چشم‌انداز مدیریت مالی
شماره ۲۲ ـ تابستان ۱۳۹۷
ص‌ص ۱۵۸ ـ ۱۳۵

طراحی مدل پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل‌های خودرگرسیون میانگین متحرک (ARMA) و خودرگرسیون میانگین متحرک با ورودی‌های خارجی (ARMAX) و ارزیابی عملکرد آن‌ها

محمد حسن‌نژاد*

چکیده

بازده بازارهای سرمایه تحت‌تأثیر عوامل مختلفی هستند. این عوامل دامنه گسترده و وسیعی از عوامل کلان جهانی تا رفتارهای تاریخی متغیر وابسته را شامل می‌شود. پژوهشگران زیادی، هریک بخش یا بخش‌هایی از این دامنه گسترده عوامل تأثیرگذار بر بازده بازار سرمایه را در کشورهای مختلف، انتخاب و اقدام به مدل‌سازی برای پیش‌بینی بازده بازار سرمایه مربوطه کرده‌اند. پژوهش حاضر نیز با هدف مدل‌سازی و پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران، از مدل‌های خود توضیحی و ترکیبی استفاده کرده است. به‌گونه‌ای که از مدل‌های خودرگرسیون میانگین متحرک و خودرگرسیون میانگین متحرک با ورودی‌های خارجی برای مدل‌سازی و پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران یاری گرفته است. در پژوهش حاضر، برای تبیین هر چه کامل‌تر مدل و به‌کارگیری عوامل حداکثری، پس از بررسی موضوع بازده و عوامل مؤثر بر بازده، موضوع پیش‌بینی و روش‌های متداول آن و انواع مدل‌های پیش‌بینی بازده بازار سرمایه بررسی شده است. سپس از مدل‌های رگرسیون خطی کلاسیک، خود رگرسیون میانگین متحرک (ARMA) و خود رگرسیون میانگین متحرک با ورودی‌های خارجی (ARMAX) برای پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران استفاده شد. پس از تخمین مدل‌های یادشده، بااستفاده‌از داده‌های ۹۹ دوره‌ای و تأیید قدرت تصریح آن‌ها بااستفاده‌از به‌کارگیری آزمون‌های تشخیصی، بازده بورس اوراق بهادار تهران برای ۴ دوره آتی پیش‌بینی شد. پیش‌بینی‌های صورت‌پذیرفته بااستفاده‌از مدل‌های تخمینی با داده‌های واقعی موردمقایسه قرار گرفته و مدل بهینه بااستفاده‌از معیارهای اطلاعاتی آکائیک، شوارزبیزین و حنان ـ کوئیک و همچنین معیار MSE,MAE,MAPE انتخاب شد. نتیجه نهایی مؤید برتری مدل ARMA بر مدل ARMAX است.

کلیدواژه‌ها: بازده؛ بازار سرمایه؛ پیش‌بینی؛ خودرگرسیون؛ میانگین متحرک؛ خودرگرسیون میانگین متحرک؛ خود رگرسیون میانگین متحرک با ورودی‌های خارجی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۲۱، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۱۲.

* استادیار، دانشگاه شهید بهشتی.

Email: m_hasannezhad@sbu.ac.ir

۱. مقدمه

بازار سرمایه در هر کشوری در کنار بازار پول و بازار دارایی‌های فیزیکی، یکی از سه بازار مهم جهت جذب سرمایه اشخاص دارای مازاد وجوه از یک‌سو و تأمین منابع مالی اشخاص دارای کسری وجوه از سوی دیگر است. طبیعی است که بازده حاصل از سرمایه‌گذاری‌ها در کنار ریسک سرمایه‌گذاری اصلی‌ترین و تعیین‌کننده‌ترین عوامل برای جهت‌دهی جریان سرمایه به بازارهای مختلف هستند. اغلب بازدهی که مدنظر سرمایه‌گذاران بوده و به تصمیم‌های سرمایه‌گذاری آن‌ها جهت می‌دهد، بازده موردانتظار است و نه بازده تاریخی. از آنجائی‌که بازده موردانتظار به تخمین و پیش‌بینی اشخاص از بازده احتمالی آینده دلالت دارد؛ بنابراین مدل به‌کاررفته برای پیش‌بینی بازده و تنوع و دقت اجزای مدل دارای اهمیت بسیار بالایی است. همچنین مدل لازم برای پیش‌بینی بازده برای هر بازاری و هر دارایی متفاوت از بازار یا دارایی دیگر است. در بین انواع دارایی‌ها اعم از دارایی‌های فیزیکی و دارایی‌های مالی، پیش‌بینی بازده سهام از پیچیدگی و عدم اطمینان بالایی برخوردار است؛ بنابراین هویدا است که پیش‌بینی بازده بازار سرمایه که میانگین موزون بازده سهام تمام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بازار سرمایه مربوطه است؛ از پیچیده‌ترین و سخت‌ترین پیش‌بینی‌ها در حوزه پیش‌بینی بازده آتی است. همچنین به خاطر معروف‌بودن بازده بازار سرمایه هر کشور به دماسنج اقتصادی آن کشور، بازده بازار سرمایه و پیش‌بینی آینده آن، علاوه بر سرمایه‌گذاران در کانون توجه سیاست‌گذاران اقتصادی هر کشوری نیز هست. از دهه ۱۹۵۰ تاکنون پژوهش‌های زیادی درمورد بازده و همچنین رابطه آن با ریسک انجام شده است. الگوهای مختلفی شبیه الگوی تک‌عاملی و الگوی چندعاملی به دنبال این بوده‌اند که بازده سرمایه‌گذاری را به عوامل مختلف ریسک نسبت دهند. دانشمندانی نظیر ویلیام شارپ[1](۱۹۶۴) و استیفن راس[2](۱۹۷۶) به‌ترتیب مدل‌های CAPM و APT را برای بررسی رابطه بین بازده و عوامل ریسک مطرح کردند [۲۸]. علاوه‌براین، به باور بسیاری از اقتصاددانان همچون فریدمن[3](۱۹۵۳) آنچه از یک نظریه اقتصادی انتظار می‌رود، انجام پیش‌بینی‌های درست و نزدیک به واقعیت است؛ حتی اگر فرض‌های آن واقعی نباشد [۱۰]. همواره دغدغه اصلی پژوهشگران، تلاش برای یافتن مدل‌هایی بوده است که بتوانند بازده را ساده‌تر و دقیق‌تر پیش‌بینی کنند. ازآنجایی‌که هدف این مقاله ارائه مدلی مناسب برای پیش‌بینی بازده بازار بورس اوراق بهادار تهران به‌عنوان بازار سرمایه ایران است و ازآنجایی‌که مطابق تئوری کارایی بازار، احتمال تبعیت بازده آتی بازار سرمایه از روند تاریخی خود و یا عوامل بنیادین و یا به‌صورت اشتراکی وجود دارد؛ ازاین‌رو بررسی و تعریف دقیق بازده، انواع بازده، مسئله پیش‌بینی و

1. William Sharp
2. Stephen Ross
3. Friedmann

روش‌های انجام آن می‌تواند دیدگاه خوبی از این موضوع برای انجام پیش‌بینی‌های بهتر و نیز شناخت ویژگی‌های بازده بازار ارائه کند. به‌همین‌دلیل در مبانی نظری در گام اول مسائل یادشده، بررسی و در ادامه هم مروری بر پژوهش‌های انجام شده است تا از نتایج به‌دست‌آمده برای تبیین مدل پیش‌بینی بازده در بورس اوراق بهادار تهران و نحوه انجام پژوهش حاضر استفاده شود.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تعریف بازده و انواع آن. بازده عبارت است از نسبت کل عایدی حاصل از سرمایه‌گذاری در یک دوره معین به مقدار سرمایه‌ای که برای کسب آن عایدی در ابتدای همان دوره صرف شده است. بازده مدنظر سرمایه‌گذاران در بازار سرمایه بیشتر در سه مورد زیر قابل‌بررسی است [۲۹]:

۱. بازده سهام: بازده سرمایه‌گذاری در سهام یک شرکت عبارت است از همه دریافتی‌ها از سرمایه‌گذاری در سهم مربوطه در طول یا آخر دوره نسبت به ابتدای دوره یا مبلغ سرمایه‌گذاری. همه دریافتی‌های محتمل از سرمایه‌گذاری در سهام یک شرکت از چهارعنصر: افزایش قیمت هر سهم در طول دوره سرمایه‌گذاری، سود نقدی تعلق گرفته بر سهم، حق تقدم خرید سهام که قابل تقویم به ارزش ریالی است و سود سهمی یا سهام جایزه تشکیل می‌شود. نرخ بازده سرمایه‌گذاری در سهام در حالت جامع به شرح رابطه (۱) محاسبه می‌شود [۲۸].

