

ارائه مدل پیش بینی قیمت ارز دیجیتال در شرایط عدم اطمینان محیطی با شبکه عصبی مصنوعی فازی

محمد حسین درویش متولی^{*۱}
شیرین امینی^۲

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۱/۱۹

چکیده

در این تحقیق با استفاده از روش شبکه‌های عصبی فازی به پیش‌بینی قیمت بیت کوین پرداخته می‌شود. به منظور پیش‌بینی قیمت بیت کوین در مرحله نخست از مطالعات و تحقیقات پیشین در این حوزه استفاده شده است. برای این منظور با استفاده از سایت‌های مرتبط و معیارهای شناسایی شده به جمع‌آوری اطلاعات تحقیق پرداخته شد. ابتدا اطلاعات داده‌های جمع‌آوری شده را نرمال نمودیم. در مرحله بعد با ورود اطلاعات نرمال شده به نرم افزار متلب (MATLAB) و استفاده از جعبه ابزار طراحی شده و استفاده از روش شبکه عصبی فازی، قیمت بیت کوین پیش‌بینی گردید. به این صورت که ۶۰٪ داده‌های ورودی که شامل ۱۳۳۰ داده است به عنوان داده‌های آموزش و ۴۰٪ داده‌ها که ۸۸۷ داده است به عنوان تست در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که مدل استفاده شده در این تحقیق، دقت پیش‌بینی را، با خطای بسیار ناچیز (۰/۰۰۰۸۵)، افزایش می‌دهد.

واژگان کلیدی: پیش‌بینی؛ قیمت بیت کوین؛ شبکه عصبی فازی.

طبقه‌بندی JEL: F43; D53; M21

^۱ استادیار مدیریت، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، نویسنده مسئول، پست الکترونیکی:

Mhd.darvish@gmail.com

^۲ دانشجوی دکتری مدیریت فناوری اطلاعات، گروه مدیریت، واحد بین الملل کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، کیش، ایران، پست الکترونیکی:

shirinamini67@gmail.com

۱. مقدمه

یکی از دارایی‌هایی که در طی چند سال اخیر مورد توجه سرمایه‌گذاران قرار گرفته است، برخی پول‌های معمول در دنیا مانند دلار و یورو و پوند می‌باشد. یک بازار مبادله‌ای با شتاب زیاد در بازارهای فعال ارز به وجود آمده است. یکی از دغدغه‌های این بازار پیش‌بینی قیمت این نوع ارزها و رمز ارزها برای فعالان این حوزه می‌باشد (خاتمی و همکاران، ۱۴۰۲). در سال‌های اخیر تکنیک‌های ریاضی به منظور پیش‌بینی در این حوزه گسترش یافته‌اند و به عنوان تکنیک‌های محبوب مورد توجه سرمایه‌گذاران این حوزه قرار گرفته است (غفاری و یوسفی، ۱۳۹۰). به منظور آسان‌تر نمودن کارهای مالی و ایجاد پولی بدون حضور سازمان‌های مالی، مفهوم پول مجازی به معنای پول رمزگذاری شده اولین بار در سال ۱۹۹۸ ارائه گردید (پیچ^۱، ۲۰۱۷). خلاقیت جدیدی برای پول ارائه شد که با استفاده از رمزگذاری خاص برای انجام معامله بدون هیچ واسطه‌ای و مرجعی استفاده می‌شود (پنگ^۲، ۲۰۱۸). در سال ۲۰۰۹ اولین پول مجازی با اسم بیت کوین با استفاده از الگوریتم‌های ریاضی مطرح شد. یک تعریف سرراست از بیت کوین به اینصورت است که آن پولی غیرمتمرکز هست که در بستر اینترنت قابل انتقال می‌باشد. ویژگی‌های دیگر آن متناهی بودن در تعداد، کنترل نشدن توسط هیچ نهادی و غیرقابل سانسور بودن توسط همه سازمان‌های دولتی و غیردولتی، می‌باشد (مالر^۳، ۲۰۰۸). از مزایای دیگر آن اینست که در شبکه بیت کوین تمامی مبادلات قابل رهگیری هستند. اما کاربران آن هویت حقیقی و حقوقی ندارند (لی^۴، ۲۰۱۷).

با افزایش محبوبیت و فراگیر شدن رمز ارزها، ایجاد و توسعه روش‌های پیش‌بینی حرکت‌های قیمتی در این حوزه، توجهات زیادی را به خود جلب کرده است (صیادی و همکاران، ۱۴۰۲). شبکه عصبی یک تکنیک ریاضی است که در سال‌های اخیر به عنوان یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای دسته‌بندی، پیش‌بینی و تشخیص انواع الگوها مورد استفاده قرار می‌گیرد. از ویژگی‌های این روش می‌توان به قدرت بالا در پیدا کردن هر نوع الگوی پنهان برای داده‌های مالی و غیرمالی اشاره نمود. (غفاری و یوسفی، ۱۳۹۰).

¹ Bergsli

² Peng

³ Maler

⁴ Lye

پیش‌بینی مسئله ایست که از گذشته دور ذهن انسان را بخود مشغول کرده است. می‌توان گفت که یکی از مهم‌ترین وظایف علم در زمینه‌های گوناگون تلاش جهت یافتن ارتباط بین پدیده‌های متفاوت به منظور پیش‌بینی آینده می‌باشد (تاسور^۱، ۲۰۰۹). با توجه به اینکه در طی سال‌های گذشته تمایل به سرمایه‌گذاری در ارزش‌های دیجیتال زیاد شده است و ارزش‌های دیجیتال متنوعی در این حوزه ظهور پیدا نموده‌اند، تعداد افرادی که می‌خواهند در این حوزه سرمایه‌گذاری کنند رشد قابل توجهی کرده است و رشد سرمایه‌گذار در این حوزه به صورت نمایی در حال افزایش است. اما موردی که دغدغه‌ای مشترک همه سرمایه‌گذاران در این حوزه می‌باشد، اینست که قیمت این ارزش‌های دیجیتال به چه صورت خواهد بود و می‌توان پیش‌بینی از قیمت آن‌ها داشت. روش‌های ریاضی به ویژه تکنیک‌های هوش مصنوعی می‌توانند در این مورد یاری‌دهنده سرمایه‌گذاران باشند، به اینصورت که با توجه به اطلاعات تاریخی از این رموز ارزش‌ها به پیش‌بینی قیمت ارزش‌های دیجیتال پرداخت. به طور ویژه می‌توان به پیش‌بینی قیمت بیت کوین با استفاده از روش‌های شبکه عصبی پرداخت. در حقیقت در این تحقیق به پیش‌بینی قیمت ارز دیجیتال بیت کوین در ایران با شرایط عدم اطمینان محیطی با استفاده از تکنیک ریاضی شبکه عصبی فازی خواهیم پرداخت. پس با توجه به اهمیت پیش‌بینی قیمت بیت کوین با استفاده از مدل‌های ریاضی و قابل استناد، پرداختن به این تحقیق یعنی پیش‌بینی قیمت ارز دیجیتال در شرایط عدم اطمینان محیطی با شبکه عصبی مصنوعی فازی مهم و ضروری است و می‌تواند به خلع و شکاف تحقیقاتی گذشته که عموماً یا بر پایه شرایط اطمینان استوار بوده‌اند و یا صرفاً بر اساس مدل‌های سنتی و گاهاً شبکه عصبی نه به صورت فازی انجام شده‌اند را پوشش دهد. در تحقیق حاضر باید به یک سوال اساسی پاسخ دهیم: چگونه می‌توان با استفاده از مدل شبکه عصبی فازی به پیش‌بینی قیمت بیت کوین در شرایط

عدم اطمینان محیطی پرداخت؟

ساختار مقاله عبارت است از: در بخش بعدی ادبیات و پیشینه تحقیق پرداخته شده است، سپس روش‌شناسی و در بخش چهارم به یافته‌ها اشاره شده است. در خاتمه نیز نتایج و پیشنهادات ارائه گردیده است.

