Journal of Financial Management Strategy
Alzahra University
Vol. 9, No. 35, Winter 2022

pp. 43-64

Research Paper

Estimation of profitability function using capital structure variables in Iranian industries[1]

Arash Pourrezaei[2], Ali Mohammad Kimiagari[3]

Received: 2020/11/14 Accepted: 2021/12/19

Abstract

Achieving the optimal capital structure to gain maximum profitability and value while having the minimum cost of capital is one of the important topics studied by financial professionals. For explaining a relationship between financing decisions and corporate profitability, there exist four major theories of Miller and Modigliani, agency theory, static balance theory (all observing the positive relationship between debt ratio and profitability), and hierarchical theory (negative relationship between debt ratio and Profitability). In this study, using data from 161 companies listed on the Tehran Stock Exchange in five industries (including ceramic tiles, cement, metals, oil and gas, and pharmaceuticals) between 2010 and 2017, the problem of estimating the profitability function by the capital structure has been addressed. To estimate the mentioned function, regression analysis has been used, as well as a combination of wavelet neural network algorithm and the Imperialistic Competition Algorithm. The results indicate a negative relationship between debt ratios and return on assets (confirmation of hierarchical theory) in ceramic tile, cement, metals, and pharmaceutical companies. However, in the oil and gas industry, no significant relationship has been found between those variables. In addition, the performance of the wavelet neural network optimized by the imperialistic competition algorithm has shown to be more desirable than simple linear regression for all the investigated industries.

Keywords: Capital Structure, Profitability, Regression, Neural Network, Imperialistic Competition Algorithm

JEL Classification: G32

---

1. DOI: 10.22051/JFM.2021.33939.2461

2. Master, Faculty of Industrial Engineering and Management Systems, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran, Corresponding Author. **Email:**apour.research@gmail.com.

3. Associate Professor, Faculty of Industrial Engineering and Management Systems, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran, **Emial:** kimiagar@aut.ac.ir.

فصلنامه راهبرد مدیریت مالی
دانشگاه الزهرا
سال نهم، شماره سی و پنجم، زمستان ۱۴۰۰
صفحات ۶۴-۴۳

مقاله پژوهشی

تخمین تابع سودآوری با استفاده از متغیرهای ساختار سرمایه در صنایع ایران[۱]

آرش پوررضایی[۲]، علی محمد کیمیاگری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۸

چکیده

از دیرباز، دستیابی به یک ساختار سرمایه بهینه با هدف حداکثرسازی سود و ارزش شرکت و حداقل‌سازی هزینه سرمایه از موضوعات مورد توجه متخصصان مالی بوده و چهار نظریه اصلی شامل نظریه میلر و مودیگلیانی، نظریه نمایندگی، نظریه توازن ایستا (هر سه ناظر بر رابطه مثبت میان نسبت بدهی و سودآوری) و نظریه سلسله مراتبی (رابطه منفی بین نسبت بدهی و سودآوری) درباره ارتباط میان تصمیمات تأمین مالی و سودآوری شرکت‌ها مطرح شده است. در این راستا، پژوهش حاضر با استفاده از تحلیل رگرسیون و روش الگوریتم ترکیبی شبکه عصبی موجکی و الگوریتم رقابت استعماری به تخمین تابع سودآوری ساختار سرمایه در نمونه آماری شامل ۱۶۱ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در پنج صنعت (کاشی و سرامیک، سیمان، فلزات، نفت و گاز و داروسازی) طی بازه زمانی ۱۳۹۶-۱۳۸۹ پرداخته است. نتایج به‌دست آمده از رابطه منفی بین نسبت‌های بدهی و نسبت بازده دارایی‌ها (تأیید نظریه سلسله مراتبی) در شرکت‌های فعال در صنایع کاشی و سرامیک، سیمان، فلزات و داروسازی حکایت داشت. اما، رابطه معناداری بین متغیرهای مذکور در صنعت نفت و گاز مشاهده نشد. به‌علاوه، عملکرد شبکه عصبی موجکی بهینه‌سازی شده با الگوریتم رقابت استعماری در تمامی صنایع، قدرت تبیین بیشتری نسبت به رگرسیون خطی ساده از خود نشان داد.

واژگان کلیدی: ساختار سرمایه، سودآوری، رگرسیون، شبکه عصبی، الگوریتم رقابت استعماری
طبقه‌بندی موضوعی: *G32*

---

۱. کد DOI مقاله: 10.22051/JFM.2021.33939.2461
۲. دانش آموخته کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران. نویسنده مسئول. **Email:**apour.research@gmail.com
۳. دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران. **Email:**kimiagar@aut.ac.ir

مقدمه

دستیابی به ساختار سرمایه بهینه با هدف حداکثرسازی سود و ارزش شرکت و حداقل‌سازی هزینه سرمایه همواره از موضوعات مهم مورد توجه متخصصان مالی بوده و به‌طور عمده چهار نظریه شامل نظریه مودیگلیانی و میلر[1]، نظریه نمایندگی[2]، نظریه توازن ایستا[3] و نظریه سلسله مراتبی[4] است. در مورد رابطه میان تصمیمات تأمین مالی و سودآوری شرکت‌ها مطرح است. اما به‌طور کلی پژوهشگران اقتصاد مالی معتقدند ساختار سرمایه و سودآوری به یکدیگر وابسته‌اند. لیکن رابطه میان آنها حسب عملیات مالی شرکت‌های سهامی در حیطه بین‌المللی و نوع کشور وابسته به ساختارهای مالی و شرایط اقتصادی یکسان نیست (دانیس و همکاران[5]، ۲۰۱۴). از این‌رو، محققان حسب نوع کشورها به تحلیل رابطه میان ساختار سرمایه و سودآوری می‌پردازند و البته نتایج به‌دست آمده آنها با یکدیگر متفاوت است. نظریه‌های تبادل ساختار سرمایه پیش‌بینی می‌کنند که شرکت‌ها میزانی از بدهی را عمداً درنظر می‌گیرند تا مزایای سپرده مالیاتی بهره را با هزینه‌های اضطراب مالی آینده یا عدم انعطاف‌پذیری مالی فعلی متعادل نمایند. گرچه این موضوع بدیهی به‌نظر می‌رسد، اما با پاسخ‌های تجربی متفاوتی مواجه بوده است. با این حال گراهام و لری[6] (۲۰۱۱) بر این باورند که نظریه‌های تبادل با واقعیت‌های گسترده‌ای سازگارتر است و شرکت‌های با ثبات بیشتر و دارایی‌های ملموس بیشتر از اهرم‌های مالی بیشتری استفاده می‌کنند. هرچند، گراهام و لری (۲۰۱۱) استدلال می‌کنند که این نظریه‌ها در بسیاری از زمینه‌های دیگر شکست می‌خورند. به‌عنوان مثال، به‌نظر می‌رسد اهرم نسبت به پیش‌بینی‌های نظری کمتر بوده و بسیاری از تغییرات نسبت اهرم بازار ناشی از تغییر در بازده سهام است. شواهد بدتر این که شرکت‌های سودآور با وجود احتمال کمتر کمبود مالی خود و نیاز آنها به درآمد مالیات، از اهرم کمتری برخوردارند. مسئله مذکور در رابطه با تمامی ملل دنیا بوده و کشور ایران نیز از آن مستثنی نیست. اکنون، با توجه به مسائل مطرح شده، پرسش اساسی پژوهش این است که آیا رابطه معناداری میان سودآوری و ساختار سرمایه در بورس اوراق بهادار تهران وجود دارد؟. در صورت وجود رابطه معنادار، این رابطه در چه جهتی (مثبت یا منفی) است؟. مضافاً عوامل متعددی نظیر ماهیت فعالیت، دارایی‌ها و شرایط اقتصادی حاکم بر جامعه می‌تواند بر تأمین مالی شرکت‌ها و به تبع سودآوری آنها تأثیر بگذارد که شناسایی نتایج این کنش‌های اقتصادی با کاربرد روش‌های تحلیلی کار و پویا می‌تواند زمینه اخذ تصمیمات دانش‌محور توسط دولت‌مردان، مدیران و سرمایه‌گذاران را فراهم کند.

بنابراین، پژوهش حاضر با بررسی رابطه ساختار سرمایه و سودآوری در بورس اوراق بهادار تهران دستیابی به دو هدف مشخص شامل بررسی اعتبار فرضیه‌های مطرح در خصوص ارتباط ساختار سرمایه و

1. The Modigliani-Miller Theorem
2. Representational Theory
3. Static Trade-off Theory
4. Pecking Order Theory
5. Danis et al
6. Graham & Leary

سودآوری شرکت‌ها در بورس اوراق بهادار تهران و بررسی کارایی شبکه عصبی مصنوعی بهینه‌سازی شده با الگوریتم رقابت استعماری در تبیین مدل می باشد.

در ادامه، ابتدا نظریه‌های ساختار سرمایه و سودآوری شرکت‌ها بیان شده و پژوهش‌های مرتبط مرور شده است. سپس، مدل پژوهش ارائه و روش برآورد آن معرفی شده است. در انتها نیز نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها و جمع‌بندی پژوهش ارائه می‌شود.