رابطه (۱)

$$R_{it}=\frac{D_t+P_t(1+\alpha+\beta)-(P_{t-1}+c\alpha)}{P_{t-1}+c\alpha}\times 100$$

۲. بازده پرتفوی[1] (سبد سهام): بازده پرتفوی سهام به میانگین موزون بازده هر یک از سهام تشکیل‌دهنده آن‌که وزن هریک از آن‌ها میزان سرمایه‌گذاری در پرتفوی است، اطلاق می‌شود. بنابراین بازده پرتفوی عبارت است از [۲۹]:

رابطه (۲)

$$R_p = W_1R_1 + W_2R_2 + \cdots W_nR_n = \sum_{i=1}^{n} W_iR_i$$

۳. بازده بازار (بازده شاخص): منظور از بازده بازار یا بازده شاخص، بازده سهام کل شرکت‌های پذیرفته‌شده در یک بورس یا بازار سرمایه مربوطه است. برخی کشورها چندین بورس اوراق

1. portfolio

بهادار مختلف دارند و برخی کشورها نیز دارای یک بورس اوراق بهادار هستند. بازده شاخص در اصل بازده کل مربوط به یک بورس اوراق بهادار را سنجش و ارائه می‌کند و درصورتی‌که در یک کشور چندین بورس اوراق بهادار فعال باشند، باید جهت محاسبه بازده بازار سرمایه آن کشور از بازده موزون شاخص‌های تمام بورس‌های اوراق بهادار آن کشور استفاده کرد؛ بنابراین بازده شاخص نشان‌دهنده بازده موزون سهام همه شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار مربوطه است. امروزه شاخص‌ها و نوسانات آن در دنیا موردتوجه ویژه‌ای قرار دارند، چراکه علاوه بر اندازه‌گیری بازده بازار و ارزیابی عملکرد مدیران پرتفوی، سنجش انتظارات سرمایه‌گذاران از وضعیت آتی اقتصاد کشور، اهمیت فراوانی در تخصیص سرمایه به بخش‌های مختلف اقتصاد داشته و همچنین به‌عنوان متغیری برای پیش‌بینی بازده سهام مورداستفاده قرار می‌گیرد [۲۵]. در بورس اوراق بهادار تهران نیز مانند تمام بورس‌های دنیا شاخص‌های مختلفی روزانه محاسبه و گزارش می‌شود که شاید مهم‌ترین آن‌ها شاخص قیمت و بازده نقدی بورس باشد. چراکه تغییرات شاخص قیمت و بازده نقدی نماینده بازده موزون همه شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس مربوطه است. شاخص قیمت و بازده نقدی یا همان شاخص بازده کل با نماد TEDPIX[1] از فروردین ۱۳۷۷ در بورس تهران محاسبه و منتشر شده است. تغییرات این شاخص نشانگر بازده کل بورس است و از تغییرات قیمت و بازده نقدی پرداختی، متأثر می‌شود. این شاخص کلیه شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران را در بردارد. در این پژوهش از شاخص یادشده به‌منظور تعیین بازدهی بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است. شاخص قیمت و بازده نقدی بورس تهران با رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$TEDPIX_t = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_{it} q_{it}}{RD_t} \times ۱۰۰ \qquad \text{رابطه (۳)}$$

همان‌گونه که از رابطه بالا مشخص است، رابطه تعدیل پایه شاخص TEDPIX از دو بخش تشکیل شده است. بخش اول مربوط به بازده نقدی پرداختی شرکت‌هاست که باعث تعدیل پایه شاخص مزبور می‌شود و بخش دوم مربوط به موارد تعدیلی می‌شود که میان شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار تهران با نماد TEPIX[2] و TEDPIX مشترک است و شامل مواردی همچون افزایش سرمایه از محل آورده نقدی شرکت‌ها می‌شود.

1. Tehran Dividend Price Index
2. Tehran Price Index

عوامل مؤثر بر بازده بازار سرمایه. همان‌گونه که در قسمت‌های قبلی بیان شد، بازده بازار سرمایه میانگین وزنی بازده سهام کلیه شرکت‌های پذیرفته‌شده در یک بازار متشکل است. از آنجائی‌که شرکت‌های مختلف در صنایع مختلف با محصولات مختلف و بازارهای مختلف تشکیل‌دهنده مجموعه بازار سرمایه هستند؛ بنابراین عوامل مختلفی اعم از رخدادهای بین‌المللی، داخلی، بازارهای موازی و غیره بر بازده شرکت‌ها و به‌تبع آن بازده بازار سرمایه تأثیر می‌گذارند. پژوهشگران بسیاری عوامل مختلفی را بر بازده بازار سرمایه مؤثر دانسته‌اند که یکی از این عوامل، مسائل سیاسی است. تغییرات سیاسی در بدنه حاکمیت و همچنین روابط بین‌الملل هر کشوری ازآنجاکه تغییراتی در دیدگاه اقتصادی در پی دارد، تأثیر ملموس و سریعی بر بازار سرمایه می‌گذارد [۲، ۵، ۳۴]. از عوامل دیگر می‌توان به عوامل کلان اقتصادی اشاره نمود. بدون هیچ‌گونه تردیدی مسائل خرد و کلان اقتصادی تأثیر غیرقابل‌انکاری بر ارزش و حجم معاملات بازار سرمایه و به‌دنبال آن بازده بازار سرمایه دارد. عوامل کلان اقتصادی بر همه شرکت‌ها و تصمیم‌های سرمایه‌گذاری سرمایه‌گذاران تأثیر گذاشته و بازده بورس اوراق بهادار را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. مهم‌ترین عوامل کلان اقتصادی که تأثیر آن‌ها بر بازده بازار سرمایه اثبات شده است، عبارت‌اند از: نرخ بهره، نرخ ارز، تورم، تولید ناخالص داخلی، حجم نقدینگی، قیمت جهانی طلا و نفت [۳۰، ۱۷، ۱۱، ۱۴، ۲۶، ۱۲ و ۲۳]. از عوامل مهم دیگر می‌توان به روند تاریخی شاخص بورس‌ها اشاره کرد. به اعتقاد برخی کارشناسان روندهای آتی تحت‌تأثیر روندهای گذشته بوده و بااستفاده‌از روند گذشته شاخص می‌توان بازده آتی بازار سرمایه را پیش‌بینی کرد [۱۵، ۳، ۲۰، ۶، ۲۴ و ۲۳].

پیش‌بینی و روش‌های مرتبط. پیش‌بینی عبارت است از تجسم یک موقعیت یا وضعیت در آینده. در پیش‌بینی ابتدا متغیرهایی که مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرند، شناسایی و تعریف می‌شوند. دراین‌خصوص، سطح جزئیات موردنیاز جهت بررسی موضوع اهمیت دارد. تصمیم‌های مرتبط با پیش‌بینی از لحاظ اهمیت، شامل سه عنصر زمانی هستند: دوره پیش‌بینی، افق پیش‌بینی و فاصله پیش‌بینی. دوره پیش‌بینی واحد اساسی زمانی است که برای آن پیش‌بینی‌ها انجام می‌شوند. برای مثال، ممکن است پیش‌بینی تقاضا به‌صورت هفتگی انجام شود، که در آن صورت دوره یک هفته است. افق پیش‌بینی تعداد دوره‌هایی در آینده است که پیش‌بینی می‌شود. بنابراین ممکن است نیاز به پیش‌بینی برای ۱۰ هفته آینده، که به هفته‌ها شکسته شده است، وجود داشته باشد. در این شرایط دوره پیش‌بینی یک هفته و افق آن ده هفته است.

فاصله پیش‌بینی، تواتری است که با آن پیش‌بینی‌های جدید صورت می‌گیرند. اغلب فاصله پیش‌بینی با دوره پیش‌بینی برابر است، به‌نحوی‌که پیش‌بینی‌ها در هر دوره بااستفاده‌از تازه‌ترین تقاضای دوره و سایر اطلاعات جاری، مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار می‌گیرند. دوره و افق

پیش‌بینی معمولاً به‌وسیله فرآیند تصمیم‌گیری که نیاز به پیش‌بینی دارد، مشخص می‌شوند. برای اینکه پیش‌بینی دارای ارزش باشد، افق پیش‌بینی نباید کمتر از «زمان پیشرو» برای اجرای تصمیم باشد [۲۷]. برای پیش‌بینی روش‌ها و مدل‌های مختلفی وجود دارد اما باتوجه‌به این‌که به چه میزان از روش‌های ریاضی و آماری بهره می‌گیرند، روش‌های پیش‌بینی را به دو دسته کلی روش‌های کیفی یا کمی طبقه‌بندی می‌کنند [۳ و ۱۶]. روش‌های کیفی زمانی استفاده می شود که داده‌های زمانی گذشته وجود ندارند، یا کم هستند یا در دسترس نیستند. روش‌های کیفی دربردارنده تخمین ذهنی از عقاید متخصصان در زمینه مورد پیش‌بینی هستند. در مقابل روش‌های کیفی روش‌های کمی وجود دارد که در این روش‌ها منطق قابل‌قبولی وجود داشته و اساس آن‌ها بر پایه عملیات ریاضی استوار است. روش‌های یادشده شامل بررسی و تحلیل داده‌های تاریخی هستند تا بااستفاده‌از آن فرآیندی که داده‌ها را ایجاد می‌کند، تعیین شود و با فرض پایداری فرآیند از اطلاعات به‌دست‌آمده برای ترسیم وضعیت آینده فرآیند استفاده شود.

