فصل یک

مقدمه

در این بخش، انگیزهٔ محقق از انجام این پژوهش نوشته شده است. سپس خلاصه‌ای از نظریه‌ها و ایده‌های مرتبط مورد بحث قرار گرفته و در پایان نیز، طرح کلی این پژوهش و توضیحاتی از ساختار این پایان‌نامه ارائه شده است.

1. انگیزه

از دههٔ هشتاد میلادی، تلاش‌ها برای پیش‌بینی بازارهای مالی به کمک روش‌های یادگیری ماشین شروع شد. این مدل‌ها در حوزه‌هایی مانند پردازش زبان طبیعی، پردازش تصویر و پیش‌بینی سری‌های زمانی منشاء دست‌آوردهای بسیاری بودند. موفقیت‌هایی که مدل‌های یادگیری ماشین در دیگر حوزه‌ها داشته‌اند، به‌کارگیری آن‌ها در پیش‌بینی سری‌های زمانیِ مالی را به امری جذاب بدل کرده است. تا به حال نیز، پژوهش‌های متعددی در مورد کاربرد این مدل‌ها در بازارهای مالی صورت گرفته است و حتی در پیش‌آزمون‌ها نیز به موفقیت‌هایی دست یافته‌اند.

خصیصهٔ اصلی مدل‌های یادگیری ماشین، توانایی آن‌ها در یادگیری توسط داده است. این ویژگی هنگامی به کار می‌آید که نتوانیم رابطهٔ میان ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم را با عبارات منطقی و ریاضی با دقت قابل قبول مدل کنیم اما در عین حال، به اندازهٔ کافی دادهٔ ورودی و خروجی سیستم را در اختیار داریم. با اقبالی که در دهه‌های گذشته به جمع‌آوری و نگه‌داری داده در هر کسب‌وکاری به وجود آمده است، شرایط برای استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین و خصوصاً یادگیری عمیق فراهم شده است.

یادگیری عمیق، رویکردی به هوش مصنوعی و نوع خاصی از یادگیری ماشین است که جهان پیرامون را به صورت سلسله‌مراتبی از مفاهیم انتزاعی مدل می‌کند (رفرنس). این رویکرد، بسیار به نحوهٔ یادگیری مغز انسان شباهت دارد که می‌تواند از تجربیات بیاموزد. شبکهٔ عصبی، اصلی‌تری روش در یادگیری عمیق است که با الگوبرداری از مغز انسان ساختاری لایه‌ای از نرون‌ها را تشکیل می‌دهد. این شبکه‌ها می‌توانند دادهٔ ورودی را در چند مرحله پردازش کنند؛ از خطاهای گذشته درس بگیرند و با پردازش دادهٔ جدید دقت خود را بهبود دهند. این ویژگی‌ها، سبب شده است تا از شبکه‌های عصبی عمیق در طیف گسترده‌ای از کاربردها مانند خودروهای خودران، ترجمهٔ متن، دستیارهای صوتی گوشی‌های همراه، تشخیص تقلب و ... استفاده شده است؛ اما هنوز از این روش‌ها در پیش‌بینی قیمت سهام یا شاخص‌های بازارهای مالی به طور گسترده استفاده نمی‌شود.

پیش‌بینی بازارهای مالی، موضوع تحقیقات بسیاری در فضای آکادمیک بوده است. اکثر پژوهش‌ها، در پی پیش‌بینی روند یا جهت حرکت قیمت‌ها و یا تحلیل متغیرهای تاثیرگذار و مقایسه دقت مدل‌های مختلف هستند. هر چند که طرف‌داران نظریه بازار کارا معتقدند که پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام غیرممکن است، اما پژوهش‌های بسیاری وجود دارند که ادعا می‌کنند برخی مدل‌ها می‌توانند با خطای قابل قبولی این پیش‌بینی را انجام دهند و منشاء سود شوند. اغلب این مدل‌ها را می‌توان در دو گروه دسته‌بندی کرد: مدل‌های شبکهٔ عصبی و مدل‌های خودهمبسته. موضوع اصلی پژوهش حاضر، بررسی کارایی انواع مدل‌های شبکهٔ عصبی عمیق در پیش‌بینی قیمت سهام و شاخص بازار بورس تهران و تحلیل متغیرهای موثر بر آن‌هاست.