^۱ Tasour

۲. ادبیات موضوع

۲.۱. مبانی نظری

در جهان امروز سطح معاملات فراتر از مرزها رفته و تجارت جهانی شکل گرفته است. اما برای تجارت در سطح دنیا باید واسطه‌های زیادی دخیل باشند که این مشکلات زیادی با خود به همراه دارد. بنابراین فعالان اقتصادی به دنبال راه‌حلی به منظور کاهش این واسطه‌ها می‌باشند. یکی از این راه‌حل‌ها استفاده از رمزارزها می‌باشد. با توجه به سادگی مبادله ارزهای دیجیتال امروز این ارزها به شدت در حال گسترش و فراگیری هستند (هی^۱ و همکاران، ۲۰۱۶). با توجه به مزیت‌های زیاد ارزهای دیجیتال مانند سرعت بالای مبادله، مبادله‌های برون مرزی و حذف هزینه‌های مربوط به واسطه‌ها سبب شده که این ارزها فراگیر شوند. اما با این مزیت‌ها، ارزها چالش‌هایی مانند پولشویی، کمک به گروه‌های تروریستی و فرار مالیاتی دارند که دولت‌ها زیاد از آن استقبال نمی‌کنند (دابروفسکی^۲، ۲۰۱۸). در سال‌های اخیر یکی از معروفترین رمزینه ارزها به نام بیت‌کوین به‌عنوان یک سرمایه‌گذاری جذاب در میان مردم ایران مطرح شده است. لذا لازم است نهادهای سیاستگذار ایران همانند سایر کشورها درخصوص استفاده از این ارزها، قوانین و مقرراتی وضع کنند تا ضمن استفاده از مزایای رمزینه ارزها، از خطرات احتمالی آنها جلوگیری شود. در طی سال‌های گذشته فناوری اطلاعات پیشرفت زیادی داشته و در تمام علوم ورود پیدا کرده است. یکی از کاربردهای فناوری اطلاعات در اقتصاد که در طی چند سال اخیر برای داد و ستد استفاده می‌شود و جای پول کاغذی را گرفته است، پول‌های الکترونیکی هستند. این پول به جای حالت فیزیکی پول کاغذی از یکسری ارقام و اعداد کامپیوتری استفاده می‌کند. در واقع در این پول از یکسری کدهای کامپیوتری منحصر به فرد استفاده می‌کند به این خاطر به آن «رمزینه ارز» می‌گویند (چون^۳، ۲۰۱۵). واژه ارز مجازی شامل انواع مختلفی از ارزهای دیجیتال می‌باشد. همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است، با توجه به اینکه ارزهای مجازی غیر ملموس و مجازی هستند به آن ارزهای دیجیتال گفته می‌شوند و ویژگی مشترکی که بین همه آنها است اینست که برخلاف ارزهای کاغذی غیر فزیک می‌باشند. در واقع ویژگی منحصر به فردی که ارزهای دیجیتال دارند این است که بدون واسطه بانک امکان جابه‌جایی دارند. در برخی تحقیقات از ارزهای مجازی با نام

¹ Hey

² Dabrofeski

³ Chaun

ارز دیجیتال استفاده می‌کنند. چون واژه ارز مجازی جنبه منفی دارد و بیانگر اینست که هیچ پشتوانه ندارد (چون، ۲۰۱۵).

شکل ۱: انواع ارزهای مجازی



در شکل مذکور دو دسته قابل تبدیل و غیر قابل تبدیل مشاهده می‌شود و این به معنی این است که آیا می‌توان ارز مجازی را به پول کاغذی تبدیل نمود یا خیر، طبقه‌بندی شده است. در واقع رمز ارزهای غیر قابل تبدیل به هیچ وجه امکان تبدیل به پول کاغذی را ندارند. اما ارزهای مجازی قابل تبدیل رویکردی برعکس دارند و می‌توان آن را به پول کاغذی تبدیل نمود. حتی می‌توان در داد و ستد کالاها در تمام دنیا از آن استفاده نمود. در واقع این همان ورژن گسترش یافته و کامل از ارزهای مجازی است که امروزه از آن‌ها استفاده می‌شود. ارزهای قابل تبدیل نیز در دو دسته متمرکز و غیر متمرکز دسته بندی می‌شوند. برای رمز ارزهای متمرکز یک واحد نظارتی بر آن نظارت خواهد داشت. اما برای رمز ارز غیر متمرکز هیچ نهاد مرکزی در آن دخالت نداشته و افراد در این شبکه می‌توانند با استفاده از رمزگزاری‌های که فقط در دست صاحب ارز است داد و ستد انجام دهند. دلیل اینکه به ارزهای دیجیتال رمزینه ارز یا ارزهای رمزگذاری شده نیز گفته می‌شود همین دلیل است. زیرا تمام انتشار و تایید این رمز ارزها بدون دخالت بانک مرکزی و دولت‌ها به وسیله افراد و رمزی که در اختیار افراد است و اصول ریاضی رمزگذاری انجام خواهد شد. همچنین تامین امنیت این شبکه رمز ارزها با استفاده از این رمزهای منحصر به فرد قابل انجام است. ولی این رمز ارزها به قدری توانمند هستند که دارای ضریب امنیتی خیلی بالای می‌باشند (گو و چو، ۲۰۰۸).

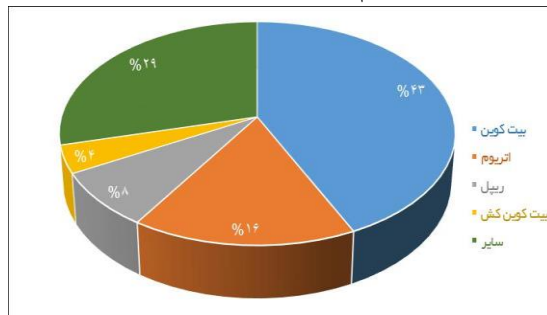
غیر متمرکز بودن رمز ارزها یکی از دلایل به وجود آمدن آن و اقبال عمومی در استفاده از آن می‌باشد. زیرا افراد وجود نهادهای نظارتی پول مانند بانک مرکزی را یک محدودیت در داد و ستد می‌دانند. پس به وجود آورندگان پول در تلاش می‌باشند تا با استفاده از تبادلات مالی به صورت فرد

به فرد و بدون دخالت هیچ واحد نظارتی افراد را راغب به سرمایه‌گذاری در این حوزه نمایند. دارندگان ارزهای مجازی به دلیل کاهش هزینه مبادلات، سرعت بالای انتقال و عدم نظارت به وسیله بانک‌های مرکزی هر روز بیشتر خواهند شد. (کارگروه اقدام مالی، ۲۰۱۴).

جدول (۱): واژه شناسی پول مجازی

عنوان	متمرکز	غیرمتمرکز
قابل تبدیل	این پول دارای یک نهاد مرکزی است و استفاده کنندگان از این پول می‌توانند آن را از طریق صرافی به اسکناس بانکی تبدیل کنند.	این پول هیچ نهاد مرکزی ندارد و نیاز به اعتماد به شخص ثالث نیست و استفاده کنندگان از این پول می‌توانند آن را از طریق صرافی‌ها به اسکناس بانکی تبدیل کنند (رمزینه ارز)
غیرقابل تبدیل	این پول دارای یک نهاد مرکزی است و استفاده کنندگان از این پول نمی‌توانند آن را به اسکناس بانکی تبدیل کنند.	مثال: بیت کوین، لایت کوین در حال حاضر وجود ندارد
	مثال: وب مانی	
	مثال: سکه بازی	

نمودار (۱): سهم بازار رمزینه ارزها در آوریل ۲۰۱۸



با توجه به نمودار بالا سه رمز ارزی که بیشترین محبوبیت را در دنیا دارند به ترتیب بیت کوین، اتریوم و ریپل می‌باشند. شبکه عصبی مصنوعی^۱ از طرز کار شبکه عصبی واقعی اقتباس شده

