پیش‌بینی اثر متغیرهای کلان بر شاخص قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی GMDH

امید فرمان آرا*
وحید فرمان آرا**

چکیده

اقتصاد هر کشور از بخش‌های مختلفی تشکیل شده که روابط بین این بخش‌ها، سمت و سوی اقتصاد آن کشور را مشخص می‌کند. در این میان بازار سرمایه در کنار بازار پول، به عنوان اجزای تشکیل‌دهنده بازارهای مالی بوده و در واقع، شریان‌های اصلی یک اقتصاد محسوب می‌شوند، که مسائلی نظیر رشد و توسعه اقتصادی منوط به عملکرد آنها در اقتصاد است و چنانچه رابطه منطقی بین بازار مالی با بخش های دیگر اقتصادی وجود نداشته باشد، احتمال بروز اختلالات و نقصان‌هایی در ساز و کار اقتصاد وجود دارد. بازار بورس به عنوان رکن اصلی بازار مالی نقش مهمی را در تسهیل سرمایه‌گذاری‌های شکل گرفته در بازار سرمایه ایفا می‌کند. هدف اصلی این پژوهش پیش‌بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران است. بدین روی، ضمن مرور اجمالی بر شناخته‌شده‌ترین نظریه های اقتصادی، به ارائه روش جدیدتری نسبت به روش های دیگر رایج پیش بینی در گذشته پرداخته و با استفاده از مدل شبکه عصبی GMDH، اثر متغیرهای کلان اقتصادی (شامل نرخ ارز، نرخ تورم و تولید ناخالص داخلی) بر شاخص قیمت سهام بورس اوراق بهادار تهران را الگوسازی و پیش‌بینی میکنیم. الگوریتم GMDH قابلیت استفاده در موضوع های متنوعی مانند کشف روابط، پیش‌بینی، مدل‌سازی سیستم‌ها، بهینه‌سازی و شناخت الگوهای غیرخطی را دارد. ویژگی خاص این الگوریتم استنتاجی، قابلیت شناسایی و غربال‌کردن متغیرهای کم‌اثر ورودی در دوره آموزش شبکه و حذف آنها از روند شبیه‌سازی در دوره آزمون است. بدین ترتیب، می‌توان با انجام یک فرآیند قیاسی، در چند مرحله تکرار، متغیرهای کم‌اثرتر را حذف نمود و در نهایت، مدل بهینه برای پیش‌بینی را بر اساس معیارهای رایج خطا نظیر RMSE و MAPE به دست آورد.

---

*دانشجوی دوره دکتری اقتصاد دانشگاه تهران E.Mail:omidfarmanara@yahoo.com
**کارشناس ارشد اقتصاد دانشگاه آزاد واححد علوم تحقیقات تهران E.Mail:vahidfarmanara@yahoo.com

www.SID.ir
Archive of SID

افزون براین، این الگوریتم قادر به شناسایی و رتبه‌بندی تأثیرگذارترین متغیرها نیز می‌باشد. نتایج به دست آمده حاکی از دقت بسیار بالا و قابلیت فوق العاده الگوریتم GMDH در پیش بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران است، به طوری که خطای حاصل از پیش بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران برای داده‌های سالانه ۰,۳۷درصد، ماهانه ۰,۳۵درصد و برای فصلی ۲,۰۴درصد است. همچنین، نتایج نشان می دهد که در بهترین مدل غیرخطی پیش بینی شاخص قیمت سهام با استفاده از مدل شبکه عصبی GMDH متغیرهای نرخ ارز، نرخ تورم و تولید ناخالص داخلی همگی جزء متغیرهای مؤثر بوده و هیچکدام از مدل حذف نشدند.

واژگان کلیدی: پیش‌بینی، شاخص قیمت سهام، متغیرهای کلان، شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم GMDH.

طبقه بندی JEL : E3,C6

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

بورس به یک بازار رسمی گفته می‌شود که در یک محل تشکیل شده و در آن خرید و فروش انواع کالا یا اوراق بهادار، با ضوابط و مقررات خاصی صورت می‌گیرد.

بورس اوراق بهادار بازاری برای مبادله اسناد مالی است که در آن شرکت ها و مؤسسات در صورت احراز شرایط لازم می‌توانند با حمایت قانون، پس‌اندازها و سرمایه‌های راکد را در قالب عرضه سهام در فعالیت خود سهیم نموده و از این طریق بخشی از سرمایه‌های مالی مورد نیاز خود را تأمین کنند. گسترش مبادلات پول و کالا در بازارهای جهان نیاز به ایجاد محلی را که در آن با مقررات و شرایط خاصی خرید و فروش و تبادل کالا و پول با وسایل دیگر پرداخت صورت گیرد، ناگزیر می‌سازد. بورس اوراق بهادار همانند یک کانال هدایت‌کننده منابع مالی عمل می‌نماید و قادر است که در صورت آماده بودن شرایط و زمینه‌های دیگر موجبات هدایت منابع مالی به سمت فعالیت های تولیدی را فراهم نماید. بورس اوراق بهادار سازکار مطمئنی است که می‌تواند ضمن جلب اعتماد مردم امنیت لازم برای سرمایه‌گذاری در هر مقیاس و برای تمامی مردم را فراهم سازد .

فلسفه شکل گیری بازارهای سهام را در دو عامل ریسک تولیدی و ریسک نقدینگی می‌توان جستجوکرد. ریسک تولیدی از بنگاه هایی نشأت می‌گیرد که در معرض شوک های تولیدی قرار دارند و این ریسک موجب دلسرد شدن سرمایه‌گذاران ریسک گریزی می‌شود که می‌خواهند در بنگاه های تولیدی سرمایه‌گذاری کنند. ریسک نقدینگی خطر انحلال و یا ورشکستگی صاحبان بنگاه ها به دلیل عدم دسترسی به پول نقد است. با این وجود، بازارهای سهام از عهده این دو ریسک برمی‌آیند؛ زیرا اولاً بازارهای سهام به افراد اجازه سرمایه‌گذاری در تعداد زیادی از بنگاه ها را داده و لذا مرتباً تکانه‌های تولیدی را متنوع‌تر می‌کند، ثانیاً بازارهای سهام امکان فروش سهام متعلق به مالکان اولیه بنگاه ها را به سرمایه‌گذاران دیگر فراهم آورده و تأمین مالی شرکت ها و پروژه‌های بزرگ را که از عهده آنها خارج است، امکان پذیر می‌کند.

در واقع، بازار سهام از دو طریق به رشد اقتصادی کمک می‌کند:

الف) نخست از طریق توانایی مبادله مالکیت بنگاه ها بدون ایجاد هرگونه وقفه در فرایند تولیدی که در داخل بنگاه ها اتفاق می‌افتد. این امر موجب کاهش ریسک تولیدی و افزایش کارایی بنگاه ها شده و بدین ترتیب نرخ رشد ستانده را تسریع می‌نماید.