روش‌ها و مدل‌های پیش‌بینی بازده بازار سرمایه. بازده بازار سرمایه جزء سری‌های زمانی بوده و از آنجایی که اعداد تاریخی شاخص بورس‌ها و بازده شاخص و همچنین متغیرهای مؤثر بر آن به‌صورت عددی هستند و منطق قابل‌قبولی بر روابط آن‌ها حاکم است، از روش‌های کمی برای پیش‌بینی بازده باز سرمایه استفاده می‌شود. متداول‌ترین و ساده‌ترین روش پیش‌بینی بازده بازار سرمایه روش رگرسیون خطی کلاسیک است. پژوهشگران بسیاری بااستفاده‌از متغیرهای مستقل خارجی، از مدل رگرسیون خطی برای پیش‌بینی بازده بازار سرمایه مختلف استفاده کرده‌اند. کوتاری[1] و همکاران (۲۰۰۶) بااستفاده‌از مدل رگرسیون خطی، بازده بازار سرمایه آمریکا را بااستفاده‌از عایدات تجمعی فصلی کل بازار و همچنین تفاضل عایدات تجمعی فصلی پیش‌بینی کرده‌اند [۱۸]. ویلیام[2] و یومیت[3] (۲۰۱۰) نیز بااستفاده‌از مدل رگرسیون خطی، عایدات شرکت‌ها را اصلی‌ترین عامل مؤثر بر بازده بازار سرمایه معرفی کرده‌اند [۳۳]. فریرا[4] و سانتا کلارا[5] (۲۰۱۱) بااستفاده‌از مدل رگرسیون خطی، بازار سرمایه آمریکا را با استفاده از عوامل نسبت سود تقسیمی به قیمت؛ نرخ رشد سود و نرخ رشد نسبت قیمت به سود پیش‌بینی کرده و آن‌را با مدل SOP مقایسه کرده‌اند [۲۲]. بیلسون[6] و همکاران (۲۰۰۱) بااستفاده‌از مدل رگرسیون خطی و بااستفاده‌از عوامل کلان اقتصادی، بازده بازارهای سرمایه کشورهای نوظهور را پیش‌بینی کرده‌اند [۲].

1. Kothari
2. William
3. Umit
4. Ferreira,
5. Santa-Clara
6. Bilson

گرانا[1] و همکاران (۲۰۰۹) بااستفاده‌از مدل رگرسیون خطی، رشد تولید ناخالص داخلی، نرخ تولیدات صنعتی، نرخ بهره کوتاه‌مدت، نرخ تورم، شکاف نرخ بهره، تغییرات سیاست پولی، چرخه اقتصادی یا تجاری و متغیرهای مالی مانند نرخ تنزیل، رشد سود نقدی و جریان نقدی ورودی و خروجی را بر نوسانات شاخص S&P500 مؤثر دانسته‌اند [۱۴].

پیرایی و همکاران (۲۰۱۰) ارتباط بلندمدت میان متغیرهای کلان اقتصادی و شاخص قیمت سهام بورس اوراق بهادار را بااستفاده‌از یک رگرسیون چند متغیره و با الگوگیری از مدل قیمت‌گذاری آربیتراژ بررسی کرده‌اند و رابطه بلندمدت و مستقیم شاخص قیمت سهام بورس اوراق بهادار تهران با تولید ناخالص داخلی و سطح عمومی قیمت‌ها و رابطه معکوس و بلندمدت شاخص قیمت سهام بورس اوراق بهادار تهران با حجم پول و نرخ ارز را تأیید کرده‌اند [۲۶]. اما نکته قابل‌توجه در پیش‌بینی بازده بازار سرمایه بااستفاده‌از مدل رگرسیون خطی، توجه به فرض‌های رگرسیون خطی و عدم نقض فرض‌های اساسی مدل رگرسیون خطی به هنگام استفاده از مدل مذکور است.

یکی از فرض‌های مدل رگرسیون خطی کلاسیک، یکسان‌بودن واریانس جملات اجزای اخلال در دوره‌های مختلف است. نقض این فرض، مشکلی به نام ناهمسانی واریانس ایجاد می‌کند. درصورت نقض فرض یکسان‌بودن واریانس جملات اجزای اخلال در دوره‌های مختلف باید از مدل‌های واریانس ناهمسانی شرطی استفاده شود [۱]. صمدی و همکاران (۲۰۰۸) بااستفاده‌از مدل GARCH و درنظرگرفتن قیمت جهانی نفت و طلا به‌عنوان متغیر مستقل، بازده بازار سرمایه ایران را پیش‌بینی کرده‌اند [۳۱].

کایادو[2] (۲۰۰۴) نیز بااستفاده‌از مدل‌های خانواده واریانس ناهمسانی شرطی، بازده بازار سرمایه پرتغال را پیش‌بینی کرده است [۴]. یکی از فرض‌های مدل رگرسیون خطی کلاسیک، ارتباط‌نداشتن دوره‌های مختلف زمانی است. نقض این فرض، مشکلی به نام خودهمبستگی ایجاد می‌کند. درصورت نقض فرض عدم خودهمبستگی جملات اجزای اخلال در دوره‌های مختلف باید از مدل‌های خودرگرسیون، مدل میانگین متحرک، مدل خودرگرسیون میانگین متحرک استفاده شود [۷].

درصورت وجود خودهمبستگی پسماندها برای تخمین بهتر متغیر وابسته، علاوه بر مدل‌های خودرگرسیون، میانگین متحرک و خودرگرسیون میانگین متحرک، از مدل‌های خودرگرسیون با ورودی‌های خارجی، مدل میانگین متحرک با ورودی‌های خارجی، مدل خودرگرسیون میانگین

1. Gharana
2. Caiado

متحرک با ورودی‌های خارجی استفاده می‌شود. فانگ[1] و یوو[2] (۲۰۰۸) بااستفاده از مدل خود رگرسیون با ورودی‌های خارجی بازده بازار سرمایه هنگ کنگ را پیش‌بینی کرده‌اند [۱۱].

گای[3] (۲۰۰۸) بااستفاده‌از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک بازده بازار سرمایه کشورهای چین، هند، روسیه و برزیل را پیش‌بینی کرده است [۱۲]. لای[4] همکاران (۲۰۰۵) نیز بااستفاده‌از مدل خود رگرسیون با ورودی‌های خارجی بازده بازار سرمایه آمریکا را پیش‌بینی کرده‌اند [۲۰].

ادرینگتون[5] و همکاران (۲۰۰۴) بااستفاده‌از مدل میانگین متحرک و همچنین مدل‌های واریانس ناهمسانی شرطی بازده شاخص S&P500 را پیش‌بینی و کارایی مدل‌های یادشده را مقایسه کرده‌اند [۸]. مک میلیان[6] و همکاران (۲۰۰۰) بااستفاده‌از مدل میانگین متحرک و همچنین مدل‌های واریانس ناهمسانی شرطی بازده بورس لندن را به‌صورت روزانه، هفتگی و ماهانه پیش‌بینی کرده‌اند [۲۱].

گنکای[7] و استرنگوس[8] (۱۹۹۸) نیز بااستفاده‌از مدل میانگین متحرک بازده شاخص داوجونز را پیش‌بینی کرده‌اند [۱۳]. شریواستاوا[9] و همکاران (۲۰۱۰) بااستفاده‌از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک بازده بازار سرمایه هند را پیش‌بینی کرده و نتایج حاصل را با مدل‌های واریانس شرطی مقایسه کرده‌اند [۳۲]. همان‌گونه که بیان شد، شاید اولین و بهترین انتخاب برای پیش‌بینی بازده بازار سرمایه مدل رگرسوین خطی کلاسیک باشد؛ اما درصورت نقض فرض‌های همسانی واریانس جملات پسماند و عدم خودهمبستگی جملات پسماند از مدل‌های واریانس ناهمسانی شرطی و واریانس غیرشرطی استفاده می‌شود.

از دیگر مدل‌های مورداستفاده در پیش‌بینی بازده بازار سرمایه مدل‌های رگرسیون غیرخطی است که درصورت نبود رابطه خطی بین بازده بازار سرمایه و متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر بازده بازار سرمایه استفاده می‌شود. همچنین از مدل‌های هوشمند شبکه عصبی برای پیش‌بینی بازده بازار سرمایه در کشورهای مختلف در سال‌های اخیر استفاده فراوانی شده است.

در این پژوهش از مدل رگرسیون خطی کلاسیک برای پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است. اما به‌دلیل نقض فرض عدم خودهمبستگی و وجود شواهدی مبنی بر تأثیرپذیری بازده شاخص قیمت و بازده نقدی بورس اوراق بهادار تهران از میانگین متحرک و وقفه یک تا ده بازده شاخص قیمت و بازده نقدی از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک برای

1. Fung
2. yu
3. Gay
4. Leigh
5. Ederington
6. MC Millan
7. Gencay
8. Stengos
9. SHrivastava

پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران استفاده می‌شود. همچنین از آنجائی‌که مدل رگرسیون خطی برای پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران نتایج معنی‌داری ارائه کرده و تنها فرض عدم خودهمبستگی نقض شده است، از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک با ورودی‌های خارجی نیز برای پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران استفاده می‌شود.