^۱ Artificial neural network

است. عصب که نقش انتقال اطلاعات و پیام‌ها را در بدن ایفا می‌کند اجتماعی از نرون‌ها است نرون^۱ یا گره کوچکترین واحد پردازش اطلاعات می‌باشد که اساس عملکرد شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهد (منهاج، ۱۳۸۴). هر یک از نرون‌ها، ورودی‌ها را دریافت نموده و پس از پردازش روی آنها، یک سیگنال خروجی تولید می‌نمایند. لذا هر نرون در شبکه به عنوان مرکز پردازش و توزیع اطلاعات عمل کرده، ورودی و خروجی مخصوص به خود را دارد (سادوروسکی، ۲۰۰۶). انواع مختلفی از مدل‌های محاسباتی تحت عنوان کلی شبکه‌های عصبی مصنوعی معرفی شده‌اند که هر یک برای دسته‌ای از کاربردها قابل استفاده هستند و در هر کدام از وجه مشخصی از قابلیت‌ها و خصوصیات مغز انسان الهام گرفته شده است. در همه این مدل‌ها، یک ساختار ریاضی در نظر گرفته شده است که البته به صورت گرافیکی هم قابل نمایش دادن است و یک سری پارامترها و پیچ‌های تنظیم دارد. این ساختار کلی، توسط یک الگوریتم یادگیری یا تربیت^۲ آن قدر تنظیم و بهینه می‌شود که بتواند رفتار مناسبی را از خود نشان دهد. نگاهی به فرایند یادگیری در مغز انسان نیز نشان می‌دهد که در واقع ما نیز در مغزمان فرایندی مشابه را تجربه می‌کنیم و همه مهارت‌ها، دانسته‌ها و خاطرات ما، در اثر تضعیف یا تقویت ارتباط میان سلول‌های عصبی مغز شکل می‌گیرند. این تقویت و تضعیف در زبان ریاضی، خود را به صورت تنظیم یک پارامتر موسوم به وزن مدل‌سازی و توصیف می‌کند. اما طرز نگاه مدل‌های مختلف شبکه‌های عصبی مصنوعی کاملاً متفاوت است و هر یک، تنها بخشی از قابلیت‌های یادگیری و تطبیق مغز انسان را هدف قرار داده و تقلید نموده‌اند.

۲۲. پیشینه تحقیق

– محمد شریفی و همکاران (۱۴۰۰) در تحقیقی با عنوان "پیش بینی قیمت بیت کوین با استفاده از مدل ترکیبی ARIMA و یادگیری عمیق" به منظور پیش‌بینی قیمت بیت کوین از ترکیب مدل ARIMA و سه نوع شبکه عصبی عمیق شامل RNN، LSTM و GRU پرداختند. در این پژوهش به تعیین تاثیر مدل‌های یادگیری عمیق بر روی عملکرد پیش‌بینی قیمت آینده بیت کوین پرداخته شد. نتایج نشان می‌دهد که مدل ARIMA-GRU برای معیارهای

¹ Node

² Training Algorithm

- RMSE و MAPE نسبت به سایر مدل‌ها نتایج بهتری داشته است. همچنین مدل‌های ترکیبی نسبت به مدل سنتی ARIMA در پیش بینی، عملکرد بهتری را از خود نشان می‌دهند.
- صفری دهنوی و شفیی (۱۴۰۰) در تحقیقی با عنوان "پیش بینی ارزش سهام با استفاده از شبکه عصبی فازی پیشنهادی" برای پیش بینی ارزش نمادها در بورس از یک شبکه جدید شامل شبکه عصبی فازی، تابع سینک و الگوریتم بهینه سازی ملخ بهبودیافته، استفاده نمودند. الگوریتم پیشنهادی نسبت به سایر روش‌ها مانند شبکه عصبی برای پیش بینی ارزش سهام، خطای کمتری داشتند و الگوریتم ملخ ارایه شده با نرخ یادگیری تطبیقی با سرعت بیشتری و به صورت تطبیقی، هم گرا شده است.
 - باغانی (۱۳۹۹) در تحقیقی با عنوان "بررسی نحوه نظارت بر فناوری‌های نوین مالی فین تک و ارز دیجیتال" ضمن ارائه چارچوب کلی از فناوری‌های مزبور، روش‌های نظارتی متداول در کشورهای دیگر بررسی و پیشنهاداتی در خصوص نظارت‌های فین تک و ارزهای دیجیتال ارائه دادند.
 - بشیری و پاریاب (۱۳۹۹) در تحقیقی با عنوان "پیش بینی قیمت بیت کوین با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین" مجموعه داده‌های مربوط به ده رمز ارز مورد استفاده قرار داده و با استفاده از تکنیک‌های داده کاوی پیش‌بینی قیمت بیت کوین پرداختند. در این پژوهش الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان، جنگل تصادفی، گرادیان تقویتی و شبکه عصبی مقدار صحت ۱۶۷۵/۵۲ درصد را ثبت کردند.
 - آقامحمدی و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقی با عنوان "برآورد ریسک سرمایه گذاری در یک پرتفوی ارز دیجیتال و بهینه سازی آن با استفاده از روش ارزش در معرض خطر" با هدف افزایش بازدهی و کاهش میزان ریسک پرتفوی سرمایه‌گذاری، ارزشهای دیجیتالی که در چند سال اخیر دارای بیشترین حجم معامله و شناوری در بازارهای مالی بوده اند، انتخاب نمودند. آن‌ها با استفاده از روش ارزش در معرض خطر (VaR)، ترکیب بهینه‌ای از ارزشهای دیجیتال جهت سرمایه گذاری ارائه دادند.
 - عبدی و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیقی با عنوان "پیش بینی قیمت بیت کوین با استفاده از شبکه عصبی LSTM" با استفاده از شبکه‌های عصبی بازگشتی به نام LSTM به پیش‌بینی

- قیمت بیت کوین پرداختند. از قیمت بسته شدن برای همان روز به منظور پیش بینی قیمت بیت کوین استفاده شد.
- میرغفوری (۱۳۹۷) در تحقیقی با عنوان "بررسی سرمایه گذاری در ارزهای دیجیتالی در ایران (مورد مطالعه: بیت کوین)" اظهار داشتند بیت کوین از دو جهت برای دولت‌ها سبب نگرانی است. این دو نگرانی درباره امنیت و فعالیت‌های غیرقانونی پولشویی است. آن‌ها بیان داشتند که باید بانک مرکزی کشورها قوانینی وضع کنند تا از فعالیت مجرمانه در مورد این رمز ارزها جلوگیری کنند.
 - کیوان فر (۱۳۹۷) در تحقیقی با عنوان "بیت کوین (ارز دیجیتال) و اقتصاد" بیان نمود که بیت کوین طی نه سال فعالیت خود چهل میلیون نفر تخمین زده شده است که از آن استفاده می‌کنند که با توجه به نوسانات بالای آن ولی سود قابل ملاحظه در خود دارا هست که در ایران نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد که خواسته یا ناخواسته در اقتصاد کشورها تأثیرگذار است.
 - رضوی و ضیاء الدینی (۱۳۹۷) در تحقیقی با عنوان "بکارگیری الگوریتم درخت تصمیم ID3 با هدف بهبود دقت در پیش بینی قیمت بیت کوین در بلاک چین" با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم ID3 به پیش بینی قیمت ارز دیجیتال پرداختند.
 - بیرگسلی و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیقی با عنوان "پیش بینی نوسانات بیت کوین" به پیش بینی نوسانات ارز دیجیتال بیت کوین با توجه به اهمیت آن در بین رمز ارزها پرداختند. آن‌ها بررسی کردند که کدام مدل برای پیش بینی نوسانات بیت کوین مناسب‌ترین است. چندین مدل GARCH و دو مدل خودرگرسیون ناهمگن (HAR) استفاده و آنها با هم مقایسه شدند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که EGARCH و APARCH بهترین عملکرد را در بین مدل‌های GARCH دارند. مدل‌های HAR بر اساس واریانس تحقق یافته بهتر از مدل‌های GARCH بر اساس داده‌های روزانه عمل می‌کنند. همچنین مدل‌های HAR بر مدل‌های GARCH برای پیش بینی نوسانات کوتاه مدت عملکرد بهتری دارند.
 - اورلدوس و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیقی با عنوان "مطالعه و آزمایش بر روی پیش بینی قیمت بیت کوین با تجزیه و تحلیل سری زمانی و شبکه عصبی مکرر (RNN)" به توسعه