ب) با جایز شمردن مالکان و سرمایه‌گذاران به متنوع کردن دارایی‌های مطلوب خود، باعث افزایش نقدینگی شده و لذا ریسک نقدینگی را کاهش می‌دهد. کاهش ریسک تولیدی و نقدینگی به همراه بهبود کارایی بنگاه موجب تشویق و افزایش سرمایه‌گذاری بنگاه ها می‌شود، در نتیجه، رشد اقتصادی را شتاب می‌بخشد. پس بورس (بازار سهام) علاوه بر اینکه یکی از ابزارهای اساسی تأمین نقدینگی برای سرمایه‌گذاری‌های جدید است، عملاً نقش اصلاح ساختار تولید را نیز برعهده دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

مبانی نظری

بازار سرمایه در شکل یک بازار مالی، محل تلاقی عرضه و تقاضای منابع مالی میان‌مدت و بلندمدت است. عرضه‌کنندگان سرمایه در این بازار را پس‌اندازکنندگان فردی، اشخاص حقوقی و سازمان‌ها و مؤسسات اعتباری تشکیل می‌دهند. این بازار به عنوان یک مرکز تأمین وجوه سرمایه‌ای، پس‌انداز و نقدینگی افراد را از طریق کارگزاران و واسطه‌های مالی به جانب سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت تولیدی و بازرگانی هدایت می‌کند.

بورس اوراق بهادار به عنوان بخشی از بازار سرمایه، با سه قرن سابقه در جهان، بازار سرمایهٔ رسمی برای خرید و فروش اوراق سهام یا اوراق قرضه با ضوابط و مقررات خاص است. این بازار از امکانات ویژه‌ای مانند تأمین مالی پروژه‌های بلندمدت و تبدیل فعالیت‌های اقتصادی کوچک به سرمایه‌گذاری‌های اصلی و سودآور برخوردار است و آثاری نظیر اشتغال مولد، کاهش وابستگی اقتصادی، مهار تورم و جهش اقتصادی را به دنبال دارد. به همین علت، انعکاسات مثبت بورس نشانه تحرکات پول و سرمایه و همچنین انعکاسات منفی آن نیز بیانگر رکود، کسادی و عدم تشکیل سرمایه است.

بیشترین اقتصاددانان تشکیل سرمایه را مهم ترین عامل توسعه و پیشرفت‌های اقتصادی دانسته‌اند. توسعه اقتصادی در جهان پیشرفته امروزی نتیجه فعالیت و توسعه بازار سرمایه بوده، به طوری که گسترش بازار سرمایه و سهامداری در کشورهایی مانند آمریکا، انگلستان، آلمان و ژاپن به عنوان یک موتور توسعه، سبب جهش فوق‌العاده اقتصادی در این کشورها شده است.

در صورت نبود بازار سرمایه در یک کشور و یا فعال نبودن آن، منابع مالی به ناچار از طریق نظام‌های بانکی و یا بازارهای غیررسمی در نقل و انتقال قرار می‌گیرند، این سازوکار به جریان غیرکارآمد تأمین مالی فعالیت‌های اقتصادی منجر شده، در نتیجه یکی از مهم ترین مشکلات در راه توسعه اقتصادی به ویژه در بخش صنعتی کشور محسوب شود. به طور خلاصه، یک بازار سرمایه کارا در ارتقای وضعیت اقتصادی نقش به سزایی داشته، و لذا بازار سرمایه به ویژه بازار بورس در اقتصاد از جایگاه خاصی برخوردار هستند. بنابراین شناخت ویژگی‌های بازار سرمایه و بورس اوراق بهادار در ایران به عنوان جزء اصلی بازار سرمایه و بر طرف کردن تنگناهای آن بسیار حائز اهمیت است.

بنابراین، لازم است تا عوامل تأثیرگذار بر بازار بورس شناسایی و به دقت مورد بررسی قرار گیرند. لذا در این پژوهش بر آن هستیم تا از میان عوامل اقتصادی مختلف در سطح کلان اقتصادی مهم ترین و مؤثرترین متغیرهای توضیح دهنده تغییرات بازار بورس را تعیین نماییم. در این راستا، متغیرهای کلان اقتصادی مهم نظیر نرخ ارز، نرخ تورم و تولید ناخالص داخلی را مورد بررسی قرار داده و سپس با استفاده از آنها به پیش‌بینی شاخص قیمت سهام در بورس خواهیم پرداخت .

مطالعات تجربی اخیر بر روی رابطه همزمان بین قیمت سهام و نرخ ارز تمرکز داشته‌اند. برخی از این مطالعات حاکی از وجود رابطه مثبت یا مستقیم بین قیمت سهام و نرخ ارز بوده و برخی دیگر نشان دهنده رابطه منفی یا معکوس بین آنها بوده است. دلیل وجود چنین نتایج متفاوتی را می‌توان در اثر تغییرات نرخ ارز بر روی قیمت

www.SID.ir

سهام در اقتصادهای وارداتی یا صادراتی جستجو کرد.

نتایج یک پژوهش در این مورد نشان می دهد، در کشورهایی که اقتصاد آنها صادراتی است، یعنی صادرات آنها مسلط بوده و از واردات آنها بیشتر است، افزایش ارزش پول داخلی یک اثر منفی و برعکس در کشورهایی که اقتصاد وارداتی دارند، افزایش ارزش پول سبب افزایش قیمت سهام می‌شود.

اما مطالعات جدیدتر، بیشتر بر روی تعاملات و جهت اثرگذاری یا علیت بین نرخ ارز و قیمت سهام متمرکز شده‌اند. به عنوان مثال، مطالعه بهمنی – اسکویی و سهرابیان نشان می‌دهد که یک رابطه علی دو طرفه بین قیمت سهام و نرخ ارز وجود دارد. این در حالی است که مطالعات دیگر نشان دهنده وجود رابطه منفی در کوتاه‌مدت و رابطه مثبت در بلندمدت از سوی قیمت سهام به نرخ ارز بوده و نیز حاکی از وجود رابطه منفی در کوتاه مدت و بلندمدت از سوی نرخ ارز بر روی قیمت سهام است.

یکی دیگر از متغیرهای تأثیرگذار بر شاخص قیمت سهام، نرخ تورم است. در بررسی‌هایی که در بورس تهران صورت گرفته، وجود رابطه مثبت بین شاخص قیمت سهام و تورم در بلندمدت و رابطه منفی بین شاخص قیمت سهام و تورم در کوتاه مدت تأیید شده است؛ زیرا در شرایط تورمی که قدرت خرید مردم کاهش می‌یابد، افزایش هزینه‌های زندگی به گونه‌ای است که مجالی برای پس‌انداز باقی نمی‌ماند و کاهش پس انداز باعث کاهش سرمایه‌گذاری و کاهش فعالیت‌های بورس اوراق بهادار می‌شود.