اگر نظریه بازار کارا درست باشد، هیچ اطلاعاتی در سری زمانی قیمت‌ها و شاخص‌ها وجود ندارد که بتواند در پیش‌بینی آینده کمکی کند. در واقع طبق این نظریه، تنها چیزی که می‌تواند باعث رشد یا افت قیمت‌ها شود، اطلاعات جدید و غیرقابل ‌پیش‌بینی است و زمانی نیز که اطلاعات قابل‌ پیش‌بینی وجود دارد، بازار در حالت تعادل نیست و سریعا با تغییرات عرضه و تقاضا، قیمت جدیدِ اوراق این اطلاعات را در خود حل می‌کنند.

طرح مسئله

یکی از مشکلات اساسی سیستم‌های پیچیده، پیش‌بینی حالت بعدی است. هنگامی که تعداد متغیرهای تاثیرگذار یک سیستم زیاد می‌شوند و در عین حال، تاثیر آن متغیرها بر حالت سیستم خطی نیست، روش‌های کلاسیک از کارایی برخوردار نیستند. تغییر در هر کدام از این متغیرها نیز ممکن است حلقهٔ بازخوردی را شروع کند که همین موضوع نیز می‌تواند به پیچیده‌تر شدن سیستم منجر شود. بازار مالی چنین سیستمی است که کار پیش‌بینی آن را بسیار سخت یا حتی غیرممکن می‌کند. (رفرنس) چهار معیار را برای پیش‌بینی‌پذیر بودن یک سیستم بیان می‌کند: ۱) مشخص بودن متغیرهای موثر، در اختیار داشتن دادهٔ کافی، شباهت آینده به گذشته و تغییر نکردن سیستم با پیش‌بینی ما. در بازارهای مالی فقط معیار دوم (دادهٔ کافی) برقرار است.

۱) آیا متغیرهای موثر را می‌شناسیم؟ ۲) آیا دادهٔ کافی در اختیار داریم؟ ۳) آینده چقدر به گذشته شبیه است؟ ۴) آیا پیش‌بینی ما، موجب تغییر سیستم می‌شود؟.

در نگاه اول به نظر می‌رسد که مدل‌های یادگیری ماشین می‌توانند از پسِ مدل‌سازی چنین سیستم‌هایی بربیایند. هر چند که ادبیات بحث در دنیای آکادمیک، نسبتا عمیق است اما با گذشت چند دهه، هنوز از این روش‌ها در صنعت مالی برای پیش‌بینی به صورت گسترده استفاده نمی‌شود. دو مشکل اساسی در این راه وجود دارد: ۱) بازارهای مالی قابل پیش‌بینی نیستند (حداقل در بلندمدت و به طور پیوسته) و ۲) این مدل‌ها برای سری‌های زمانی کارایی بیشتری نسبت به مدل‌های کلاسیک و ساده‌تر ندارند. با این حال، پژوهش‌های بسیاری صورت گرفته که ادعا می‌کنند توانسته‌اند به کمک مدل‌های یادگیری ماشین، دقت پیش‌بینی‌های خود را به طور چشم‌گیری افزایش دهند. اما به روش تحقیق این پژوهش‌ها انتقادات جدی وارد است. نقد این روش‌ها نیز یکی از موضوعاتی است که این پایان‌نامه به آن می‌پردازد.

فرضیه‌ها

فرضیهٔ این پایان‌نامه سه بخش است که تحقیقات حوزهٔ بازارهای مالی، یادگیری ماشین و پیش‌بینی سری زمانی را در بر می‌گیرد:

بازارهای مالی را نمی‌توان در بلندمدت و به طور پیوسته پیش‌بینی کرد.

مدل‌های یادگیری ماشین، اعم از شبکه‌های عمیق چند لایه یا غیر از آن، در پیش‌بینی سری زمانی بازارهای مالی بر مدل‌های کلاسیک ارجحیتی ندارند.

در پیش‌بینی سری‌ زمانی بازارهای مالی، می‌توان مرتکب خطاهایی شد؛ خاست‌گاه اغلب این خطاها نیز درک نادرست از مفاهیم آماری و احتمالی است.

برای این که بدانیم مدلی کارآمد است یا خیر، باید آن را با یک مدل پایه مقایسه کنیم. در این پایان‌نامه مدل پایه، پیش‌بینی ساده در نظر گرفته شده. در واقع، مدلی از کارآمدی برخوردار است که بتواند از مدل پیش‌بینی ساده بهتر عمل کند. گام‌ همهٔ سری‌های زمانی نیز روزانه انتخاب شده است. برای مقایسه مدل‌های مختلف از خطای جذر میانگین مربعات استفاده شده است.

root-mean-square error

naïve forecast

ساختار پژوهش

بخش اول، در مقام مقدمه، به انگیزه‌ها و سوالات اصلی این پژوهش می‌پردازد و بر آن است تا موضوع مورد تحقیق و دغدغه اصلی پژوهش را در ذهن خواننده روشن نماید. در بخش دوم، سعی می‌شود تا پایه‌های نظری موضوعات مورد بحث توضیح داده شوند؛ مشخصا در این بخش، اول به نظریه بازار کارا و دریافت‌های آن پرداخته می‌شود، سپس روش‌های مختلف پیش‌بینی سری زمانی، اعم از مدل‌های یادگیری ماشین و غیر آن، به همراه موارد استفاده هر کدام شرح داده می‌شود.

بخش سوم، جزئیات روش تحقیق و پیش‌نیازهای آن را به تفصیل بیان می‌کند. در مورد نحوه دریافت داده‌ها، شیوه پاک‌سازی و اعتبار آن‌ها سخن می‌رود. در مرحله پاک‌سازی داده تلاش می‌شود تا آن‌ها برای آموزش شبکه‌های عصبی آماده شوند. نحوه آموزش و ارزیابی نتایج هر مدل مرحله به مرحله توضیح داده می‌شود. ابزاری که در هر گام مورد استفاده قرار گرفته نیز به اجمال معرفی می‌شود.

در بخش چهارم، نتایج عملی مدل‌سازی‌های بخش قبل مورد بررسی قرار می‌گیرد. مشاهده می‌شود که کم‌خطاترین روش یادگیری ماشین، هم‌چنان در ۶۰ درصد شبیه‌سازی‌ها از مدل پیش‌بینی ساده خطای بیشتری دارد. از طرفی، کم‌خطاترین مدل آماری توانسته در ۵۷ درصد شبیه‌سازی‌ها نتایج بهتری نسب به مدل پیش‌بینی ساده ارائه دهد.

در بخش پنجم، نتایج بخش پیشین بررسی می‌شود. علل عدم توفیق مدل‌ها مورد واکاوی قرار می‌گیرد و به این موضوع پرداخته می‌شود که استفاده از مدل‌های پیچیده‌تر، همیشه نتایج بهتری به بار نمی‌آورد. هم‌چنین، به پژوهش‌هایی که نتایج متفاوتی غیر از این پایان‌نامه گرفته‌اند نقدهای وارد می‌شود. تلاش شده تا با ارائه مثال‌هایی با داده‌های واقعی، خطاهایی که این پژوهش‌ها ممکن است مرتکب شده باشند، شرح داده شود.

بخش ششم، پس از ارائهٔ خلاصه‌ای از یافته‌ها، به نتیجه‌گیری تحقیق می‌پردازد. به نظر می‌رسد که مدل‌های مورد بحث، نمی‌توانند در امر پیش‌بینی سری زمانی بازارهای مالی کارآمد باشند. هم‌چنین سعی شده تا محدودیت‌های این پژوهش به اجمال بیان شوند. در پایان نیز پیشنهادهایی برای پژوهش‌های بیشتر ارائه شده است.