مبانی نظری

ساختار سرمایه برای متخصصین حوزه مالی اهمیت زیادی دارد و پژوهش‌های انجام شده در این حوزه بسیار وسیع بوده است. اما حصول نظریه‌ای برای دستیابی به ساختار سرمایه بهینه همواره مورد چالش بوده و نظریه‌های ارائه شده در این حوزه همواره سعی داشته‌اند تا رفتار واقعی تأمین مالی شرکت‌ها را به‌طور واضح و روش تبیین نمایند. در این میان، شناخت رابطه میان سودآوری و ساختار سرمایه از جایگاه خاصی برخوردار است.

در این بین، نظریه سپر مالیاتی مودیگلیانی و میلر (۱۹۵۸) در مالی شرکتی از شهرت زیادی درخصوص استفاده از بدهی در ساختار سرمایه برخوردار است. آنها استدلال می‌کنند که چون پرداخت‌های بهره کاهنده میزان مالیات بر درآمد شرکت است، به هر میزان که بدهی در ساختار سرمایه بیشتر باشد، بدهی مالیاتی شرکت کمتر و جریان نقدی بعد از مالیات بیشتر می‌شود که در نهایت ارزش بازار شرکت افزایش خواهد یافت (چچت و اولایولا[1]، ۲۰۱۴). این نظریه بیان می‌کند شرکت‌های سودآور از استقراض بیشتری بهره می‌گیرند تا از صرفه‌های مالیاتی ناشی از هزینه‌های بهره استفاده کنند. بنابراین نظریه سپر مالیاتی پیش‌بینی‌کننده وجود رابطه مثبت میان سودآوری و ساختار سرمایه است.

برخی نیز استدلال می‌کنند که شرکت‌ها در شرایط سودآوری بالا از اهرم بیشتری استفاده می‌کنند. شرکت‌هایی که سطوح پایینی از سودآوری را دارند بایستی بیشتر از منابع داخلی نسبت به منابع خارجی بهره گیرند. زیرا منابع خارجی به نسبت گران بوده و سپر مالیاتی غیربدهی (نظیر استهلاک) بیشتر از صرفه های مالیاتی ناشی از استقراض خواهد بود. درحالی که شرکت‌های با سودآوری بالا از منابع خارجی بیشتری استفاده می‌کنند تا با به‌کارگیری مؤثر دارایی‌ها، خروجی بیشتری داشته و از سپر مالیاتی ناشی از بدهی برای سودآوری خود استفاده نمایند (آبور و جاشوا[2]، ۲۰۰۵).

در نظریه نمایندگی بیان می‌شود که مالکان شرکت (سهامداران) اختیارات خود را به مدیران تفویض می‌نمایند تا آنها تصمیم‌های لازم را اتخاذ نمایند. ولی مدیران دارای هدف‌هایی شخصی هستند که با دیدگاه سهامداران مبنی بر حداکثر رساندن ثروت، مغایر است. محققان دو نوع مصداق شامل تضاد بین سهامداران و اعتباردهندگان (مرتبط با بدهی) و تضاد تضاد بین مدیریت و سهامداران (مرتبط با سهام) شناسایی کردند.

1. Chechet & Olayiwola
2. Abor & Joshua

دلیل اصلی شکل‌گیری تضاد بین سهامداران و اعتباردهندگان آن است که قرارداد بدهی این فرصت را برای سهامداران فراهم می‌کند که در صورت به موفقیت رسیدن پروژه‌های سرمایه‌گذاری، بخش اعظم سودهای تحصیل شده را تصاحب کنند (لی و نگوین[1]، ۲۰۲۰). با این وجود، اگر طرح‌های سرمایه‌گذاری با شکست مواجه شوند، به خاطر مسئولیت محدود سهامداران، این امکان وجود دارد که اعتباردهندگان حتی اصل طلب خود را وصول نکنند. از سوی دیگر، تضاد بین مدیریت و سهامداران می‌تواند به‌وسیله سوء مدیریت منابع توسط مدیر به منظور افزایش رفاه خود شناخته می‌شود. لی و نگوین (۲۰۲۰) استدلال می‌کنند که استفاده از بدهی تضمین شده ممکن است هزینه نمایندگی بدهی را کاهش دهد. بدین ترتیب شرکت‌های با سودآوری بالا باید از اهرم مالی بیشتری برای حداقل کردن مشکلات نمایندگی بهره گیرند. همچنین اندازه شرکت ممکن است شاخصی برای هزینه‌های نمایندگی بدهی (هزینه نظارت) ناشی از تضاد بین مدیران و سرمایه‌گذاران باشد. از آنجایی که هزینه نظارت شرکت‌های بزرگ کمتر از شرکت‌های کوچک است، بنابرین شرکت‌های بزرگ بیشتر به استفاده از بدهی ترغیب می‌شوند.

در نظریه توازن ایستا رابطه بین سودآوری و نسبت بدهی از طریق هزینه‌های ورشکستگی تبیین می‌شود. به‌عبارت دیگر با کاهش میزان سودآوری یک شرکت هزینه‌های مورد انتظار ورشکستگی آن افزایش می‌یابد و افزایش هزینه‌های ورشکستگی، شرکت‌های با سودآوری کمتر را به استفاده کمتر از اهرم مالی سوق می‌دهد (فاما و فرنچ[2]، ۱۹۹۸). بر این اساس، پس از کنترل فرصت‌های سرمایه‌گذاری انتظار می‌رود نسبت پرداخت سود و نسبت بدهی به ارزش دفتری با سودآوری رابطه مثبتی داشته باشند.

نظریه سلسله مراتبی ساختار سرمایه بیان می‌دارد که شرکت‌ها ابتدا از منابع داخلی استفاده می‌نمایند. سپس در صورت نیاز از تأمین مالی خارجی استفاده می‌کنند. طبق این نظریه، شرکت‌های با سودآوری بالا صرف‌نظر از قدرت بازار، بایستی دارای یک نسبت بدهی پایین باشند. بنابراین طبق این نظریه میان ساختار سرمایه و سودآوری رابطه منفی وجود دارد (لی و نگوین، ۲۰۲۰).

لذا به‌طور خلاصه می‌توان گفت که نظریه‌های میلر و مودیگلیانی، نمایندگی و توازن ایستا قائل به وجود رابطه مثبت میان سودآوری و ساختار سرمایه هستند. اما نظریه سلسله مراتبی رابطه میان سودآوری و ساختار سرمایه را منفی ترسیم می‌کند. آزمون تعمیم‌پذیری نظریات مذکور در بازار سرمایه کشور می‌تواند بعد تحلیلی وسیع‌تری در اختیار سیاست‌گذاران اقتصادی و سرمایه‌گذاران قرار دهد.

ساختار سرمایه

توانایی شرکت‌ها در تعیین منابع مالی مناسب از عوامل اصلی بقا، رشد و پیشرفت یک شرکت به شمار می‌رود. مدیریت باید در زمان انتخاب روش تأمین مالی به هدف بیشینه‌سازی ثروت سهامداران توجه کند و با توجه به هزینه منابع مختلف تأمین مالی و آثار این منابع بر بازده و ریسک شرکت، به گزینش منابعی روی آورد که باعث به حداقل رساندن هزینه تأمین مالی می‌شوند. در واقع ساختار سرمایه ترکیبی از بدهی

1. Le & Nguyen
2. Fama & French

و حقوق صاحبان سهام است که شرکت‌ها به‌وسیله آن به تأمین مالی بلندمدت دارایی‌های خود می‌پردازند. هدف اصلی تصمیمات ساختار سرمایه، حداکثر نمودن ارزش بازار شرکت از طریق ترکیب مناسب منابع وجوه بلندمدت است. این ترکیب که ساختار مطلوب سرمایه نام دارد، می‌تواند عملکرد شرکت‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (یوسف و سایاریف[1]، ۲۰۲۰). ساختار سرمایه حسب هدف پژوهش می‌تواند به صورت مختلف تعریف شود. در این پژوهش، با چهار نسبت بدهی، نسبت نقدینگی، نسبت بدهی بلندمدت و نسبت پوشش بهره مشخص می‌شود.

سودآوری

یکی از مهم‌ترین ملاحظاتی که در انتخاب شیوه‌های تأمین مالی در شرکت‌ها بایستی مورد توجه قرار گیرد توجه به اثرات اهرم مالی بر بازده و نیز التزام طرح‌های تأمین مالی بر سود سهم است. وقتی که سطح سود قبل از بهره و مالیات پایین باشد، از نقطه نظر سود هر سهم، تأمین مالی از طریق حقوق صاحبان سهام مطلوب‌تر از تأمین مالی از محل بدهی است. از طرف دیگر وقتی که سطح سود قبل از بهره و مالیات بالا است، از نقطه نظر سود هر سهم، تأمین مالی بدهی خوشایندتر از تأمین مالی از طریق سهام عادی است. هنگامی که نرخ بازده دارایی‌ها[2] که به صورت حاصل تقسیم سود قبل از بهره مالیات بر کل دارایی‌ها تعریف می‌شود، کمتر از متوسط هزینه بدهی (بهره متعلقه تقسیم بر کل بدهی) باشد، اهرم مالی سبب فشار بر بازده حقوق صاحبان سهام[3] می‌گردد. از طرفی، وقتی بازده سرمایه‌گذاری بزرگتر از متوسط هزینه بدهی باشد، اهرم مالی به بازده حقوق صاحبان سهام وسعت می‌بخشد (لی و نگوین، ۲۰۲۰). سودآوری به‌عنوان یک متغیر وابسته مهم شناخته می‌شود. همان‌گونه که از مرور ادبیات قابل مشاهده است، دو شاخص نرخ بازده دارایی‌ها و نرخ بازده حقوق صاحبان سهام عموماً به‌عنوان نماینده‌های سودآوری شرکت مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق بازده کل دارایی‌ها به‌عنوان متغیر نماینده سودآوری در نظر گرفته شده است. علت این انتخاب آن است که شاخص بازده حقوق صاحبان سهام دارای داده‌های دورافتاده زیاد و با پراکندگی بسیار بالایی است. این موضوع سبب شد به دلیل کارایی نامناسب و غیر قابل اتکای دو روش مورد استفاده پژوهش حاضر (رگرسیون چندگاه خطی و شبکه عصبی موجکی بهینه‌سازی شده) از لحاظ دقت پیش‌بینی، از کاربرد شاخص بازده حقوق صاحبان سهام به‌عنوان متغیر مستقل صرف نظر گردد.