این کاهش فعالیت‌های بورس اوراق بهادار به نوبه خود موجب کاهش تقاضا برای سهام موجود در بورس و در نتیجه، کاهش قیمت سهام می‌شود. همچنین، با افزایش تورم، نرخ بازده مورد انتظار سرمایه‌گذاران افزایش یافته و با افزایش نرخ تنزیل، قیمت سهام کاهش می‌یابد.

اما در بلندمدت با افزایش نرخ تورم یعنی افزایش سطح عمومی قیمت‌ها در یک اقتصاد، قیمت دارایی‌ها و نهاده‌های تولیدی شرکت‌ها افزایش پیدا می‌کند، بنابراین، سهام نیز که نماینده بخشی از دارایی‌های شرکت است، درنتیجه افزایش ارزش پیدا می‌کند که این به افزایش قیمت سهام آنها منجر می‌شود.

یکی دیگر از متغیرهای تأثیرگذار بر شاخص قیمت سهام، تولید ناخالص داخلی است، مصرف بخش خصوصی، مصرف بخش دولتی (هزینه‌های دولت)، سرمایه‌گذاری (دولتی و خصوصی)، صادرات و واردات که افزایش یا کاهش هر کدام می‌تواند بر میزان ناخالص داخلی مؤثر باشد. سیاست‌های پولی و مالی انبساطی و انقباضی بر تغییر روند عوامل تشکیل دهنده تولید ناخالص ملی مؤثر هستند. در نتیجه، نوع سیاست به کار گرفته شده در جامعه در هر برهه از زمان چشم انداز روند رشد اقتصادی در کشور را نمایان خواهد ساخت .

رشد اقتصادی کشور در نهایت رشد سرمایه‌گذاری، درآمد و درآمد سرانه در کشور را به همراه دارد و می‌تواند یکی از عوامل مؤثر بر رشد و رونق بازار سرمایه نیز باشد. زمانی که اقتصاد یک کشور از رونق و رشد بالایی برخوردار باشد می‌توان انتظار مثبتی از بازار سرمایه داشت.

بنابراین، با افزایش تولید ناخالص داخلی، رشد اقتصادی بیشتری حاصل می‌شود و نظر به این که GDP یکی از اصلی‌ترین متغیرهای کلان اقتصادی است که تغییرات آن می‌تواند بیانگر وضعیت کسب و کار در اقتصاد

www.SID.ir

هر کشوری باشد، می‌توان گفت این انتظار وجود دارد که رابطه قیمت سهام با GDP یک رابطه مثبت باشد.

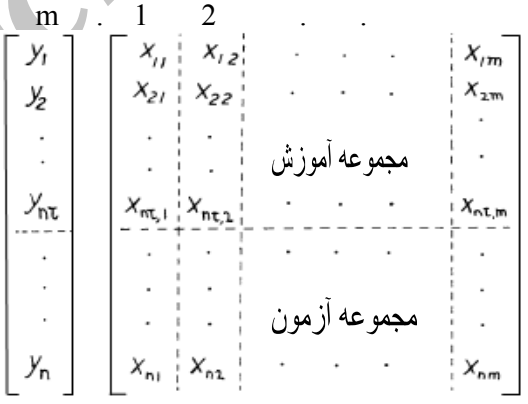
علت این امر را می‌توان در کنه فرآیندهای تولیدی جستجو نمود. تولید فرآیندی زمان‌بر است و تصمیم‌گیری در خصوص میزان تولید و سرمایه‌گذاری به انتظارات تولیدکنندگان نسبت به درآمدها و هزینه‌هایشان بستگی دارد. هرچه این انتظارات با اطمینان بیشتری شکل بگیرد، اعتماد نسبت به فضای کسب و کار افزایش یافته و در تمایل به سرمایه‌گذاری تقویت می‌شود. به بیان دیگر، وجود اطمینان نسبی در خصوص درآمدها و هزینه‌های یک طرح کسب و کار، افزایش تمایل به سرمایه‌گذاری را در پی دارد؛ چرا که وقتی یک سرمایه‌گذار نسبت به هزینه های یک فرایند تولیدی و درآمدهای حاصل از آن بی‌اعتماد است، نمی تواند انتظارات خود را نسبت به سود مورد نظر از اجرای طرح های تولیدی به درستی شکل دهد. لذا رشد مستمر و پایدار تولید ناخالص داخلی به دلیل ایجاد شرایط مساعد کسب و کار و تأثیر مثبت بر روی شکل‌گیری انتظارات فعالان اقتصادی می‌تواند، باعث افزایش سرمایه‌گذاری و درنتیجه افزایش قیمت سهام شود.

بدین روی، با توجه به مبانی نظری پیش گفته، متغیرهای اقتصاد کلان را انتخاب کرده و نحوه تبیین مدل را به صورت زیر تشریح می کنیم.

معرفی مدل و برآورد الگو

مبنای ریاضی الگوریتم GMDH[1]

فرض کنید، مجموعه ای از m متغییر شامل x1,x2,…,xm و یک متغیر y وجود دارد. داده‌های مربوط به هر کدام از xi ها و متغیر هدف y (متغیر خروجی) نیز برای یک دوره زمانی وجود دارد. به عبارتی هر یک از متغیرها به صورت یک بردار که شامل اعداد سری زمانی مربوط به آن متغیر است، اطلاعات اولیه ای که برای ساخت الگوریتم GMDH باید جمع‌آوری شود، مجموعه ای از n مشاهده است که در ماتریس زیر نشان داده‌ایم:



[1] Group Method for Data Handling (GMDH)

www.SID.ir

متغیرهای ورودی به الگوریتم GMDH

برای شروع به کار الگوریتم با دو مسأله مواجه هستیم: ۱) تشخیص رابطه ای که متغیر خروجی را براساس متغیرهای ورودی (xi ها) تولید کند. ۲) پیش بینی y به ازای مقادیر معلوم xiها. به عبارتی به تشخیص مدل و رابطه بین متغیرها (مدل سازی) نیاز است که بتوان از روی آن مدل، مقادیر آتی متغییر هدف را پیش بینی کرد(پیش بینی). مبنای الگوریتم GMDH عبارت از فرآیندی برای ساخت یک چند جمله ای با مراتب بالا است که به سری تابع ولترا[1] معروف بوده و به شکل زیر ارائه می شود: (این چند جمله ای را ایواخننکو نیز می‌نامند.)

$$= \alpha_0 + \sum_{i=1}^{m} a_i\ x_i + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} a_{ij}\ x_i x_j + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} a_{ijk}\ x_i x_j x_k + \ldots \quad (۱)$$

برای این منظور در الگوریتم GMDH، ابتدا به تجزیه سری توابع ولترا به چندجمله‌ای‌های دومتغیره درجه دوم می پردازیم:

$$i(x_i, x_j) = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_j + a_3 x_i^{\ 2} + a_4 x_j^{\ 2} + a_5 x_i x_j \quad (۲)$$

در این تجزیه، سری ولترا به مجموعه‌ای از معادلات بازگشتی زنجیره‌ای تبدیل می‌شود، به‌گونه‌ای که بار دیگر با جایگذاری جبری هریک از روابط بازگشتی در این رابطه (سری ولترا)، برقرار می‌شود. رابطه:

$$y_i = f(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \ldots, x_{im}); \quad i = 1, 2, 3, \ldots, n \quad (۳)$$

توسط تابع $\hat{f}$ تقریب زده می‌شود:

$$i = \hat{f}(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \ldots, x_{im}); \quad i = 1, 2, 3, \ldots, n \quad (۴)$$

و در صورتی که تابع $\hat{f}$ به‌صورت زیر بیان شود:

$$= \alpha_0 + \sum_{i=1}^{m} a_i\ x_i + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} a_{ij}\ x_i x_j + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} a_{ijk}\ x_i x_j x_k + \ldots \quad (۵)$$

در این صورت، رابطه $\hat{f}$ را می‌توان به شکل زیر تجزیه نمود:

[1] Volterra Functional Series

Archive of SID

www.SID.ir

$$
\begin{array}{llll}
\hat{y}_k = G(u_i, u_j) & i,j = 1,2 (i \neq j) & & k = 1 \\
u_k = G(s_i, s_j) & i,j = 1,2,K,F_1 (i \neq j) & F_1 \leq C_{F_2}^2 & k = 2 \\
s_k = G(p_i, p_j) & i,j = 1,2,K,F_2 (i \neq j) & F_2 \leq C_{F_3}^2 & k = 3 \\
\vdots & & & \\
z_k = G(w_i, w_j) & i,j = 1,2,K,F_l (i \neq j) & F_l \leq C_m^2 & k = F_{l-1} \\
w_k = G(x_i, x_j) & i,j = 1,2,K,m (i \neq j) & & k = F_l
\end{array}
\qquad (۶)
$$

همان‌طور که در معادلات بالا مشاهده می‌شود، ترتیب این روابط از بالا به پایین، نمایی از مراحل تجزیه رابطه ۳ به چندجمله‌ای‌های درجه دوم بوده و از طرفی نیز ترتیب این روابط از پایین به بالا بیانگر تکمیل رابطه ۳ توسط معادلات بازگشتی است. در واقع، هدف این الگوریتم یافتن ضرایب مجهول a در سری توابع ولترا است.

گفتنی است که تمامی مدل‌های جزیی به‌وجود آمده از یک ساختار مشابه همانند رابطه زیر برخوردار هستند:

$$(x_i, x_j) = v_0 + v_1 x_i + v_2 x_j + v_3 x_i^2 + v_4 x_j^2 + v_5 x_i x_j \qquad (۷)$$

با توجه به اینکه، هدفی را که در این الگوریتم دنبال می‌کنیم، چیزی جز مدل‌سازی سیستم اولیه نیست، لذا با ترکیب مدل سیستم‌های جزیی و تکرار این عمل، می‌توان به مدل اصلی سیستم که به شکل رابطه ۸ است، دست یافت.

$$= v_0 + \sum_{i=1}^{m} v_i x_i + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} v_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} v_{ijk} x_i x_j x_k + \ldots \qquad (۸)$$

پس از تجزیه سیستم اصلی به تعداد C_m^2 سیستم جزئی، مدلی با دو متغیر ورودی برای هریک از آنها محاسبه می‌شود. سپس، مدل‌های جزئی ایجادشده را دو به دو با هم ترکیب کرده که حاصل این ترکیب، تعداد $\frac{C_m^2(C_m^2-1)}{2}$ سیستم و یا مدل جزئی جدید با حداقل سه و چهار متغیر ورودی است. البته، تعداد متغیرهای وابسته به مدل و یا به‌عبارتی تعداد ورودی‌های سیستم مهم نبوده و تنها دقت برآورد واقعی سیستم (اصلی) توسط مدل‌های ایجادشده اهمیت دارد. لذا با درنظر گرفتن این قاعده برای کاهش محاسبات مضاعف و زاید و افزایش راندمان و دقت مدل‌سازی، تعدادی از مدل‌های جزئی تشکیل‌شده را که از دقت و برآورد بالایی نسبت به مدل‌های دیگر برخوردار هستند، انتخاب نموده و مابقی را حذف می‌کنیم.

در دومین مرحله ترکیب، مدل‌های جزئی انتخاب‌شده و یا به‌عبارتی سیستم‌های ایده‌آل شکل‌گرفته در مرحله پیشین، بار دیگر دو به دو همانند مرحله پیشین ترکیب شده و سیستم‌های جزئی جدیدی با حداقل پنج و حداکثر شش متغیر ورودی تشکیل می‌شود. به همین روش، در مراحل بعدی نیز با انتخاب و حذف تعدادی از مدل‌های جزئی ایجادشده، عمل ترکیب آنها را ادامه می‌دهیم تا در نهایت به مدلی نسبتاً ایده‌آل دست یابیم.

Archive of SID

www.SID.ir

هدفی که همواره در مراحل ترکیب مدل‌های به وجود آمده مورد نظر است، دست یافتن به مدلی است که تقریباً تمامی متغیرهای سیستم در آن نمایان و نقش داشته باشند و هدف دیگری که در انجام ترکیب‌های مکرر مورد نظر است، رسیدن به مدلی است که میزان خطای خروجی آن نسبت به مدل‌های دیگر محاسبه شده در مراحل پیشین، کمتر باشد.

مدل‌سازی سیستم‌های جزئی

همان‌طور که پیشتر از اشاره شد، مدلی که برای سیستم‌های جزئی درنظر گرفته می‌شود، به‌صورت چند جمله‌ای دومتغیره درجه دوم، همانند رابطه زیر است:

$$\hat{f}(x_i, x_j) = a_0 + a_1 x_{ip} + a_2 x_{iq} + a_3 x_{ip}^{\ 2} + a_4 x_{iq}^{\ 2} + a_5 x_{ip} x_{iq} \qquad (۹)$$

در هر لایه از شبکه GMDH برای برآورد تخمین معادلات جزئی، انتخاب های دو تایی از بین ورودی‌های آن مرحله یا به عبارتی آن لایه از شبکه عصبی صورت می گیرد که به کمک این مجموعه های دو تایی معادلات جزیی شکل می گیرد. به عنوان نمونه تعداد انتخاب های دو تایی در لایه اول برابر است با:

$$C_{m}^{2} = \binom{m}{2} = \frac{m(m-1)}{2}$$

با توجه به این که هدف از استفاده این الگوریتم، مدل سازی و در نهایت برآورد y است، لذا با ترکیب سیستم‌های جزئی و تکرار این عمل، می توان به رابطه اصلی (۱) دست یافت.