۳. توسعه فرضیه ها و روش‌شناسی

محدوده زمانی پژوهش حاضر، یک دوره ۱۰۸ فصلی از ۱۳۶۹/۱/۱ تا ۱۳۹۵/۱۲/۲۹ است. از محدوده زمانی ۱۰۸ فصلی یادشده، پنج دوره مربوط به سال ۱۳۶۹ و فصل اول سال ۱۳۷۰ به‌علت لزوم استفاده از وقفه زمانی متغیرها و نبود وقفه‌های سال‌های قبل از تحلیل داده حذف شده و ۱۰۳ دوره برای آزمون باقی می‌ماند. از ۱۰۳ دوره باقیمانده ۹۹ دوره فصلی از ۱۳۷۰/۴/۱ تا ۱۳۹۴/۱۲/۲۹ برای استخراج مدل پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران و ۴ دوره فصلی از ۱۳۹۵/۱/۱ تا ۱۳۹۵/۱۲/۲۹ برای آزمون قدرت پیش‌بینی مدل استفاده شده است. باتوجه‌به موضوع پژوهش و نیز باتوجه‌به قلمرو زمانی و مکانی پژوهش حاضر، ابزار مورداستفاده برای گردآوری اطلاعات موردنیاز، بررسی مدارک و اسناد است. در این‌صورت، همه داده‌های موردنیاز به شکل آمارهای رسمی، مدارک و اسناد سازمانی گردآوری شده است. مرجع سازمانی جهت گردآوری اطلاعات موردنیاز این پژوهش سازمان بورس و اوراق بهادار، آمار رسمی بانک مرکزی، آمار رسمی مرکز آمار ایران و اطلاعات از پیش گردآوری‌شده معتبر است. درخصوص داده‌های مورداستفاده در مدل‌های پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار نیز از بازده قیمت و نقدی بورس اوراق بهادار تهران با نماد Rt به‌عنوان متغیر وابسته استفاده شده و متغیرهای مستقل پژوهش در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر بازده بورس اوراق بهادار تهران و وقفه‌های قابل‌قبول

نام متغیر مستقل	نماد متغیر	i مقدار قابل‌قبول
بازده بورس اوراق بهادار تهران	Rt-i	یک تا ده
رشد تولید ناخالص داخلی	RGDPt-i	صفر، یک، دو، سه و چهار
تورم	INFt-i	صفر، یک، دو، سه و چهار
رشد نقدینگی	RMt-i	صفر، یک، دو، سه و چهار
رشد قیمت نفت خام صادراتی ایران	ROt-i	صفر، یک، دو، سه و چهار
رشد قیمت سکه بهار آزادی	RGt-i	صفر، یک، دو، سه و چهار
رشد شاخص اجاره واحدهای مسکونی	RRENTt-i	صفر، یک، دو، سه و چهار
نرخ سود سپرده‌های پنج ساله بانکی	INTt-i	صفر

درخصوص مدل مورداستفاده برای پیش‌بینی بازده بورس اوراق تهران، مدل اولیه، مدل رگرسیون خطی کلاسیک است که به‌دلیل نقض فرض عدم خودهمبستگی و وجود شواهدی مبنی بر تأثیرپذیری بازده شاخص قیمت و بازده نقدی بورس اوراق بهادار تهران از میانگین متحرک و وقفه یک تا ده بازده شاخص قیمت و بازده نقدی بورس اوراق بهادار تهران، برای پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک (ARMA[1]) و مدل خودرگرسیون میانگین متحرک با ورودی‌های خارجی (ARMAX[2]) استفاده شده است.

برای انتخاب بهترین مدل خودرگرسیون میانگین متحرک از معیارهای اطلاعاتی آکائیک، شوارز بیزین و حنان ـ کوئیک[3](۱۹۷۴) استفاده شده، همچنین برای تعیین معنی‌داری متغیرهای مستقل از آماره t استفاده شده است. همچنین برای شناسایی قدرت تخمین متغیرهای باقیمانده در مدل نهایی از ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل‌شده استفاده شده است. برای ارزیابی معنی‌داری کل مدل (رابطه کلی رگرسیون) نیز از آزمون F استفاده شده است. برای انتخاب بهترین مدل میانگین متحرک با ورودی‌های خارجی نیز ملاک انتخاب مدل بهینه، حذف تمامی متغیرهای مستقل با آماره t کوچک‌تر از ۱/۹۶ یا بزرگ‌تر از ۱/۹۶- است. در این قسمت نیز برای شناسایی قدرت تخمین متغیرهای باقیمانده در مدل نهایی از ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل‌شده استفاده شده است.

برای ارزیابی معنی‌داری کل مدل (رابطه کلی رگرسیون) نیز از آزمون F استفاده شده است. ازآنجایی‌که تخمین مدل‌های ARMA و ARMAX نیز بااستفاده‌از رگرسیون خطی انجام شده است، با وجود معنی‌داری کل مدل، معنی‌داری اثر متغیرهای مستقل و ضریب تعیین بالا، ممکن است مدل تخمینی دارای قدرت تصریح نباشد و یک مدل کاذب به‌حساب آید. بنابراین در پژوهش حاضر، علاوه بر آزمون‌های یادشده، از آزمون‌های تشخیصی بیشتر برای تأیید یا عدم‌تأیید قدرت تصریح مدل استفاده شده است. اولین آزمون تشخیصی مورداستفاده در پژوهش حاضر، آزمون هم‌انباشتگی جملات پسماند از طریق آزمون انگل ـ گرنجر[4] است.

در آزمون هم‌انباشتگی، فرض صفر دلالت بر عدم هم‌انباشتگی و فرض مقابل دلالت بر هم انباشتگی دارد. برای آزمون فرضیه‌های یادشده از آزمون ریشه واحد دیکی ـ فولر تعمیم‌یافته[5] بر روی پسماندهای مدل استفاده شده است. درواقع، پسماندهای مدل تخمینی به‌عنوان یک سری زمانی فرض و آزمون ریشه واحد دیکی ـ فولر تعمیم‌یافته برای شناسایی مانایی یا عدم مانایی

1. Auto Regressive Moving Average
2. Auto Regressive Moving Average with exigenous inputs model
3. Akaike, Schwartz Bayesian and Hanan Kuik
4. Engle and Granger
5. Augmented Dicky Fuller

سری زمانی پسماندها اجرا شده است. اگر سری زمانی پسماندها مانا شد، این امر تأییدی بر هم‌انباشتگی است و برعکس.

در پژوهش حاضر برای رد یا عدم رد فرضیه‌های یادشده از آزمون ریشه واحد دیکی ـ فولر تعمیم‌یافته برای سری زمانی پسماندهای مدل تخمینی استفاده شده است. درصورتی‌که سطح معنی‌داری محاسبه شده از ۵ درصد کمتر و یا قدرمطلق آماره t محاسبه‌شده از مقادیر بحرانی آماره t در سطح ۱ و ۵ درصد بیشتر باشد، فرضیه صفر رد می‌شود و برعکس. اگر نتایج آزمون دلالت بر رد فرض صفر باشد، قدرت تصریح مدل تأیید شده و برای پیش‌بینی بازده بازار بورس اوراق بهادار ایران در مراحل بعدی استفاده می‌شود. درغیر این‌صورت، قدرت تصریح مدل تأیید نشده و در مرحله پیش‌بینی و آزمون کارایی مدل، از مدل مربوطه استفاده نمی‌شود.

دومین آزمون تشخیصی مورداستفاده در پژوهش حاضر، آزمون تشخیص ناهمسانی واریانس است. یکی از فرضیه‌های مهم و کلیدی مدل‌های رگرسیون خطی فرض ثابت بودن واریانس جزء اخلال است. اگر جزء اخلال مدل تخمینی دارای ناهمسانی واریانس باشد، می‌توان گفت مدل رگرسیون خطی برآورد شده کاذب است و دارای قدرت تصریح نیست و باید از مدل‌های واریانس ناهمسانی شرطی استفاده کرد. در پژوهش حاضر، برای رد یا عدم رد فرض ناهمسانی واریانس جزء اخلال از آزمون تشخیص واریانس ناهمسانی شرطی[1] استفاده می‌شود. درصورتی‌که سطح معنی‌داری محاسبه شده از ۵ درصد بیشتر باشد، فرضیه ناهمسانی واریانس جزء اخلال رد می‌شود و برعکس. اگر نتایج آزمون دلالت بر رد فرض ناهمسانی واریانس پسماندهای مدل داشته باشد؛ قدرت تصریح مدل تأیید شده و برای پیش‌بینی بازده بازار بورس اوراق بهادار ایران در مراحل بعدی استفاده می‌شود. درغیر این‌صورت، قدرت تصریح مدل تأیید نشده و در مرحله پیش‌بینی و آزمون کارایی مدل، از مدل مربوطه استفاده نمی‌شود. سومین و مهم‌ترین آزمون تشخیصی مورداستفاده در پژوهش حاضر، آزمون تشخیص خودهمبستگی پسماندهای مدل تخمینی است. یکی از فرضیه‌های مهم و کلیدی مدل‌های رگرسیون خطی فرض عدم ارتباط پسماندها در دوره‌های مختلف زمانی است. یا به‌عبارت‌دیگر، مدل کلاسیک رگرسیون فرض می‌کند که جزء اخلال مربوط به یک مشاهده تحت‌تأثیر جزء اخلال مربوط به مشاهده دیگر قرار نمی‌گیرد. اگر فرض بالا نقض شود، مشکل خودهمبستگی ایجاد می‌شود و قدرت تصریح مدل تخمینی را خدشه‌دار می‌کند.