- یک مدل سری زمانی برای حل مشکل پیش بینی قیمت بیت کوین پرداختند. آن‌ها روش‌های میانگین متحرک یکپارچه بازگشتی خودکار (ARIMA) و شبکه عصبی مکرر (RNN) را برای بهبود دقت پیش بینی در مدل سازی خود استفاده نمودند. مدل پیشنهادی قیمت بیت کوین را با دقت بالاتری در مقایسه با مدل‌های موجود پیش بینی می‌کند.
- جاکورت^۱ و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی با عنوان "پیش بینی کوتاه مدت بازار بیت کوین از طریق یادگیری ماشین" مدل‌های مختلف یادگیری ماشین را برای پیش بینی بیت کوین استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که شبکه عصبی پیشرو با گرادیان مزدوج بهترین عملکرد برای پیش بینی دارد. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که ویژگی‌های فنی بیشترین اهمیت در پیش بینی را داد و بعد از آن ویژگی‌های مبتنی بر بلاکچین و احساسات علاقه قرار دارند.
 - سباستیاو^۲ و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی با عنوان "پیش بینی و معاملات ارزهای رمزپایه با یادگیری ماشین در شرایط متغیر بازار" به پیش بینی سودآوری سه ارز دیجیتال معروف یعنی بیت کوین، اتریوم و لیت کوین با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که یادگیری ماشینی تکنیک‌های محکمی را برای کاوش در مورد پیش بینی ارزهای دیجیتال و برای ایجاد استراتژی‌های سودآوری تجاری در این بازارها، حتی در شرایط نامساعد بازار فراهم می‌کند.
 - مداسیر^۳ و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی با عنوان "پیش بینی سری زمانی قیمت بیت کوین با استفاده از ویژگی‌های بعدی: رویکرد یادگیری ماشین" از مدل‌های طبقه بندی و رگرسیون مبتنی بر یادگیری ماشینی با کارایی بالا برای پیش بینی حرکات و قیمت بیت کوین در کوتاه مدت و میان مدت استفاده نمودند. نتایج نشان می‌دهد که مدل‌های ارائه شده بهتر از مدل‌های موجود در حوزه پیش بینی بیت کوین عمل می‌کنند.
 - اتسالاکیس^۴ و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی با عنوان "پیش بینی قیمت بیت کوین با تکنیک‌های شبکه عصبی فازی" یک تکنیک هوش مصنوعی را پیشنهاد نمودند که از یک

¹ Jakourt
² Sebastiaiv
³ Medasir
⁴ Etsalakis

- کنترل‌کننده ترکیبی Neuro-Fuzzy ، به نام PATSOS ، برای پیش‌بینی جهت تغییر قیمت روزانه بیت‌کوین استفاده می‌کند. روش پیشنهادی از مدل‌های هوش مصنوعی موجود بهتر عمل می‌کند.
- والتر^۱ (۲۰۱۸)، در تحقیقی با عنوان " محرک‌های برون‌زای نوسان ارز رمزنگاری شده - یک رویکرد نمونه‌گیری از داده‌های آمیخته برای پیش‌بینی " به این نتیجه رسیدند که مدل‌های GAS با توزیع‌های سنگین بهترین نمونه‌های پیش‌بینی شده و ویژگی‌های مناسب برای بازده بیت‌کوین و مدل‌سازی ریسک می‌باشند.
 - ستاورپونانس (۲۰۱۸) در تحقیقی با عنوان " ارزش در معرض خطر و اقدامات مربوط به آن برای بیت‌کوین " ارزش‌های در معرض خطر و اقدامات مربوط به بیت‌کوین و مقایسه آن‌ها با شاخص استاندارد SPP ۵۰۰ و شاخص‌های قیمت طلای را بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که بیت‌کوین یک ارز بسیار فرار است که ارزش‌های در معرض خطر را بیش از دارایی‌های دیگر نقض می‌کند.
 - کریستوفک (۲۰۱۸) در تحقیقی با عنوان " در بازارهای بیت‌کوین، کارایی و تکامل آن " به این نتیجه رسیدند که بازار بیت‌کوین بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷ ناکارآمد بوده است، به‌استثنای چند دوره که مستقیماً پس از افزایش‌های شبه‌حبابی قیمت، آرام بود.
 - چن و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی با عنوان " یک رویکرد جدید یادگیری عمیق فازی برای پیش‌بینی جریان ترافیک با ویژگی‌های داده‌های مکانی-زمانی نامشخص " یک رویکرد جدید یادگیری عمیق فازی به نام FDCN برای پیش‌بینی جریان ترافیک در سطح شهر ارائه دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که روش پیشنهادی برای پیش‌بینی جریان ترافیک دارای عملکرد خوبی است.
 - شیفلد (۲۰۱۷)، در تحقیقی با عنوان " برآورد نوسانات بیت‌کوین: مقایسه مدل‌های GARCH، " به جستجوی مدل بهینه شرطی ناهمسانی واریانس با توجه به تناسب با داده‌های قیمت بیت‌کوین پرداخت. بهترین مدل یافت شده مدل AR-CGARCH است که در آن بر اهمیت شمول اجزای کوتاه‌مدت و بلندمدت واریانس شرطی تأکید می‌شود.

^۱ Walter

۳. روش تحقیق

این تحقیق از نظر نتایج جزء تحقیقات کاربردی و از نظر ماهیت و روش اجرا توصیفی می‌باشد. در این تحقیق به منظور مطالعه جامعه آماری به جهت گستردگی جامعه آماری، نسبت به مطالعه بخشی از آن به روش نمونه‌گیری مبادرت خواهد شد. بر این اساس روش استنتاج در این تحقیق در بیان مشاهدات نمونه‌ای توصیفی و در تعمیم یافته‌ها به جامعه آماری، تحلیلی و استقرایی می‌باشد. اندازه‌گیری متغیرهای پیش‌بینی قیمت ارزهای دیجیتال با استفاده از داده‌های تاریخی مرتبط با ارزهای دیجیتال جمع‌آوری شده، لذا طرح تحقیق پس‌روی دادی، علی‌پس از وقوع، توصیفی-تحلیلی مبتنی بر تجربیات گذشته یا تجربی میدانی بوده است. جامعه آماری تحقیق شاخص قیمت ارز دیجیتال بیت‌کوین می‌باشند و شاخص قیمت ارز دیجیتال بیت‌کوین از ابتدای سال ۲۰۱۶ تا انتهای سال ۲۰۲۱ به دلیل در دسترس بودن اطلاعات آن به عنوان نمونه آماری تحقیق در نظر گرفته می‌شود. به منظور پیش‌بینی قیمت ارز دیجیتال بیت‌کوین از متغیرهای زیر استفاده می‌کنیم:

X1: قیمت باز شدن

X2: قیمت بسته شدن

X3: حداقل قیمت

X4: حداکثر قیمت

با استفاده از این متغیرها به پیش‌بینی قیمت ارزهای دیجیتال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی فازی می‌پردازیم. برای جمع‌آوری داده‌های اولیه از مطالعات کتابخانه‌ای و جستجوی اینترنتی و مقالات و کتب استفاده می‌شود. برای پاسخ به سوالات تحقیق به روش میدانی به جمع‌آوری اطلاعات پرداخته می‌شود. در این تحقیقات داده‌های مورد نیاز با استفاده از روش‌های زیر جمع‌آوری می‌شود:

در این پژوهش جمع‌آوری اطلاعات با استفاده از سایت ارز دیجیتال ۱ و سایت‌های منتشرکننده ارزهای دیجیتال صورت پذیرفته است و به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از شبکه عصبی فازی در هوش مصنوعی و با استفاده از نرم‌افزار متلب (MATLAB) استفاده شده است که از جدیدترین متد حوزه پیش‌بینی می‌باشد. هوش مصنوعی بر پایه تحلیل عمقی داده‌ها و بررسی

¹ (<https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin>)

ارتباطات پنهان بینمتغیر استوار است. از مهم‌ترین ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توان به شبکه‌های عصبی مصنوعی اشاره نمود. شبکه‌های عصبی مصنوعی یا به زبان ساده‌تر شبکه‌های عصبی سیستم‌ها و روش‌های محاسباتی نوینی برای یادگیری ماشینی، نمایش دانش، و در انتها اعمال دانش به‌دست‌آمده در جهت پیش‌بینی پاسخ‌های خروجی از سامانه‌های پیچیده هستند. ایده اصلی این‌گونه شبکه‌ها (تا حدودی) الهام گرفته از شیوه کارکرد سیستم عصبی زیستی، برای پردازش داده‌ها و اطلاعات برای یادگیری و ایجاد دانش است. در این تحقیق از روش شبکه عصبی فازی به پیش‌بینی قیمت ارزهای دیجیتال در شرایط عدم اطمینان محیطی پرداخته می‌شود. مراحل کار به شرح زیر است:

برای اینکه بتوان یک مدل هوشمند یادگیری برای آموزش شبکه عصبی بازگشتی روی داده‌های تاریخی قیمت ارزهای دیجیتال و در نهایت، پیش‌بینی قیمت آن‌ها در آینده طراحی نمود، باید مراحل زیر پیاده‌سازی شود:

جمع‌آوری، مرتب‌سازی و نرمالایز کرده داده‌های جمع‌آوری شده

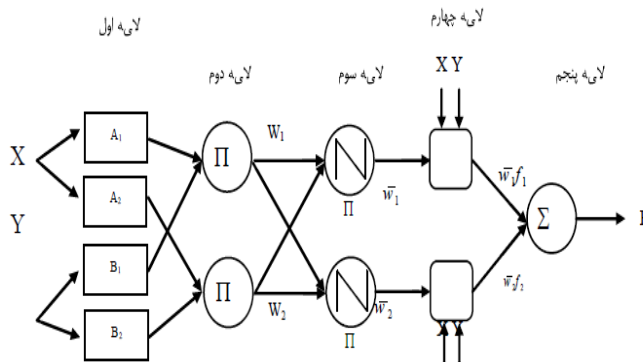
طراحی مدل شبکه عصبی بازگشتی با واحد حافظه کوتاه مدت بلند (LSTM).

آموزش شبکه عصبی بازگشتی طراحی شده روی داده‌های تاریخی مرتبط با قیمت بیت‌کوین و ذخیره‌سازی مدل آموزش داده شده.

پیش‌بینی قیمت ارزهای دیجیتال توسط شبکه آموزش دیده.

ساختار مدل شبکه عصبی فازی به صورت زیر است:

شکل (۲): ساختار شبکه عصبی



که در آن گره‌های ورودی: در این لایه درجه عضویت گره‌های ورودی به بازه‌های مختلف فازی با استفاده از تابع عضویت مشخص می‌گردد:

$$(1) \quad O_i^1 = \mu_{A_i}(x) \quad i = 1, 2$$

لایه قوانین: گره‌های که در این لایه قرار می‌گیرند به عنوان گره‌های Π در نظر گرفته می‌شوند که درجه فعالیت یک قانون را محاسبه می‌کند و خروجی آن‌ها به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$(2) \quad O_i^2 = w_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(x) \quad i = 1, 2$$

لایه نورمالایز: هر گره در این لایه، یک گره ثابت به نام N می‌باشد و h امین گره نسبت به i امین قاعده شدت برانگیختگی را برای تمام قاعده‌های شدت برانگیختگی به صورت زیر محاسبه می‌کند:

$$(3) \quad O_i^3 = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \quad i = 1, 2$$

گره‌های نتیجه: هر گره i در این لایه، یک گره منطبق با تابع گره، به صورت زیر می‌باشد:

$$(4) \quad O_i^4 = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad i = 1, 2$$

گره‌های خروجی: تنها گره این لایه یک گره ثابت به نام \sum می‌باشد، که تمامی خروجی‌ها را به

عنوان مجموع همه سیگنال‌های ورودی، به صورت زیر محاسبه می‌نماید:

$$(5) \quad O_i^5 = \sum_{i=1}^R \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_{i=1}^R w_i f_i}{\sum_{i=1}^R w_i}$$

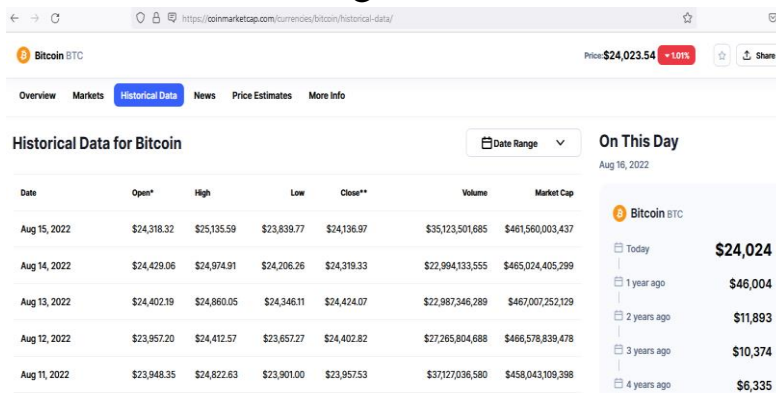
در اینجا برای تعیین تابع عضویت انواع مختلف توابع عضویت مورد آزمایش و بررسی قرار می‌گیرد. به اینصورت که مدل شبکه عصبی فازی برای هر کدام از تابع عضویت‌ها به طور جداگانه محاسبه می‌شود و خطای هر کدام از این روش‌ها محاسبه می‌شود تا تابع عضویت با کمترین خطا در زمان آموزش مشخص شود و به عنوان تابع عضویت بهینه مورد استفاده قرار گیرد.

۴. یافته‌ها

ارزهای دیجیتال یک روش کارآمد برای معاملات می‌باشد که به منظور رفع محدودیت‌های روش‌های سنتی و بانکداری جدید ارائه گردیده است. با اینکه سابقه ارزهای دیجیتال زیاد نیست. اما انواع ارزهای دیجیتال در این حوزه طی سال‌های اخیر معرفی شده است. بیت کوین یکی از ابتدایی‌ترین و محبوب‌ترین ارزهای دیجیتال است. به منظور امنیت این رمز ارزها، تبادلات مالی

به صورت رمزنگاری عرضه می‌شود. پیش‌بینی قیمت بیت کوین به دلیل زیاد شدن معاملات در طی چند سال گذشته از اقبال ویژه‌ای بین محققان برخوردار است و همواره یک مسئله مدیریتی مهم در این حوزه می‌باشد. هدف از این بخش تجزیه و تحلیل داده‌های تحقیق به منظور پیش‌بینی قیمت بیت کوین با استفاده تکنیک علمی شبکه عصبی فازی می‌باشد. تحقیقی از صحت و درستی کامل برخوردار است که بتوان داده‌های تحقیق را به طور جامع و دقیق جمع‌آوری نمود. در واقع داده‌های مورد استفاده یکی از بنیان‌های یک تحقیق کامل است. پایگاه اطلاعات مورد استفاده شده در این شامل اطلاعات قیمت بیت کوین می‌باشد که با واحد دلار بیان می‌شود. اطلاعات جمع‌آوری شده برای فاصله زمانی از ابتدای سال ۲۰۱۶ تا انتهای سال ۲۰۲۱ می‌باشد. این اطلاعات به صورت روزانه جمع‌آوری می‌شوند. این اطلاعات در پایگاه داده به نشانی زیر موجود هستند^۱. نمایی از داده‌های موجود در این سایت در شکل زیر آورده شده است.