تابع f دارای شش مجهول است، لذا بایستی آنها را طوری تنظیم کنیم که به ازای تمام نمونه‌های دو متغیره وابسته به سیستم $\{(x_{ip}, x_{iq}), i = 1,2,3,..., n\}$، خروجی مطلوب $\{ y_i | i = 1,2,..., n \}$ برقرار شود. به همین دلیل تابع G را بر اساس قاعده کمترین مربعات خطا پایه‌ریزی می‌کنیم:

$$\sum \left[(G(x_{ki}, x_{kj}) - y_i)^2 \right] \rightarrow Min \qquad (۱۰)$$

نتایج الگو و تحلیل محاسبات

در ادامه، به بررسی و پیش‌بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران با استفاده از الگوریتم GMDH پرداخته و در این راستا، الگوریتم GMDH را برای داده‌های سالانه، روزانه و فصلی از سال ۱۳۷۰ تا۱۳۸۵ به کار می‌بندیم. ابتدا با استفاده از داده‌های سالانه یک مدل شامل ۴ متغیر نرخ ارز، تولید ناخالص داخلی، تورم و شاخص قیمت سهام تهران با یک وقفه را در نظر می‌گیریم. این متغیرها با توجه به توضیح‌دهندگی بهتری که نسبت به متغیرهای نظیر خود شامل حجم پول، نرخ بهره، سیاست های کلان اقتصادی (سیاست های پولی و مالی)،

Archive of SID

www.SID.ir

ترازپرداخت ها (وضعیت صادراتی و وارداتی کشور) و جز اینها داشته‌اند، به عنوان متغیرهای نهایی توضیح‌دهنده مدل شبکه عصبی GMDH انتخاب شده‌اند.

همان طور که در ابتدای معرفی مدل توضیح داده شد، در این روش با استفاده از قابلیت غربال‌سازی الگوریتم GMDH در چند مرحله به غربال‌کردن متغیرهای کم‌اثرتر پرداخته و در نهایت، مدل پیش‌بینی نهایی را از این طریق استخراج کرده و با مدل به دست آمده اقدام به پیش‌بینی شاخص قیمت سهام تهران می‌نماییم.

داده‌های استفاده شده در فرآیند پیش‌بینی، ابتدا به دو مجموعه، یکی برای برآورد مدل و دیگری برای آزمون نتایج حاصل از پیش‌بینی تقسیم می‌شود. بنابراین، در الگوریتم GMDH ابتدا با استفاده از داده‌های مجموعه تمرین به شناسایی و برآورد مدل شبکه عصبی پرداخته و سپس با استفاده از داده‌های مجموعه آزمون شاخص قیمت سهام تهران را پیش‌بینی کرده و بر اساس شبیه‌سازی شکل گرفته، به بررسی میزان خطا و کارایی مدل نهایی خواهیم پرداخت.

این فرآیند به نوعی همانند یک فرآیند شبیه‌سازی است که با استفاده از مدل برآوردشده اولیه بر اساس داده‌های تمرین به شبیه‌سازی متغیر هدف یعنی پیش‌بینی شاخص قیمت سهام تهران پرداخته و با مقایسه نتایج پیش‌بینی با مقادیر واقعی تحقق یافته در مجموعه داده‌های آزمون میزان خطا و لذا کارایی مدل پیش‌بینی را ارزیابی می‌نماید.

با توجه به مبانی نظری بیان شده و متغیرهای کلیدی اقتصاد کلان یاد شده در آن، در این پژوهش برای برآورد الگو از متغیرهای ارائه شده در جدول زیر استفاده می کنیم.

جدول۱): متغیرهای کلیدی اقتصاد کلان به کار رفته در پیش‌بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران

ردیف	عنوان	متغیر
۱	نرخ ارز	EX
۲	تولید ناخالص داخلی	GDP
۳	نرخ تورم	INF
۴	شاخص قیمت سهام بورس تهران با یک دوره وقفه	TEPIX (-1)

در این روش با توجه به قابلیت الگوریتم GMDH در غربال‌سازی و تشخیص روندهای غیرخطی، از یک شبکه عصبی GMDH بر اساس یک الگوی متشکل از ۴ متغیر به عنوان ورودی به شرح جدول ۱ استفاده می‌کنیم. نتایج برازش متغیرهای الگو بر روی متغیر هدف توسط شبکه عصبی GMDH به شرح جدول ۲ است، که برای داده‌های سالانه برآورد شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲): نتایج خروجی شبکه عصبی GMDH برای داده‌های سالانه

متغیرهای حذف‌شده	ندارد
متغیرهای مؤثر	INF EX, GDP, TEPIX(-1),
متغیرهای با اثر مضاعف	GDP TEPIX(-1),
MSE[1]	0.00087
RMSE[2]	0.02956
MAPE[3]	0.00232
درصد خطای پیش‌بینی[4]	0.37640
درصد دقت پیش‌بینی	99.62359

همان‌طور که پیشتر نیز توضیح داده شد، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های الگوریتم GMDH توانایی شناسایی و حذف متغیرهای زاید است. بدین ترتیب، متغیرهایی که در جریان مدل‌سازی اثر کمتری داشته و یا بدون تأثیر بر متغیر هدف هستند، از الگو حذف می‌شوند. این متغیرها در ردیف اول جدول ۲ مشخص شده‌اند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، هیچ متغیری در فرآیند مدل‌سازی از الگو حذف نشده است.

در مقابل، تولید ناخالص داخلی و شاخص قیمت سهام بورس تهران با یک دوره وقفه دارای اثر مضاعف[5] بوده‌اند. افزون براین، ردیف‌های چهارم تا هشتم جدول ۲، معیارهای اندازه‌گیری خطای پیش‌بینی در مرحله آزمون[6] شبکه عصبی را تعیین می‌کنند. مقادیر معیارهای خطا، نشان‌دهنده دقت بالا و صحت پیش‌بینی توسط

---

1 Mean Square Error
2 Root Mean Square Error
3 Mean Absolute Percentage Error

[4] درصد خطای پیش‌بینی بر اساس رابطه روبه رو محاسبه می‌شود:

$$\frac{\sqrt{MSE}}{Mean\,TEPIX\,(Test)} * 100 = \frac{St.error}{Mean\,TEPIX\,(Test)} * 100$$

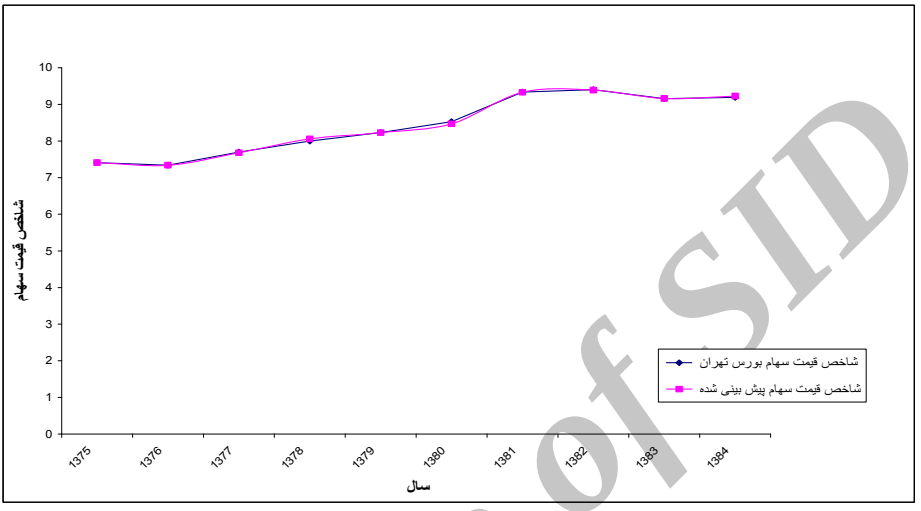
[5] متغیرهای با اثر مضاعف برای ورودی ها در ادبیات شبکه عصبی GMDH، معنای متفاوتی با تحلیل های رگرسیونی دارد و به متغیری که تعداد تکرار بیشتری نسبت به متغیرهای دیگر در خروجی برنامه شبکه داشته، یا بتواند از یک لایه پنهان پرش کند، اطلاق می شود.

6 Testing

www.SID.ir

شبکه عصبی GMDH است. نمودار زیر مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده شاخص قیمت سهام بورس تهران توسط شبکه عصبی GMDH را نشان می‌دهد.

نمودار۱): مقادیر واقعی و پیش بینی شده شاخص قیمت سهام بورس تهران برای داده‌های سالانه



در مرحله بعدی، این فرآیند را برای همان متغیرها با استفاده از داده‌های فصلی تکرار کرده و نتایج به دست-آمده از شبکه عصبی را ملاحظه می‌نماییم. نتایج خروجی برنامه به شرح جدول زیر است.

جدول۳): نتایج خروجی شبکه عصبی GMDH برای داده‌های فصلی

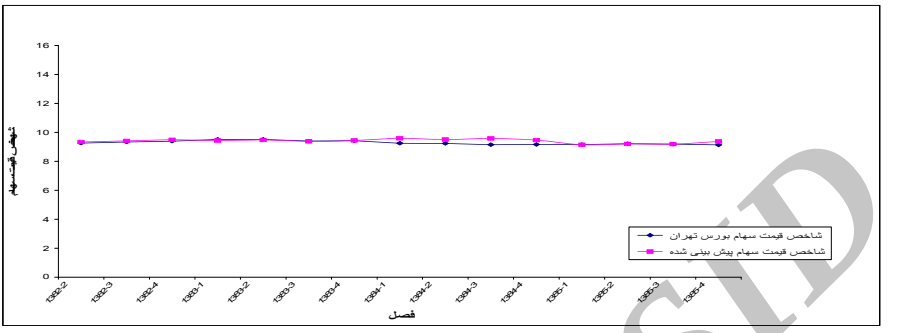
متغیرهای حذف شده	ندارد
متغیرهای مؤثر	INF EX, GDP, TEPIX(-1),
متغیرهای با اثر مضاعف	EX TEPIX(-1),
MSE	0.03605
RMSE	0.18986
MAPE	0.01435
درصد خطای پیش‌بینی	2.04330
درصد دقت پیش‌بینی	97.95669

نتایج خروجی نشان می‌دهد که هیچ متغیری در ورودی به سیستم شبکه عصبی GMDH کم‌اثر نبوده و لذا در فرآیند شبیه‌سازی مدل GMDH هیچ متغیری حذف نشده است. بدین ترتیب، معیارهای سنجش ارائه‌شده در جدول۳ به دست آمده‌اند. در مقابل، متغیرهای نرخ ارز و شاخص قیمت سهام بورس تهران با یک دوره وقفه، دارای اثر مضاعف در برازش مدل بوده‌اند. نمودار زیر مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده شاخص قیمت سهام بورس

Archive of SID
www.SID.ir

تهران توسط شبکه عصبی GMDH را نشان می‌دهد.

نمودار۲): مقادیر واقعی و پیش بینی شده شاخص قیمت سهام بورس تهران برای داده‌های فصلی



در مرحله پایانی، این فرآیند را برای متغیرهای نرخ ارز، تورم و شاخص قیمت سهام بورس تهران با یک دوره وقفه، با استفاده از داده‌های ماهانه تکرار کرده و نتایج به دست‌آمده از شبکه عصبی را ملاحظه می‌نماییم. نتایج به دست آمده در جدول زیر مشاهده می‌شود.

جدول۴): نتایج خروجی شبکه عصبی GMDH برای داده‌های ماهانه

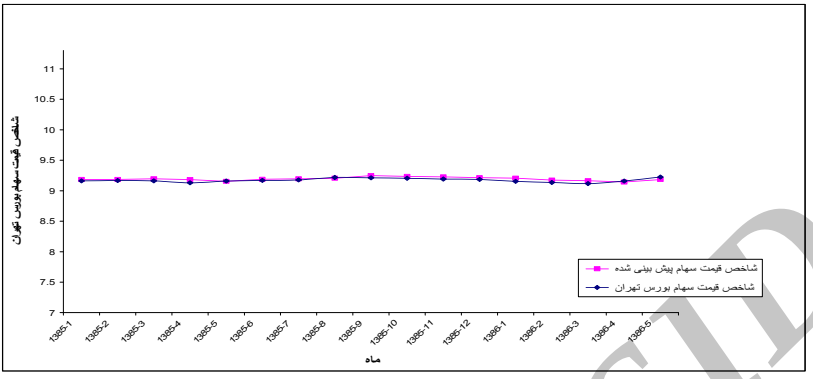
متغیرهای حذف‌شده	ندارد
متغیرهای مؤثر	INF EX, TEPIX(1),
متغیرهای با اثر مضاعف	INF TEPIX(-1),
MSE	0.00108
RMSE	0.03293
MAPE	0.00327
درصد خطای پیش‌بینی	0.35917
درصد دقت پیش‌بینی	99.64083

ملاحظه می‌شود که در این مرحله نیز بار دیگر تمام متغیرهای ورودی به سیستم مؤثر بوده و هیچ‌یک بی‌اثر شناخته نشده و لذا حذف نشده‌اند. از سوی دیگر، متغیرهای نرخ تورم و شاخص قیمت سهام بورس تهران با یک دوره وقفه دارای اثر مضاعف بوده‌اند. معیارهای سنجش ارائه شده در جدول ۴ نشان می دهد که کارایی مدل در پیش‌بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران با استفاده از داده‌های ماهانه نسبت به مرحله پیشین بیشتر بوده است. این نتیجه در نمودار زیر که مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌شده شاخص قیمت سهام بورس تهران با استفاده از داده‌های ماهانه را نشان می‌دهد نیز بارز است.

Archive of SID

www.SID.ir

نمودار۳): مقادیر واقعی و پیش بینی شده شاخص قیمت سهام بورس تهران برای داده‌های ماهانه



از سوی دیگر، آنچه که بر اساس روش تحلیل‌های تکنیکی انتظار داریم، مبنی بر بروز متغیر هدف (همراه با وقفه) به عنوان یکی از متغیرهای مهم توضیح‌دهنده، در مدل شبکه عصبی به کار رفته برای پیش‌بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران با استفاده از الگوریتم GMDH به خوبی قابل رؤیت بوده و شاهد بروز متغیر هدف یعنی شاخص قیمت سهام بورس تهران همراه با یک وقفه ((TEPIX(-1)) به عنوان متغیر با اثر مضاعف در هر سه مدل برآورد شده با داده‌های سالانه، فصلی و ماهانه هستیم.

نتیجه گیری

هدف اصلی این مطالعه، پیش‌بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران است. این مقاله با توجه به اهمیت پیش‌بینی در حوزه فعالیت های اقتصادی به ویژه در فضای اقتصاد مالی و بورس، به ارائه روش جدیدتری نسبت به روش های دیگر رایج پیش بینی پرداخته است.

روش پژوهش به کار رفته بر اساس مدل‌های فاقد مبنای نظری[1] است که معروف به مدل‌های مهندسی معکوس[2] یا مدل‌سازی جعبه سیاه[3] نیز هستند. این مدل غیرخطی با مراتب بالا را به طور کامل در معرفی مدل تشریح کردیم. در بیان مبانی نظری مرتبط، سعی کردیم تا در شناسایی عوامل اصلی اقتصادی تأثیرگذار بر شاخص قیمت سهام بورس در سطح کلان و نحوه اثرگذاری آنها بر روی شاخص قیمت سهام بورس را بیان کنیم.

در ادامه، پس از معرفی مدل شبکه عصبی GMDH و بیان ویژگی های آن در مقایسه با روش‌های متعارف اقتصادسنجی و مدل‌های دیگر شبکه عصبی مصنوعی، با استفاده از داده‌های سالانه، ماهانه و فصلی به برآورد این مدل پرداخته و نتایج پیش‌بینی را ارائه نمودیم.

---

1 Non-Theoretical Models
2 Inverse Engineering
3 Black-Box Modeling

www.SID.ir

نتایج به دست‌آمده حاکی از دقت بسیار بالا و قابلیت فوق‌العاده الگوریتم GMDH در پیش‌بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران است، به طوری که خطای پیش‌بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران برای داده‌های سالانه ۰/۳۷درصد، ماهانه ۰/۳۵درصد و برای فصلی ۲/۰۴درصد است.

در مقابل، درصد دقت پیش‌بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران توسط مدل شبکه عصبی GMDH برای داده‌های سالانه، به ترتیب ۹۹/۶۲درصد ، فصلی ۹۷/۹۵درصد و برای داده های ماهانه ۹۹/۶۴درصد شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، خطا و درصد دقت پیش‌بینی حاصله نشان‌دهنده قدرت بسیار بالای مدل شبکه عصبی GMDH در پیش‌بینی است.

در مجموع، علت این امر را می‌توان در روش به کار رفته و نحوه شبیه‌سازی انجام‌شده توسط الگوریتم GMDH جستجو کرد. از آنجا که عوامل مؤثر بر پیش‌بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران دارای ابعاد و پیچیدگی‌های زیادی بوده، و همه متغیرهای یادشده سهمی را در کاهش خطای پیش بینی ایفا می کنند، استفاده از الگوریتم GMDH باعث شده است که بتوان تمامی عوامل مؤثر را در کنار یکدیگر و ارتباطات آنها را به صورت غیرخطی و حتی با مراتب بالا در فرآیند پیش‌بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران دخیل نمود. به طوری که در این راستا، بر اساس این مدل که حاصل فرآیند قیاسی الگوی GMDH است، متغیرهای مختلف در رقابت با یکدیگر برای پیش‌بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران ارزیابی شده و ضمن دادن فرصت های برابر به همه آنها در فرآیند پیش‌بینی، در یک مرحله تکاملی اصلاحی همانند آنچه در فرآیندهای طبیعی اصلاح ژنتیک دیده می‌شود، به حذف عوامل کم‌اثرتر و بهبود عوامل تأثیرگذار و در نهایت، شناسایی عوامل مؤثرتر که به اصطلاح دارای اثر مضاعف بر متغیر هدف هستند، پرداختیم. بنابراین، می‌توان علل و عوامل مؤثر در پیش‌بینی شاخص قیمت سهام بورس تهران را به طور ویژه‌ای در تقابل و رقابت با یکدیگر در یک سیستم غیرخطی که دارای ابعاد گوناگون و گسترده‌ای است، تبیین نمود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱. آرمان، بهمن و پوریان، حیدر.(۱۳۷۹). نقش بورس اوراق بهادار در برنامه پنج ساله دوم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی در ایران. چاپ دوم، انتشارات مؤسسه تحقیقات پولی و بانکی، پژوهشکده بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.

۲. برانسون، ویلیام اچ. (۱۳۸۴). تئوری و سیاستهای اقتصاد کلان. ترجمه عباس شاکری. چاپ هشتم.

۳. جعفری صمیمی، احمد و یحیی زاده فر، محمود. (۱۳۷۸) .بررسی رابطه علی بین تورم، بازده سهام و شاخص قیمت سهام در ایران: یک تحلیل تجربی (۱۳۷۵– ۱۳۷۰). مدرس، شماره یک.

۴. ختایی، محمود. (بهار ۱۳۷۸). گسترش بازارهای مالی و رشد اقتصادی. انتشارات مؤسسه تحقیقات پولی و بانکی. بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.

۵. خاکی صدیق، علی. (پائیز ۱۳۸۳). ارزیابی روش‌های پیش بینی قیمت سهام و ارائه مدل بهینه. پژوهشکده پولی و بانکی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.

۶. سجادی، سید حسین وهمکاران. (۱۳۸۷). بررسی رابطه بین متغیر های کلان و شاخص قیمت کل. فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران ، سال دوازدهم، شماره ۳۶.

۷. عباسیان ، عزت اله و همکاران.(۱۳۸۷). اثر متغیر های کلان اقتصادی بر شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه پژوهش های اقتصاد ایران ، سال دوازدهم، شماره ۳۶.

۸. قالیباف اصل، حسن. (۱۳۸۱). بررسی اثر نرخ ارز بر روی ارزش شرکت در ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

۹. کدخدایی، حسین. (۱۳۷۸). مبانی مقررات بازار سرمایه. بیمه مرکزی یاران.

۱۰. کریم زاده، مصطفی. (بهار ۱۳۸۵). بررسی رابطه بلند مدت شاخص قیمت سهام بورس با متغیرهای کلان پولی با استفاده از روش همجمعی در اقتصاد ایران. فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران. سال هشتم، شماره ۲۶.

۱۱. محمدی، تیمور؛ تقوی، مهدی و برزنده، محمد. (۱۳۷۸) . بررسی متغیرهای اقتصادی اثرگذار بر شاخص قیمت سهام بورس اوراق بهادار تهران مجله برنامه و بوجه، شماره ۴۰ و ۴۱.

۱۲. هال، جان. (۱۳۸۴). مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک. ترجمه سجاد سیاح و علی صالح آبادی، شرکت کارگزاری مفید.

13. Adrangi, B., Chatrath, A., & Z. Sanvicente, A. (2000). Inflation, Output, and Stock Prices: Evidence From Brazil. FINACELAB WORKING PAPER

14. Anastasakis, L., & Mort, N. (2001). The Development of Self-organization Techniques in Modeling: A Review of the Group Methods of

www.SID.ir

Data Handling (GMDH). Department of Automatic Control & Systems Engineering The University of Sheffield, Mappin St, Sheffield, No. 813.

15. Azem, A.N., & Gerhard, H.(2002). Stock Market and Macroeconomic: Evidence from Stock Exchange of Indonesia.

16. Bahmani-Oskooee, M., & Sohrabian, A.(1992). Stock Price and the Effective Exchange Rate of the Dollar. Applied Economics, 24(4), pp.459-464.

17. Branson, W.H. (1983). Macroeconomic Determinants of Real Exchange Risk. in Managing Foreign Exchange Risk, R.J.Herring ed., Cambridge: Cambridge University Press.

18. Dornbusch, R., & Fischer, S.(1980). Exchange Rates and the Current Account. American Economic Review, 70(5), pp. 960-971.

19. Fama, E.F.(1991). Efficient Capital Market: II. the Journal of Finance, 46.

20. Fama, E. F., & Gibbons, M.R.(1980). Inflation, Real Returns, and Capital Investment. Working Paper No.41, Center for Research in Security Prices, Graduate School of Business, University of Chicago.

21. Farlow, S. J.(1984). The GMDH Algorithm of Ivakhnenko. The American Statistician, vol.35, No.4 , pp.210-215.

22. Faugere, Ch., & Erland, J.V.(2003). A General of Stock Market Valuation and Return .

23. Feldstein, M.(1998). Inflation and the Stock Market. American Economic Review.

24. Fisher, I. (1930). the Theory of Interest. Ed. Macmillan: New York.

25. Frankel, J.A.(1983). Monetary and Portfolio Balance Models of Exchange Rate Determination. in Economic Interdependence and Flexible Exchange Rates, J.S. Bhandari and B.H. Putnam eds., Cambridge: MIT Press.

26. Gavin, M.(1989). The Stock Market and Exchange Rate Dynamics. Journal of International Money and Finance, 8(2), pp.181-200.

27. Goleusov, I.V., & Kondrasheva, S.A.(1987). Comparative analysis of the interdependence structure of the macro-economic indices of COMECON member-countries by the group method of data handling. Soviet Journal of Automation and information Sciences c/c of Avtomatika, vol.20, No.3, pp.39-43.

28. Lucas, R.E.(1973). Some International Evidence on Output – Inflation Trade – off. American Economic Review, 63, PP. 326 -334.

29. Madala, H.R., & Ivakhnenko, A.G.Inductive learning algorithms for complex system modeling.

Archive of SID

www.SID.ir

30. McGee, R., & Stasiak, R.(1985). Does Anticipated Monetary Policy Matter? Another took. Journal of Money, Credit, and Banking, 17, PP.16-27.

31. Mehrara, M.(2007). the Relationship between Stock Market and Macroeconomic Variables: A Case Study for Iran. Iranian Economic Review, vol.12, No.18. pp.51-62.

32. Mookerjee, R., & Yu, Q.(1997). Macroeconomic Variable and Stock Prices in a Small Open Economy: The Case of Singapore. Pacific – Basin Finance Journal, 5.

33. Muhammad, N., & Rasheed, A.(2001). Stock Prices and Exchange Rates: Are they Related? Evidence from South Asian countries. Karachi University, Karachi-Pakistan.

34. Muradoglu, Y.G., & Metin, k. (1996). Efficiency of the Turkish stock Exchange with Respect to Monetary Variables: A Cointegration Analysis. European Journal Operational Research.

35. O'connor, M., & Madden, M.G.(2006). A Neural Network Approach to Predicting Stock Exchange Movements Using External Factors. National University of Ireland, Galway, University Road, Galway, Ireland, pp.371-378.

36. Pesaran, M.H., & Shin, Y.(1999). An Autoregressive Distributed Lag Modeling Approach to Cointegration Analysis. in (Ed) S. Strom, Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: the Ragnar Frisch Centennial Symposium, Chapter 11, Cambridge University Press, Cambridge.

37. Phylaktis, k., & Ravazzolo, F.(2005). Stock Prices and Exchange Rate Dynamic. Journal of International Money and Finance, 24, PP.1031 - 1053.

38. Ram, R., & Spencer, D.E.(1983). Stock Return, Real Activity, Inflation and Money: Comment. American Economic Review, 71, pp.463-470.

39. Rosenblatt, A.B., & Silis, Ya.Algorithms for Construction of Decision Function in the Form of a Complex Logic Proposition. Soviet Automatic Control, 9, pp. 1-5.

40. Sargent, T. J., & Wallace, N.(1975). Rational Expectations and the theory of Economic Policy. Journal of Monetary Economic, 2, PP.169 – 184

Archive of SID

www.SID.ir