مروری بر پیشینه پژوهش

یوسف و سایاریف (۲۰۲۱) با بررسی تأثیر ساختار سرمایه بر سودآوری شرکت‌های اندونزیایی در یک بازه ۲۳ ساله نشان دادند نسبت بدهی بر ارزش شرکت تأثیر منفی و معناداری دارد.

1. Yusuf & Syarif
2. Return on Assets (ROA)
3. Return on Equity (ROE)

حکیم و نالوفر[1] (۲۰۲۰) تأثیر ساختار سرمایه، نقدینگی و اندازه شرکت بر کیفیت سود در شرکت‌های صنایع پایه و شیمیایی پذیرفته شده در بورس اندونزی را بررسی نموده و نتیجه گرفتند متغیرهای اندازه شرکت و نقدینگی تأثیر معناداری بر کیفیت سود ندارند. اما ساختار سرمایه تأثیر مثبتی بر کیفیت سود دارد.

لی و نگوین (۲۰۲۰) با استفاده از روش رگرسیون کمی به بررسی تأثیر ساختار سرمایه بر سودآوری بانک‌ها در سیستم بانکی ویتنام طی سال‌های ۲۰۰۷–۲۰۱۹ پرداخته‌اند. نتایج نشان داد در سطح اطمینان ۹۰ درصد بین سرمایه و سودآوری بانک رابطه غیرخطی معناداری وجود دارد.

دیویس و همکاران[2] (۲۰۱۸) بررسی رابطه بین ساختار سرمایه و سودآوری شرکت های ذکر شده در بورس اوراق بهادار نایروبی[3] است. یافته ها نشان داد که سودآوری شرکت (با توجه به بازدهی سرمایه مورد استفاده) با ارزش سهام داخلی رابطه مثبت و معنی داری دارد. همچنین، محققان نتیجه گرفتند که شرکت های غیر مالی که در این بورس ثبت نام می شوند، نسبت به تامین مالی و بدهی بیشتر متکی هستند.

جویدا[4] (۲۰۱۸) رابطه پویای متنوع‌سازی، ساختار سرمایه و سودآوری را در مورد موسسه‌های مالی فرانسه طی ده سال بررسی کرده است. مطابق نتایج این پژوهش، یک رابطه علی معکوس دو طرفه بین سودآوری با اهرم مالی و متنوع‌سازی وجود دارد.

کودونگو و همکاران[5] (۲۰۱۵) با استفاده از داده‌های سالانه دوره ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۱ رابطه بین اهرم و عملکرد مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار کنیا را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داد اهرم به طور قابل توجه و منفی بر سودآوری شرکت های فهرست شده در کنیا تأثیر می گذارد.

چچت و ایاولا[6] (۲۰۱۴) ساختار سرمایه و سودآوری شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار نیجریه در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ را از دیدگاه نظریه هزینه‌های نمایندگی مورد بررسی قرار داده‌اند. برای این منظور از داده‌های تابلویی با اثرات ثابت، اثرات تصادفی و برآورد مربع کای استفاده شد. دو متغیر مستقل نسبت بدهی و نسبت مالکانه به‌عنوان جایگزینی ساختار سرمایه درنظر گرفته شد و سودآوری تنها متغیر وابسته تحقیق بود. نتایج نشان داد نرخ بدهی با سودآوری رابطه منفی و نسبت مالکانه با سودآوری رابطه مثبت دارد.

زیتون و تیان[7] (۲۰۱۴) با استفاده از داده‌های تابلویی ۱۶۷ شرکت اردنی طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۳ به بررسی تأثیر ساختار سرمایه بر عملکرد شرکت‌ها پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که ساختار سرمایه تأثیر معناداری بر عملکرد شرکت در هر دو جنبه محاسبات حسابداری و بازار دارد. همچنین آنها دریافتند که بدهی کوتاه‌مدت به کل دارایی تأثیر مثبتی بر اندازه‌گیری عملکرد بازار دارد.

1. Hakim & Naelufar
2. Davis et al
3. Nairobi
4. Jouida
5. Kodongo et al
6. Chechet & Olayiwola
7. Zeitun & Tian

از پژوهش‌های داخلی نیز به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

مومنی طاهری و صادقی (۱۳۹۶) رابطه ساختار سرمایه و عملکرد مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۷ را مورد بررسی قرار داده‌اند. بدین منظور، شرکت‌های مورد بررسی بر حسب الگوی تأمین مالی و با در نظر گرفتن شاخص متوسط به دو گروه با ساختار سرمایه بدهی‌محور و سهام‌محور تفکیک شدند. بدین ترتیب که شرکت‌های بدهی‌محور نسبت بدهی بالاتر از متوسط و شرکت‌های سهام‌محور نسبت سهم مالکانه بیشتر از متوسط داشتند. نتایج با استفاده از رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته نشان داد ساختار سرمایه (نسبت بدهی) در هر دو گروه از شرکت‌های بدهی‌محور و سهام‌محور بر عملکرد مالی تأثیر منفی و معناداری دارد. البته این اثر منفی در شرکت‌های بدهی‌محور، بزرگ‌تر است. از آنجا که افزایش اهرم می‌تواند به هزینه‌های مورد انتظار بالاتر برای درماندگی مالی، ورشکستگی و انحلال منجر شود، بنابراین در شرکت‌های بدهی‌محور با افزایش بیشتر بدهی، ورشکستگی و درماندگی مالی محتمل‌تر می‌شود در نتیجه تأثیر منفی بزرگ‌تری بر سودآوری و عملکرد شرکت دارد.

صالحی و یوسفی (۱۳۹۵) رابطه بین معیارهای ساختار سرمایه (نسبت بدهی‌های کوتاه‌مدت به کل دارایی‌ها، نسبت بدهی‌های بلندمدت به کل دارایی‌ها و نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها) را با نرخ بازده دارایی‌ها در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج به‌دست آمده نشان داد بین نسبت بدهی‌های کوتاه‌مدت به کل دارایی‌ها و نرخ بازده دارایی‌ها رابطه منفی و معناداری وجود دارد. به‌علاوه، بین نسبت بدهی‌های بلندمدت به کل دارایی‌ها و نرخ بازده دارایی‌ها پذیرفته رابطه منفی و معناداری وجود دارد.

فرضیه‌های پژوهش

فرضیه های پژوهش حاضر به شرح زیر می باشند:

- ✓ در بورس اوراق بهادار ایران، نظریه سلسله مراتبی بر رابطه میان ساختار سرمایه و سودآوری شرکت‌ها حاکم است.
- ✓ قدرت تبیین شبکه عصبی موجکی بهینه‌سازی شده با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری در تخمین سودآوری با استفاده از ساختار سرمایه بیشتر از رگرسیون چندگانه است.

روش شناسی پژوهش

روش این پژوهش توصیفی و بر اساس نوع تحلیل داده‌ها همبستگی است. به‌علاوه، از نظر روش در زمره استقرایی بوده و ساختار جزء به کل دارد. از لحاظ زمانی، از نوع پس‌رویدادی بوده و از روندهای گذشته جهت استقرا استفاده نموده است. جامعه آماری پژوهش شامل شرکت‌های پذیرفته شده در بورس تهران است. جمع‌آوری داده‌ها از طریق سایت کدال[1] در آبان ماه ۱۳۹۷ رخ داده است. داده‌های ۱۶۱ شرکت ثبت شده در بورس اوراق بهادار تهران در پنج صنعت (شامل کاشی و سرامیک، سیمان، فلزات، نفت و گاز، و داروسازی) طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۶ مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین از دو روش رگرسیون

1. Codal.ir

چندگانه و شبکه عصبی موجکی بهینه‌سازی شده با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری جهت تخمین تابع سودآوری استفاده شده است. در ادامه هر یک از دو روش به اختصار تشریح شده است.

رگرسیون چندگانه

در این قسمت سعی است با ابزار رگرسیون چندگانه رابطه میان سودآوری و ساختار سرمایه مورد آزمون قرار گیرد تا مشخص شود آیا رابطه معناداری میان این دو متغیر وجود دارد؟ در صورت وجود رابطه، شکل رابطه مثبت (نظریه میلر و مودیگلیانی، نظریه نمایندگی و نظریه توازن ایستا) یا منفی (نظریه سلسله مراتبی) است؟. بنابراین بازده دارایی‌ها متغیر وابسته و ساختار سرمایه متغیر مستقل مدل است. ساختار سرمایه خود با چهار نسبت بدهی، نسبت نقدینگی، نسبت بدهی بلندمدت و نسبت پوشش بهره مشخص می‌شود و معادله رگرسیون تشکیل شده به صورت زیر است:

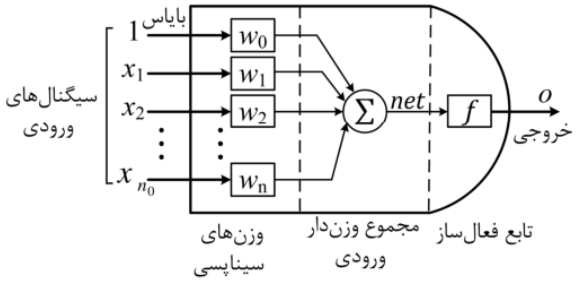
$$ROA = C_1*DR + C_3*Liq + C_4*LTD + C_4*IC + e \qquad \text{رابطه(۱)}$$

در رابطه بالا، DR نشان‌دهنده نسبت بدهی، Liq نسبت نقدینگی، LTD نسبت بدهی بلندمدت، IC نسبت پوشش بهره، e خطای پیش بینی، و C ها ضرایب تخمینی مدل هستند.

جهت محاسبات مربوط به رگرسیون چندگانه از نرم افزار minitab17 استفاده شده است.

شبکه عصبی موجکی بهینه سازی شده با الگوریتم رقابت استعماری

شبکه‌های عصبی متشکل از تعدادی عناصر پردازشی (نرون‌های مصنوعی) می‌باشند که این نرون‌ها درون دادها را دریافت و پردازش می‌کند و در نهایت، یک برون‌داد از آن ارائه می‌دهد. درون‌داد می‌تواند داده‌های خام یا برون‌داد دیگر عناصر پردازشی باشد. برون‌داد می‌تواند محصول نهایی یا درون‌دادی برای یک نرون دیگر باشد. یک شبکه عصبی مصنوعی متشکل از نرون‌های مصنوعی می‌باشد که در واقع همان عناصر پردازشی هستند. در شکل ذیل به‌طور ساده یک عنصر پردازشی توضیح داده شده است (کوبات[1]، ۲۰۱۵).

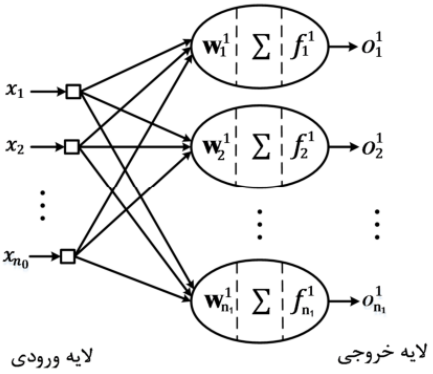


شکل ۱. ساختار یک عنصر پردازشی

1. Kubat

Wها وزن‌های اختصاص‌یافته به هر ورودی، net تابع مجموع، xها ورودی‌های نرون، f تابع تبدیل، و yخروجی‌های نرون می‌باشند. تابع مجموع موزون ورودی‌ها را محاسبه می‌کند. این اوزان توسط الگوریتم رقابت استعماری بهینه‌سازی خواهند شد.

رابطه سطح فعال شدن و برون‌داد با استفاده از تابع تبدیل توصیف می‌شود که دارای انواع مختلفی از جمله تانژانت هیپربولیک، سیگموئید و ... می‌باشد. شبکه‌های پیش‌خور، شبکه‌هایی هستند که ارتباط تنها یک طرفه می‌باشد و از هر نرون داده‌ها تنها به نرون بعدی منتقل می‌شود. اما در شبکه‌های پس‌خور ارتباط دوطرفه می‌باشد. MLP[1] یا پرسپترون چند لایه معماری از شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشد که پیش‌خور بوده و پردازنده‌های شبکه به چند لایه مختلف تقسیم شوند؛ در این شبک‌ها لایه اول، ورودی، لایه آخر، خروجی و لایه‌های میانی، لایه‌های پنهان نامیده می‌شوند. این معماری را پرکاربردترین معماری شبکه‌های عصبی می‌توان نامید، شکل زیر نمای عمومی پرسپترون چند لایه را نشان می‌دهد (کوبات ، ۲۰۱۵):



شکل ۲. ساختار کلی شبکه MLP

در ساختار شبکه عصبی مورد استفاده در پژوهش حاضر، تعداد نورون‌های لایه ورودی برابر ۴، تعداد لایه‌های میانی برابر ۵، و تعداد لایه‌های خروجی برابر ۱ تعیین شده‌اند. همچنین، تابع فعال‌سازی از نوع tansigمی‌باشد و به میزان ۸۰ ٪ از داده‌ها برای آموزش شبکه و ۲۰ ٪ دیگر برای تست شبکه استفاده شده است.

در این پژوهش از ترکیب شبکه عصبی و الگوریتم رقابت استعماری استفاده شده است. به این معنا که وزن‌های شبکه عصبی، با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری تعیین می‌گردد. در ابتدا ساختار شبکه عصبی یعنی تعداد نورون‌ها توسط کاربر باید تعیین شود. سپس با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری وزن‌های شبکه عصبی تعیین می‌گردد. الگوریتم ICA قابلیت بهینه کردن یک تابع هدف را دارد، تابع هدفی که در این جا باید کمینه شود اختلاف داده‌های واقعی و داده‌های خروجی شبکه عصبی می‌باشد. یعنی در

1. Multi Layer Perceptron

هر مرحله ضرایب وزن‌ها که انتخاب شدند، خروجی شبکه عصبی محاسبه و اختلاف آن با داده‌های واقعی به‌دست می‌آید که در واقع مقدار تابع هدف می‌باشد. محاسبات مربوط به شبکه عصبی مذکور در محیط MATLAB 2015bپیاده‌سازی شده است.

الگوریتم رقابت استعماری

الگوریتم رقابت استعماری توسط آتشپز و لوکاس[1] (۲۰۰۷) ارائه شده است. این الگوریتم، در وحله اول با داشتن یک دیدگاه کاملاً نو به بحث بهینه‌سازی، پیوندی جدید میان علوم انسانی و اجتماعی از یک سو و علوم فنی و ریاضی از سوی دیگر برقرار می‌کند. به‌طور ویژه این الگوریتم به فرایند استعمار، به‌عنوان مرحله‌ای از تکامل اجتماعی–سیاسی بشر نگریسته و با مدل‌سازی ریاضی این پدیده تاریخی، از آن به‌عنوان منشأ الهام یک الگوریتم قدرتمند در زمینه بهینه‌سازی بهره می‌گیرد (آتشپز و لوکاس، ۲۰۰۷).

شکل دهی امپراطوری های اولیه

در هر مسئله بهینه‌سازی، هدف یافتن یک جواب بهینه بر حسب متغیرهای مسئله است. به همین منظور ابتدا یک آرایه از متغیرهای مسئله که باید بهینه شوند، ایجاد می‌کنیم. در اینجا این آرایه را یک کشور می‌نامیم. در یک مسئله بهینه‌سازی N_{var} بعدی، یک کشور، یک آرایه با ابعاد $1*N_{var}$ است. این آرایه به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\mathrm{Country_i} = [\mathrm{p_{i.1}}.\,\mathrm{p_{i.2}}\ldots.\,\mathrm{p_{i.Nvar}}] \qquad \text{رابطه (۲)}$$

الگوریتم معرفی شده در این نوشتار، با تولید یک دسته اولیه از جواب‌ها و دسته‌بندی آنها در قالب امپراطوری‌ها و اعمال سیاست جذب از طرف استعمارگران به روی مستعمرات و همچنین با ایجاد رقابت استعماری میان امپراطوری‌ها به جستجوی بهترین کشور یا جواب می‌پردازد.

بنابراین ماتریس اولیه کل کشورها به صورت تصادفی تشکیل می‌شود:

$$\mathrm{country} = \begin{bmatrix} \mathrm{Country_1} \\ \mathrm{Country_2} \\ \ldots \\ \mathrm{Country_{N_{Country}}} \end{bmatrix} \qquad \text{رابطه(۳)}$$

هزینه یک کشور با ارزیابی تابع f در متغیرهای $Country_i = [p_{i.1}.p_{i.2}\ldots.p_{i.\mathrm{Nvar}}]$ ارزیابی می‌شود. بنابراین:

$$\mathrm{cost_i} = \mathrm{f(Country_i)} = \mathrm{f(p_{i.1}.\,p_{i.2}\ldots.\,p_{i.Nvar})} \qquad \text{رابطه (۴)}$$

1. Atashpaz-Gargari & Lucas

برای شروع الگوریتم، تعداد $N_{country}$ کشور اولیه را ایجاد می‌کنیم. N_{imp} تا از بهترین اعضای این جمعیت (کشورهای دارای کمترین مقدار تابع هزینه) را به‌عنوان امپریالیست انتخاب می‌کنیم. با داشتن هزینه همه امپریالیست‌ها، هزینه نرمالیزه آنها را به‌صورت زیر درنظر می‌گیریم.

$$C_n = \max_{j\in\{1.2.\ldots.\mathrm{Nimp}\}}\{c_j\} - c_n \qquad \forall n \in \{1.2.\ldots.\mathrm{Nimp}\}$$ رابطه (۵)

که در آن c_n هزینه امپریالست n ام، و C_n هزینه نرمالیزه شده این امپریالیست است. قدرت نسبی نرمالیزه هر امپریالیست، به‌صورت زیر محاسبه شده و بر مبنای آن، کشورهای مستعمره، بین امپریالسیت‌ها تقسیم می‌شوند.

$$P_n = \left|\frac{C_n}{\sum_{i=1}^{\mathrm{Nimp}} C_n}\right|$$ رابطه (۶)

از یک دید دیگر، قدرت نرمالیزه شده یک امپریالیست، نسبت مستعمراتی است که توسط آن امپریالیست اداره می‌شود. بنابراین تعداد اولیه مستعمرات یک امپریالیست برابر خواهد بود با:

$$\mathrm{NC_n} = \mathrm{round}(\mathrm{p_n} * \mathrm{N_{col}})$$ رابطه (۷)

که در آن $\mathrm{NC_n}$ تعداد اولیه مستعمرات یک امپراطوری و $\mathrm{N_{col}}$ نیز تعداد کل کشورهای مستعمره موجود در جمعیت کشورهای اولیه است. round نیز تابعی است که نزدیک‌ترین عدد صحیح به یک عدد اعشاری را می‌دهد (رضایی صدرآبادی و طالبی، ۱۳۹۰).

مدل سازی سیاست جذب: حرکت مستعمره ها به سمت امپریالیست

طی این فرآیند، کشور مستعمره به اندازه X واحد در جهت خط واصل مستعمره به استعمارگر، حرکت کرده و به موقعیت جدید کشانده می‌شود. فاصله میان استعمارگر و مستعمره با d نشان داده می‌شود. X نیز عددی تصادفی با توزیع یکنواخت (و یا هر توزیع مناسب دیگر) می‌باشد. یعنی برای X داریم:

$$\mathrm{X}\sim\mathrm{U}(0.\beta * d)$$ رابطه (۸)

که در آن β عددی بزرگتر از یک و نزدیک به ۲ می‌باشد. یک انتخاب مناسب می‌تواند β=۲ باشد. وجود ضریب β>۱ باعث می‌شود تا کشور مستعمره در حین حرکت به سمت کشور استعمارگر، از جهت‌های مختلف به آن نزدیک شود.

در حرکت مستعمرات به سمت استعمارگر، کمی زاویه تصادفی نیز به جهت حرکت مستعمره، اضافه می‌شود. بدین منظور این بار به جای حرکت به اندازه X، به سمت کشور استعمارگر و در جهت بردار واصل مستعمره به استعمارگر، به همان میزان، ولی با انحراف θ در مسیر، به حرکت خود ادامه می‌دهیم. Θ

را به صورت تصادفی و با توزیع یکنواخت درنظر می‌گیریم اما هر توزیع دلخواه و مناسب دیگر نیز می‌تواند استفاده شود. پس:

$$\theta \sim U(-\gamma.\gamma)$$ رابطه (۹)

در این رابطه، γ پارامتری دلخواه است که افزایش آن باعث افزایش جستجوی اطراف امپریالیست شده و کاهش آن نیز باعث می‌شود (مروتی شریف آبادی و همکاران، ۱۳۹۴).

جابجایی موقعیت مستعمره و امپریالیست

در حین حرکت مستعمرات به سمت کشور استعمارگر، ممکن است بعضی از این مستعمرات به موقعیتی بهتر از امپریالیست برسند. در این حالت، کشور استعمارگر و کشور مستعمره، جای خود را با همدیگر عوض کرده و الگوریتم با کشور استعمارگر در موقعیت جدید ادامه یافته و این بار این کشور امپریالیست جدید است که شروع به اعمال سیاست همگون‌سازی بر مستعمرات خود می‌کند (مروتی شریف آبادی و همکاران، ۱۳۹۴).

قدرت کل یک امپراطوری

قدرت یک امپراطوری برابر با قدرت کشور استعمارگر به‌اضافه درصدی از قدرت کل مستعمرات آن است. بدین ترتیب برای هزینه کل یک امپراطوری داریم:

$$TC_n = \text{cost}(\text{Imperialist}_n) + \xi * \text{mean}(\text{cost}(\text{colonies of empire}_n))$$ رابطه (۱۰)

که در آن TC_n هزینه کل امپراطوری n ام و ξ عددی مثبت است که معمولا بین صفر و یک و نزدیک به صفر درنظر گرفته می‌شود. کوچک در نظر گرفتن ξ، باعث می‌شود که هزینه کل یک امپراطوری تقریبا برابر با هزینه حکومت مرکزی آن (کشور امپریالیست) شود و افزایش ξ نیز باعث افزایش تأثیر میزان هزینه مستعمرات یک امپراطوری در تعیین هزینه کل آن می‌شود. $\xi = 0.05$ در اکثر پیاده‌سازی به جواب‌های مطلوبی منجر شده است (مروتی شریف آبادی و همکاران، ۱۳۹۴).

رقابت استعماری

در تکرار الگوریتم، یکی یا چند تا از ضعیف‌ترین مستعمرات ضعیف‌ترین امپراطوری را برداشته و برای تصاحب این مستعمرات، رقابتی را میان کلیه امپراطوری‌ها ایجاد می‌کنیم. مستعمرات مذکور، لزوماً توسط قوی‌ترین امپراطوری تصاحب نخواهند شد، بلکه امپراطوری‌های قوی‌تر، احتمال تصاحب بیشتری دارند. بدین منظور ابتدا از روی هزینه کل امپراطوری، هزینه کل نرمالیزه شده آن را تعیین می‌کنیم:

$$\mathrm{NTC_n} = \max_i\{\mathrm{TC_i}\} - \mathrm{TC_n}$$ رابطه (۱۱)

در این رابطه $\mathrm{TC_n}$ هزینه کل امپراطوری n ام و $\mathrm{NTC_n}$ هزینه کل نرمال شده آن امپراطوری است. هر امپراطوری که $\mathrm{TC_n}$ کمتری داشته باشد $\mathrm{NTC_n}$ بیشتری خواهد داشت. در حقیقت $\mathrm{TC_n}$ معادل هزینه کل یک امپراطوری و $\mathrm{NTC_n}$ معادل قدرت کل آن می‌باشد. امپراطوری با کمترین هزینه، دارای بیشترین قدرت است. با داشتن هزینه کل نرمال شده، احتمال (قدرت) تصاحب مستعمره رقابت، توسط هر امپراطوری، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{P_n} = \left|\frac{NTC_n}{\sum_{i=1}^{\mathrm{Nimp}} NTC_i}\right|$$ رابطه (۱۲)

با داشتن احتمال تصاحب هر امپراطوری، برای این‌که مستعمرات مذکور را به‌صورت تصادفی، ولی با احتمال وابسته به احتمال تصاحب هر امپراطوری، بین امپراطوری‌ها تقسیم کنیم؛ بردار P را از روی مقادیر احتمال فوق، به‌صورت زیر تشکیل می‌دهیم:

$$\mathrm{P} = [\mathrm{P_{P_1}}.\mathrm{P_{P_2}}.\ldots.\mathrm{P_{P_{Nimp}}}]$$ رابطه (۱۳)

بردار P دارای سایز $\mathrm{Nimp} * 1$ است و از مقادیر احتمال تصاحب امپراطوری‌ها تشکیل می‌شود. سپس بردار تصادفی R، با ابعاد برابر با بردار P را تشکیل می‌دهیم. آرایه‌های این بردار، اعدادی تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه (۰،۱) هستند.

$$R = [r_1.r_2.\ldots.r_{\mathrm{Nimp}}]$$
$$r_1.r_2.\ldots.r_{\mathrm{Nimp}} \sim U(0.1)$$ رابطه (۱۴)

سپس بردار D را به صورت زیر تشکیل می‌دهیم:

$$\mathrm{D} = \mathrm{P} - \mathrm{R}$$ رابطه (۱۵)

با داشتن بردارD، مستعمرات مذکور را به امپراطوری می‌دهیم که اندیس مربوط به آن در بردار بزرگتر از بقیه می‌باشد. امپراطوری که بیشترین احتمال تصاحب را داشته باشد، با احتمال بیشتری اندیس مربوط به آن دربردارد. با تصاحب مستعمره توسط یکی از امپراطوری‌ها، عملیات این مرحله از الگوریتم نیز به پایان می‌رسد (رضایی صدرآبادی و طالبی، ۱۳۹۰).

سقوط امپراطوریهای ضعیف

شروط متفاوتی را می‌توان برای سقوط یک امپراطوری درنظر گرفت. در الگوریتم پیشنهاد شده، یک امپراطوری زمانی حذف شده تلقی می‌شود که مستعمرات خود را از دست داده باشد (کریمی و گودرزی دهریزی، ۱۳۹۹).

همگرایی

الگوریتم موردنظر تا برآورده شدن یک شرط همگرایی، و یا تا اتمام تعداد کل تکرارها، ادامه می‌یابد. پس از مدتی، همه امپراطوری‌ها سقوط کرده و تنها یک امپراطوری خواهیم داشت و بقیه کشورها تحت کنترل این امپراطوری واحد قرار می‌گیرند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و آزمون فرضیه‌ها

در این بخش نتایج پژوهش ارائه و می‌شود. به‌منظور برقراری رابطه رگرسیون خطی، ابتدا باید مفروضات این مدل بررسی شود. از مهم‌ترین مفروضات لازم برای استفاده از رگرسیون خطی نرمال بودن داده‌ها و عدم وجود همخطی میان داده‌ها می‌باشد.

با توجه به آزمون‌های صورت پذیرفته مشخص شده که بسیاری از متغیرهای مورد استفاده از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند. بر همین اساس از تبدیل جانسون[1] به‌منظور نرمال‌سازی داده‌ها استفاده شده است. تبدیل جانسون به‌طور بهینه یک تابع را از سه خانواده توزیع یک متغیره انتخاب می‌کند که به راحتی به توزیع نرمال استاندارد تبدیل می‌شود. این توزیع‌ها به‌عنوان SB، SL و SU شناخته می‌شوند. خاصیت این تبدیل آن است که مقادیر تبدیل شده دارای رابطه مستقیم با مقادیر خام هستند (مینی تب[2]، ۲۰۱۶). این خاصیت باعث می‌شود که بتوان به راحتی از مقایر تبدیل‌یافته به جای مقادیر خام در معادلات رگرسیون استفاده کرد. به‌منظور تبدیل متغیر غیرنرمال x از طریق هر یک از خانواده‌های تبدیل جانسون مطابق جدول ۱ عمل می‌شود (مینی تب، ۲۰۱۶).

جدول ۱. توابع تبدیل‌های جانسون

خانواده تبدیل	تابع تبدیل	دامنه پارامترها
S_B	$\gamma + \eta \ln [(x - \varepsilon) / (\lambda + \varepsilon - x)]$	$\eta, \lambda > 0, -\infty < \gamma < \infty, -\infty < \varepsilon < \infty, \varepsilon < x < \varepsilon + \lambda$
S_L	$\gamma + \eta \ln (x - \varepsilon)$	$\eta > 0, -\infty < \gamma < \infty, -\infty < \varepsilon < \infty, \varepsilon < x$
S_U	$\gamma + \eta \operatorname{Sinh}^{-1} [(x - \varepsilon) / \lambda]$,	$\eta, \lambda > 0, -\infty < \gamma < \infty, -\infty < \varepsilon < \infty, -\infty < x < \infty$

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۲ تبدیل‌های به‌کار رفته را برای متغیرها و صنایع مختلف نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که همیشه نمی‌توان تبدیل جانسون بهینه را یافت. در این موارد از مقادیر تبدیل نشده‌ای که دارای توزیع نرمال نیستند به‌صورت تقریبی در معادلات استفاده شده است. این موارد در جدول با علامت ستاره (*) مشخص شده‌اند. به‌علاوه، مواردی که نیاز به تبدیل نداشته‌اند با دو ستاره (**) مشخص شده‌اند.

1. Johnson Transformation
2. Minitab

جدول ۲. تبدیل‌های به‌کار رفته برای متغیرها و صنایع مختلف

صنعت	نسبت مالی	نوع تبدیل	تابع تبدیل	سطح معناداری
کاشی و سرامیک	بازگشت دارایی(ROA)	SU	Y= -0.01+1.26*ASINH((X-5.2)/11.67)	۰/۲۳
	نسبت بدهی	SU	Y= -0.29+0.9*ASINH((X-0.58)/0.15)	۰/۱
	*نسبت نقدینگی	-	Y = X	۰/۲۳
	نسبت بدهی بلند مدت	SB	Y = 3.07+0.82*Ln((X+0.81)/(237.89-X))	۰/۲۹
	نسبت پوشش بهره	SU	Y = 0.24+0.51*ASINH((X-0.48)/1.08)	۰/۵۷
سیمان	بازگشت دارایی(ROA)	SU	Y = -2.16+2.18*ASINH((X+7.6)/15.83)	۰/۸۱
	نسبت بدهی	SB	Y = -0.49+1.31*Ln((X+0.14)/(1.05-X))	۰/۰۴۹
	نسبت نقدینگی	SB	Y = 3.18+0.85*Ln((X+0.005)/(4.06-X))	۰/۹
	نسبت بدهی بلند مدت	SB	Y = 1.12+0.58*Ln((X+0.33)/(84.61-X))	۰/۱۳
	نسبت پوشش بهره	SU	Y = 0.75+0.48*ASINH((X-0.21)/1.23)	۰/۷۸
فلزات	*بازگشت دارایی(ROA)	-	Y = X	<۰/۰۰۵
	*نسبت بدهی	-	Y = X	۰/۰۰۵
	نسبت نقدینگی	SB	Y = 1.88+0.64*Ln((X+0.0001)/(1.38-X))	۰/۲۳
	*نسبت بدهی بلند مدت	-	Y = X	<۰/۰۰۵
	*نسبت پوشش بهره	-	Y = X	<۰/۰۰۵
نفت و گاز	بازگشت دارایی(ROA)	SU	Y = -0.57+0.99*ASINH((X-5.03)/8.86)	۰/۱۷
	**نسبت بدهی	-	Y = X	۰/۵
	نسبت نقدینگی	SL	Y = 1.63+0.63*Ln(x)	۰/۱۱
	نسبت بدهی بلند مدت	SB	Y = 1.69+0.61*Ln((X-0.01)/47.33-X))	۰/۸۶
	نسبت پوشش بهره	SU	Y = -1.57+0.81*ASINH((X+7.79)/31.98)	۰/۷۶
داروسازی	بازگشت دارایی(ROA)	SU	Y = -1.61+1.74*ASINH((X-0.84)/12.76)	۰/۳۳
	نسبت بدهی	SU	Y = 0.95+2.32*ASINH((X-0.78)/0.32)	۰/۰۲
	نسبت نقدینگی	SL	Y = 2.93+1.01*Ln(x)	۰/۱۶
	نسبت بدهی بلند مدت	SU	Y = -0.77+0.72*ASINH((X-0.95)/0.65)	۰/۰۲
	نسبت پوشش بهره	SU	Y = 1.08+0.64*ASINH((X-0.42)/0.52)	۰/۸۲

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۳ ضرایب برازش شده برای مدل رگرسیون خطی ساده با استفاده از متغیرهای تبدیل شده به صورت جدول فوق را به تفکیک صنایع و به همراه سطوح معناداری نشان می‌دهد. آزمون دیکی-فولر برای مانایی متغیرها انجام شده است. با توجه به مقادیر سطح معناداری این آزمون (همگی کوچکتر از ۰،۰۵)

می‌توان گفت همه متغیرها مانا هستند. همچنین آزمون BPG[1] برای ناهمسانی واریانس نشان‌دهنده عدم وجود ناهمسانی واریانس در همه مدل‌ها است (سطوح معناداری بزرگتر از ۰/۰۵).

جدول ۳. ضرایب برازش شده برای مدل رگرسیون خطی ساده

صنعت	نسبت مالی	ضریب	سطح معناداری	VIF	سطح معناداری دیکی- فولر	سطح معناداری BPG	R-sq	R-sq(adj)	R-sq (pred)
کاشی و سرامیک	نسبت بدهی	-۰/۴۱	۰/۰۰۰	۲/۸۳	۰/۰۰۰	۰/۱۷۸۳	۸۳/۴۷	۸۲/۷۵	۷۹/۹۹
	*نسبت نقدینگی	۰/۶۱	۰/۰۰۰	۲/۲۲	۰/۰۰۰				
	نسبت بدهی بلند	-۰/۱۷	۰/۰۱۳	۱/۳۵	۰/۰۰۰				
	نسبت پوشش بهره	-۰/۶۴	۰/۰۰۰	۱/۱۸	۰/۰۰۰				
سیمان	نسبت بدهی	-۰/۲۸	۰/۰۰۰	۲/۱۱	۰/۰۰۰	۰/۱۹۲۲	۷۰/۸۳	۷۰/۳۶	۶۹/۳۵
	نسبت نقدینگی	۰/۲۵	۰/۰۰۰	۱/۲۸	۰/۰۰۰				
	نسبت بدهی بلند	-۰/۰۰۰۹	۰/۹۸۶	۱/۶۰	۰/۰۲۱				
	نسبت پوشش بهره	-۰/۵۷	۰/۰۰۰	۱/۵۹	۰/۰۰۰				
فلزات	*نسبت بدهی	-۳,۴۵	۰/۰۵۰	۲/۰۷	۰/۰۰۰	۰/۱۴۵۲	۲۹/۹۵	۲۸/۸۲	۲۳/۸۰
	نسبت نقدینگی	۱۰,۰۰	۰/۰۰۰	۱/۱۲	۰/۰۰۰				
	*نسبت بدهی بلند	۰/۱۲۴	۰/۲۳۲	۲/۱۰	۰/۰۳۴				
	*نسبت پوشش	-۰/۰۰۰۳۲	۰/۸۳۹	۱/۰۶	۰/۰۰۰				
نفت و گاز	**نسبت بدهی	۰/۱۴۸	۰/۲۸۹	۱/۰۳	۰/۰۰۰	۰/۲۲۱۳	۳۹/۷۰	۳۶/۱۰	۳۱/۶۰
	نسبت نقدینگی	۰/۰۰۸	۰/۹۳۶	۱/۲۴	۰/۰۰۰				
	نسبت بدهی بلند	۰/۰۴۳	۰/۶۱۶	۱/۱۲	۰/۰۴۱				
	نسبت پوشش بهره	-۰/۶۰۷	۰/۰۰۰	۱/۱۸	۰/۰۰۰				
داروسازی	نسبت بدهی	-۰/۴۱	۰/۰۰۰	۱/۷۶	۰/۰۰۰	۰/۰۸۲۱	۷۱/۲۴	۷۰/۸۱	۶۹/۷۵
	نسبت نقدینگی	-۰/۰۴	۰/۲۵۲	۱/۱۷	۰/۰۰۰				
	نسبت بدهی بلند	-۰/۱۶	۰/۰۰۰	۱/۰۴	۰/۰۰۰				
	نسبت پوشش بهره	-۰/۴۴	۰/۰۰۰	۱/۶۱	۰/۰۰۰				

منبع: یافته‌های پژوهش

از جدول ۳ نتایج زیر را می توان مورد توجه قرار داد:

صنعت کاشی و سرامیک: در این صنعت، رابطه منفی بین نسبت بازده دارایی‌ها و متغیرهای نسبت بدهی، نسبت بدهی بلندمدت، و نسبت پوشش بهره دیده می‌شود. از طرف دیگر، رابطه بازده دارایی‌ها با نسبت نقدینگی مثبت ارزیابی شده است. لازم به ذکر است که تمام این روابط در سطح معناداری ۰/۰۵ معنادار هستند. به‌علاوه، مقادیر کوچک آماره VIF نشان می‌دهد که همبستگی شدید میان متغیرهای

1. Breusch-Pagan-Godfrey

مستقل وجود ندارد. ضمنا، قدرت تبیین مدل با توجه به معیار ضریب تعیین (R-sq) برابر ۸۳/۴۷، بر اساس معیار ضریب تعیین تعدیل شده (با حذف اثرات تصادفی افزایش متغیرهای مستقل) (R-sq (adj)) برابر ۸۲/۷۵ و ضریب تعیین پیش بینی R-sq (pred) برابر ۷۹/۹۹ می‌باشد.

صنعت سیمان: در این صنعت، رابطه بین نسبت بازده دارایی‌ها و متغیرهای نسبت بدهی، نسبت بدهی بلندمدت، و نسبت پوشش بهره منفی است. به‌علاوه، رابطه بازده دارایی‌ها با نسبت نقدینگی مثبت ارزیابی شده است. تمام این روابط، با استثنای نسبت بدهی بلندمدت، در سطح معناداری ۰/۰۵ معنادار هستند. همچنین، مقادیر کوچک آماره VIF نشان می‌دهد که همبستگی میان متغیرهای مستقل ضعیف یا قابل قبول است. قدرت تبیین مدل با توجه به معیار ضریب تعیین (R-sq) برابر ۷۰/۸۳، بر اساس معیار ضریب تعیین تعدیل‌شده (با حذف اثرات تصادفی افزایش متغیرهای مستقل) (R-sq (adj)) برابر ۷۰/۳۶ و ضریب تعیین پیش‌بینی R-sq (pred) برابر ۶۹/۳۵ می‌باشد.

صنعت فلزات: در صنعت فلزات، رابطه منفی نسبت بازده دارایی‌ها با نسبت بدهی و رابطه مثبت با نسبت نقدینگی دیده می‌شود. از طرف دیگر، رابطه بازده دارایی‌ها با نسبت‌های بدهی بلندمدت و پوشش بهره معنادار نیست. مقادیر کوچک آماره VIF در این صنعت نیز نشان می‌دهد که همبستگی شدید میان متغیرهای مستقل وجود ندارد. ضمنا، قدرت تبیین مدل با توجه به معیار ضریب تعیین (R-sq) برابر ۲۹/۹۵، بر اساس معیار ضریب تعیین تعدیل شده (با حذف اثرات تصادفی افزایش متغیرهای مستقل) (R-sq (adj)) برابر ۲۸/۸۲ و ضریب تعیین پیش‌بینی R-sq (pred) برابر ۲۳/۸۰ می‌باشد.

صنعت نفت و گاز: در صنعت نفت و گاز، رابطه مثبت بین نسبت بازده دارایی‌ها با نسبت بدهی نسبت نقدینگی و نسبت بدهی بلندمدت دیده می‌شود که البته همگی در سطح معناداری ۰/۰۵ غیرمعنادار هستند. این موضوع نشان می‌دهد که ساختار سرمایه نمی‌تواند در این صنعت به تنهایی نشان دهنده تغییرات در بازدهی سرمایه باشد. از طرف دیگر، رابطه بازده دارایی‌ها با نسبت پوشش بهره منفی و معنادار است. در این صنعت نیز مشکل همخطی وجود ندارد. قدرت تبیین مدل با توجه به معیار ضریب تعیین (R-sq) برابر ۳۹/۷۰، بر اساس معیار ضریب تعیین تعدیل شده (با حذف اثرات تصادفی افزایش متغیرهای مستقل) (R-sq (adj)) برابر ۳۶/۱۰ و ضریب تعیین پیش‌بینی R-sq (pred) برابر ۳۱/۶۰ می‌باشد.

صنعت داروسازی: در صنعت نفت و گاز، میان نسبت بازده دارایی‌ها با نسبت‌های بدهی، نقدینگی، بدهی بلندمدت و پوشش بهره رابطه منفی دیده می‌شود که البته رابطه با نسبت نقدینگی در سطح معناداری ۰/۰۵ غیرمعنادار است. مشکل همخطی در این صنعت نیز وجود ندارد. قدرت تبیین مدل با توجه به معیار ضریب تعیین (R-sq) برابر ۷۱/۲۴، بر اساس معیار ضریب تعیین تعدیل شده (با حذف اثرات تصادفی افزایش متغیرهای مستقل) (R-sq (adj)) برابر ۷۰/۸۱ و ضریب تعیین پیش‌بینی R-sq (pred) برابر ۶۹/۷۵ است.

به استثنای صنعت نفت و گاز که در آن رابطه معناداری میان بازدهی سرمایه و نسبت بدهی وجود ندارد، ضرایب منفی برای نسبت بدهی در صنایع مورد بررسی نشان‌دهنده رابطه عکس میان نرخ بازده دارایی‌ها و افزایش بدهی‌های شرکت‌ها می‌باشد. این موضوع نظریه سلسله مراتبی را در رابطه با ارتباط بین سوددهی شرکت و ساختار سرمایه نشان می‌دهد.

تاکنون با استفاده از داده‌های تبدیل یافته و با بهره‌گیری از رگرسیون حداقل مربعات معمولی مشخص شده است که در میان شرکت‌های نمونه ثبت شده در بازار بورس تهران و در صنایع مختلف بررسی شده چه ارتباطی بین سودآوری و ساختار سرمایه برقرار است. حال با استفاده از همان متغیرهای مورد استفاده در رگرسیون خطی به مقایسه قدرت تبیین مدل رگرسیونی و شبکه عصبی موجکی بهینه‌سازی شده توسط الگوریتم رقابت استعماری جهت تبیین رابطه میان ساختار سرمایه و سودآوری می‌پردازیم.

به منظور آزمون تأثیرگذاری به‌کارگیری الگوریتم رقابت استعماری بر بهبود دقت پیش‌بینی از آزمون t-student یک نمونه‌ای برای مقایسه میانگین یک جامعه (μ_1 برای ICA) با مقداری مشخص (μ_0 برای رگرسیون OLS) استفاده شده است. فرض صفر به‌صورت $\mu_1 = \mu_0$ و فرض مقابل به صورت $\mu_1 > \mu_0$ در نظر گرفته شده است. بنابراین، در سطح معناداری برابر ۰/۰۵، P-Value کوچکتر از ۰/۰۵ به‌معنای اثرگذاری معنادار ICA در جهت بهبود دقت پیش‌بینی است. بر اساس جدول ۴، مشاهده می شود که P-Value آزمون برای تمام صنایع مورد بررسی کوچکتر از ۰/۰۵ بوده و فرض معنادارای اثر ICA بر بهبود دقت پیش‌بینی تأیید می‌شود.

جدول ۴. مقایسه تبیین شبکه عصبی موجکی بهینه‌سازی شده و رگرسیون خطی ساده

صنعت	μ_0(رگرسیون OLS)	میانگین ICA-ANN	T-Value	P-Value
کاشی و سرامیک	۸۳/۴۷	۸۷/۰۵	۶/۵۰	۰/۰۰۰
سیمان	۷۰/۸۳	۷۶/۲۵	۱۱/۳۳	۰/۰۰۰
فلزات	۲۹/۹۵	۶۳/۳۲	۷۶/۷۲	۰/۰۰۰
نفت وگاز	۳۹/۷۰	۴۹/۳۶	۳۵/۳۳	۰/۰۰۰
داروسازی	۷۱/۲۴	۸۴/۰۹	۱۷/۰۹	۰/۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

نتیجه گیری و بحث

دستیابی به نرخ هزینه مناسب در تعیین ترکیب بهینه ساختار سرمایه شرکت‌ها و به‌ویژه در کسب بهترین نتایج حاصل از عملیات به شکل سودآوری، افزایش قیمت سهام و افزایش سرمایه فکری شرکت ها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. در این پژوهش به تحلیل رابطه میان ساختار سرمایه و سودآوری پرداخته شده و فرضیه‌های مرتبط با رابطه مذکور در بورس اوراق بهادار تهران آزمون شده است. این کار با بررسی معناداری و مدل‌سازی رابطه میان ساختار سرمایه و سودآوری انجام شد. تحلیل در پنج صنعت، کاشی و سرامیک، سیمان، فلزات، نفت و گاز، و داروسازی و با استفاده از داده‌های ۱۶۱ شرکت از این صنایع در فاصله سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ انجام شده است. نتایج نشان داد رابطه میان نسبت‌های بدهی و نسبت بازدهی سرمایه در چهار صنعت کاشی و سرامیک، سیمان، فلزات، و داروسازی منفی و معنادار می‌باشد. این موضوع موید نظریه سلسله مراتبی رابطه میان سودآوری و ساختار سرمایه در بورس ایران بوده و سایر نظریه‌ها رد می‌شود. این درحالی است که در صنعت نفت و گاز رابطه معناداری میان بازده سرمایه و نسبت

بدهی دیده نشده است. به‌علاوه نتایج نشان داد که شبکه عصبی موجکی بهینه‌سازی شده با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری دارای قدرت قابل توجهی در تبیین تابع سودآوری بوده و این عملکرد در هر پنج صنعت بهتر از عملکرد رگرسیون چندگانه خطی ساده می‌باشد.

نتایج پژوهش با چچت و ایاولا (۲۰۱۴)، کودونگو و همکاران (۲۰۱۵)، دیویس و همکاران (۲۰۱۸)، مقاله تایلاب[1] (۲۰۱۴) و یوسف و سایاریف (۲۰۲۱) از لحاظ تأکید بر نظریه سلسله مراتبی در رابطه میان ساختار سرمایه و سودآوری شرکت‌ها همخوانی داشته و این خود مقوم اثبات این نظریه در روابط میان ساختار سرمایه و سودآوری در شرکت‌های ایرانی است. در میان تحقیقات ایرانی نیز، نتایج با نتایج مطالعات صالحی و یوسفی (۱۳۹۵) و مومنی طاهری و صادقی (۱۳۹۶) همخوانی دارد.

از سویی، تأیید اعتبار نظریه سلسله مراتبی در پژوهش حاضر با نتایج پژوهش حکیم و نالوفر (۲۰۲۰) در تضاد است که نشان‌دهنده رابطه اعتبار نظریات مورد بررسی با زمینه مورد مطالعه (زمانی، مکانی و حتی صنعتی) است.

در پایان با توجه به این که پژوهش فعلی از شاخص بازده دارایی‌ها به‌عنوان شاخص سودآوری استفاده نمود. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده از شاخص‌های منعکس‌کننده ارزش بازاری شرکت به‌عنوان متغیر پاسخ و معیار عملکرد استفاده نمایند. همچنین، از یک ماشین بردار پشتیبان جهت دسته‌بندی شرکت‌ها برحسب نسبت‌های مالی در حوزه‌های مختلف (برای مثال، نسبت‌های گردش دارایی، نسبت‌های اهرمی و...) استفاده گردد تا تفکیک شرکت‌هایی که در آنها رابطه منفی یا مثبت میان نسبت بدهی و بازده دارایی‌ها وجود دارد ممکن باشد.

ملاحظات اخلاقی:

حامی مالی: مقاله حامی مالی ندارد.

مشارکت نویسندگان: تمام نویسندگان در آماده‌سازی مقاله مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع: بنا بر اظهار نویسندگان در این مقاله هیچگونه تعارض منافعی وجود ندارد.

تعهد کپی‌رایت: طبق تعهد نویسندگان حق کپی‌رایت رعایت شده است.

1. Tailab

منابع

صالحی، مهدی و یوسفی، سمیه. (۱۳۹۵). رابطه ساختار سرمایه با بازده دارایی‌ها و با تأکید بر تورم ایجاد شده حاصل از تصمیم‌گیری‌های دولت. *راهبرد مدیریت مالی*، ۴(۱)، ۵۷-۳۷.

رضایی صدرآبادی، زهرا و طالبی، داوود. (۱۳۹۰). ارائه یک مدل کنترل موجودی دوسطحی (Q,R) و حل آن با الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری. *چشم‌انداز مدیریت صنعتی*، ۱(۱)، ۷۹-۹۴.

کریمی، آرزو و گودرزی دهریزی، سارا. (۱۳۹۹). بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری (ICA) و الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) تحت معیار ریسک ارزش در معرض خطر مشروط (CaAR). *مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۱۱(۴۵): ۴۴۴-۴۲۳.

مروتی شریف آبادی، علی.، عزیزی، شیرین و احمدی، ن سترن. (۱۳۹۴). بکارگیری الگوریتم رقابت استعماری (ICA) در بهینه‌سازی و تشکیل پرتفلیو. *دانش سرمایه‌گذاری*، ۴(۱۳)، ۴۲-۱۹.

مومنی طاهری، یاسر و صادقی، سمیه. (۱۳۹۶). رابطه بین ساختار سرمایه و عملکرد مالی با تأکید بر ادوار تجاری: تحلیلی از شرکت‌های سهام‌محور و بدهی‌محور. *مدلسازی اقتصادی*، ۱۱(۲)، ۱۵۶-۱۳۷.

Abor, J. (2005). The effect of capital structure on profitability: an empirical analysis of listed firms in Ghana. *The Journal of Risk Finance*, 3(1), 245-257.

Atashpaz-Gargari, E. & Lucas, C. (2007). Designing an optimal PID controller using imperialist competitive algorithm. First Joint Congress on Fuzzy and Intelligent Systems, Ferdowsi University of Mashhad, Iran (29-31).

Chechet, I. L. & Olayiwola, A. B. (2014). Capital structure and profitability of Nigerian quoted firms: The agency cost theory perspective. *American International Journal of Social Science*, 3(1), 139-158.

Danis, A., Rettl, D. A. & Whited, T. M. (2014). Refinancing, profitability, and capital structure. *Journal of Financial Economics*, 114(3), 424-443.

Davis, K. O., Robert, M. K. & Fredrick, K. M. (2018). The relationship between capital structure and profitability of firms listed at the nairobi securitites exchange. *African Development Finance Journal*, 2(1), 225-237.

Fama, E. F. & French, K. R. (1998). Taxes, financing decisions, and firm value. *The Journal of Finance*, 53(3), 819-843.

Graham, J. R. & Leary, M. T. (2011). A review of empirical capital structure research and directions for the future. *Annual Review of Financial Economics*, 3(1), 309-345.

Hakim, M. Z. & Naelufar, Y. (2020). Analysis of profit growth, profitability, capital structure, liquidity and company size of profit quality. *Journal Akademi Akuntansi*, 3(1), 12-35.

Jouida, S. (2018). Diversification, capital structure and profitability: A panel VAR approach. *Research in International Business and Finance*, 45, 243-256.

Karimi, A. & Goodarzi Dahrizi, S. (2020). Stock portfolio optimization using Imperialist Competitive Algorithm (ICA) and Particle Swarm Optimization (PSO) under Conditional Value at Risk (CVaR). *Financial Engineering and Securities Management*, 11(45), 423-444. (In Persian)

Kodongo, O., Mokoaleli-Mokoteli, T. & Maina, L. N. (2015). Capital structure, profitability and firm value: panel evidence of listed firms in Kenya. *African Finance Journal*, 17(1), 1-20.

Kubat, M. (2015). Artificial neural networks. In *An Introduction to Machine Learning* (pp. 91-111). https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-20010-1.

Le, T. D. & Nguyen, D. T. (2020). Capital structure and bank profitability in Vietnam: A quantile regression approach. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(8), 168.

Momeni Taheri, Y. & Sadeghi, S. (2017). Relationship between capital structure and financial performance by concentrating on business cycles: An analysis of debt/stock-nexus firms. *Quarterly Journal of Economic Modeling*, 11(2), 137-156. (In Persian)

Morovati Sharifabadi, A., Azizi, S. & Ahmadi, N. (2015). Applying imperialist competitive algorithm (ICA) for construction and optimization portfolio. *Investment Knowledge*, 4(1), 19-42. (In Persian)

Salehi, M. & Yosefi, S. (2016). The relationship between capital structure and return on assets, with an emphasis on inflation caused by government decision makings. *Journal of Financial Management Strategy*, 4(1), 37-57. (In Persian)

Rezaei Sadrabadi, Z. & Talebi, D. (2011). Providing a two-level inventory control model (R, Q) and solving it with genetic algorithms and colonial competition. *Industrial Management Perspective*, 1(1), 79-94. (In Persian)

Tailab, M. M. K. (2014). The effect of capital structure on profitability of energy American firms. *International Journal of Business and Management Invention*, 3(12), 54-61.

Yusuf, J. & Syarif, A. D. (2021). The role of profitability, capital structure and firm size towards the firm value of PT. CITRA marga nusaphala persada,

TBK during period 1995-2017. *Dinasti International Journal of Economics, Finance & Accounting*, 1(6), 1060-1069.

Zeitun, R. & Tian, G. G. (2014). Capital structure and corporate performance: evidence from Jordan. *Australasian Accounting Business & Finance Journal, Forthcoming*, 4(8), 74-92.

Rezaei Sadrabadi, Z. & Talebi, D. (2011). Providing a two-level inventory control model (R, Q) and solving it with genetic algorithms and colonial competition. *Industrial Management Perspective*, 1(1), 79-94. (In Persian)

© 2020 Alzahra University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).