیشنهاد

بررسی‌های زیر روی این شبکه برای ادامه فعالیت‌ها پیشنهاد  
می‌گردد:

- 1- بررسی میزان همبستگی روزهای گذشته با  
روز آینده
- 2- استفاده از شبکه‌ی موجود با ورودی‌های با  
بیشترین مقدار همبستگی
- 3- استفاده از گره‌های با درجه بالاتر و  
معماری‌های پیچیده‌تر شبکه‌ی PNN [۱]\*
- 4- بالا بردن تعداد ورودی‌های کل شبکه و  
ساخت ترکیبات جدید برای گره‌ها \*

\*: در حال حاضر توسط نویسندگان مقاله مورد بررسی است.

## سپاسگزاری

با تشکر فراوان از استاد گرانقدر، جناب آقای دکتر علی‌رضا  
فاتحی که در انجام این پروژه مشوق و راهنمای ما بودند.