در پژوهش حاضر، برای رد یا عدم رد فرض خودهمبستگی پسماندهای مدل از آزمون ضریب لاگرانژ استفاده می‌شود. درصورتی‌که سطح معنی‌داری محاسبه‌شده از ۵ درصد بیشتر باشد، فرضیه خودهمبستگی پسماندهای مدل رد می‌شود و برعکس. اگر نتایج آزمون دلالت بر

1. ARCH TEST

رد فرض خودهمبستگی پسماندهای مدل داشته باشد؛ قدرت تصریح مدل تأیید شده و برای پیش‌بینی بازده بازار بورس اوراق بهادار ایران در مراحل بعدی استفاده می‌شود. درغیر این‌صورت، قدرت تصریح مدل تأیید نشده و در مرحله پیش‌بینی و آزمون کارایی مدل از مدل مربوطه استفاده نمی‌شود.

درنهایت، پیش‌بینی بازده بازار سرمایه برای دوره‌های زمانی یادشده، بااستفاده‌از بهترین مدل ARMA و ARMAX در صورت تأیید قدرت تصریح، انجام شده و بااستفاده‌از معیارهای ارزیابی دقت پیش‌بینی میانگین مربعات خطا (MSE[1])، میانگین خطای مطلق (MAE[2]) و میانگین درصد خطای مطلق (MAPE[3]) مقایسه شده و مدل بهینه انتخاب شده است.

٤. تحلیل داده‌ها

در این بخش، نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل‌های آماری مدل‌های مختلف استفاده‌شده برای پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران به‌صورت‌جداگانه بررسی شده است.

پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران بااستفاده‌از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک (ARMA). مدل ARMA مدلی است که از ترکیب مدل‌های خودرگرسیون (AR) و میانگین متحرک (MA[4]) به دست می‌آید. مدل‌های ARMA بیانگر این است که مقدار فعلی یک متغیر به مقادیر قبلی خود همچنین به ترکیبی از مقادیر فعلی و قبلی یک جزء خطای نوفه سفید بستگی دارد. در این بخش از پژوهش، ترکیب‌های مختلف مدل MA با میانگین متحرک یک تا ۱۰ و مدل AR با وقفه یک تا ۱۰ برای تخمین مدل پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران بااستفاده‌از نرم‌افزار EVIEWS7 مورد آزمون قرار گرفته و بهترین ترکیب مدل ARMA بااستفاده‌از معیارهای اطلاعاتی: آکائیک، شوارز بیزین و حنان ـ کوئیک بهترین ترکیب مدل میانگین متحرک انتخاب شده است. در جدول شماره ۲ سه مدل از بهترین مدل‌های ARMA ارائه شده است.

1. Mean Squared Error
2. Mean Absolut Error
3. Mean Absolut Percentage Error
4. Moving Average

جدول ۲. رتبه‌بندی مدل‌های خودرگرسیون میانگین متحرک

مدل میانگین متحرک	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	دوربین واتسون	معیار آکائیک	معیار شوارتز بیزین	معیار حنان- کوئیک
AR(1), AR(4),MA(1),MA(4)	۰/۲۹	۰/۲۶	۲/۱۱	۷/۵۲	۷/۶۵	۷/۵۷
AR(1),AR(4),AR(6),MA(1), MA(2)	۰/۲۳	۰/۱۹	۱/۹۵	۷/۶۳	۷/۷۹	۷/۶۹
AR(1),AR(4), AR(6) MA(1),MA(4)	۰/۲۹	۰/۲۵	۲/۰۵	۷/۵۵	۷/۷۱	۷/۶۱

جدول بالا نشانگر سه مدل ARMA برتر از بین مدل‌های مختلف خودرگرسیون میانگین متحرک برای پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار ایران است. از بین ۳ مدل برتر یادشده، مدل اول که ترکیبی از AR(1),AR(4),MA(1),MA(4) است، باتوجه‌به اغلب معیارها، بهترین مدل میانگین متحرک برای پیش‌بینی بازده بازار بورس و اوراق بهادار ایران است. جدول شماره ۳ نتایج تخمینی مدل خودرگرسیون میانگین متحرک بالا را نشان می‌دهد.

جدول ۳. نتایج تخمینی مدل خودرگرسیون میانگین متحرک (ARMA)

Dependent Variable: R				
Method: Least Squares				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	۶/۵۴	۱/۹۳	۳/۳۷	۰/۰۰
AR(1)	۰/۵۷	۰/۰۹	۶/۲۱	۰/۰۰
AR(4)	-۰/۳۶	۰/۰۸	-۴/۴۱	۰/۰۰
MA(1)	-۰/۲۷	۰/۰۶	-۳/۹۰	۰/۰۰
MA(4)	۰/۷۶	۰/۰۵	۱۳/۵۲	۰/۰۰
R-squared	۰/۲۹	Mean dependent var		۶/۶۲
Adjusted R-squared	۰/۲۶	S.D. dependent var		۱۱/۸۶
S.E. of regression	۱۰/۱۶	Akaike info criterion		۷/۵۲
Sum squared resid	۹۶۰۴	Schwarz criterion		۷/۶۵
Log likelihood	-۳۶۳	Hannan-Quinn criter.		۷/۵۷
F-statistic	۹/۷۸	Durbin-Watson stat		۲/۱۱
Prob(F-statistic)	۰/۰۰			

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، ضریب تعیین مدل تخمینی یادشده، ۲۹ درصد و ضریب تعیین تعدیل‌شده آن ۲۶ درصد است. همچنین آماره F که بیانگر معنی‌داری کل مدل است، مساوی عدد ۹/۷۸ است که این امر معنی‌داری بالای کل مدل تخمینی را نشان می‌دهد. اما نکته قابل‌توجه این است که معنی‌داری ضرایب متغیرهای مدل و یا آماره F به‌تنهایی گویای قدرت تصریح مدل نیست و باید آزمون‌های تشخیصی برای قبول یا رد مدل، استفاده شود. آزمون‌های تشخیصی مربوطه در ادامه موردبررسی قرار می‌گیرد.

آزمون هم انباشتگی جملات پسماند از طریق آزمون انگل گرنجر. در این قسمت آزمون هم‌انباشتگی جملات پسماند برای مدل تخمینی ARMA برای تعیین مانایی یا عدم مانایی جملات پسماند مدل تخمینی ARMA استفاده می‌شود. جدول شماره ۴ نتیجه آزمون هم‌انباشتگی پسماندهای مدل تخمینی ARMA را نشان می‌دهد.

جدول ۴. نتیجه آزمون همبستگی پسماندهای مدل تخمینی ARMA

	آماره t	سطح احتمال
آماره دیکی فولر تعمیم‌یافته	−۱۰/۳۸	۰/۰۰

همان‌گونه که در جدول فوق ملاحظه میشود، سطح معنی‌داری کمتر از ۵ درصد است و آماره دیکی ـ فولر تعمیم‌یافته برای جملات پسماند نیز نشانگر مانایی جملات پسماند مدل است.

آزمون تشخیص واریانس ناهمسان شرطی (ARCH TEST). در این قسمت از پژوهش، از آزمون تشخیص ناهمسانی شرطی واریانس برای تشخیص همسانی یا ناهمسانی واریانس پسماندهای مدل استفاده می‌شود تا امکان استفاده از مدل‌های خانواده واریانس ناهمسان شرطی در مراحل بعدی تحقیق مشخص شود. جدول شماره ۵ نتیجه آزمون تشخیص واریانس ناهمسان شرطی را نمایش می‌دهد.

جدول ۵. آزمون تشخیص واریانس ناهمسانی شرطی ARMA

آماره F	۱/۱۷۹	سطح اطمینان	۰/۲۸

همان‌گونه که در جدول ۵ قابل‌مشاهده است، سطح معنی‌داری آزمون بیشتر از ۵ درصد بوده و این امر بیانگر این است که پسماندهای مدل ارائه‌شده توسط مدل تخمینی ARMA فاقد شرایط واریانس ناهمسان شرطی است و از خانواده مدل‌های واریانس ناهمسان شرطی نمی‌توان برای تخمین بازده بازار سرمایه و با بهره‌گیری از متغیرهای مستقل موجود در مدل تخمینی ARMA استفاده کرد.

