دوفصلنامهٔ مطالعات و سیاست‌های اقتصادی
دورهٔ هشتم، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۰
شمارهٔ پیاپی ۱۶، صص۲۹۵-۳۲۱
مقالهٔ پژوهشی

The Journal of Economic Studies and Policies
Semi-Annual, Vol.8, No.2, Fall 2021 – Winter 2022
Issue 16, pp.295-321
Original Article

انطباق‌پذیری رفتار شاخص بورس اوراق بهادار تهران با مدل تئوری امواج الیوت

سمیرا سیف*
بابک جمشیدی‌نوید**
مهرداد قنبری***
منصور اسماعیل‌پور****

DOI: 10.22096/esp.2022.131682.1399
تاریخ دریافت: ۹۹/۰۶/۰۲ ـ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۱۹

چکیده

یکی از مهم‌ترین مباحث در اقتصاد جهان، استفاده از سرمایه‌های راکد برای توسعه اقتصادی هر کشور است و این نیازمند یک سیاست راهبردی جذب سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی برای تقویت بازار سرمایه کشور است. هدف کلی این پژوهش، بررسی انطباق‌پذیری رفتار بازار سهام ایران با دیگر بازارهای مالی خارجی طبق مدل تئوری موج الیوت از ابزارهای تحلیل تکنیکال و با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی است. بنابراین در این پژوهش، روند حرکتی قیمت در شاخص کل و شاخص کل هم‌وزن بورس اوراق بهادار ایران به‌عنوان دماسنج اقتصاد و نشانگر وضعیت کلی بازار سهام ایران، بررسی شده است. نخست متغیرهای نوسان‌نمای موج الیوت و شاخص قدرت حرکت و تغییرات قیمت، به‌طور روزانه برای شاخص کل از تاریخ ۱۳۸۷/۰۲/۲۵ تا ۱۳۹۹/۰۹/۰۵ و شاخص کل هم‌وزن از تاریخ ۱۳۹۴/۰۲/۱۴ تا ۱۳۹۹/۰۹/۱۱ محاسبه شد و بر اساس این سه متغیر، روند حرکتی به سه دسته خرید، فروش و نگهداری برچسب‌گذاری شد. سپس، الگوریتم‌های طبقه‌بندی مانند درخت تصمیم، K نزدیک‌ترین همسایه، ماشین بردار پشتیبان خطی برای پیش‌بینی روند آینده استفاده شد. نتایج نشان

* دانشجوی دکتری، گروه حسابداری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.
Email: samiraseif@pnu.ac.ir
** استادیار، گروه حسابداری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمانشاه، کرمانشاه، ایران. (نویسنده مسئول)
Email: jamshidinavid@iauksh.ac.ir
*** استادیار، گروه حسابداری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.
Email: ghanbari@iauksh.ac.ir
**** استادیار، گروه کامپیوتر، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران.
Email: esmaeilpour@iauh.ac.ir

داد دقت الگوریتم‌های درخت تصمیم و K نزدیک‌ترین همسایه در پیش‌بینی برچسب خرید، فروش و نگهداری بالای ۹۰ ٪ بوده است. بنابراین، استفاده از روش‌های تکنیکی و الگوریتم‌های پیشنهادی می‌تواند به سرمایه‌گذاران در تشخیص روند آتی شاخص کل و شاخص کل هم‌وزن کمک کند.

واژگان کلیدی: پیش‌بینی؛ شاخص بورس اوراق بهادار تهران؛ تحلیل تکنیکال؛ تئوری موج الیوت؛ الگوریتم‌های طبقه‌بندی.
طبقه‌بندی موضوعی: E47, G17, C38

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. مقدمه

«بدون شک کارآمدی نظام مالی به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از نظام اقتصادی یک کشور و با توجه به روابط متقابل با دیگر اجزاء می‌تواند تأثیر بسزایی بر کارآمدی نظام اقتصادی داشته باشد. بازار سرمایه به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از نظام مالی، از جایگاه ممتازی برخوردار بوده و اساسی‌ترین نقش را در هدایت و تخصیص پس‌اندازهای بلندمدت جامعه به سمت سرمایه‌گذاری مولد و اشتغال‌زا بر عهده دارد. از طرفی، یکی از موضوعات مهم و مورد توجه سرمایه‌گذاران پیش‌بینی بازار سرمایه جهت انتخاب سهم و تعیین زمان مناسب جهت خرید یا فروش آن است. در این خصوص روش‌های مختلفی مطرح است که یکی از این تکنیک‌ها تحلیل تکنیکال است. اساس این نوع تحلیل بر بررسی روند قیمت سهم در گذشته و امکان تکرار الگوهایی از آن در آینده است. یکی از اصول کلیدی تحلیل تکنیکال انتظارات تطبیقی است که به اصل بسیار مهم روان‌شناختی بازمی‌گردد. انسان‌ها در شرایط مشابه عکس‌العمل‌های مشابهی از خود نشان می‌دهند».[۱]

«تئوری موج الیوت، یکی از ابزارهای تحلیل تکنیکال در دهه ۱۹۳۰ توسط رالف نلسون الیوت[۲] توسعه یافت. وی پیشنهاد کرد که قیمت‌های بازار در الگوهای مشخصی که امروز متخصصان از آن با عنوان «امواج الیوت» نام می‌برند، آشکار می‌شود. اصل موج الیوت روان‌شناسی وضعیت جمعی سرمایه‌گذاران، روان‌شناسی جمعیت (توده)، حرکت در توالی‌های طبیعی بین خوش‌بینی و بدبینی را مطرح می‌کند. این نوسانات خلقی الگوهای مشهودی را در حرکات قیمت بازارها در هر درجه از روند یا مقیاس زمانی ایجاد می‌کند. در مدل الیوت، قیمت‌های بازار بین یک مرحله انگیزشی یا جنبشی و یک مرحله اصلاحی در مقیاس‌های زمانی روند متناوب است».[۳] این نظریه مورد توجه بسیاری از محققان و سرمایه‌گذاران قرار گرفت و ابزاری مؤثر برای پیش‌بینی روندهای بعدی بازار سهام و تصمیم‌گیری در مورد زمان‌بندی بازار برای خرید، فروش و نگهداری سهام در آینده است. وانگ (2012)[۴] خاطرنشان کرد که تئوری موج می‌تواند به‌طور مؤثر در بازار اوراق

---

۱. علیرضا کازرونی، «آزمون مدل کلاسیک تورم در ایران: روش همگرایی»، *پژوهشنامه بازرگانی* ۶، شماره ۲۳ (۱۳۸۱): ۵۰.

2. Ralph Nelson Elliott.

3. Robert Prechter, *Elliot Wave Analysis* (New York: John Wiley & Sons, 2013), 150.

4. Wang.

بهادار چین اعمال شود. وان (2000)[5] از دنباله فیبوناچی برای بحث در مورد اثربخشی نظریه موج الیوت در بازارهای چین استفاده کرد. آتسالاکیس و همکاران(2009)[6] از تئوری موج و تکنیک‌های مبتنی بر عصبی فازی برای پیش‌بینی قیمت سهام استفاده کرد. جرج و همکاران(2011)[7] تئوری عصبی فازی و موج الیوت را برای بازار سهام به کار برد.[8] با توجه به اینکه تابه‌حال چنین پژوهشی در ایران انجام نشده است، در این پژوهش نخست مبانی نظری تئوری موج الیوت بررسی می‌شود، سپس بر اساس نوسانگرهای تکنیکی، امواج جنبشی و اصلاحی نظریه الیوت در شاخص کل و هم‌وزن بورس ایران شناسایی و با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین از نوع با نظارت و طبقه‌بندی شامل درخت تصمیم، K نزدیک‌ترین همسایه، ماشین بردار پشتیبان برای یادگیری از تکرار این الگوها و برچسب مربوطه برای پیش‌بینی‌های آینده تحلیل می‌شود. مزیت این پژوهش در مقایسه با دیگر پژوهش‌ها این است که ما می‌توانیم دیدگاه‌های واقع‌گرایانه‌تری از بازار به دست آوریم، زیرا آنچه برای تصمیم‌گیری لازم است دانش است. داده‌های خام به الگوریتم‌های یادگیری برای انجام پیش‌بینی ممکن است گمراه‌کننده باشد، زیرا یادگیری کورکورانه از قیمت، بینش‌های قابل اعتمادی را ارائه نمی‌کند. یادگیری از داده‌های پردازش شده از طریق یادگیری با نظارت منجر به استخراج دانش مفید از بازار خواهد شد. در مرحله آخر، نتایج پیش‌بینی‌ها از نظر دقت و معیارهای طبقه‌بندی ارزیابی می‌شود. این پژوهش به پیش‌بینی‌پذیری بازار سرمایه و نهایتاً اطمینان سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی برای سرمایه‌گذاری کمک می‌کند. سؤالات تحقیق از این قرار است:

۱- آیا تئوری موج الیوت می‌تواند برای یافتن الگوهای تکرارشونده در بازار سهام ایران استفاده شود؟

۲- آیا الگوریتم‌های طبقه‌بندی پیشنهادی برای پیش‌بینی موقعیت‌های خرید، فروش و نگهداری در بازار سهام ایران کاربرد دارد؟

۳- کدام‌یک از مدل‌های طبقه‌بندی موقعیت‌های خرید، فروش و نگهداری را بهتر و با دقت بیشتر پیش‌بینی می‌کند؟

---

5. Wan.
6. Atsalakis et al.
7. George et al.
8. Duana Huiming et al., "Elliott wave theory and the Fibonacci sequence-gray model and their application in Chinese stock market", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems* 34. no. 1 (2018): 1813–1825.

۲. مبانی نظری و پیشینه‌شناسی تحقیق

۲-۱. پارادایم بازار کارا و مالی رفتاری

«پس از آنکه بازارهای مالی دنیا به مدت دو دهه با پارادایم بازار کارآ[۹] خو گرفته بودند و اعتقاد به کارایی بازار و گشت تصادفی و عدم امکان پیش‌بینی قیمت‌ها روز به روز قوت می‌گرفت، پدیده‌هایی در بازارهای مالی دنیا کشف و تأیید شد که پارادایم کارایی بازار را با چالش مواجه می‌کرد و جنب‌وجوش تازه‌ای برای متفکران مالی ایجاد کرد. تعقل‌گرایان به‌تدریج به ضعف برخی باورهای خود اقرار کردند و همین موضوع باعث شکل‌گیری مکتب فکری جدیدی تحت عنوان دانش «مالی ـ رفتاری» گردید. این مکتب با نشان دادن ناتوانی مدل‌های موجودکه مبتنی بر عقلانیت کامل بودند، به روان‌شناسی و دانش تصمیم‌گیری رفتاری روی آورد».[۱۰]

مالی رفتاری به معنای مطالعهٔ رفتار سرمایه‌گذاری با استفاده از این عقیده است که سرمایه‌گذاران ممکن است به صورت غیرعقلایی عمل کنند. در واقع وقتی رفتار گروهی سهام در بلندمدت در نظر گرفته شود، قیمت‌ها بعضی الگوها را نشان می‌دهد که خودشان را تکرار می‌کنند؛ بنابراین گروهی دیگر در بازار سهام وجود دارند که به فرضیه بازار کارا اعتقاد ندارند. آنها استدلال می‌کنند که بحران‌های مالی دهه ۱۹۳۰ و اوایل ۲۰۰۰ ثابت کرده که بازار سهام به‌طور غیرمنطقی عمل می‌کنند. وقتی که تعداد زیادی از سرمایه‌گذاران به‌طور غیرمنطقی رفتار می‌کنند، روی سرمایه‌گذاران منطقی تأثیر می‌گذارد و همچنین باعث می‌شود که بازار به‌طور غیرعقلایی تغییر کند. در بازار سهام، مجموعه‌ای از قیمت‌های بی‌نظم که در چارچوب های بلندمدت تکرار می‌شوند الگوهای منطقی را شکل می‌دهند.[۱۱]

۲-۲. نظریه موج الیوت و روندهای قیمت

«رالف نلسون الیوت یک تاجر مشهور بود که در سال ۱۸۹۶ بسیاری از شرکت‌های ورشکسته را به سودآوری برگرداند و با ارائه اصل موج الیوت یا نظریه موج الیوت در سال ۱۹۳۸،

9. Fama Eugene, "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work*", Journal of Finance* 25, no. 2 (1970):383-417.

۱۰. احمد بدری و محسن صادقی، «بررسی اثر روزهای مختلف هفته بر بازدهی، نوسان پذیری و حجم معاملات در بورس اوراق بهادار تهران»، *چشم‌انداز مدیریت*، شماره ۱۷ (۱۳۸۵): ۱۸-۶۰.

11. Justin Fox, *The Myth of the Rational Market. Harper Collins Fundamental Analysis* (New York: Retrieved from Investopedia, 2009), 382.

شناخته شد.[۱۲] این اصل روند رفتار جمعی و برگشت‌ها در الگوهای قابل تشخیص را بیان می‌کند. تئوری موج الیوت ریتم طبیعی و روان‌شناسی جمعی در بازار سهام را توصیف می‌کند. نوسانات قیمت در تئوری موج الیوت به لحاظ نظری به‌وسیله نوسان انرژی سرمایه‌گذار بین خوش‌بینی و بدبینی ایجاد می‌شود».[۱۳]

«او این اصل را بر اساس دنباله نسبت‌های فیبوناچی پایه‌ریزی کرد. فیبوناچی گسترده[۱۴] و نسبت‌های اصلاحی[۱۵] میزان افزایش و کاهش نوسانات قیمت را پیش‌بینی می‌کند».[۱۶]

«با توجه به تئوری موج الیوت روندهای بازار به دو نوع تقسیم می‌شود: جنبشی و اصلاحی. امواج جنبشی[۱۷] در جهت موج بزرگ‌تر حرکت می‌کند. وقتی موج بزرگ‌تر به سمت بالا حرکت می‌کند، حرکت‌هایی که به سمت بالا است و از نوع جنبشی و حرکت‌ها به سمت پایین اصلاحی است. از سوی دیگر، وقتی موج بزرگ‌تر به سمت پایین حرکت می‌کند، موج‌های جنبشی به سمت پایین و امواج اصلاحی[۱۸] به سمت بالا است. موج اصلاحی همیشه برخلاف موج درجه بزرگ‌تر حرکت می‌کند. وقتی قیمت‌ها در روندها حرکت می‌کنند، همیشه پنج زیر موج را شکل می‌دهد. سه موج در جهت روند و دو موج مخالف روند. ساختار موج الیوت در شکل (۱) نشان داده شده است. سه موجی که در جهت روند است یک، سه و پنج نامیده می‌شود و دو موج اصلاحی دو و چهار است. در اولین نوسان از یک موج صعودی، سرمایه‌گذاران با تردید اولین نوسان به سمت بالا را شکل می‌دهند که در اوج به پایان می‌رسد. این، به‌عنوان موج یک برچسب‌گذاری می‌شود و سیگنال حرکت از یک حرکت بزرگ‌تر به سمت بالا را می‌دهد. همچنین، این سیگنال‌ها از سه موج اصلاحی که تحت موج دو برچسب‌گذاری می‌شوند، شروع می‌شوند. به دلیل حرکت نزولی در موج دو، سرمایه‌گذاران فرصت‌طلب وارد بازار می‌شوند و قیمت به حمایت بالای نقطه آغاز می‌رسد و موج سه را شکل می‌دهد. در موج سوم، احساسات جدید با شناسایی یک روند صعودی قیمت را به یک سطح جدید بالاتر افزایش خواهند داد.

12. Robert Elliott, *The wave principle* (Detroit, Michigan: Investment Counsel Inc, 1935), 452.
13. Adam Kritzer, *Forex for beginners: A comprehensive guide to profiting from the globalcurrency markets* (Berkeley: Apress, 2014), 100.
14. Fibonacci extension.
15. Retracement ratios.
16. Prechter, *Elliot Wave Analysis*, 200.
17. Impulsive waves.
18. Corrective waves.

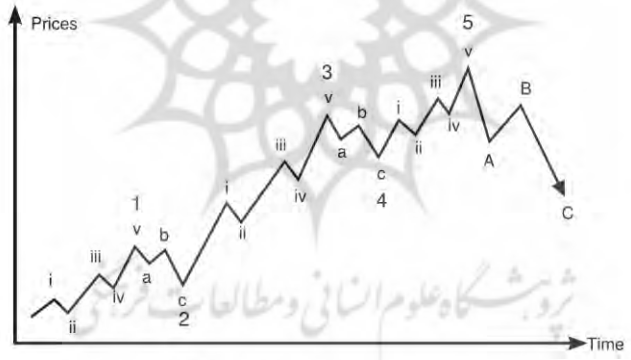
سپس برای موج چهار، تجربیات قیمت یک مقاومت را از طرف شرکت‌کنندگان بازار تجربه می‌کند. در نهایت، برای موج پنجم سرمایه‌گذاران یک خوش‌بینی جدید را تجربه می‌کنند و قیمت در بالاترین قیمت چرخه الیوت تنظیم می‌شود.[۱۹] امواج اول و سوم اغلب با نسبت فیبوناچی با هم مرتبط هستند؛ از قبیل نسبت‌های طلایی. یکی از سه موج اصلاحی خیلی طولانی‌تر از دو موج دیگر است. یک موج اصلاحی اساسی سه زیر موج دارد که به‌عنوان ABC برچسب‌گذاری می‌شود. ترکیب پنج موج حرکتی جنبشی با سه موج اصلاحی بعدی یک موج کامل الیوت را ایجاد می‌کند. سه قانون در امواج الیوت باید در نظر گرفته شود؛ شامل:

۱. موج دو هرگز فراتر از آغاز موج یک حرکت نمی‌کند.

۲. موج سه هرگز کوتاه‌ترین موج نیست.

۳. موج چهار هرگز وارد قلمرو قیمت موج یک نمی‌شود.»[۲۰]

شکل (۱): چرخه موج الیوت کامل در حرکت صعودی



منبع: Eugene (1965)

۲-۳. سری اعداد فیبوناچی[۲۱] و الگوی موج الیوت

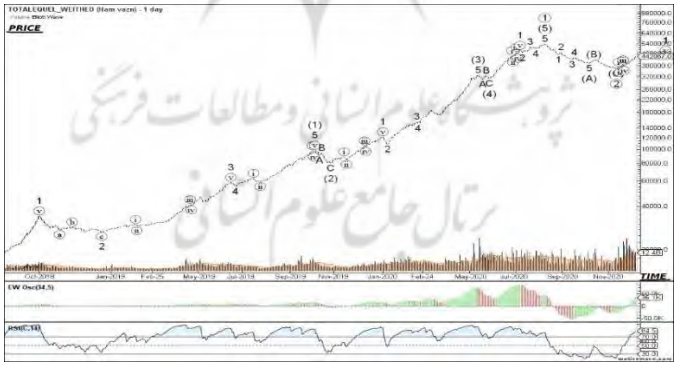
همان‌طورکه ذکر شد، اصل موج الیوت با توالی فیبوناچی مرتبط است. «توالی فیبوناچی توالی اعدادی است که از جمع دو عدد قبلی (۱ ، ۱ ، ۲ ، ۳ ، ۵ ، ۸، ۱۳، ۲۱، ۳۴ ،. . .) به دست

19. Kritzer, *Forex for beginners*, 250.
20. Prechter, *Elliot Wave Analysis*, 250.
21. Fibonacci Summation series.

می‌آید. آنچه برای این دنباله قابل توجه است تقسیم اعداد توالی با اعداد قبلی آن، به استثنای موارد اول، نتیجه یکسان ۱/۶۱۸ می‌دهد که به آن نسبت طلایی گفته می‌شود، با تقسیم هر عدد به عدد بعدی دنباله، نتیجه عدد ۰/۶۱۸ است. این نسبت‌ها در معماری‌های باستان، کهکشان‌ها و نظم موجود در طبیعت و انسان وجود دارد. تعجب‌آور نیست که چنین نسبت‌هایی در بازار سهام نیز یافت شود. الیوت مشاهده کرد که بسیاری از نسبت‌ها در الگوهای او از توالی فیبوناچی استخراج می‌شود. موج (۲) معمولاً تا ۵۰٪ یا ۶۲٪ موج (۱) را اصلاح می‌کند. موج (۳) معمولاً ۱/۶۲ ، ۲/۶۲ یا ۴/۲۵ برابر طول موج (۱) است. موج (۴) تا ۲۴٪ یا ۲۸٪ موج (۳) را اصلاح می‌کند. موج (۵) تا حدودی پیچیده‌تر است یا به موج (۱)بستگی دارد. (۱/۶۲ یا ۲/۶۲ برابر موج یک) ، یا طول شروع موج (۱) تا پایان موج (۳) (۰/۶۲ ، ۱ یا ۱/۶۲ برابر این طول) است. توجه به این نکته مهم است که این نسبت‌ها برای پیش‌بینی بازار استفاده نمی‌شوند، بلکه بیشتر بازار و امواج را توضیح می‌دهند. نظریه موج الیوت نمی‌تواند دائماً بازار را به‌طور کامل توضیح دهد، اما می‌تواند تخمین‌های خوبی از رفتار بازار ارائه دهد».[۲۲]

همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌کنید نمودار هشت موج الیوتی شاخص کل هم‌وزن هفتگی بورس سهام ایران نشان می‌دهد، علی‌رغم محدودیت‌های حاکم بر بازار سهام ایران، قوانین موج الیوت مشهود است.

شکل (۲): نمای الیوتی شاخص کل هم‌وزن طی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۹



منبع: یافته‌های پژوهش با استفاده از نرم‌افزار موتیو ویو[۲۳]

22. Atsalakis, Emmanouil Dimitrakakis, & Zopounidis Constantinos, "ElliottWace Theory and neuro-fuzzy systems, in stock market prediction, the WASP system", *Expert Systems with Application* 38. no. 8 (2011): 9197.

23. https://www.motivewave.com/ نرم‌افزار تکنیکی برای شمارش امواج الیوت

۲-۴. شاخص کل و شاخص کل هم‌وزن

«شاخص کل[۲۴] نشان‌دهنده تغییرات سطح عمومی قیمت‌ها در کل بازار است و میانگین افزایش یا کاهش قیمت سهام در بازار را بیان می‌کند. این تغییرات نسبت به تاریخ مبدأ سال ۱۳۶۹ بیان می‌شود. این شاخص نمادی از رشد یا افت بازار عنوان می‌شود. تفاوت عمده آن با شاخص کل هم‌وزن، در وزن شرکت‌های محاسبه شده در شاخص است. شاخص کل میان سهام‌های بزرگ و کوچک تمایز قائل می‌شود، ولی شاخص هم‌وزن، وزن یکسان برای همه شرکت‌ها در نظر می‌گیرد. از دید فعالان بازار سرمایه، شاخص کل هم‌وزن دید شفاف‌تری نسبت به روند بازار می‌دهد و امتیاز بیشتر سهم‌های شاخص‌ساز در محاسبات شاخص کل، را از آنان می‌گیرد».[۲۵] در این پژوهش، روند حرکتی قیمت در شاخص کل و شاخص هم‌وزن بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل امواج الیوت و الگوریتم‌های یادگیری ماشین بررسی شده است که تاکنون در داخل کشور مطالعه‌ای در این زمینه صورت نگرفته است. در ادامه به برخی مطالعات داخلی و خارجی انجام‌شده در این زمینه و پیش‌بینی روند سهام با استفاده از نوسانگرهای تکنیکی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌پردازیم.

هومینگ و همکاران (2018) با استفاده از نظریه موج الیوت و مدل خاکستری، اقدام به پیش بینی شاخص کامپوزیت شانگ‌های چین کردند. نتایج نشان داد که این مدل می‌تواند با توجه به ویژگی‌های داده، یک مدل بهینه را انتخاب کند، همچنین می‌تواند اطلاعات جدیدی را برای پیش‌بینی قیمت سهام ارائه دهد. پاتل و همکاران (2015)[۲۶] به مقایسه پنج روش شبکه عصبی، ماشین بردار پشتیبان خطی و گوسی، K نزدیک‌ترین همسایه و جنگل‌های تصادفی با استفاده از ده روش تحلیل تکنیکی در سال ۲۰۱۵ پرداختند و نتیجه این شد که روش ماشین بردار پشتیبان گوسی نتیجه بهتری برابر با دقت ۸۳ ٪ نسبت به چهار روش دیگر دارد. علوی و همکاران (2015)[۲۷]در پژوهشی به پیش‌بینی شاخص سهام بانک تجارت ایران با استفاده از ماشین بردار پشتیبان،K نزدیک‌ترین همسایه و جنگل‌های تصادفی و چهار روش تحلیل

24. Tehran Exchange Price Index.
25. www.khanesarmaye.com.
26. Patel et al.
27. Alavi et al.

تکنیکی میانگین متحرک ساده، میانگین متحرک وزن‌دار، شاخص قدرت نسبی و میانگین متحرک، واگرایی و همگرایی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که جنگل‌های تصادفی با نرخ تشخیص صحیح ۹۱/۴۸ ٪ بهترین کارایی را دارد. جرج و همکاران (2011) در مقاله‌ای به پیش‌بینی روند بازار سهام با استفاده از سیستم نئوفازی و تئوری موج الیوت (WASP) پرداختند. این سیستم برای دوره ۴۰۰ روزه ۶۳ معامله انجام داده (یعنی به‌طور متوسط هر ۶ روز یک معامله). متغیر ورودی شامل تفاوت میانگین متحرک ۵ روزه قیمت از میانگین ۳۵ روزه قیمت و قیمت پایانی به‌طور روزانه بوده است. با برخی مدل‌های فرعی، نرخ موفقیت[۲۸] بالای ۷۵٪ برای نمونه ۶۰ روز معاملاتی به دست آمده و نتایج بسیار چشم‌گیر بوده است. افشاری راد و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی به پیش‌بینی روند سهام با ۲۵ روش‌های تکنیکی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین بر روی شاخص کل پرداختند. پنج روش هوشمند یادگیری ماشین، ماشین بردار پشتیبان خطی، ماشین بردار پشتیبان کرنل گوسی، درخت تصمیم، K نزدیک‌ترین همسایه و بیز ساده استفاده شد. یافته‌ها حاکی از این است که نرخ پیش‌بینی صحیح روش‌های پیشنهادی به‌طور متوسط ۹۷ ٪ بوده است.

در پژوهشی فلاح‌پور و همکاران (۱۳۹۲) یک مدل ترکیبی برای پیش‌بینی روند حرکتی قیمت سهام با استفاده از ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک ارائه کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که این مدل ترکیبی عملکرد خوبی داشته و نسبت به روش ماشین بردار پشتیبان ساده از دقت بالاتری برخوردار است.

در این بخش، ما به‌طور خلاصه الگوریتم‌های یادگیری ماشین مورد استفاده برای پیش‌بینی را توصیف می‌کنیم.

۲-۵. روش‌های یادگیری ماشین

«یادگیری ماشین از تخصص‌های ذیل رشته هوش مصنوعی و از جمله روش‌های داده‌کاوی است. منظور از داده‌کاوی، استخراج اطلاعات و دانش و کشف الگوهای پنهان از یک پایگاه داده بسیار بزرگ و پیچیده است. به عبارتی انسان با گردآوری داده‌هایی که به آن دیتاست یا مجموعه داده می‌گویند ماشین را برای انجام عملیات خاص آموزش می‌دهد. این آموزش تا

28. Hit rate.

جایی ادامه می‌یابد تا اطمینان حاصل شود ماشین می‌تواند آن عمل را همانند انسان با کیفیتی مشابه او انجام دهد».[۲۹]

۲-۵-۱. درخت تصمیم

«درخت تصمیم[۳۰] یکی از الگوریتم‌های یادگیری با نظارت است. این مدل با توجه به ویژگی‌هایی از قبیل امکان نمایش پیش‌بینی به‌صورت قواعد ساده شرطی[۳۱] با استفاده از آن زمانی که همه مشخصه‌های نمونه‌ها در دسترس نباشد، کاربردهای زیادی در طبقه‌بندی و پیش‌بینی دارد؛ مانند هر الگوریتم یادگیری دیگر این الگوریتم هم از دو گام تشکیل شده است؛ یادگیری و پیش‌بینی.

یادگیری: در این گام، الگوریتم سعی می‌کند از روی داده‌های یادگیری یک درخت ایجاد کند. پیش‌بینی: در این گام بر مبنای مشخصه‌های یک نمونه داده جدید و طی مسیری در درخت، متغیر وابسته پیش‌بینی می‌شود».[۳۲]

۲-۵-۲. K نزدیک‌ترین همسایه

«یک روش مدل‌سازی رفتار بی‌نظم، استفاده از روش K نزدیک‌ترین همسایه[۳۳] است. در این روش در مرحله آموزش، همه نمونه‌ها در فضای هندسی به‌صورت بردارهای چندبعدی هستند. این فضا به برچسب‌های کلاس و موقعیت این نقاط تفکیک می‌شود. کارایی این دسته‌بندی‌کننده وابسته به معیار فاصله‌ای است که استفاده می‌کند. به‌طور معمول فاصله اقلیدسی معیار مناسبی است. روش K نزدیک‌ترین همسایه، یک گروه شامل Kداده از مجموعه داده‌های آموزشی که نزدیک‌ترین داده‌ها به داده ورودی باشند را انتخاب کرده و براساس برتری دسته یا برچسب مربوط به آنها در مورد دسته داده آزمایشی مزبور تصمیم‌گیری می‌نماید. به عبارت ساده‌تر این روش دسته‌ای را انتخاب می‌کند که در همسایگی انتخاب شده بیشترین تعداد داده، منتسب به آن دسته باشند، بنابراین دسته‌ای

---

۲۹. مهدی اسماعیلی، *مفاهیم و تکنیک‌های داده‌کاوی*، چاپ اول، (تهران: انتشارات نیاز دانش، ۱۳۹۱)، ۱۵۰.

30. Decision Tree.

31. if-then-else.

32. Farid Dewan et al. "Hybrid decision tree and naive Bayes classifiers for multi-class classification tasks", *Expert Systems with Applications* 41. no. 4 (2014): 1937-1946.

33. K Nearest Neighbor.

که از همه رده‌ها بیشتر، در بین K نزدیک‌ترین همسایه مشاهده شود، به‌عنوان دسته داده جدید در نظر گرفته می‌شود».[۳۴]

۲-۵-۳. ماشین بردار پشتیبان خطی

«ماشین بردار پشتیبان[۳۵] یکی از تکنیک‌های یادگیری آماری است. الگوریتمی است که نوع خاصی از مدل‌های خطی را می‌یابد که حداکثر حاشیه ابرصفحه را حاصل می‌کنند. حداکثر کردن حاشیه ابرصفحه به حداکثر شدن تفکیک بین طبقات منجر می‌شود. در الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، هدف الگوریتم یادگیری به دست آوردن توانایی تعیین نسبتاً دقیق کلاس داده‌های دیده نشده پس از پایان مرحله آموزش است. داده‌ها را به‌صورت بردار پردازش می‌کنند. افزون بر این در میان تمام ابرصفحاتی که داده‌ها را تفکیک می‌کنند، آن ابرصفحه را برمی‌گزینند که بیشترین تفکیک‌پذیری یا بیشترین اندازه حاشیه را میان داده‌های کلاس‌های مختلف حاصل کنند. برای این کار، ابرصفحه مطلوب طوری انتخاب می‌شود که فاصله آن از نزدیک‌ترین داده بیشینه شود. چنین طبقه‌بندی خطی را طبقه‌بندی با حاشیه بیشینه می‌نامند».[۳۶]

۳. روش‌شناسی پژوهش

روش اجرای این پژوهش از بعد هدف کاربردی است، چراکه از نتایج آن می‌توان در جهت جذب سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی استفاده کرد و از بعد ماهیت و روش توصیفی است. داده‌های قیمت شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران به‌طور روزانه از تاریخ ۱۳۸۷/۰۲/۲۵ تا ۱۳۹۹/۰۹/۰۵ و شاخص کل هم‌وزن از تاریخ ۱۳۹۴/۰۲/۱۴ تا ۱۳۹۹/۰۹/۱۱ از وب‌سایت مدیریت فناوری بورس ایران[۳۷] استخراج و نوسانگرهای تکنیکی[۳۸] با استفاده از آن محاسبه شده است. هدف این پژوهش، بررسی رفتار حرکتی قیمت شاخص کل و شاخص هم‌وزن بورس اوراق بهادار ایران با استفاده از تئوری موج الیوت و پیش‌بینی آینده با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین است. این پژوهش به (۴) گام تقسیم می‌شود: ۱. تحلیل روند؛ ۲. برچسب‌گذاری نهایی؛ ۳. یادگیری و پیش‌بینی؛ ۴. محاسبه معیارهای عملکرد.

---

34. NL. Ford, BG. Batchelor, & Wilkins, BR., "A learning scheme for the Nearest Neighbour Classifier", *Information Sciences* 2. no. 2 (1970):139-157
35. Support Vector Machine.
36. Shigeo Abe, *Support vector machines for pattern classification* (London: springer, 2005), 125.
37. Tse Client 2.0.
38. Oscillaror.

۳-۱. تحلیل روند

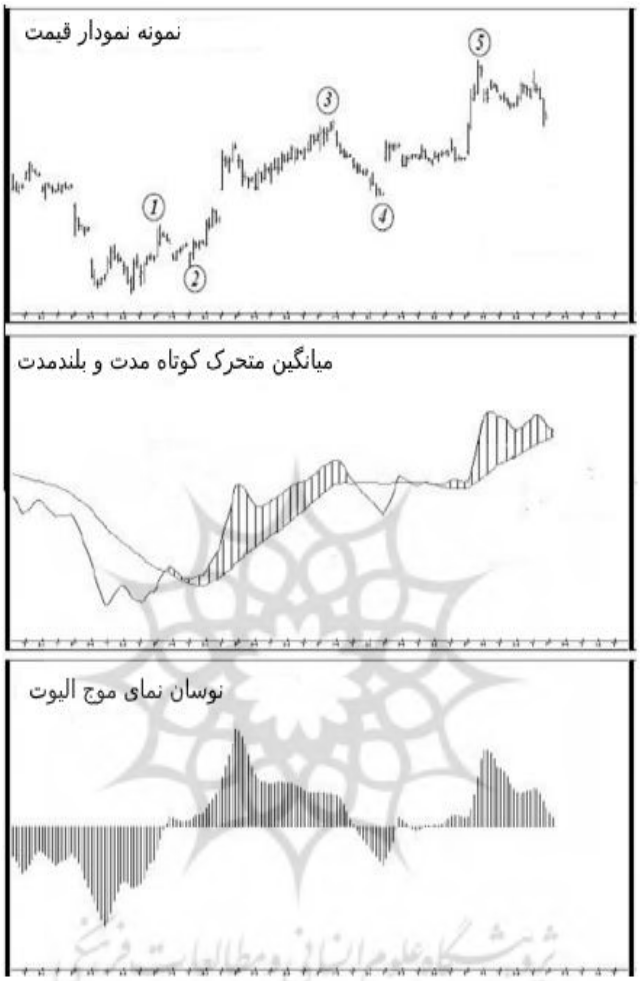
گام اولیه، تعریف و تحلیل روند در الیوت است که نوسانات قیمت را جدا می‌کند. تئوری موج الیوت، یک روند را به‌عنوان یک دنباله پنج‌موجی تعریف می‌کند، سه مرحله جنبشی و دو مرحله اصلاحی. هدف اصلی شناسایی الگوهای تکراری، یا بالا و پایین‌های بازار است. بالاهای بازار، مناسب‌ترین نقطه برای گذاشتن سفارش فروش و پایین‌های بازار، مناسب‌ترین نقطه برای گذاشتن سفارش خرید است. در این مرحله، با استفاده از متغیرهای تکنیکی موج الیوت، شاخص قدرت حرکت و تغییرات قیمت روندهای جنبشی خریدوفروش و نگهداری را شناسایی و برچسب‌گذاری می‌کنیم.

۳-۱-۱. نوسان‌نمای موج الیوت

«بزرگ‌ترین چالش تئوری موج الیوت شمردن امواج است. موقعیت فعلی بازار یا سهام در الگوی موج الیوت قابل مشاهده است. همان نمودار را می‌توان به انواع روش‌های مختلف تفسیر کرد و این می‌تواند منجر به نتایج زیان‌باری برای سرمایه‌گذار شود. به همین دلیل، محققان به دنبال شاخصی برای کمک به ردیابی امواج بودند. آسان‌ترین موج برای ردیابی موج سوم است که محققان را وادار به تحلیل رفتار در طول این موج کرد. در طی این موج، میانگین متحرک کوتاه‌مدت قیمت به‌طور قابل توجهی بالاتر از میانگین متحرک طولانی‌مدت قیمت است. به این ترتیب نوسان‌نمای موج الیوت[۳۹] تعریف شد. نوسان‌نمای موج الیوت با تفریق میانگین متحرک ۳۵ روزه قیمت از میانگین متحرک ۵ روزه قیمت به دست می‌آید. این نوسانگر در موج سوم مقادیر بالاتری خواهد داشت و مقادیر کم اما مثبت در امواج اول و پنجم دارد که همان امواج جنبشی صعودی و نشانه خرید است. در نهایت، مقادیر منفی در بزرگ‌ترین اصلاحات را خواهد داشت (فروش). نوسان‌نمای موج الیوت در تجزیه و تحلیل فنی استفاده می‌شود. در شکل (۳) قسمت اول، حرکت قیمت یک سهم را نشان می‌دهد. قسمت دوم میانگین متحرک ۵ و ۳۵ روزه را نشان می‌دهد. قسمت سوم نشان‌دهنده تفاوت میانگین‌های متحرک یا همان نوسان‌نمای موج الیوت است».[۴۰]

39. Elliott Wave Ossilator.
40. Atsalakis, Dimitrakakis, & Constantinos, "ElliottWace Theory", 9202.

شکل (۳): اسیلاتور موج الیوت



منبع: George et al (2011)

میانگین متحرک کوتاه‌مدت نشان‌دهنده تغییرات قیمت فعلی می‌باشد درحالی‌که میانگین متحرک بلندمدت نشان‌دهنده تغییرات کلی قیمت است. زمانی که قیمت، موج (۳) الیوت را می‌سازد قیمت جاری سریع‌تر حرکت می‌کند و تفاوت بین میانگین متحرک کوتاه‌مدت و بلندمدت زیاد می‌شود و یک میزان نوسان بزرگ را ایجاد می‌کند. در موج (۵) قیمت جاری حرکتی به میزان سرعت قبلی دارد و بنابراین تفاوت بین میانگین متحرک کوتاه‌مدت و بلندمدت کمتر می‌شود. این موضوع میزان کوچکی از نوسان‌نما را ایجاد می‌کند.

در این پژوهش، ما با توجه به پژوهش مشابه،[۴۱] از این نوسانگر برای تعیین روزهای خرید، فروش استفاده کرده‌ایم. به این ترتیب که با استفاده از داده‌های قیمت روزانه شاخص کل و شاخص هم‌وزن، این نوسانگر را محاسبه نمودیم. اگر میانگین ۵ روز گذشته قیمت از میانگین ۳۵ روز گذشته قیمت بیشتر باشد نشانه خرید با عدد (۱) و در غیر این صورت؛ فروش با عدد (۲) برچسب‌گذاری می‌شود. همچنین برای تأیید و تشخیص قدرت روند از شاخص قدرت اندازه حرکت بهره گرفته‌ایم که در ادامه توضیح داده شده است.

۳-۱-۲. شاخص قدرت اندازه حرکت

شاخص قدرت حرکت[۴۲] نوسانگری جنبشی است که سرعت تغییر حرکت‌های قیمت را اندازه‌گیری می‌کند و همواره بین دو سطح صفر و ۱۰۰ در حال نوسان است. در این بین، دو سطح کلیدی ۳۰ و ۷۰ را به ترتیب به‌عنوان سطوح اشباع‌فروش و اشباع‌خرید می‌نامند؛ به این معنا که هرگاه مقدار شاخص قدرت نسبی از عدد ۳۰ کمتر شود فروش‌های افراطی در بازار وجود دارد؛ ازاین‌رو امکان کاهش فشار فروش و صعود قیمت وجود دارد و هرگاه مقدار شاخص قدرت نسبی از عدد ۷۰ بیشتر شود به این معنا است که خریدهای افراطی در بازار وجود دارد؛ بنابراین امکان کاهش فشار خرید و نزول قیمت وجود دارد. تحلیل‌گران از واگرایی در شاخص قدرت حرکت به‌عنوان یک ابزار کمکی برای تأیید و تشخیص امواج بهره می‌گیرند. هرگاه از منطقه اشباع خارج شود شروع موج جدید است و واگرایی در آن نشانه پایان آن روند است.

$$RSI = 100 - \frac{100}{1+RS} \qquad (۱)$$

$$RS = \frac{\text{میانگین سود}}{\text{میانگین ضرر}}$$

در محاسبه این نوسانگر، برای به‌دست‌آوردن میانگین سود در ۱۴ روز گذشته، روزهای مثبت قیمت را با هم جمع می‌کنیم (منظور از روزهای مثبت، روزهایی می‌باشد که قیمت آخرین معامله یا قیمت بسته سهم نسبت به روز قبل رشد داشته است) و حاصل را بر ۱۴ تقسیم می‌کنیم و برای محاسبه میانگین ضرر در ۱۴ روز گذشته، روزهای منفی را با هم جمع می‌کنیم و حاصل را دوباره بر عدد ۱۴ تقسیم می‌کنیم.

41. Atsalakis, Dimitrakakis, & Constantinos, "ElliottWace Theory", 9202.
42. Relative Strength Index.

در این مرحله با استفاده از رابطه شماره (۱) و پژوهش مشابه[۴۳] این نوسانگر برای داده‌های قیمت روزانه شاخص کل و شاخص هم‌وزن محاسبه شده است. اگر تغییرات روزانه شاخص قدرت حرکت افزایشی باشد نشانه خرید با عدد (۱) در غیر این صورت، فروش با عدد (۲) برچسب‌گذاری شده است.

۳-۲. برچسب‌گذاری نهایی

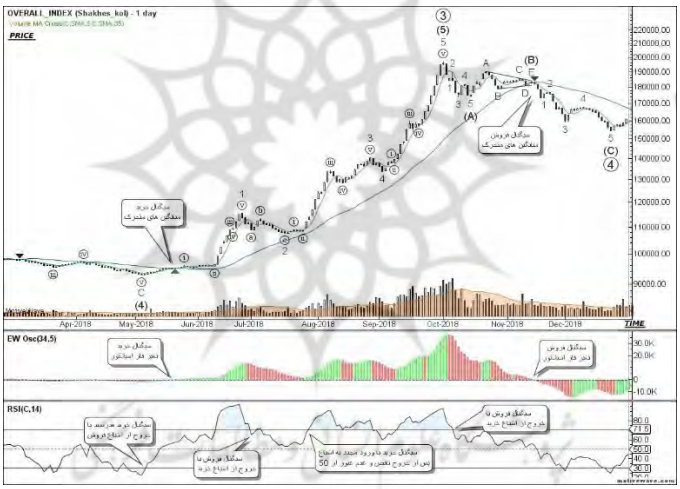
در این گام، با در نظر گرفتن کلیه متغیرهای مستقل برچسب‌گذاری نهایی انجام شده است؛ به این ترتیب که اگر با توجه به نوسان‌نمای موج الیوت روند جنبشی الیوتی شکل گرفته باشد تا زمانی که تغییرات روزانه قیمت (افزایش نشانه خرید و کاهش نشانه فروش است) و تغییرات روزانه شاخص قدرت حرکت برچسب‌های مشابه (همگرا) با نوسان‌نمای موج الیوت صادر کنند، برچسب نهایی (متغیر وابسته) خرید عدد (۱) و فروش عدد (۲) است، و در مواقعی که برچسب‌های روزانه آنها مشابه نباشد (واگرایی اتفاق بیفتد)، به معنای اخطار و برچسب نگهداری با عدد (۰) صادر می‌شود. لازم به ذکر است که شاخص قدرت حرکت نسبت به نوسان‌نمای موج الیوت پیش‌گام‌تر است و زودتر سیگنال خرید یا فروش را صادر می‌کند؛ به عبارت دیگر، تا مشخص شدن وضعیت قطعی خرید یا فروش توسط سیگنال هم‌زمان سه متغیر مستقل، محدوده متناقض را نگهداری و خودداری از معامله برچسب زده‌ایم که این در دو زمان اتفاق می‌افتد. ۱. در امواج جنبشی زیر موج‌های اصلاحی جزئی (۲ و ۴) که به‌صورت موقتی اتفاق می‌افتد؛ و در این حالت خرید یا نگهداری در موج صعودی و فروش یا نگهداری در موج نزولی، بستگی به استراتژی هر شخص دارد. ۲. پیش از شروع امواج اصلاحی اساسی. همان‌طورکه در شکل (۴) مشاهده می‌کنید محدوده زمانی بین تغییر فاز امواج، به‌وسیله سیگنال‌های متناقض نوسانگرها قابل تشخیص است و برچسب نگهداری به معنای خودداری از معامله خرید در نظر گرفته می‌شود. به خاطر احساسات در بازار، بازار سهام ممکن است همیشه عقلایی عمل نکند؛ بنابراین بهترین رویکرد در شرایط ناپایدار بیرون ماندن از بازار است تا اینکه بازار دوباره به مسیر برگردد. امواج اصلاحی اساسی نزولی بعد از اتمام موج جنبشی صعودی رخ می‌دهد. این وضعیت معمولاً در طی سقوط بازار دیده می‌شود.

---

۴۳. زهرا پورزمانی و محسن رضوانی اقدم، «مقایسه کارآمدی استراتژی‌های ترکیبی تحلیل تکنیکال با روش خرید و نگهداری برای خرید سهام در دوره‌های صعودی و نزولی»، *فصلنامه علمی پژوهشی دانش مالی تحلیل اوراق بهادار*، شماره ۱۰ (۱۳۹۶): ۷-۳۳.

شکل (۴) نمونه‌ای از روند جنبشی در شاخص کل روزانه از تاریخ ۱۳۹۷/۰۲/۳۱ تا ۱۳۹۷/۰۷/۱۱ است. نشان می‌دهد که از تاریخ ۱۳۹۷/۰۲/۳۱، نوسان نمای موج الیوت سیگنال خرید صادر کرده و البته پیش از آن شاخص قدرت حرکت از ناحیه اشباع فروش خارج شده تا تاریخ ۹۷/۰۷/۱۱ می‌توان گفت یک روند ۵ موجی جنبشی صعودی در طی ۸۸ روز شکل گرفته است. تغییرات مثبت قیمت طی این روند ۷۰ ٪ و تغییرات منفی قیمت طی این روند ۳۰ ٪ (اصلاح درون روند) بوده است. بعد از اتمام (۵) موج جنبشی صعودی، تغییر فاز صورت گرفته و بازار وارد اصلاح اساسی (فروش) شده است. فاصله زمانی بین این تغییر فاز، حرکت مخالف شاخص قدرت حرکت و قیمت با نوسانگر موج الیوت به منزله برچسب نگهداری یا خودداری از معامله خرید است.

شکل (۴): استراتژی ترکیبی تکنیکال مورد استفاده در شاخص کل بورس اوراق بهادار ایران



منبع: یافته‌های پژوهش با استفاده از نرم‌افزار موتیو ویو

۳-۳. یادگیری و پیش‌بینی

داده‌ها بعد از جمع‌آوری، ابتدا پیش‌پردازش و نرمال‌سازی، سپس به روش‌های هوشمند یادگیری ماشین از نوع با نظارت و طبقه‌بندی شامل درخت تصمیم، ماشین بردار پشتیبان خطی و K نزدیک‌ترین همسایه داده می‌شود. در مرحله یادگیری، هدف الگوریتم یادگیری ماشین یک معادله است که متغیرهای ورودی مدل (Feacher) شامل $X= (x_1, x_2 \ldots x_n)$ و متغیر خروجی(Label) شامل $Y= f(X)$ را نمایش می‌دهد.

در این پژوهش، متغیر مستقل یا ورودی مدل شامل متغیرهای تکنیکی نوسانگر الیوت، تغییرات شاخص قدرت حرکت و تغییرات روزانه قیمت، برای شاخص کل و شاخص کل هم‌وزن در نظر گرفته شده است و متغیر وابسته، برچسب نهایی خرید، فروش و نگهداری بر اساس این سه متغیر است که نحوه تعیین آن در قسمت قبل ذکر شد.

الگوریتم‌های یادگیری برای یادگیری الگوهای تکراری و روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته و در نهایت پیش‌بینی روند آینده (خرید، فروش و نگهداری) استفاده شده است. به این ترتیب که ابتدا توسط داده‌های آموزشی (۸۰ ٪ داده‌ها)، آموزش می‌بیند سپس نتیجه آموزش را روی داده‌های آزمون (۲۰ ٪ داده‌ها) آزمایش می‌کند. متغیرهای تکنیکی ورودی (مستقل) به شرح زیر است:

منظور از قیمت، قیمت پایانی (CLOSE) است که از وب‌سایت مدیریت فناوری بورس ایران استخراج شده است و تمام محاسبات به‌وسیله نرم‌افزار اکسل انجام شده است.

ΔCLOSE = مقدار تغییرات قیمت در هر روز نسبت به روز قبل است.

$EWO(5/35)_t$= تفاوت میانگین قیمت ۵ روز گذشته و ۳۵ روز گذشته برای هر روز است.

ΔRSI = سرعت تغییر حرکت‌های قیمت برای هر روز نسبت به روز قبل را اندازه‌گیری می‌کند.

جدول(۱): متغیرها و نحوه اندازه‌گیری

متغیر مستقل	$CLOSE_t - CLOSE_{t-1}$	ΔCLOSE
متغیر مستقل	$EWO(5)_t - EWO(35)_t$	$EWO(5/35)_t$
متغیر مستقل	$RSI_t - RSI_{t-1}$	ΔRSI
متغیر وابسته	$Y_3 = 0$ $Y_2 = 2$ $Y_1 = 1$	

منبع: یافته‌های پژوهش

Y_1= خرید Y_2= فروش Y_3= نگهداری

۳-۴. ارزیابی عملکرد طبقه‌بندی

«رایج‌ترین روش تقسیم مجموعه داده به دو قسمت است: مجموعه داده‌های آموزش و آزمون. معمولاً مجموعه داده آموزش بزرگ‌تر از مجموعه داده آزمون است».[۴۴] «نقطه‌ضعف بزرگ این طرح این است که این ارزیابی روی مجموعه آزمایش کوچکی انجام می‌شود؛ که ممکن است نمونه غیر مرتبطی با کل دیتا نباشد. به‌منظور کاهش این چالش‌ها، روشی که اعتبارسنجی متقابل K بخشی (K-fold Cross) نامیده می‌شود. مجموعه دیتا را به K زیرمجموعه برابر تقسیم می‌کند. هر زیرمجموعه توسط یک مدل ساخته شده روی K-1 قسمت باقی‌مانده طبقه‌بندی می‌شود. در این پژوهش اعتبارسنجی (۱۰) بخشی برای تعیین پارامترهای بهینه مدل‌ها استفاده شده است».[۴۵]

«یکی از نکات مهم در استفاده از طبقه‌بندی کننده‌های مختلف، ارزیابی کیفیت روش‌های طبقه‌بندی است که تعیین می‌کند چه زمانی از تکنیک‌های خاص برای دستیابی به بهترین نتایج باید استفاده کرد. برای ارزیابی عملکرد طبقه‌بند گسسته، معیارهایی از قبیل صحت[۴۶]، فراخوانی[۴۷]، نمره F [۴۸] و دقت کلی[۴۹] استفاده می‌شود. به همین منظور، دو مجموعه داده که مجموعه آموزش و آزمون نامیده می‌شود مورد نیاز است. از مجموعه داده آموزش برای ساخت مدل استفاده می‌شود و از مجموعه داده آزمون برای ارزیابی عملکرد طبقه‌بند در تشخیص برچسب‌ها استفاده می‌شود».[۵۰] «برای محاسبه معیارهای عملکرد الگوریتم‌های طبقه‌بندی، لازم است برخی اصطلاحات خاص تعریف شود. به‌عنوان مثال، مثبت درست (TP)[۵۱] برای روند مثبت صحیح، خنثی درست (TNT)[۵۲] برای روند خنثی صحیح، منفی درست (TNG)[۵۳]

44. TJ. Wagner, "Distribution-free performance bounds for potential function rules", *IEEE Transactions in Information Theory* 25. no. 2 (1979): 208.
45. M. Stone, "Cross-validatory choice and assessment of statistical predictions", *Journal of the Royal Statistics Society* 36. no. 2 (1974): 120.
46. Precision.
47. Recall.
48. F-score.
49. Accuracy.
50. Charu Aggarwal, *Data Classification: Algorithms and Applications* (Minneapolis, Minnesota: Chapman and Hall/ CRC, 2014), 502.
51. True Positive.
52. True Neutral.
53. True Negative.

برای روند منفی درست استفاده می‌شود. به‌طور مشابه، روند مثبت طبقه‌بندی شده به‌عنوان خنثی یا منفی (مثبت کاذب)[۵۴] به ترتیب توسط FP_{nt} و FP_{ng} و روند خنثی طبقه‌بندی شده به‌عنوان مثبت یا منفی (خنثی کاذب[۵۵]) به ترتیب، توسط FNT_P و FNT_{ng} نشان داده می‌شود، درحالی‌که روند منفی طبقه‌بندی شده به‌عنوان مثبت یا خنثی (منفی کاذب[۵۶]) به ترتیب توسط FNG_p و FNG_{nt} نشان داده می‌شود. دقت کلی در رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+ TNT+ TNG}{TP+ TNT+ TNG + FP_{nt}+ FP_{ng}+ FNT_P+ FNT_{ng}+ FNG_p+ FNG_{nt}} \quad (۲)$$

معیار صحت، بیانگر نسبت موارد مثبت پیش‌بینی شده است که واقعاً مثبت بوده است. در رابطه (۳) برای کلاس روند مثبت بیان می‌شود:

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+ FPnt + FPng} \quad (۳)$$

معیار فراخوانی، بیانگر نسبت مثبت‌های واقعی است که به‌درستی مثبت پیش‌بینی شده است. رابطه (۴) برای کلاس روند مثبت ارائه شده است:

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+ FNTp+ FNGp} \quad (۴)$$

نمره F ترکیبی از معیارهای صحت و فراخوانی است و می‌تواند با معادله (۵) برای کلاس روند مثبت محاسبه شود».[۵۷]

$$\text{F_measure} = \frac{2 \times (\text{Precision} \times \text{Recall})}{(\text{Precision} + \text{Recall})} \quad (۵)$$

۳-۵. نرمال‌سازی

در مدل‌ها، نخست داده‌ها پیش‌پردازش و به‌وسیله کدنویسی پایتون نرمال‌سازی (Normalization) سپس به دو قسمت ۸۰٪ آموزش و ۲۰٪ آزمون تقسیم شده است. «یکی از روش‌های تغییر مقیاس، استفاده از روش نرمال‌سازی کمینه- بیشینه (Min-Max) است.

54. False Positive.
55. False Neutral.
56. False Negative.
57. Wasiat Khan et al., "Predicting stock market trends using machine learning algorithms via public sentiment and political situation analysis", *Soft Computing*, Springer-Verlag GmbH Germany 24. no. 5 (2019): 11030.

به این ترتیب افزون بر یکسان‌سازی مقیاس داده‌ها کران‌های تغییر آن‌ها نیز در بازه[۱و۱−] خواهد بود. این تبدیل به‌صورت رابطه (۶) تعریف می‌شود.

$$x_{norm} = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \qquad (۶)$$

در این رابطه x_{min} حداقل مقدارها و x_{max} نیز حداکثر مقادیر را نشان می‌دهد».[۵۸]

۴. یافته‌های پژوهش

۴-۱. نتایج دسته‌بندی داده‌ها

تعداد کل روزهای بررسی شده برای شاخص کل ۳۰۲۱ و شاخص هم‌وزن ۱۳۴۷ روز است. در جدول (۲) و (۳) تعداد روزهای صعودی، نزولی و نگهداری (خنثی) آورده شده است.

جدول(۲): خلاصه روند شاخص کل بورس ایران طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۹

سال	تعداد روزهای صعودی	درصد روزهای صعودی	تعداد روزهای نزولی	درصد روزهای نزولی	تعداد روزهای نگهداری	درصد روزهای نگهداری	جمع
۱۳۸۷	۴۰	٪ ۲۵/۴۸	۸۰	٪ ۵۰/۹۶	۳۷	٪ ۲۳/۵۷	۱۵۷
۱۳۸۸	۱۰۳	٪ ۴۳/۱۰	۵۹	٪ ۲۴/۶۹	۷۷	٪ ۳۲/۲۲	۲۳۹
۱۳۸۹	۱۳۴	٪ ۵۵/۱۴	۱۹	٪ ۷/۸۲	۹۰	٪ ۳۷/۰۴	۲۴۳
۱۳۹۰	۹۸	٪ ۴۰/۶۶	۵۳	٪ ۲۱/۹۹	۹۰	٪ ۳۷/۳۴	۲۴۱
۱۳۹۱	۸۸	٪ ۳۶/۶۷	۴۶	٪ ۱۹/۱۷	۱۰۶	٪ ۴۴/۱۷	۲۴۰
۱۳۹۲	۱۴۴	٪ ۶۰/۵۰	۱۰	٪ ۴/۲۰	۸۴	٪ ۳۵/۲۹	۲۳۸
۱۳۹۳	۴۳	٪ ۱۷/۸۴	۹۲	٪ ۳۸/۱۷	۱۰۶	٪ ۴۳/۹۸	۲۴۱
۱۳۹۴	۴۲	٪ ۱۷/۲۸	۷۷	٪ ۳۱/۶۹	۱۲۴	٪ ۵۱/۰۳	۲۴۳
۱۳۹۵	۹۶	٪ ۳۹/۶۷	۳۵	٪ ۱۴/۴۶	۱۱۱	٪ ۴۵/۸۷	۲۴۲
۱۳۹۶	۱۱۸	٪ ۴۹/۱۷	۲۷	٪ ۱۱/۲۵	۹۵	٪ ۳۹/۵۸	۲۴۰
۱۳۹۷	۹۷	٪ ۴۰/۲۵	۴۲	٪ ۱۷/۴۳	۱۰۲	٪ ۴۲/۳۲	۲۴۱
۱۳۹۸	۱۳۸	٪ ۵۷/۵۰	۱۶	٪ ۶/۶۷	۸۶	٪ ۳۵/۸۳	۲۴۰
۱۳۹۹	۱۰۶	٪ ۴۹/۰۷	۳۷	٪ ۱۷/۱۳	۷۳	٪ ۳۳/۸۰	۲۱۶
جمع	۱۲۴۷		۵۹۳		۱۱۸۱		۳۰۲۱

منبع: یافته‌های پژوهش

۵۸. مهدی اسماعیلی، *مفاهیم و تکنیک‌های داده‌کاوی*، ۲۰۰.

جدول(۳): خلاصه روند شاخص کل هم‌وزن بورس ایران طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹

سال	تعداد روزهای صعودی	درصد روزهای صعودی	تعداد روزهای نزولی	درصد روزهای نزولی	تعداد روزهای نگهداری	درصد روزهای نگهداری	جمع
۱۳۹۴	۳۱	٪ ۱۹/۰۲	۵۷	٪ ۳۴/۹۷	۷۵	٪ ۴۶/۰۱	۱۶۳
۱۳۹۵	۱۴۳	٪ ۵۹/۰۹	۱۳	٪ ۵/۳۷	۸۶	٪ ۳۵/۵۴	۲۴۲
۱۳۹۶	۸۲	٪ ۳۴/۱۷	۳۸	٪ ۱۵/۸۳	۱۲۰	٪ ۵۰	۲۴۰
۱۳۹۷	۷۵	٪ ۳۱/۱۲	۵۵	٪ ۲۲/۸۲	۱۱۱	٪ ۴۶/۰۶	۲۴۱
۱۳۹۸	۱۶۸	٪ ۷۰	۹	٪ ۳/۷۵	۶۳	٪ ۲۶/۲۵	۲۴۰
۱۳۹۹	۱۰۹	٪ ۴۹/۳۲	۴۵	٪ ۲۰/۳۶	۶۷	۳۰٪/۳۲	۲۲۱
جمع	۶۰۸		۲۱۷		۵۲۲		۱۳۴۷

منبع: یافته‌های پژوهش

۴-۲. تعیین داده‌های آموزش و آزمون

ابتدا داده‌ها با استفاده ازکتابخانه سایکیت‌لرن با پایتون متوازن شده است[۵۹]؛ سپس به دو دسته داده آموزش و آزمون در جدول (۴) تقسیم شده است.

جدول (۴): تعداد برچسب‌های مجموعه داده آموزش و آزمون

نگهداری	فروش	خرید	برچسب	
۹۲۲	۹۵۳	۱۰۱۲	تعداد داده‌های آموزش	**شاخص کل بورس**
۲۵۹	۲۲۸	۲۳۵	تعداد داده‌های آزمون	
نگهداری	فروش	خرید	برچسب	
۴۰۵	۴۲۰	۴۹۶	تعداد داده‌های آموزش	**شاخص کل هم‌وزن**
۱۱۷	۱۰۲	۱۱۲	تعداد داده‌های آزمون	

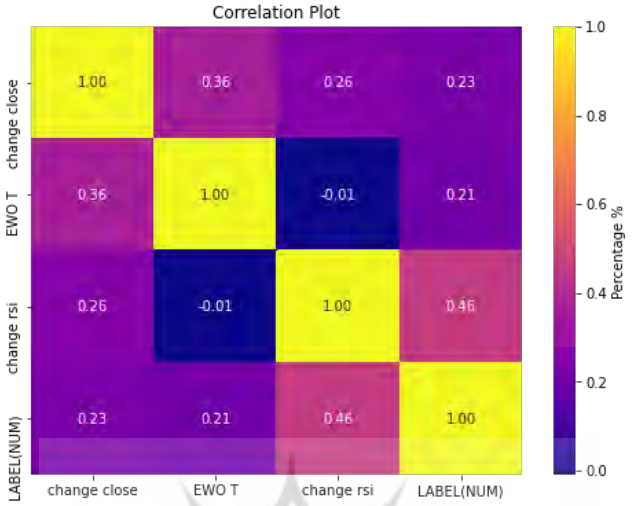
منبع: یافته‌های پژوهش

۴-۳. ماتریس همبستگی

ماتریس همبستگی،[۶۰] چگونگی ارتباط متغیرها با یکدیگر و یا با متغیر هدف را بیان می‌کند. همبستگی می‌تواند مثبت یا منفی باشد. این ماتریس تشخیص می‌دهد که کدام ویژگی‌ها بیشتر به متغیر هدف مربوط هستند، در شکل(۵) ماتریس همبستگی متغیرهای مستقل و وابسته را با استفاده از پایتون و کتابخانه سیبورن[۶۱] ترسیم کرده‌ایم. سطر آخر بیانگر میزان همبستگی متغیرهای مستقل با متغیر وابسته است.

59. https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.utils.resample.html.
60. Heat map.
61. Seaborn.

شکل (۵): نمودار ماتریس همبستگی



منبع: یافته‌های پژوهش

۴-۴. نتایج عملکرد دسته‌بندها

نتایج الگوریتم‌های یادگیری ماشین به شرح جدول (۵) است:

جدول (۵): عملکرد الگوریتم‌های طبقه‌بندی روی داده‌های آزمون

کلاس	معیار	طبقه‌بندی کننده-شاخص کل			طبقه‌بندی کننده-شاخص کل هم‌وزن		
		درخت تصمیم	ماشین بردار پشتیبان	K نزدیک‌ترین همسایه	درخت تصمیم	ماشین بردار پشتیبان	K نزدیک‌ترین همسایه
	Accuracy	۰/۹۵	۰/۶۶	۰/۹۱	۰/۹۴	۰/۶۸	۰/۹۳
خرید	Precision	۰/۹۶	۰/۶۹	۰/۹۱	۰/۹۸	۰/۷۴	۰/۹۷
	Recall	۰/۹۷	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/۹۹	۱/۰۰	۰/۹۹
	F_Score	۰/۹۶	۰/۸۲	۰/۹۳	۰/۹۹	۰/۸۵	۰/۹۸
فروش	Precision	۰/۹۵	۰/۶۳	۰/۹۰	۰/۹۲	۰/۶۵	۰/۸۷
	Recall	۰/۹۸	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۲	۰/۷۸	۰/۹۵
	F_Score	۰/۹۶	۰/۷۵	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۷۱	۰/۹۱
نگهداری	Precision	۰/۹۵	۰/۶۲	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۶۱	۰/۹۴
	Recall	۰/۹۲	۰/۱۱	۰/۸۱	۰/۹۱	۰/۲۹	۰/۸۵
	F_Score	۰/۹۳	۰/۱۸	۰/۸۷	۰/۹۲	۰/۳۹	۰/۸۹

منبع: یافته‌های پژوهش

در جدول (۵) اندازه‌گیری عملکرد طبقه‌بندی در الگوریتم درخت تصمیم برای شاخص کل و شاخص کل هم‌وزن دقت کلی بالای ۹۰ ٪ است که برچسب‌های خرید، فروش و نگهداری را با دقت بالای ۹۰ ٪ پیش‌بینی کرده است. این به معنای یادگیری خوب این الگوریتم و پیش‌بینی برچسب با دقت بسیار خوبی است. دقت کلی در ماشین بردار پشتیبان خطی برای شاخص کل و شاخص کل هم‌وزن بالای ۶۰ ٪ است. در شناسایی برچسب‌های خرید دقت بالای ۸۰ ٪، فروش بالای ۷۰ ٪ و در شناسایی برچسب نگهداری ضعیف عمل کرده است. دقت کلی در الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه برای شاخص کل و شاخص کل هم‌وزن، بالای ۹۰ ٪ بوده است. در شناسایی برچسب‌های خریدوفروش بالای ۹۰ ٪ و برچسب نگهداری بالای ۸۰ ٪ بوده است که نشانه یادگیری خوب این الگوریتم و شناسایی سه برچسب با دقت خوبی است.