شکل (۳): پایگاه داده جمع‌آوری اطلاعات



Date	Open*	High	Low	Close**	Volume	Market Cap
Aug 15, 2022	\$24,318.32	\$25,135.59	\$23,839.77	\$24,136.97	\$35,123,501,685	\$461,560,003,437
Aug 14, 2022	\$24,429.06	\$24,974.91	\$24,206.26	\$24,319.33	\$22,994,133,555	\$465,024,405,299
Aug 13, 2022	\$24,402.19	\$24,860.05	\$24,346.11	\$24,424.07	\$22,987,346,289	\$467,007,252,129
Aug 12, 2022	\$23,957.20	\$24,412.57	\$23,657.27	\$24,402.82	\$27,265,804,688	\$466,578,839,478
Aug 11, 2022	\$23,948.35	\$24,822.63	\$23,901.00	\$23,957.53	\$37,127,036,580	\$458,043,109,398

On This Day
Aug 16, 2022

Bitcoin BTC	Price
Today	\$24,024
1 year ago	\$46,004
2 years ago	\$11,893
3 years ago	\$10,374
4 years ago	\$6,335

با توجه به شکل بالا اطلاعات هر یک از این متغیرها به راحتی قابل دسترسی و قابل جمع‌آوری است. برای هر روز در بازه زمانی تحقیق داده‌های هر چهار متغیر فوق جمع‌آوری می‌گردد و به عنوان ورودی‌های شبکه عصبی فازی در نظر گرفته می‌شود. یکی از رویکردهای که می‌تواند عملکرد شبکه عصبی فازی را بهبود دهد، نرمال کردن داده‌های مورد استفاده در تحقیق است. زیرا

¹ <https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin/historical-data>

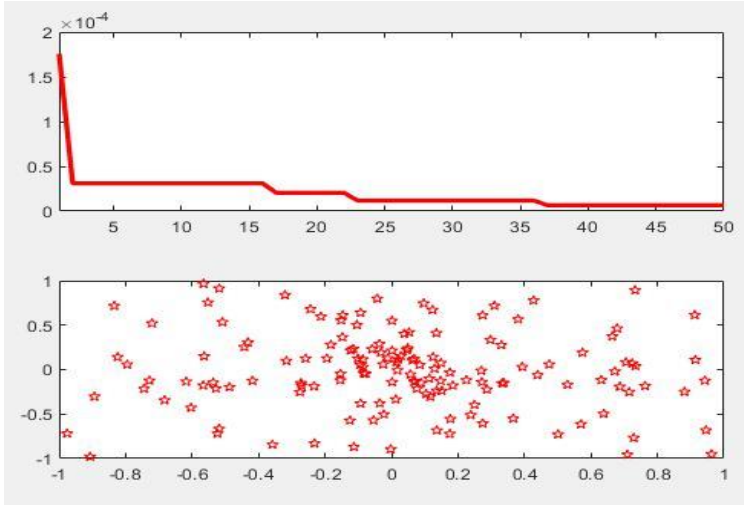
داده‌های مورد استفاده در تحقیق در بازه‌های مختلفی مقدار داشته باشند و داده‌ها دارای پراکندگی زیاد باشند. این پراکندگی و فاصله ای داده‌های تحقیق سبب می‌شود که شبکه عصبی عملکرد خوبی برای پیش بینی قیمت بیت کوین نداشته باشد. در نرمال سازی داده‌ها معمولا مقادیر داده‌ها در بازه مشخص بین ۱- تا ۱ تنظیم می‌شوند. برای فرآیند نرمال سازی داده‌ها روش‌های مختلفی معرفی شده است. برای نرمال کردن داده‌ها اگر داده‌ها مثبت باشد، هر مقدار را بر بزرگترین مقدار آن و اگر داده‌ها منفی باشند، هر مقدار را بر کوچکترین مقدار آن معیار تقسیم می‌شود.

$$(۶) \quad n_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} & \text{برای معیارهای مثبت} \\ \frac{x_{ij}}{\min x_{ij}} & \text{برای معیارهای منفی} \end{cases}$$

در ادامه و بعد از نرمال کردن داده‌های ورودی، داده‌ها را به دو قسمت تست و آموزش تقسیم خواهیم نمود. برای آموزش دادن شبکه عصبی از داده‌های آموزش و برای تست شبکه عصبی از داده‌های تست استفاده می‌شود. در اینجا ۶۰٪ داده‌های ورودی که شامل ۱۳۳۰ داده است به عنوان داده‌های آموزش و ۴۰٪ داده‌ها که ۸۸۷ داده است به عنوان تست استفاده می‌شود. در شبکه عصبی فازی استفاده شده برای ورودی‌های شبکه از ۴ نرون در لایه ورودی مرتبط با قیمت بیت کوین در ۴ روز قبل و ۵ نرون با لایه میانی استفاده خواهد شد. لایه خروجی نیز شامل یک نرون است. در این قسمت ابتدا به بهینه سازی شبکه با الگوریتم ژنتیک در مرحله آموزش شبکه عصبی فازی می‌پردازیم. در واقع با استفاده از الگوریتم ژنتیک به بهینه سازی وزن‌های موجود در لایه‌های شبکه عصبی، وزن‌های ورودی‌ها و همچنین مقادیر بایاس شبکه عصبی پرداخته می‌شود. همانطور که در شکل زیر می‌بینید، شبکه همگرا شده است. به طوریکه برای ۵۰ گام اول بعد از تکرار ۳۷ ام میزان خطا به مقدار ناچیز ۰/۰۰۰۸۵ رسیده است و این نشان از عملکرد خوب شبکه عصبی فازی استفاده شده به منظور پیش بینی می‌باشد.

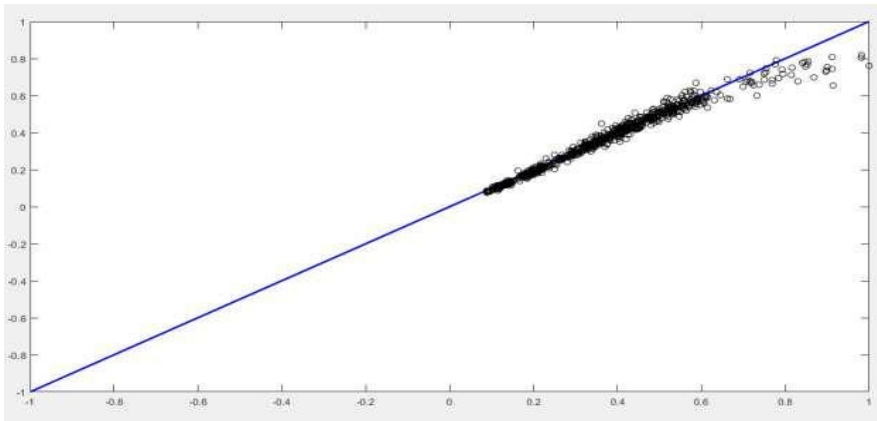
در شکل زیر منحنی خط رگرسیون برای داده‌های شبیه سازی شده آورده شده است. نقاط داده‌های واقعی را نشان می‌دهند و خط نشان دهنده برآورده از داده‌های تحقیق است. هر چه فاصله خط و نقاط کم باشد نشان از دقت پیش بینی است. اما اگر این فاصله زیاد باشد، دقت پیش بینی پایین است. با توجه به شکل دقت روش پیش بینی بالا خواهد بود.

شکل (۴): نحوه همگرایی الگوریتم



منبع: یافته‌های تحقیق

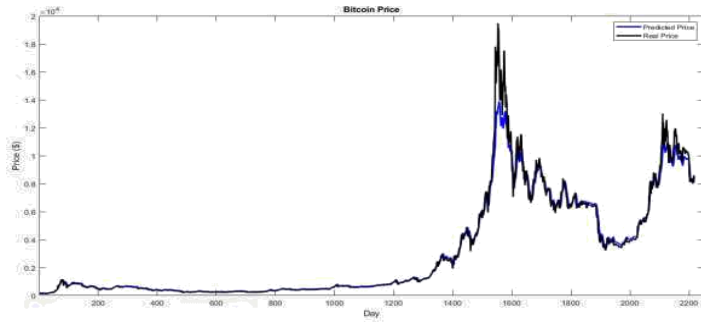
شکل (۵): منحنی خط رگرسیون دسته بندی نتایج



منبع: یافته‌های تحقیق

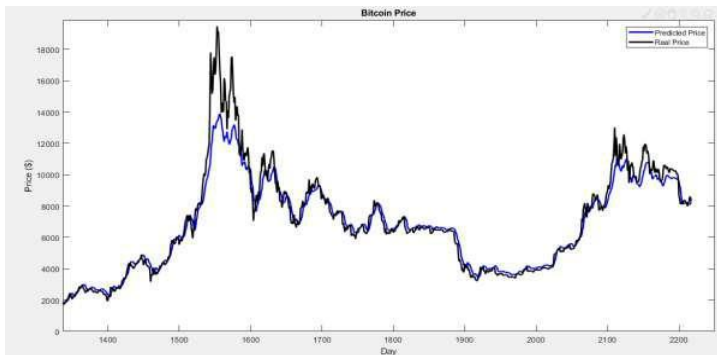
دردو شکل بالا نمودار قیمت بیت کوین آورده شده است. در این نمودار قیمت پیش بینی شده بیت کوین با استفاده از روش شبکه عصبی فازی با خط آبی و از خط مشکی برای قیمت واقعی بیت کوین استفاده شده است.

شکل (۶): نمودار ارزش بیت کوین



منبع: یافته‌های تحقیق

شکل (۷): نمودار تخمین داده‌های تست



منبع: یافته‌های تحقیق

همانطور که از این اشکال دیده می‌شود، در داده‌های شبیه سازی شده قیمت برآورد شده کمی پایین تر از قیمت واقعی است. اما فاصله قیمت تخمینی با قیمت واقعی بسیار کم است، یعنی خطای برآورد باید ناچیز باشد. نکته ای قابل توجه اینست که زمانی که قیمت بیت کوین رشد زیادی می‌کند این برآورد قیمتی، مقداری پایین تری را نشان می‌دهد. دلیل این امر هم واضح است و آن اینکه این افزایش ناگهانی ممکن است به غیر از شرایط مالی رخ دهد. یعنی ممکن است تحت تاثیرات اتفاقات سیاسی رشد قیمت بیت کوین داشته باشیم و این افزایش تکنیکال نباشد. پس با این اوصاف روش شبکه عصبی فازی تحلیل تکنیکالی از قیمت بیت کوین ارائه خواهد داد. برای محاسبه خطای پیش بینی قیمت بیت کوین با استفاده از روش شبکه عصبی فازی معیارهای

مختلفی را می‌توان استفاده نمود. اما در اینجا از دو روش مربع خطاها MSE و RMSE استفاده خواهیم نمود. برای محاسبه خطای مورد نظر به صورت زیر عمل می‌نمایم.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2}$$

در جدول زیر میزان خطای روش آورده شده است. همانطور که مشخص است روش ارائه شده عملکرد بسیار خوبی دارد و خطای کمی دارد و این نشان می‌دهد که مدل شبکه عصبی فازی به عنوان یک مدل بهینه در این حوزه می‌باشد که می‌توان از آن استفاده نمود.

جدول (۲): خطای روش

RMSE	MSE	Method
0.0292	0.00085	Proposed Method

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به این جدول، میزان خطا در معیار MSE برابر ۰/۰۰۰۸۵ و در معیار RMSE برابر ۰/۰۲۹۲ می‌باشد که یک مقدار ناچیز می‌باشند و نشان از دقت روش برای پیش بینی قیمت بیت کوین است.

۵. نتیجه گیری و پیشنهادات

ارزهای دیجیتال را به عنوان یک طبقه دارایی تعریف می‌کنند که طی چند سال اخیر مورد توجه سرمایه گذاران زیادی قرار گرفته اند. این ارزها که به صورت رمزگذاری شده به صورت آنلاین عرضه می‌شوند، جای مبادله نقدی با واسطه را گرفته اند. بیت کوین به عنوان اولین ارز دیجیتال و محبوب ترین آن‌ها شناخته شده است و حدوداً ۵۰ درصد بازار ارزهای دیجیتال را به خود اختصاص داده است. از این‌رو از شبکه‌های عصبی فازی در این پژوهش برای پیش بینی قیمت بیت کوین بهره گرفته شده است. از طرفی دیگر با بهره گیری از الگوریتم ژنتیک به تنظیم پارامترها و وزن‌های بهینه در شبکه عصبی فازی پرداخته میشود. نتایج تحقیق نشان از پیش بینی با دقت بالا با

استفاده از روش پیشنهادی را دارد. به طوریکه در هر دو معیار، خطا بسیار ناچیز می باشد. شریفی و همکاران (۱۴۰۰) به پیش بینی قیمت بیت کوین با استفاده از مدل ترکیبی ARIMA و یادگیری عمیق پرداختند. نتایج پیش بینی آن‌ها برای داده‌های شبیه‌سازی شده برابر $96/2$ درصد بود. بشیری و پاریاب (۱۳۹۹) از تکنیک یادگیری ماشین برای پیش بینی قیمت بیت کوین استفاده نمودند. درستی نتایج پیش بینی برای روش الگوریتم ماشین بردار پشتیبان برابر 63 درصد، روش شبکه عصبی بازگشتی برابر 96 درصد و الگوریتم رگرسیون خطی برابر $98/65$ درصد به دست آوردند. عبدی و همکاران (۱۳۹۸) از روش شبکه عصبی LSTM برای پیش بینی قیمت بیت کوین استفاده نمودند و نتایج پیش بینی آن‌ها برای داده‌های شبیه سازی شده برابر 92 درصد بود. مداسیر و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از روش یادگیری ماشین به پیش بینی قیمت بیت‌کوین پرداختند و نتایج پیش بینی آن‌ها برای داده‌های شبیه سازی شده درصد خطا به $1/44$ درصد را نشان می‌دهد. مک نالی و همکاران (۲۰۱۸) از روش یادگیری ماشین برای پیش بینی قیمت بیت کوین استفاده نمود و روش آن‌ها 8 درصد خطا را نشان می‌دهد. در همین راستا در این تحقیق از روش شبکه عصبی فازی برای پیش بینی قیمت بیت کوین استفاده شد و نتایج تحقیق نشان می‌دهد که روش تحقیق حاضر درصد درستی پیش بینی بیشتری نسبت به روش‌های موجود در داده‌های شبیه سازی شده را دارد. در این تحقیق با استفاده از سایت‌های مرتبط و معیارهای شناسایی شده به جمع‌آوری اطلاعات تحقیق پرداخته شد. به اینصورت که ابتدا اطلاعات داده‌های جمع‌آوری شده را نرمال نمودیم. در مرحله بعد با ورود اطلاعات نرمال شده به نرم افزار متلب (MATLAB) و استفاده از جعبه ابزار طراحی شده و استفاده از روش شبکه عصبی فازی به پیش بینی قیمت بیت کوین پرداخته شد. به اینصورت که 60% داده‌های ورودی که شامل 1330 داده است به عنوان داده‌های آموزش و 40% داده‌ها که 887 داده است به عنوان تست در نظر گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد که روش پیش بینی شبکه عصبی فازی با خطای کمی این عمل را انجام می‌دهد. در واقع روش شبکه عصبی فازی قادر به پیش بینی قیمت بیت کوین می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق، روش شبکه عصبی فازی پیش بینی نسبتاً درستی از قیمت بیت کوین ارائه نمود. پس به سرمایه‌گذاران و فعالان در حوزه ارزهای دیجیتال پیشنهاد می‌شود قبل از هرگونه سرمایه‌گذاری در این حوزه با توجه به اطلاعات در دسترس از سنوات گذشته این ارزها و استفاده از تکنیک‌های ریاضی و قابل اتکا مانند روش شبکه عصبی فازی یا هر کدام از روش‌های یادگیری ماشین و فراابتکاری

پیش بینی از قیمت این نوع ارزها داشته و بعد از حصول نتیجه مطلوب در پیش بینی قیمت این ارزها، اقدام به سرمایه گذاری نمایند. با توجه به محبوبیت این ارز دیجیتال، پیش بینی قیمت و شناسایی نوسانات قیمتی آن همواره مورد نظر سرمایه گذاران این حوزه بوده است. این تحقیق به منظور استفاده از روش علمی و توانمند به منظور پیش بینی قیمت بیت کوین انجام شده است و نتایج حاصل می تواند برای سایر رمز ارزهای بازارهای جهانی نیز مورد استفاده قرار گیرد و مخاطبان و کاربران این بازار می توانند از مدل ارائه شده و نتایج این پژوهش در فرایندهای خرید و فروش ارز دیجیتال و برنامه ریزی های مربوطه استفاده بهینه نمایند.

منابع:

- آقامحمدی، احمد و اوحدی، فریدون و صیقلی، محسن، بنی مهد. بهمن (۱۳۹۹). برآورد ریسک سرمایه گذاری در یک پرتفوی ارز دیجیتال و بهینه سازی آن با استفاده از روش ارزش در معرض خطر. دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، ۴۷ (۱۳)، ۱۷-۳۱.
- باغانی، الهه. (۱۳۹۹). بررسی نحوه نظارت بر فناوری های نوین مالی فین تک و ارز دیجیتال. دانش سرمایه گذاری، ۳۵ (۹)، ۱۵۳-۱۶۸.
- بشیری، میثم و پاریاب، سیدحسین. (۱۳۹۹). پیش بینی قیمت بیت کوین با استفاده از الگوریتم های یادگیری ماشین. اقتصاد کاربردی، ۳۵ و ۳۴ (۱۰)، ۱-۱۳.
- خاتمی، سیدکیوان و خدائی، وله زاهرود عبدالهی کیوانی، سید محمد. (۱۴۰۲). بررسی تاثیر رمز ارزها بر بازار بورس اوراق بهادار با استفاده از روش فراتحلیل. اقتصاد مالی ۶۳ (۳۹۰)، ۱۷-۳۵۷.
- رضوی، ابراهیم و ضیاءالدینی، سلیمه. (۱۳۹۷). بکارگیری الگوریتم درخت تصمیم ID3 با هدف بهبود دقت در پیش بینی قیمت بیت کوین در بلاک چین. کنفرانس بین المللی مدیریت حسابداری اقتصاد و بانکداری نوین، تهران.
- صفری دهنوی، وحید و شفیعی، مسعود (۱۴۰۰). پیش بینی ارزش سهام با استفاده از شبکه عصبی فازی پیشنهادی. کارآفرین، ۱۸ (۱)، ۲۰۳-۲۲۰.
- صیادی نژاد، سکینه و اسماعیل زاده، علی و رستمی، محمدرضا. (۱۴۰۲). ارائه مدل پیش بینی بازدهی بیت کوین با استفاده از روش هیبریدی یادگیری عمیق - الگوریتم تجزیه سیگنال
- (CEEMD-DL). اقتصاد مالی، ۶۲ (۱۷)، ۵۲-۶۷.

- عبدی، نسرين و دل آرا، چنگیز و دانشجو، پریسا. (۱۳۹۸). پیش بینی قیمت بیت کوین با استفاده از شبکه عصبی LSTM. نهمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، بابل.
- غفاری، مهدی و یوسفی، راحله (۱۳۹۰). مدلسازی پیش‌بینی قیمت ارز با استفاده از شبکه‌های عصبی. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۸ (۲)، ۹۹-۱۱۹.
- کیوانلو شهرستانی، زهرا و ذوالفقاری، سعید (۱۳۹۷). بیت کوین (ارز دیجیتال) و اقتصاد. چهارمین کنفرانس ملی دستاوردهای نوین در برق و کامپیوتر و صنایع، اسفراین، مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی اسفراین.
- محمدشرفی، ابوصالح و خلیلی دامغانی، کاوه و عبدی، فرشید و سردار، سهیل (۱۴۰۰). پیش بینی قیمت بیت کوین با استفاده از مدل ترکیبی ARIMA و یادگیری عمیق. مطالعات مدیریت صنعتی، ۶۱ (۱۹)، ۱۲۵-۱۴۶.
- میرغفوری، سید حبیب‌الله و صیادی تورانلو، حسین و دهقانی زاده، نصرت (۱۳۹۷). بررسی سرمایه‌گذاری در ارزهای دیجیتالی در ایران (مورد مطالعه بیت کوین). سومین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در علوم انسانی، چالش‌ها و راه حل‌ها، تهران، دانشگاه پیام نور.
- Aruldoss, M., & Adarsh, V. & Travis, M. L. (2022). A Study and Experimentation on Bitcoin Price Forecasting with Time Series Analysis and Recurrent Neural Network (RNN). In Blockchain Technology CRC Press, 247-258.
- Atsalakis, G. S., & Atsalaki, I. G. & Pasiouras, F. & Zopounidis, C. (2019). Bitcoin price forecasting with neuro-fuzzy techniques. European Journal of Operational Research, 276(2), 770-780.
- Bergsli, L. Ø., & Lind, A. F. & Molnár, P. & Polasik, M. (2022). Forecasting volatility of Bitcoin. Research in International Business and Finance, 59(10), 15-40.
- Chuen, D. L. K. (2015). Handbook of digital currency: Bitcoin, innovation, financial instruments, and big data: Academic Press.
- Dabrowski, Marek., & J, A. (2018). Virtual Currencies and Central Banks Monetary Policy. European Parliament.
- He, D., & Habermeier, K. F. & Leckow, R. B. & Haksar, V. & Almeida, Y. & Kashima, M. & Yepes, C. V. (2016). Virtual Currencies and Beyond: Initial Considerations International Monetary Fund, 16(3)

- Jaquart, D., & Dann, D. & Weinhardt, C. (2021). Short-term bitcoin market prediction via machine learning. *The Journal of Finance and Data Science*, 7(1), 45-66.
- Liu, R., & Shao, Z. & Wei, G. & Wang, W. (2017). GARCH Model with fattedailed distributions and bitcoin exchange rate returns. *Journal of Accounting, Business and Finance Research*, 1(1), 71–75.
- McAleer, M., & Medeiros, M. C. (2008). Realized volatility: A review *Econometric Reviews*, 27(13), 10-45.
- McNally, S. J., & Roche, Caton. (2018). Predicting the price of bitcoin using machine learning, in 2018 26th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-based Processing (PDP). Nakamoto, S and A (2008). Bitcoin, A peer-to-peer electronic cash system
- Mudassir, M., & Bennbaia, S. & Unal, D. & Hammoudeh, M. (2020). Time-series forecasting of Bitcoin prices using high-dimensional features: a machine learning approach. *Neural computing and applications*, 1-15.
- Peng, Y., & Albuquerque, P. H. M. & de Sá, J. M. C. & Padula, A. J. A. & Montenegro, M. R. (2018). The best of two worlds: forecasting high frequency volatility for cryptocurrencies and traditional currencies with support vector regression. *Expert Systems with Applications*, 97, 177–192.
- Pichl, L., & Kaizoji, T. (2017). Volatility analysis of bitcoin price time series. *Quantitative Finance and Economics*, 1(4), 474–485.
- Sebastião, H., & Godinho, P. (2021). Forecasting and trading cryptocurrencies with machine learning under changing market conditions. *Financ Innov* 7, 3. <https://doi.org/10.1186/s40854-020-00217-x>
- Shefeld. (2017) Volatility estimation for Bitcoin: A comparison of GARCH models, Database: Elsevier – ScienceDirect, Journal: *Economics Letters* - Volume 158, September 2017
- W, Chen., & J, An. R. & Li, L. Fu, G. & Xie, M.Z.A. & Bhuiyan, K. Li. (2018). A novel fuzzy deep-learning approach to traffic flow prediction with uncertain spatial-temporal data features, *Future Generation Computer Systems*, <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.021>
- Walther, T., & Klein, T. (2018). Exogenous drivers of cryptocurrency volatility — a mixed data sampling approach to forecasting. University of St. Gallen, School of Finance Research Paper No. 2018/19

Presenting a Model Predicting the Price of Digital Currency in Conditions of Environmental Uncertainty with a Fuzzy Artificial Neural Network

Mohammad Hossein Darvish Motevali^{1*}
*Shirin Amini*²

Abstract

In this study, the price of Bitcoin is predicted using the method of fuzzy neural networks. In order to identify the appropriate criteria to predict the price of Bitcoin, we have used previous studies and studies in this field in the first stage. Using interviews with experts in the field, the available information about Bitcoin became the final factors. Research information was collected using related websites and identified criteria. We first normalized the collected data. In the next step, by entering the normalized information into the MATLAB software and using the designed toolbox and the fuzzy neural network method, Bitcoin price was predicted. As a result, 60% of the input data which includes 1330 pieces of data was considered as training data and 40% of the data, which included 887 pieces of data, was considered as testing. The research results showed high accuracy prediction using the proposed method. The results of the research revealed that the use of the presented model increases the prediction accuracy with a small error rate of 0.00085.

Keywords

Prediction; bitcoin price; fuzzy neural network

JEL Classification: F43; D53; M21

^{1*} Assistant Professor of Management, Department of Industrial Management, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Corresponding Author, Email: Mhd.darvish@gmail.com

² Phd student in Information Technology Management, Kish International Unit, Islamic Azad University, Kish, Iran, Email: shirinamini67@gmail.com