آزمون تشخیص خودهمبستگی پسماندها بااستفاده‌از آزمون LM. وجود خودهمبستگی در پسماندهای مدل تخمینی مدل ARMA نشانگر تأثیرپذیری متغیر وابسته از وقفه‌های باقیمانده‌ها است و عدم توان مدل در تخمین متغیر وابسته را نشان می‌دهد. در این قسمت از آزمون LM جهت تست خودهمبستگی پسماندهای مدل تخمینی بالا استفاده می‌شود. در این

آزمون فرض H_0 دلالت بر عدم وجود خودهمبستگی و فرض H_1 دلالت بر خودهمبستگی دارد، بدین‌معنی که اگر سطح معنی‌داری از عدد ۵ درصد کمتر باشد، نشانگر این است که اگر وقفه‌های باقیمانده‌ها به‌عنوان متغیرهای مستقل جدید در مدل لحاظ شوند، تأثیر معنی‌داری بر روی متغیر وابسته خواهند داشت. جدول شماره ۶ نتیجه آزمون LM برای مدل تخمینی ARMA را نشان می‌دهد.

جدول ۶. نتیجه آزمون LM برای مدل تخمینی ARMA

آماره F	۰/٦۰	سطح اطمینان	۰/٥٤

همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، آماره F برابر ۰/۶ و سطح معنی‌داری برابر ۰/۵۴ است که این امر حکایت از تأیید فرض H_0 یعنی عدم خودهمبستگی دارد و مدل ARMA تخمینی به‌عنوان مدل معتبری جهت پیش‌بینی بازده بازار سرمایه ایران تأیید می‌شود. حال باتوجه‌به اینکه همه فرض‌های مدل رگرسیون خطی برای مدل تخمینی بالا تأیید می‌شود، می‌توان مدل خودرگرسیون میانگین متحرک برآوردشده را برای پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار به‌شکل مدل ۱ ارائه کرد.

مدل ۱
$$R_t = 6.54 + 0.57 \times AR(1) - 0.36 \times AR(4) - 0.27 \times MA(1) + 0.76 \times MA(4)$$

همان‌گونه که در جدول شماره ۳ به‌تفصیل بیان شده است. تمامی متغیرهای مستقل مدل بالا در سطح بالایی معنی‌دار بوده و F کل مدل نیز که برابر ۹/۷۸ است که بیانگر معنی‌داری بالای کل مدل یا رابطه کلی رگرسیون است؛ بنابراین براساس مدل خودرگرسیون میانگین متحرک می‌توان ادعا کرد که بازده بورس اوراق بهادار تهران تحت‌تأثیر خودرگرسیون و میانگین متحرک مرتبه یک و چهار است که با خودرگرسیون مرتبه یک و میانگین متحرک مرتبه چهار رابطه مستقیم معنی‌دار و با خودرگرسیون مرتبه چهار و میانگین متحرک مرتبه یک رابطه معکوس معنی‌دار دارد.

پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران بااستفاده‌از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک با ورودی‌های خارجی (ARMAX). مدل ARMAX مدلی است که از ترکیب مدل‌های خودرگرسیون (AR)، میانگین متحرک (MA) و متغیرهای مستقل به دست می‌آید. مدل‌های ARMAX بیانگر این است که مقدار فعلی یک متغیر به مقادیر قبلی خودش و

همچنین به ترکیبی از مقادیر فعلی و قبلی یک جزء خطای نوفه سفید و متغیرهای مستقل خارجی بستگی دارد. در این قسمت از پژوهش، ترکیب‌های مختلف مدل MA با میانگین متحرک یک تا ۱۰، مدل‌های AR از وقفه یک تا ۱۰ به همراه متغیرهای مستقل استفاده شده در مدل OLS، جهت تخمین مدل پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران مورد آزمون قرار گرفته و بهترین ترکیب مدل ARMAX انتخاب شده است. جدول شماره ۷ بهترین مدل تخمینی ARMAX را نشان می‌دهد.

جدول ۷. نتایج تخمینی مدل ARMAX

Dependent Variable: R				
Method: Least Squares				
Prob.	t-Statistic	Std. Error	Coefficient	Variable
۰/۰۰	۴/۶۴	۴/۶۰	۲۱/۳۶	C
۰/۰۰	−۳/۱۰	۰/۱۱	−۰/۳۴	R1
۰/۰۰	۳/۶۳	۰/۱۵	۰/۵۷	RD4
۰/۰۱	−۲/۵۱	۰/۶۲	−۱/۵۸	RENT1
۰/۰۱	−۲/۴۷	۰/۶۱	−۱/۵۰	RENT4
۰/۰۱	−۲/۴۸	۰/۱۰	−۰/۲۵	RG4
۰/۰۰	۶/۰۰	۰/۱۰	۰/۶۳	AR(1)
۰/۰۶	−۱/۸۴	۰/۰۹	−۰/۱۸	Ar(4)
۰/۰۰	۵/۰۲	۰/۱۲	۰/۶۰	MA(4)
۶/۶۲	Mean dependent var		۰/۴۱	R-squared
۱۱/۸	S.D. dependent var		۰/۳۶	Adjusted R-squared
۷/۴۲	Akaike info criterion		۹/۴۷	S.E. of regression
۷/۶۵	Schwarz criterion		۷۹۸۵	Sum squared resid
۷/۵۱	Hannan-Quinn criter.		−۳۵۴	Log likelihood
۱/۹۳	Durbin-Watson stat		۷/۸۸	F-statistic
	۰/۰۰			Prob(F-statistic)

همان‌گونه که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، ضریب تعیین مدل تخمینی یادشده ۴۱ درصد و ضریب تعیین تعدیل شده آن ۳۶ درصد است. همچنین آماره F که بیانگر معنی‌داری کل مدل است، مساوی عدد ۷/۸۸ است که این امر معنی‌داری بالای کل مدل تخمینی را نشان می‌دهد. اما نکته قابل‌توجه این است که معنی‌داری ضرایب متغیرهای مدل و یا آماره F به‌تنهایی گویای قدرت تصریح مدل نیست و باید آزمون‌های تشخیصی برای قبول یا رد مدل، استفاده شود. آزمون‌های تشخیصی مربوطه به شرح زیر موردبررسی قرار می‌گیرد.

آزمون هم انباشتگی جملات پسماند بااستفاده‌از آزمون انگل گرنجر. در این قسمت آزمون هم‌انباشتگی جملات پسماند برای مدل تخمینی ARMAX برای تعیین مانایی یا عدم مانایی جملات پسماند مدل تخمینی ARMAX استفاده می‌شود. جدول شماره ۸ نتیجه آزمون هم‌انباشتگی پسماندهای مدل تخمینی ARMAX را نشان می‌دهد.

جدول ۸. نتیجه آزمون همبستگی پسماندهای مدل تخمینی ARMAX

	t-Statistic	Prob.*
آماره دیکی فولر تعمیم‌یافته برای باقیمانده‌های مدل	-۹/۵۰	۰/۰۰۰۰

همان‌گونه که در جدول ۸ ملاحظه می‌شود سطح معنی‌داری کمتر از ۵ درصد است و آماره دیکی ـ فولر تعمیم‌یافته برای جملات پسماند نیز نشانگر مانایی جملات پسماند مدل است.

آزمون تشخیص واریانس ناهمسان شرطی. در این قسمت از پژوهش از آزمون تشخیص ناهمسانی شرطی واریانس (ARCH TEST[1]) برای تشخیص همسانی یا ناهمسانی واریانس پسماندهای مدل تخمینی ARMAX استفاده می‌شود تا امکان استفاده از مدل‌های خانواده واریانس ناهمسان شرطی در مراحل بعدی تحقیق مشخص شود. جدول شماره ۹ نتیجه آزمون تشخیص واریانس ناهمسان شرطی را نمایش می‌دهد.

جدول ۹. نتیجه آزمون تشخیص واریانس ناهمسانی شرطی برای مدل تخمینی ARMAX

Heteroskedasticity Test: ARCH			
F آماره	۰/۹۳۱	سطح اطمینان	۰/۳۳۷

همان‌گونه که در جدول بالا قابل‌مشاهده است، سطح معنی‌داری آزمون بیشتر از ۵ درصد بوده و این امر بیانگر این است که پسماندهای مدل ارائه‌شده توسط مدل ARMAX فاقد شرایط واریانس ناهمسان شرطی است و از خانواده مدل‌های واریانس ناهمسان شرطی نمی‌توان برای تخمین بازده بازار سرمایه و با بهره‌گیری از متغیرهای مستقل موجود در مدل تخمینی ARMAX استفاده کرد.

آزمون تشخیص خودهمبستگی پسماندها بااستفاده‌از آزمون LM. در این پژوهش از آزمون LM برای تست خودهمبستگی پسماندهای مدل تخمینی بالا استفاده می‌شود. جدول شماره ۱۰ نتیجه آزمون LM برای مدل تخمینی ARMAX را نشان می‌دهد.