به‌طورکلی با مقایسه دو شاخص، الگوریتم‌های درخت تصمیم و K نزدیک‌ترین همسایه در شناسایی برچسب‌ها خیلی خوب عمل کرده‌اند ولی ماشین بردار پشتیبان خطی در شناسایی برچسب نگهداری در شاخص کل و شاخص کل هم‌وزن ضعیف عمل کرده است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بازار سهام ایران نقش مهم فزاینده‌ای در اقتصاد ملی دارد که اخیراً نیز مورد توجه سرمایه‌گذاران قرار گرفته است. در ایران پژوهش‌های زیادی با استفاده از نوسانگرهای تکنیکی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی روند سهام انجام شده است از جمله (Patel et al, 2015)، علوی و همکاران (۲۰۱۵)، افشاری راد و همکاران (۱۳۹۷) و فلاح‌پور و همکاران (۱۳۹۲) استفاده کرده‌اند. همچنین، (Wang, 2012)، (Wan , 2000)، (George et al, 2011) و (Atsalakis et al, 2009) کاربرد نظریه موج الیوت را در بازارهای مالی اثربخش دانسته‌اند.[۶۲]

تاکنون پژوهشی در زمینه پیش‌بینی بازار سهام به‌وسیله امواج الیوت در ایران صورت نگرفته است. اگرچه «نظریه موج الیوت نمی‌تواند دائماً بازار را به‌طور کامل توضیح دهد، اما می‌تواند تخمین‌های خوبی از رفتار بازار ارائه دهد. البته عوامل دیگری نیز بر بازار تأثیر می‌گذارند. ما در این پژوهش کوشیدیم امواج جنبشی و اصلاحی الیوت را که در نتیجه رفتار توده‌ای و

62. Duana et al., "Elliott wave theory",(2018): 1814.

روان‌شناسی عمومی بازار شکل می‌گیرد برای شاخص کل و شاخص کل هم‌وزن بورس اوراق بهادار ایران شناسایی کنیم.

در بررسی‌های به عمل آمده دریافتیم که وقتی میانگین متحرک ۵ روزه قیمت، میانگین متحرک ۳۵ روزه قیمت را به سمت بالا یا پایین قطع می‌کند (میانگین متحرک ۵ روزه قیمت از میانگین متحرک ۳۵ روزه قیمت بیشتر یا کمتر شود) این، احتمالاً شروع یک موج جنبشی الیوتی است و تا زمانی تأیید می‌شود که دو متغیر تغییرات قیمت روزانه و تغییرات روزانه شاخص قدرت حرکت نیز همگرا و سیگنال مشابه خرید یا فروش صادر کنند؛ در غیر این صورت، سیگنال نگهداری و خودداری از معامله صادر می‌شود. این رفتار متناقض، در دو زمان اتفاق می‌افتد: امواج اصلاحی جزئی (زیرموج ۲ و ۴ درون روند جنبشی) که با توجه به موج شماری الیوتی و استفاده از ابزارهای فیبوناچی، انجام معامله بستگی به استراتژی هر فرد دارد. دوم محدوده زمانی بین تغییر فاز امواج الیوت از جنبشی به امواج اصلاحی اساسی است که آن محدوده به معنای نگهداری و خودداری از انجام معامله قبلی است. در حقیقت، زمانی که شاخص قدرت حرکت شروع به حرکت مخالف با نوسانگر الیوت می‌کند و از ناحیه اشباع خارج می‌شود، این نشانه اخطار و پایان روند جنبشی و احتمال در پیش گرفتن روند اصلاحی اساسی(امواج ABC) است که باید از انجام معامله قبلی خودداری کنیم؛ بنابراین در پاسخ به سؤالات پژوهش، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که تئوری موج الیوت توانایی شناسایی الگوهای تکرارشونده را دارد. همچنین، نتایج حاصل از الگوریتم‌های یادگیری ماشین نیز نشان داد که الگوریتم‌های طبقه‌بندی توانایی پیش‌بینی بازار سهام ایران در موقعیت‌های مختلف خرید، فروش و نگهداری به هنگام بحران را دارند. الگوریتم‌های درخت تصمیم و K نزدیک‌ترین همسایه نسبت به روش ماشین بردار پشتیبان خطی از کارایی و دقت بالاتری برخوردارند. مزیت این پژوهش به سایر پژوهش‌ها، استفاده از روش‌های تکنیکی جدید و پیش‌بینی برچسب نگهداری به هنگام بی‌نظمی بازار، افزون بر دو برچسب خریدوفروش در بازار سهام ایران است. پیشنهاد می‌شود سرمایه‌گذاران، این روش را برای پیش‌بینی روند کوتاه‌مدت و بلندمدت قیمت سهم‌ها در صنایع مختلف، شرکت‌ها و نیز کشورهای دیگر به علت عدم وابستگی به داده‌ها، به کار برند.

کتاب‌نامه

الف- کتب و مقالات

۱. فارسی

اسماعیلی، مهدی. *مفاهیم و تکنیک‌های داده‌کاوی*. چاپ اول، تهران: انتشارات نیاز دانش، ۱۳۹۱.

افشاری راد، الهام، سید عنایت‌الله علوی، و حسنعلی سینایی. «مدلی هوشمند برای پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از روش‌های تحلیل تکنیکال»، *فصلنامه تحقیقات مالی*، شماره ۲۰ (۱۳۹۷): ۲۴۹-۲۶۴.

بدری، احمد، و محسن صادقی. «بررسی اثر روزهای مختلف هفته بر بازدهی، نوسان پذیری و حجم معاملات در بورس اوراق بهادار تهران»، *چشم‌انداز مدیریت*، شماره ۱۷ (۱۳۸۵): ۵۵-۸۳.

پورزمانی، زهرا، و محسن رضوانی اقدم. «مقایسه کارآمدی استراتژی‌های ترکیبی تحلیل تکنیکال با روش خرید و نگهداری برای خرید سهام در دوره‌های صعودی و نزولی»، *فصلنامه علی پژوهشی دانش مالی تحلیل اوراق بهادار*، شماره ۱۰ (۱۳۹۶): ۱۷-۳۱.

فلاح‌پور، سعید، غلامحسین گل ارزی، و ناصر فتوره‌چیان. «پیش‌بینی روند حرکتی قیمت سهام با استفاده از ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک در بورس اوراق بهادار تهران»، *تحقیقات مالی*، شماره ۱۵ (۱۳۹۲): ۲۶۹-۲۸۸.

کازرونی، علیرضا. «آزمون مدل کلاسیک تورم در ایران: روش همگرایی»، *پژوهشنامه بازرگانی* ۶، شماره ۲۳ (۱۳۸۱): ۵۰-۶۵.

مورفی، جان. *تحلیل تکنیکال در بازارهای سرمایه*. ترجمه کامیار فرهانی فرد و رضا قاسمیان لنگرودی، چاپ دهم، تهران: انتشارات چالش، ۱۳۸۴.

۲. لاتین

Abe, Shigeo. *Support vector machines for pattern classification*. London: springer, 2005.

Aggarwal, Charu. *Data Classification: Algorithms and Applications*. Minneapolis, Minnesota: Chapman and Hall/ CRC, 2014.

Alavi, Seyed Enayatolah, Hasanali Sinaei, & Elham Afsharirad. "Predict the trend of stock prices using machine learning techniques", *International Academic Journal of Economics* 2, no. 12 (2015): 1-11.

Elliott, Robert. *The wave principle*. Detroit, Michigan: Investment Counsel Inc, 1935.

Eugene, Fama. "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work", *Journal of Finance* 25, no. 2 (1970): 383–417.

Eugene, Fama. "The Behavior of Stock Market Prices", *Journal of business* 38. no. 1 (1965): 34-105.

Farid, Dewan, Li Zhang, Chowdhury Mofizur Rahman, Hossain Alamgir, & Rebecca Strachan. "Hybrid decision tree and naive Bayes classifiers for multi-class classification tasks", *Expert Systems with Applications* 41. no. 4 (2014): 1937-1946.

Fox. Justin. *The Myth of the Rational Market. Harper Collins. Fundamental Analysis.* New York: Retrieved from Investopedia, 2009.

Ford, NL., BG. Batchelor, & Wilkins, BR. "A learning scheme for the Nearest Neighbour Classifier", *Information Sciences* 2. no. 2 (1970): 139-157.

George, Atsalakis, Emmanouil Dimitrakakis, & Zopounidis Constantinos. "ElliottWace Theory and neuro-fuzzy systems, in stock market prediction, the WASP system", *Expert Systems with Application* 38. no. 8 (2011): 9196-9206.

Huiming, Duana, Xinping Xiaob, Yangb Jinwei, & Bo Zen.g "Elliott wave theory and the Fibonacci sequence-gray model and their application in Chinese stock market", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems* 34. no. 1 (2018): 1813–1825.

Kritzer, Adam. *Forex for beginners: A comprehensive guide to profiting from the globalcurrency markets*. Berkeley, Apress: 2014.

Patel, Jigar, Sahil Shah, Priyank Thakkar, & Ketan Kotecha. "Predicting stock and stock price index movement using trend deterministic data preparation and machine learning techniques", *Expert Systems with Applications* 42. no. 1 (2015): 259-268.

Prechter, Robert. *Elliot Wave Analysis*. New York: John Wiley & Sons, 2013.

Stone, M. "Cross-validatory choice and assessment of statistical predictions", *Journal of the Royal Statistics Society* 36. no. 2 (1974): 111-147.

Perruchet, Pierre, & Ronald Peereman. "The exploitation of distributional information in syllable processing", *Journal of Neurolinguistics* 17. no. 1 (2004): 97-119.

Khan, Wasiat, Usman Malik, Mustansar Ali Ghazanfar, Muhammad Awais Azam, Khaled Alyoubi & Ahmed Alfakeeh. "Predicting stock market trends using machine learning algorithms via public sentiment and political situation analysis", *Soft Computing*, Springer-Verlag GmbH Germany 24. no. 5 (2019): 11019-11043.

Wagner, TJ. "Distribution-free performance bounds for potential function rules", *IEEE Transactions in Information Theory* 25. no. 2 (1979): 208-210.

ب- وب‌سایت (ها)

شاخص کل هم‌وزن، *www.khanesarmaye.com*

کتابخانه سایکیت‌لرن، www.scikit-learn.org

نرم‌افزار موتیو ویو، *www.motivewave.com*