1. Auto Regressive Conditional Hetroskedasticity Test

جدول ۱۰. نتیجه آزمون LM برای مدل تخمینی ARMAX

آماره F	۰/۷۴۰	سطح اطمینان	۰/۴۷۰

همان‌گونه که در جدول بالا مشاهده می‌شود، آماره F برابر ۰/۷۴ و سطح معنی‌داری برابر ۰/۴۷ است که این امر حکایت از تأیید فرض H_0 یعنی عدم خودهمبستگی دارد و مدل ARMAX تخمینی به‌عنوان مدل معتبری برای پیش‌بینی بازده بازار سرمایه ایران تأیید می‌شود. حال باتوجه‌به اینکه همه فرض‌های مدل رگرسیون خطی برای مدل تخمینی بالا تأیید می‌شود، می‌توان مدل خودرگرسیون میانگین متحرک با ورودی‌های خارجی برآوردشده را برای پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار به‌عنوان یک مدل معتبر و دارای قدرت تصریح ارائه کرد.

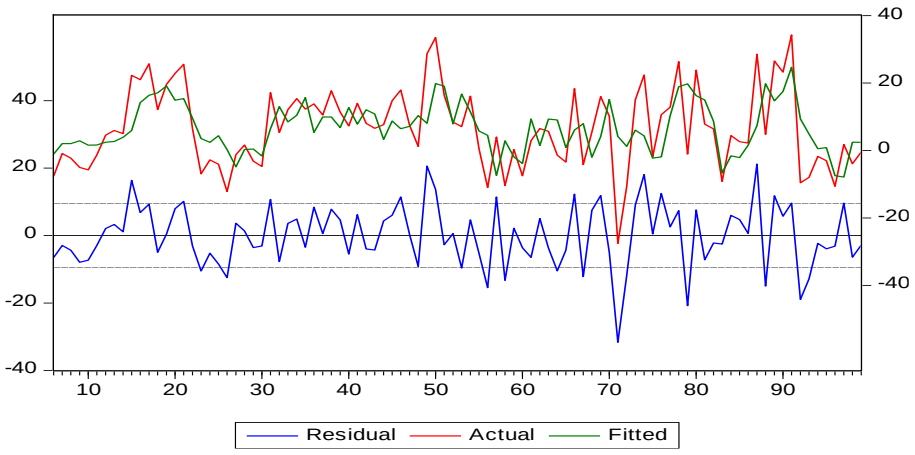
مدل ۲

$$R_t = 2136 - 0.34R_{t-1} + 0.57RD_{t-4} - 1.58RRENT_{t-1} - 1.5RRENT_{t-4} - 0.25RG_{t-4} + 0.63 \times AR(1) - 0.18 \times AR(4) - 0.6 \times MA(4)$$

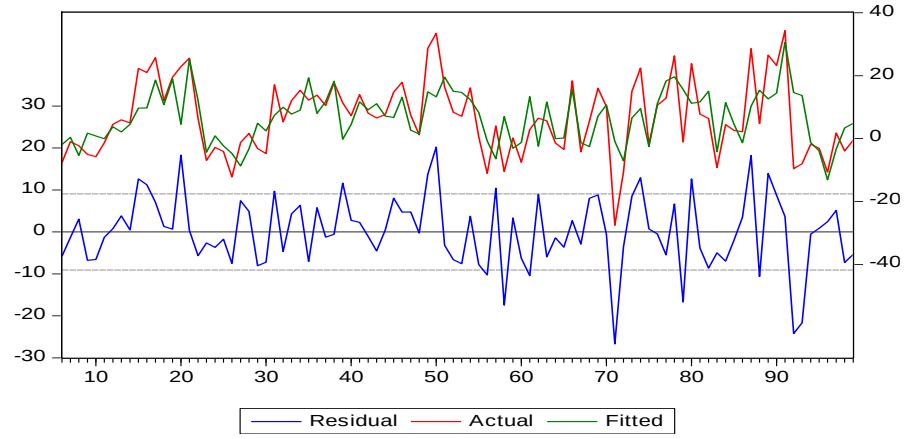
همان‌گونه که در جدول شماره ۱۰ به‌تفصیل بیان شده است، تمامی متغیرهای مستقل مدل ۲ در سطح بالای معنی‌دار بوده و F کل مدل نیز که برابر ۷/۸۸ است، بیانگر معنی‌داری بالای کل مدل یا رابطه کلی رگرسیون است؛ بنابراین بر اساس مدل خودرگرسیون میانگین متحرک با ورودی‌های خارجی می‌توان ادعا کرد که بازده فصلی بورس اوراق بهادار تهران تحت‌تأثیر بازده شاخص در فصل ماقبل خود، بازده بازار ارز در فصل مشابه سال قبل، بازده بازار اجاره واحدهای مسکونی در فصل ماقبل دوره موردبررسی و فصل مشابه سال گذشته، بازده بازار طلا در فصل مشابه سال گذشته و خودرگرسیون مرتبه یک چهار و میانگین متحرک مرتبه چهار است که با بازده شاخص در فصل ماقبل خود رابطه معکوس، با بازده بازار ارز در فصل مشابه سال قبل رابطه مستقیم، با بازده بازار اجاره واحدهای مسکونی در فصل ماقبل دوره موردبررسی و فصل مشابه سال گذشته رابطه معکوس، با بازده بازار طلا در فصل مشابه سال گذشته رابطه معکوس و با خودرگرسیون مرتبه یک رابطه مستقیم و با خودرگرسیون و میانگین متحرک مرتبه چهار رابطه معکوس دارد.

مقایسه توان پیش‌بینی مدل تخمینی ARMA و ARMAX. هدف نهایی معرفی مدل‌های معرفی‌شده در بخش پیشین، استفاده از آن‌ها برای پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران در دوره‌های آتی و استفاده از آن برای تصمیم‌های سرمایه‌گذاری است. بنابراین مدلی، مدل بهینه است که پیش‌بینی صورت پذیرفته با کمترین میزان خطا صورت پذیرد. جهت مقایسه توان پیش‌بینی بااستفاده‌از مدل‌های تخمینی ARMA و ARMAX که از تحلیل داده‌های ۹۹ دوره

فصلی از ابتدای تیر سال ۱۳۷۰ تا انتهای سال ۱۳۹۴ استخراج شده بود، پیش‌بینی برای ۴ دوره فصلی از ابتدای سال ۱۳۹۵ تا انتهای اسفند ۱۳۹۵ صورت پذیرفته و ضمن مقایسه بازده پیش‌بینی شده برای بورس اوراق بهادار تهران با بازده واقعی، توان مدل‌ها بااستفاده‌از معیارهای مختلف مورد مقایسه قرار گرفت. شکل شماره یک و دو مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده بازده بورس اوراق بهادار تهران را برای هر یک از مدل‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۱. میزان داده‌های واقعی، پیش‌بینی متغیر وابسته و پسماندهای مدل تخمینی ARMA



شکل ۲. میزان داده‌های واقعی، پیش‌بینی متغیر وابسته و پسماندهای مدل تخمینی ARMA X

با توجه به قدرت پیش‌بینی مدل‌های مختلف به شرح شکل‌های ۱ و ۲، جدول شماره ۱۱ مهم‌ترین معیارهای هریک از مدل‌های تخمینی را به‌صورت خلاصه ارائه می‌نماید:

جدول ۱۱. معیارهای مهم ارزیابی مدل‌های تخمینی

نام مدل	AKAIKE	SCHWARZ	HANAN-Q	MSE	MAE	MAPE
ARMA	۷/۵۲	۷/۶۵	۷/۵۷	۰/۱۷	۰/۱۴	۱/۴۴
ARMAX	۷/۴۲	۷/۶۵	۷/۵۱	۰/۱۶	۰/۱۵	۲/۰۹

همان‌گونه که در جدول ۱۱ مشاهده می‌شود، با توجه به‌تمامی معیارهای ارزیابی دقت تخمین (به‌استثنای معیار MES)، مدل تخمینی خودرگرسیون میانگین متحرک پیش‌بینی بهتری نسبت به مدل خودرگرسیون میانگین متحرک با ورودی‌های خارجی ارائه می‌کند.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

پیش‌بینی بازده برخلاف محاسبه بازده تاریخی، دارای پیچیدگی‌های زیادی است. پیش‌بینی بازده بازار سرمایه به‌دلیل تأثیرپذیری آن از عوامل و متغیرهای متعدد بسیار پیچیده بوده و اغلب با انحراف و خطا همراه است. پژوهشگران به‌دلیل اهمیت بالای پیش‌بینی بازده بازار سرمایه در تصمیم‌های اقتصادی چه در سطح خرد و چه در سطح کلان، همواره سعی در ارائه مدلی بهینه برای تخمین بازده آتی بازارهای سرمایه داشته‌اند. طبیعی است که با توجه به شرایط زمانی و شرایط متفاوت کشورها، ممکن است بهترین مدل برای پیش‌بینی بازده بازار سرمایه در یک مقطع زمانی خاص، مدل ناکارآمد در مقطع زمانی دیگری باشد. یا اینکه مدل بهینه برای تخمین بازده بازار سرمایه یک کشور، مدل مناسبی برای پیش‌بینی بازده بازار سرمایه کشور دیگر نباشد. اما در همه پژوهش‌ها، از سری زمانی بازده بازار سرمایه و عوامل مؤثر بر آن و از مدل‌های علی و معلولی استفاده می‌شود. پژوهش حاضر با بررسی انواع مدل‌های پیش‌بینی و مدل‌های پیش‌بینی بازده بازار سرمایه و همچنین شناسایی انواع متغیرهای تأثیرگذار بر بازده بازار سرمایه که در پژوهش‌های متعدد داخلی و خارجی شناسایی شده بود.

بعد از بررسی معنی‌داری رابطه تک‌تک متغیرها با بازده بازار سرمایه ایران، عوامل روند تاریخی بازده بورس اوراق بهادار تهران، میانگین متحرک بازده بورس اوراق بهادار تهران، بازده سکه بهار آزادی به‌عنوان نماینده بازده بازار طلا و وقفه‌های تاریخی آن، بازده شاخص اجاره منازل مسکونی به‌عنوان نماینده بازده بازار مسکن و وقفه‌های تاریخی آن، نرخ رشد قیمت دلار

آمریکا به‌عنوان نماینده بازده سرمایه‌گذاری در بازار ارز و وقفه‌های تاریخی آن، نرخ سود سپرده‌های مدت‌دار بانکی به‌عنوان نماینده بازده سرمایه‌گذاری در بازار پول، نرخ رشد تولید ناخالص داخلی و وقفه‌های تاریخی آن، نرخ تورم و وقفه‌های تاریخی آن، رشد قیمت نفت صادراتی ایران و وقفه‌های تاریخی آن و نرخ رشد نقدینگی کشور و وقفه‌های تاریخی آن؛ را به‌عنوان عوامل مؤثر بر بازده بازار سرمایه ایران شناسایی شدند.

در گام اول از مدل رگرسیون خطی کلاسیک برای طراحی مدل پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران استفاده شد. اما آزمون‌های بررسی قدرت تصریح مدل، نشانگر تأثیرپذیری بالای متغیر وابسته از وقفه و میانگین متحرک (یک تا ده) خود بود که لزوم استفاده از مدل‌های خود توضیحی مانند مدل خودرگرسیون میانگین متحرک (ARMA) و مدل ترکیبی خود رگرسیون میانگین متحرک با ورودی‌های خارجی (ARMAX) را نشان می‌داد. تخمین مدل‌های ARMA و ARMAX و اجرای آزمون‌های تشخیصی بیانگر قدرت تصریح مدل‌های یادشده با تأثیرپذیری از روند تاریخی بازده بورس اوراق بهادار تهران، میانگین متحرک بازده بورس اوراق بهادار تهران، بازده بازار ارز، بازده بازار مسکن و بازده بازار طلا است. اما مقایسه توان پیش‌بینی مدل‌های بالا بااستفاده‌از معیارهای مختلف بیانگر برتری مدل ARMA بر مدل ARMAX است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت بازده بورس اوراق تهران علاوه بر تأثیرپذیری از میانگین متحرک ۱،۴ خود تحت‌تأثیر خود رگرسیون با وقفه‌های ۱ و ۴ نیز هست.

منابع

1. Bidram, R. (2002). "Eviews in econometrics" Tehran: productivity charter publishing (in Persian).
2. Bilson, Christopher M., Timothy, J., Brailsford, & Vincent J. Hooper (2001). “SelectingMacroeconomic Variables as Explanatory Factors of Emerging Stock Market Returns”. *Pacific-Basin Finance Journal, 9*, 401-426.
3. Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2016). Introduction to time series and forecasting: springer.
4. Caiado, J. (2004). "Modelling and forecasting the volatility of the portuguese stock index PSI-20". *Portuguese Journal of Management Studies, 51*, 3-21.
5. Chang, T., Chen, W.-Y., Gupta, R., & Nguyen, D. K. (2015). Are stock prices related to the political uncertainty index in OECD countries? Evidence from the bootstrap panel causality test. *Economic Systems, 39(2),* 288-300. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2014.10.005
6. Chuangxia Huang, Xu Gong,, Xiaohong Chen, & Fenghua Wen (2013). Measuring and Forecasting Volatility in Chinese Stock Market Using HAR-CJ-M Model; Abstract and Applied Analysis; Volume 2013, Article ID 143194, 13 pages.
7. Damodar, N. Gujarati (2011). "Basic econometrics" translated by: hamid abrishami, university of terhran publication (In Persian).
8. Ederington, Louis, Wei Guan. (2004). "Forecasting Volatility*", Journal of Futures Markets.*
9. Febrian, E., & Aldrin, H. (2006). "MODELING AND FORECASTING JAKARTA STOCK EXCHANGE: STOCK MARKET VOLATILITY", The 8th IRSA International Conference.
10. Friedmann, M. (1953). “Eaaays in positive economics”, university of Chicago press.
11. Fung, laurence & Ip wing yu (2008). “PREDICTING STOCK MARKET RETURNS BY COMBINING FORECASTS”, www.ssrn.com.
12. Gay, R. (2008). "Effect of Macroeconomic Variables on Stock Market Returns for Four Emerging Economies: Brazil, Russia, India, and China". *International Business & Economics Research Journal, 7(3), 58*.
13. Gencay, R., & Stengos, T. (1998). "Moving Average Rules, Volume and the Predictability of Security Returns with Feedforward Networks". *Journal of Forecasting. 17,* 401-414
14. Guru-Gharana, K. K., Rahman, M., & Parayitam, S. (2009). "Influences of Selected Macroeconomic Variables on U.S. Stock Market Returns and their Predictability over Varying Time Horizons". *Academy of Accounting and Financial Studies Journal, 13(1),* 13-30
15. Hui-Shan Lee, David Ching-Yat Ng, Teck-Chai Lau, Chee-Hong Ng (2016). Forecasting Stock Market Volatility on Bursa Malaysia Plantation Index. *International Journal of Finance and Accounting, 5(1),* 54-61. doi: 10.5923/j.ijfa.20160501.07.
16. Johnson, L. A., & Montoyomery (1976). "Forecasting and time series analysis", Newyrok: Macgraw Hill.
17. Kareemzadeh, M. (2007). “The survey of relationship betwen macro monetary factors and tehran stock market return". *The economic research quarterly publication, 26* (In Persian).

18. Kothari, S., Lewellen, J., & Warner.B. (2006). "Stock returns, aggregate earnings surprises, and behavioral finance". *Journal of Financial Economics, 79*, 537-568.
19. Kovačić. Zlatko. J. (2008). "Forecasting Volatility: Evidence from the Macedonian Stock Exchange". *International Research Journal of Finance and Economics, 18*.
20. Leigh, William, Ross Hightower & Naval Modani (2005). "Forecasting the New York stock exchange composite index with past price and interest rate on condition of volume spike". *Expert Systems with Applications, 28*, 1-8.
21. MCMillan, David, Alan Speight and Owain Apgwilym. (2000). "Forecasting UK stock market volatility". *Applied Financial Economics, 10*, 435-448.
22. Miguel, A., Ferreira, Pedro Santa-Clara (2011). "Forecasting Stock Market Returns: The Sum of the Parts is More than the Whole". *Journal of Financial Economics*, 514-537.
23. Moeeni, A., Ahrari, M. & Hamouni, A. (2010) "Modelling and Forecasting the Tehran Stock Exchange Index". *Quarterly Journal of Economic Research and Policies, 50* (In Persian).
24. Okech, Timothy Chrispinus; Mugambi, Mike (2016). Effect of Macroeconomic Variables on Stock Returns of Listed Commercial Banks in Kenya; USIU-A Digital Repository Home; Chandaria School of Business.
25. Osoolian, M. (2006). "The survey of macro economic factors impact on tehran stock market return" university of Tehran, faculity of management (In Persian).
26. Piraee, M. R., & Shahsavar, M., R. (2010). "The Impacts of Macroeconomic Variables on the Iranian Stock Market". *The economic research quarterly publication, 9*, 21-38 (In Persian).
27. Pourebrahimi, M., R. (2010). "Modeling and forecasting the volatility of Tehran Exchange Dividend Price Index (TEDPIX)". *Journal of financial research, 30*, 23-34 (In Persian).
28. Raee, R. (1998). "Introducing a portfolio Model using with artificial intelligence" university of terhran, faculity of management (In Persian).
29. Sadeghi Sharif, J. (2004). "Introducing a conitional CAPM IN TEHRAN STOCK MARKET". University of terhran, faculity of management (In Persian).
30. Sajadi, H., Azar, A., Farazmand, H., & Soufi, H. A. (2011). "The survey of relationship betwen macro economic factors and tehran stock market return". *Accounting research publication, 6* (In Persian).
31. Samadi, S., Shirani Fakhr, Z., & Davarzadeh, M. (2008). "Investigating the Influence of World Price of Gold and Oil on the Tehran Stock Exchange Index: Modelling and Forecasting". *The economic SURVEY quarterly publication, 2* (In Persian).
32. SHrivastava, Utkarsh. Gyan Prakash, Joydip Dhar, Saurabh Porwal, (2010). "Regression Based Approach to Filter Conditional Mean and Variance Model Forecast of Stock Market Returns". *International Research Journal of Finance and Economics1450-2887 Issue 50*.
33. William, M., & Umit, G. (2010). "Aggregate Market Reaction to Earnings Announcements". *Journal of Accounting Research*.
34. Yang, X. (2011). The effects of economic and political events on the behaviour of Stock Market Index in China. Paper presented at the 2011 2nd International

Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC).