

## ارایه الگوریتم درخت تصمیم برای پیش بینی ورشکستگی شرکتهای بورسی

سید احسان میرانی انارمرزی<sup>۱</sup>

محدثه جوانمرد آهندانی\*<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱ تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۰۶/۰۲

### چکیده

هدف اصلی این تحقیق پیش‌بینی ورشکستگی شرکتهای با محدودیت مالی با استفاده از درخت تصمیم است. از حیث روش‌شناسی، این تحقیق در حوزه تحقیقات اثباتی مالی قرار می‌گیرد. با توجه به این که از اطلاعات تاریخی شرکتهای دارای محدودیت مالی برای پاسخگویی به سؤالات تحقیق استفاده می‌شود، در گروه تحقیقات شبه آزمایشی قرار می‌گیرد. همچنین با توجه به ماهیت و روشی که در این تحقیق استفاده می‌شود، نوعی تحقیق توصیفی - پیمایشی و از جهت نوع مطالعه، میدانی - آرشویی و از نظر هدف از نوع تحقیقات کاربردی محسوب می‌شود. جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه شرکتهای بورسی از ابتدای سال ۱۳۹۳ تا پایان سال ۱۳۹۹ که دارای محدودیت مالی می‌باشند که با استفاده از مدل درخت تصمیم پیش‌بینی شدند. نتایج تحلیل‌ها نشان داد مدل درخت تصمیم توان پیش‌بینی ورشکستگی شرکتهای با محدودیت مالی را دارد. همچنین دقت پیش‌بینی مدل درخت تصمیم در پیش‌بینی ورشکستگی شرکتهای با محدودیت مالی از عملکرد بالایی برخوردار است و مدل CRT دارای ۸۸٫۲ قدرت پیش‌بینی کنندگی است.

### واژگان کلیدی

ورشکستگی، شرکتهای با محدودیت مالی، درخت تصمیم

۱ عضو هیأت علمی گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه غیرانتفاعی علامه محدث نوری، ایران.

[mirani@mohaddes.ac.ir](mailto:mirani@mohaddes.ac.ir)

۲ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مدیریت مالی، دانشگاه غیرانتفاعی علامه محدث نوری، ایران.

[Mohassese13652020@gmail.com](mailto:Mohassese13652020@gmail.com)

## ۱. مقدمه

«ورشکستگی»<sup>۱</sup> شرکت‌ها موجب به هدر رفتن منابع و عدم بهره‌گیری از فرصت‌های سرمایه‌گذاری می‌شود. پیش‌بینی ورشکستگی با طراحی شاخص‌ها و الگوهای مناسب می‌تواند شرکت‌ها را نسبت به وقوع «درماندگی مالی» و ورشکستگی آگاه سازد تا با توجه به این هشدارها سیاست مناسبی را اتخاذ نمایند (آلم<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). سرمایه‌گذاران و بانک‌ها تمایلی به سرمایه‌گذاری در شرکت‌های دچار درماندگی مالی ندارند؛ به همین دلیل، پیش‌بینی درماندگی مالی و ورشکستگی شرکت‌ها از اهمیت ویژه‌ای نزد آنها برخوردار است. از طرفی، چون ورشکستگی تبعات و پیامدهای ناگواری بر اشتغال و نیروی کار دارد، سیاست‌گذاران نیز به دنبال شناسایی شرکت‌های درمانده مالی و ورشکسته هستند تا بتوانند سیاست‌های حمایتی را به موقع بر این شرکت‌ها یا صنایع اعمال کنند (مورفی<sup>۳</sup>، ۲۰۲۱). محققان در خصوص اقدامات شرکت‌ها برای جلوگیری از درماندگی، به حقایقی دست یافته‌اند؛ یافته‌های دی فوند و جیامبالو<sup>۴</sup> (۱۹۹۴) نشان می‌دهد شرکت‌هایی که به درماندگی مالی دچار می‌شوند، سعی می‌کنند پیش از درماندگی اساسی شرکت با استفاده از روش‌های جایگزین مالی و حسابداری به سطح درآمدی بالاتر دست یابند. در این راستا، گارسیا لارا، گارسیا اوسما و نوفیتو<sup>۵</sup> (۲۰۰۹) اظهار کرده‌اند مدیران در سال‌های قبل از ورشکستگی، به «مدیریت سود تعهدی» روی می‌آورند. پژوهش گرانی چون راسنر<sup>۶</sup> (۲۰۰۳)، گارسیا لارا، گارسیا اوسما و مورا<sup>۷</sup> (۲۰۰۵)، دیچو و تانگ<sup>۸</sup> (۲۰۰۸) و کامپا و کامخو مینانو<sup>۹</sup> (۲۰۱۵) در پژوهش‌های خود مطرح کرده‌اند که واحدهایی که دچار بحران مالی می‌شوند؛ به هر شیوه ممکن تلاش می‌کنند، اوضاع مالی خود را بهتر نشان دهند و برای این هدف، یکی از روش‌هایی که مدیران این شرکت‌ها بر آن تأکید می‌ورزند، مدیریت سود شرکت می‌باشد (کونتراس<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۲۱).

بر اساس گزارش موسسه حسابرسی دیلویت<sup>۱۱</sup> (۲۰۰۸) شرکت‌های ورشکسته و یا شرکت‌های در شرف ورشکستگی، محتمل‌تر است که از «تقلب مالی» بهره ببرند. این موسسه در پژوهش منتشر شده خود این احتمال را در خصوص شرکت‌های ورشکسته نسبت به شرکت‌هایی که دچار بحران مالی نیستند، ۳۰۰ درصد برآورد کرده است. هم‌چنین، آموآ گیارتنگ<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۴) ضمن بررسی وضعیت ورشکستگی شرکت‌های کشور غنا اظهار کرده است که برای بررسی دقیق‌تر ورشکستگی شرکت‌ها لازم است که پژوهش‌های پیش‌تری در بین شرکت‌های مختلف یک صنعت خاص انجام شود تا اطمینان حاصل شود که آیا شواهد تجربی کافی در خصوص رابطه ورشکستگی و نسبت‌های مالی در کشورهای در حال توسعه و نیز توسعه یافته وجود دارد یا خیر (زرین و همکاران، ۱۳۹۹). پیش‌بینی ورشکستگی به نظر می‌رسد محبوب‌ترین موضوع در استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری در داده‌های مالی است. ورشکستگی شرکت‌ها منجر به خسارات اقتصادی برای مدیران، سرمایه‌گذاران، بستانکاران و کارکنان به همراه هزینه‌های اجتماعی می‌شود. به این دلایل پیش‌بینی

<sup>1</sup> Bankruptcy

<sup>2</sup> Alam

<sup>3</sup> Murphy

<sup>4</sup> DeFond & Jiambalvo

<sup>5</sup> Garcia Lara, Garcia Osma & Neophito

<sup>6</sup> Rosner

<sup>7</sup> Garcia Lara, Garcia Osma & Mora

<sup>8</sup> Dichev & Tang

<sup>9</sup> Campa & Camacho Miñano

<sup>10</sup> Contreras

<sup>11</sup> Deloitte

<sup>12</sup> Amoa-Gyarteng

ورشکستگی یک مسئله مهم در امور مالی است (ال‌سید و ال‌شندی<sup>۱۳</sup>، ۲۰۲۰). رقابت روز افزون بنگاه‌های اقتصادی، دست‌یابی به منابع را محدود کرده است و احتمال ورشکستگی را افزایش داده است. تحقیقات انجام شده قبلی نشان داده است که شرکت‌ها ورشکستگی خود را پنهان می‌کنند و زمانی رسماً اعلام ورشکستگی می‌کنند که در آن زمان تلاش برای جلوگیری از ورشکستگی بیهوده و بسیار دیر است (بیات و همکاران، ۱۳۹۷). بر این اساس یکی از اولین تحقیقاتی که در زمینه شرایط مالی شرکت‌ها انجام شده این بوده است که آیا می‌توان زمان ورشکستگی شرکت‌ها را قبل از وقوع و اعلام رسمی تشخیص داد؟ سرمایه‌گذاران و اعتباردهندگان تمایل زیادی برای پیش‌بینی ورشکستگی بنگاه‌ها دارند، زیرا در صورت ورشکستگی هزینه‌های زیادی به آن‌ها تحمیل می‌شود. در ۴۰ سال اخیر موضوع «پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها» به عنوان یکی از موضوعات عمده پژوهش در ادبیات مالی تبدیل شده است. تحقیقات آکادمیک زیادی تلاش کرده‌اند بر اساس اطلاعات موجود و روش‌های آماری، بهترین مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی را کشف کنند و در اکثر کشورهای در حال توسعه، پژوهشگران به منظور ساخت مدل‌های جدید، تلاش‌های زیادی نموده و مدل‌های پیش‌بینی متعددی نیز با توجه به محیط‌های اقتصادی و مالی مختلف، ارائه داده‌اند. تا به امروز، مدل‌های متنوعی برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها توسط پژوهش‌گران عرضه شده است و هر کدام نیز به نتایجی دست یافته‌اند. از بعد تاریخی، اولین تلاش در زمینه استفاده از «نسبت‌های مالی» برای پیش‌بینی ورشکستگی توسط پاول فینز پاتریک (۱۹۳۱) اقتصاددان و محقق برجسته آمریکایی - انجام شده است؛ اما هنری ویلیام بیور (۱۹۶۶) اولین کسی بود که تحقیقاتش منجر به ایجاد مدلی برای پیش‌بینی ورشکستگی شد. در این پژوهش از مدل‌های درخت تصمیم‌گیری (CART) جهت پیش‌بینی ورشکستگی استفاده شده است به منظور معرفی یک مدل مطلوب که بتواند به عنوان یک سیگنال هشدار دهنده اولیه به مدیران سازمان‌ها؛ مقامات دولتی؛ صاحبان سهام؛ سرمایه‌گذاران، اعتباردهندگان و تحلیل‌گران مالی و کارکنان ... کمک کند.

## ۲. مبانی نظری و توسعه فرضیه‌ها

از دید کلان اقتصادی، بورس اوراق بهادار در فرآیند توسعه اقتصاد ملی از اهمیت زیادی برخوردار است، به طوری که می‌توان گفت میزان فعالیت و اهمیت بورس اوراق بهادار با درجه توسعه یافتگی اقتصاد ملی رابطه‌ای همسو دارد. در واقع، نقش بورس اوراق بهادار در گردآوری نقدینگی راکد و غیر مولد و هدایت منابع پسرانداز سرگردان به سوی مصارف سرمایه‌گذاری و تأمین منابع مالی فعالیت‌های اقتصادی مولد، جلب مشارکت مردمی، گسترش مبانی مالکیت مردمی، جلوگیری از فرار سرمایه و گسترش اقتصاد زیرزمینی، جذب سرمایه‌های خارجی، کاستن از فشار کسری بودجه دولت و کمک به رشد اقتصادی، انکارناپذیر است (قابطی، ۱۳۹۹). ورشکستگی شرکت‌ها معمولاً بر نقدینگی بازار سرمایه و توسعه اقتصاد مؤثر است. در زمان ورشکستگی، بانک‌ها معمولاً اعتباردهی به شرکت‌های ورشکسته را کاهش داده و در ازای وامی که به شرکت‌ها می‌دهند، بهره بالاتری را برای جبران ریسک اضافی درخواست می‌کنند. به صورت مشابهی، مؤسسات سرمایه‌گذاری همچون صندوق‌های بازنشستگی و شرکت‌های بیمه، خرید سهام را کاهش می‌دهند و بیشتر به سراغ سرمایه‌گذاری و خرید اوراق قرضه بانک‌ها یا بازارهای مشابه به آن اقدام می‌کنند. همه این‌ها به کاهش نقدینگی در بازارهای سرمایه، افزایش هزینه سرمایه شرکت‌ها و کاهش رشد اقتصادی منجر خواهد شد (زرین و همکاران، ۱۳۹۹). از سویی نشانه‌های وجود ورشکستگی یک شرکت بسیار زودتر از ورشکستگی نهایی نمایان می‌شود که از این نشانه‌ها

می‌توان برای پیش‌بینی ورشکستگی پیش از وقوع آن استفاده کرد. نسبتها و شاخصهای استخراج شده از صورتهای مالی همواره به عنوان نشانه‌های مالی فعلی و آتی شرکتها محسوب شده‌اند؛ اما با توجه به اینکه نسبتهای حسابداری تنها براساس اطلاعات سالانه بدست می‌آید، بنابراین همیشه ریسک اعتماد به اطلاعات تاریخی وجود دارد. از طرف دیگر ارقام حسابداری به شدت تحت تأثیر رویه‌های حسابداری انتخابی از سوی مدیر می‌باشد، چنین مواردی در شرایط کنونی باعث شده است که عده‌ای صورتهای مالی را فاقد قدرت پیش‌بینی کنندگی لازم در ورشکستگی بدانند. با توجه به اینکه در حال حاضر منابع اطلاعاتی گسترده‌ای در محیط تجاری برای پیش‌بینی رخدادهای مالی آتی از جمله ورشکستگی وجود دارد، این امر ضروری به نظر می‌رسد که جایگاه سایر منابع اطلاعاتی در این رقابت شناسایی شود تا بتوان در صورت امکان با در کنار یکدیگر قراردادن آنها در یک مدل پیش‌بینی بر کاستیهای احتمالی یک منبع به تنهایی فائق آمد.

قابطی و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقی با عنوان مدل‌سازی پیش‌بینی ورشکستگی با استفاده از متغیرهای مدیریت سود به این نتیجه رسیدند که هدف این مقاله مدل‌سازی و پیش‌بینی ورشکستگی با استفاده از متغیرهای مدیریت سود تعهدی و واقعی است. بر این اساس با استفاده از رگرسیون لجستیک، صحت و دقت مدل‌های ورشکستگی قبل و بعد از افزودن متغیرهای مدیریت سود، مورد سنجش قرار گرفته است. بر این اساس، نمونه‌ای مشتمل بر ۱۲۸۷ سال-شرکت طی دوره زمانی ۱۳۸۵ - ۱۳۹۷ از شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران انتخاب شده است. نتایج نشان داد توان پیش‌بینی مدل‌های ورشکستگی آلتمن، اسپرینگیت و زیمسکی پس از افزودن متغیرهای مدیریت سود تعهدی نسبت به مدل‌های اولیه، به طور قابل توجهی افزایش یافته است. هم‌چنین، پارامترهای مدیریت سود واقعی باعث تضعیف توان پیش‌بینی مدل‌های آلتمن، اسپرینگیت و زیمسکی می‌شود. بر اساس نتایج، به حسابداران، مدیران شرکت‌ها و برنامه‌ریزان اقتصادی توصیه می‌شود، برای تصمیم‌گیری بهتر و بهینه در خصوص مدیریت مالی شرکت‌ها به پدیده مدیریت سود شرکت‌ها توجه ویژه‌ای نمایند. زرین و همکاران (۱۳۹۹) تحقیقی با عنوان تدوین الگوی پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های دولتی با استفاده از متغیرهای کلان اقتصادی، مدیریتی، مالی و سیاسی به این نتیجه رسیدند که یسرفت فن‌آوری شتاب‌فزاينده‌ای به اقتصاد بخشیده و رقابت روزافزون شرکت‌ها، سودآوری را محدود و احتمال ورشکستگی را افزایش داده است. هدف این پژوهش تدوین الگویی پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های دولتی است که در آن علاوه بر عوامل مالی، از عوامل کلان اقتصادی، مدیریتی، و سیاسی استفاده شود. این پژوهش از نوع کاربردی است. نمونه آماری پژوهش شامل ۷۵ شرکت ورشکسته و غیر ورشکسته دولتی در بازه زمانی ۱۳۸۸-۱۳۹۷ می‌باشد. با تحلیل عاملی اکتشافی ۴۴ متغیر که بیشترین تأثیر بر ورشکستگی داشتند، انتخاب و با تحلیل عاملی تاییدی، یک پرسش‌نامه به خیرگان ارسال شد. با بررسی پرسش‌نامه‌ها و تحلیل رگرسیونی متغیرها بهترین خروجی با ۸ متغیر به عنوان مدل پژوهش انتخاب شد. مدل پژوهش که متکی به متغیرهای مالی، اقتصادی، مدیریتی و سیاسی می‌باشد با ۴/۹۲ درصد شرکت‌های دولتی ورشکسته و ۸۶ درصد شرکت‌های دولتی غیر ورشکسته را شناسایی نمود. حاجی‌هاشم و امیرحسینی (۱۳۹۸) در تحقیقی با عنوان پیش‌بینی ورشکستگی و راهبری شرکت‌ها: دیدگاه نسبت‌های مالی به این نتیجه رسیدند که پیش‌بینی ورشکستگی در مطالعات و مقالات موجود در حوز‌های حسابداری و مدیریت بسیار مورد بحث واقع شده‌است و مطالعات فراوانی در رابطه با روش‌های تجربی بهتر برای پیش‌بینی ورشکستگی انجام شده‌است. هدف تحقیق حاضر استفاده از نسبت‌های مالی و شاخص‌های راهبری شرکتی برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است. پژوهش حاضر به لحاظ هدف، بنیادی و از نظر روش تحقیق توصیفی از نوع همبستگی می‌باشد. در پژوهش حاضر ورشکستگی شرکت‌ها به عنوان متغیر

وابسته و تعداد ۴۰ شاخص در پیش بینی ورشکستگی در دو گروه ۳۱ تایی نسبت های مالی و ۹ تایی شاخص های راهبری شرکت به عنوان متغیر مستقل مورد استفاده قرار گرفته شده است. در این پژوهش نسبت به مقایسه چهار مدل پیش بینی معروف شامل مدل ماشین بردار، شبکه های عصبی مصنوعی، شبکه های عصبی مصنوعی بهینه سازی شده با الگوریتم ژنتیک و رگرسیون لاجیت اقدام شده است که نهایتاً شبکه عصبی مصنوعی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک بهترین کارایی را نسبت به سایر مدل ها از خود نشان داد. همچنین با مقایسه ویژگی نسبت های مالی و شاخص های راهبری، نسبت های مالی خود را به عنوان ویژگی های تاثیر گذار و ارزشمندتری برای پیش بینی ورشکستگی نشان دادند. چنانچه دقت تخمین به ازای نسبت های مالی در بالاترین سطح خود قرار دارند که در پایان می توان نتیجه گرفت که بهترین مدل برای پیش بینی ورشکستگی مدل استفاده از نسبت های مالی در شبکه عصبی مصنوعی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک می باشد. این الگوریتم بیشترین دقت را بدست آورده است و خطای آن کمینه است و می توان آن را بعنوان یک مدل قابل اعتماد، پایدار و عملی در نظر گرفت.

آلم و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی با عنوان پیش بینی ورشکستگی شرکتهای با استفاده از یادگیری عمیق و تکنیک هازارد به این نتیجه رسیدند که در سالهای اخیر، یادگیری عمیق به عنوان یک روش یادگیری ماشینی غالب در کاربردهای مختلف از جمله رباتیک (مانند اتومبیل های خودران)، تشخیص گفتار، تحلیل متن و پردازش زبان طبیعی، تشخیص تقلب، پیش بینی زلزله، تصویر پزشکی مطرح شده است. در این مقاله، ما یک مدل بهینه یادگیری عمیق را با استفاده از ساختار داده های پانل برای پیش بینی ورشکستگی شرکت پیشنهاد می کنیم. بر اساس نمونه ای از ۶۶۷،۶۴۱ مشاهدات ماهانه شرکتهای فهرست شده در آمریکای شمالی بین ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ و شامل بسیاری از متغیرهای ویژگی های مالی و بازار، مدل یادگیری عمیق می تواند شکست شرکت را با دقت ۹۳،۷۱ پیش بینی کند. مورفی (۲۰۲۱) در تحقیقی با عنوان پیش بینی ورشکستگی شرکتهای با استفاده از مدل لاجیت به این نتیجه رسید که یکی از ابزارهای مورد استفاده برای تصمیم به سرمایه گذاری در یک شرکت، مدل های پیش بینی ورشکستگی است. هدف از این تحقیق ارایه بهترین مدل ورشکستگی شرکتهای در آلمان است. برای این منظور از مدل لاجیت استفاده شد. جامعه آماری برای انجام تحقیق شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار آلمان در دوره زمانی از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۱۵ می باشد. برای انجام تحقیق ابتدای نمونه ای شامل ۵۳ شرکت متشکل از ۱۲ شرکت ورشکسته و ۴۱ شرکت غیر ورشکسته انتخاب گردیده است به منظور طراحی مدل ابتدا از ۹ نسبت مالی استفاده شد. بر اساس نتایج تحقیق، مدل لاجیت با متغیرهای توضیحی سرمایه در گردش بر کل دارایی، دارایی جاری بر بدهی جاری و سود ناویژه بر فروش که به ترتیب نسبت های نقدینگی، نقدینگی و سودآوری می باشند، بیشترین قدرت پیش بینی را نسبت به ورشکستگی شرکتهای در آلمان دارا می باشند. دقت پیش بینی مدل برای سال ورشکستگی ۸۵،۹۳ درصد و برای یک سال قبل از ورشکستگی ۷۷،۵۵ درصد و برای دو سال قبل ۶۹،۸۴ درصد می باشد. بنابراین تحقیق حاضر نشان می دهد که روند ورشکستگی شرکتهای در آلمان، یک فرآیند تدریجی و درازمدت نیست، بلکه شرکتهای تحت تأثیر نوسانات اقتصادی و متغیرهای سیاستی، در کوتاه مدت، دچار ورشکستگی می گردند.

کونتراس و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی با عنوان پیش بینی ورشکستگی شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار نیوزیلند با مدل الگوریتم ژنتیک به این نتیجه رسیدند که این پژوهش به بررسی پیش بینی ورشکستگی شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار نیوزیلند با مدل الگوریتم ژنتیک می پردازد. این پژوهش یک فرضیه دارد که از نظر هدف این پژوهش کاربردی است و از نظر روش و ماهیت نیز از نوع تحقیقات همبستگی می باشد. جامعه آماری شامل شرکت های

پذیرفته شده در صنعت فلزی برای سال های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ می باشد که با توجه به محدودیتها، ۲۷ شرکت انتخاب گردید. داده های گردآوری شده به عنوان ورودی مدل الگوریتم ژنتیک که با نرم افزارهای مطلب و مینی تب و اس پی اس اس برنامه نویسی شده است مورد استفاده قرار می گیرد و سپس خروجی های مدل به عنوان نتایج بدست آمده مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. پیش بینی وشکستگی با مدل الگوریتم ژنتیک ۸۸,۱۷ درصد شرکت های عضو جامعه با واقعیت مطابقت داشته است. نتایج حاکی از قدرت تشخیص مدل الگوریتم ژنتیک در پیش بینی ورشکستگی شرکتها می باشد.

### ۳. روش شناسی تحقیق

این تحقیق در حوزه تحقیقات اثباتی مالی قرار می گیرد. با توجه به این که از اطلاعات تاریخی شرکت های دارای محدودیت مالی برای پاسخگویی به سؤالات تحقیق استفاده می شود، در گروه تحقیقات شبه آزمایشی قرار می گیرد. همچنین با توجه به ماهیت و روشی که در این تحقیق استفاده می شود، نوعی تحقیق توصیفی - پیمایشی و از جهت نوع مطالعه، میدانی - آرشیوی و از نظر هدف از نوع تحقیقات کاربردی محسوب می شود. برای دستیابی به صورت های مالی تهیه شده بر اساس استانداردهای حسابداری واحد (ایران) جامعه آماری این پژوهش کلیه شرکت های هستند که حداقل از ابتدای سال ۱۳۹۳ در بورس اوراق بهادار پذیرفته شده تا پایان سال ۱۳۹۹ در آن حضور داشته و از پنج ویژگی ادامه، همزمان برخوردار باشند.

۱- طی سال های مزبور تغییر فعالیت یا تغییر سال مالی نداده باشند؛ ۲- دسترسی لازم به صورت های مالی آن ها وجود داشته باشد؛ ۳- شرکت ها جزو بانک ها و مؤسسات مالی (شرکت های واسطه گری مالی، هلدینگ، سرمایه گذاری و لیزینگ ها) نباشند؛ ۴- به منظور رعایت همسانی تاریخ گزارشگری و حذف اثرهای فصلی، دوره مالی آن ها منتهی به پایان سال شمسی باشد؛ ۵- شرکت های مورد نظر باید سودآور باشند. به منظور تعیین شرکت های دارای محدودیت مالی از شاخص (KZ) مطابق رابطه زیر استفاده می شود.

$$KZ = 17.330 - 37.486C - 15.216Div + 3.394Lev + 1.402MTB$$

C: نسبت وجه نقد بر دارایی های شرکت

Div: سود تقسیمی بر دارایی های شرکت

Lev: نسبت بدهی به دارایی های شرکت

MTB: نسبت مجموع ارزش بازار حقوق صاحبان سهام و ارزش دفتری بدهی ها به ارزش دفتری دارایی های شرکت

روش استفاده از این شاخص بدین ترتیب است که ابتدا مقادیر واقعی را در معادله شاخص KZ وارد نموده، مقدار KZ محاسبه می شود. در صورتی که مقدار محاسبه شده از مقدار عددی ۳ کمتر باشد شرکت دارای محدودیت مالی می باشد.

متغیرهای تحقیق مطابق نظریه کولدیپ (۲۰۱۹) شامل نسبت های مالی شامل نسبت های زیر می باشد:

• نسبت های نقدینگی

• نسبت های اهرمی و پوششی

• نسبت های فعالیت

• نسبت های سودآوری

نسبت‌های نقدینگی:

- نسبت جاری: توانایی شرکت در پرداخت بدهی‌های کوتاه‌مدت با دارایی‌های جاری
- نسبت جاری مطابق تحقیق آلم و همکاران (۲۰۲۱) از نسبت دارایی‌های جاری به بدهی‌های جاری بدست می‌آید.
- نسبت آنی: توانایی یک شرکت در پرداخت بدهی‌های کوتاه‌مدت خود از محل دارایی‌های نقدی
- مطابق تحقیق کولدپ (۲۰۱۹) و آلم و همکاران (۲۰۲۱) نسبت آنی (سریع) از نسبت دارایی‌های جاری به موجودی مواد و کالا و بدهی‌های جار بدست می‌آید.
- نسبت وجه نقد: توانایی شرکت در پرداخت بدهی‌های کوتاه‌مدت خود از محل وجوه نقد. این نسبت محافظه کارانه‌ترین نسبت نقدینگی است که حساب‌های دریافتی نیز در آن لحاظ نمی‌شود.
- مطابق تحقیق کولدپ (۲۰۱۹) و آلم و همکاران (۲۰۲۱) نسبت وجه نقد از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود.
- موجودی نقدی + سرمایه‌گذاری‌های کوتاه‌مدت / بدهی‌های جاری
- نسبت‌های اهرمی یا ساختار سرمایه
- نسبت‌های اهرمی مقدار منابع دریافت شده از بدهی را اندازه‌گیری می‌کنند. در واقع، از نسبت‌های اهرمی برای ارزیابی سطح بدهی‌های جاری شرکت استفاده می‌شود. نسبت‌های اهرمی شامل موارد زیر می‌شوند:
- نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام: مطابق تحقیق کولدپ (۲۰۱۹) و زیمرمن و همکاران (۲۰۲۰) و آلم و همکاران (۲۰۲۱) از نسبت کل بدهی‌ها به کل حقوق صاحبان سهام بدست می‌آید.
- نسبت بدهی به سرمایه: مطابق تحقیق کولدپ (۲۰۱۹) و رز (۲۰۲۰) و زیمرمن و همکاران (۲۰۲۰) از نسبت کل بدهی‌ها به مجموع حقوق صاحبان سهام و کل بدهی بدست می‌آید.
- نسبت بدهی به دارایی: مطابق تحقیق کولدپ (۲۰۱۹) و رز (۲۰۲۰) و زیمرمن و همکاران (۲۰۲۰) از نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی بدست می‌آید.
- نسبت اهرم مالی: مطابق تحقیق کولدپ (۲۰۱۹) و رز (۲۰۲۰) و زیمرمن و همکاران (۲۰۲۰) از نسبت متوسط کل دارایی‌ها به متوسط حقوق صاحبان سهام بدست می‌آید.
- نسبت پوشش بهره: مطابق تحقیق کولدپ (۲۰۱۹) و رز (۲۰۲۰) و زیمرمن و همکاران (۲۰۲۰) از نسبت سود قبل از بهره و مالیات به هزینه بهره بدست می‌آید.
- نسبت پوشش بهره ثابت: مطابق تحقیق کولدپ (۲۰۱۹) و رز (۲۰۲۰) و زیمرمن و همکاران (۲۰۲۰) از نسبت هزینه اجاره + سود قبل از بهره و مالیات به هزینه اجاره + هزینه بهره بدست می‌آید.
- نسبت‌های فعالیت
- نسبت‌های فعالیت یا کارایی ابزارهایی هستند که برای سنجش کاربرد دارایی‌های شرکت مورد استفاده قرار می‌گیرند و از طریق ارزیابی میزان فروش و تاثیر دارایی‌ها بر آن اندازه‌گیری می‌شوند. این گروه از نسبت‌ها، حجم فروش شرکت را با سرمایه‌گذاری در دارایی‌های مختلف مانند موجودی کالا، دارایی ثابت و ... مقایسه کرده و میزان به کارگیری موثر منابع شرکت و راندمان عملیات آن را در دوره عملیات ارزیابی می‌کنند.

- دوره گردش موجودی کالا یا میانگین سنی کالا: دوره گردش موجودی کالا، بازه زمانی را نشان می‌دهد که در آن دفعات گردش کالا اتفاق افتاده است. گردش موجودی کالا بیانگر این است که موجودی کالا و مواد اولیه شرکت در یک بازه زمانی مشخص - مثلاً یک سال مالی - چند بار به فروش رسیده و جایگزین شده است. مطابق تحقیق کولدیپ (۲۰۱۹) و رز (۲۰۲۰) و زیمرمن و همکاران (۲۰۲۰) دوره گردش موجودی کالا برابر است با متوسط موجودی مواد و کالا \* ۳۶۵ / بهای تمام شده کالای فروش رفته.
- دوره وصول مطالبات: نشان دهنده فاصله زمانی تحویل کالا به مشتری تا دریافت وجه نقد از مشتری است. به بیان دیگر، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا شرکت مطالبات خود را از مشتریان دریافت کند. با بررسی این نسبت درمی‌یابیم که شرکت درآمد فروش خود را در چه بازه زمانی به چرخه عملیاتی بازمی‌گرداند. مطابق تحقیق رز (۲۰۲۰) دوره وصول مطالبات از طریق نسبت متوسط حساب‌های دریافتی \* ۳۶۵ / فروش نسیه بدست می‌آید.
- دوره گردش عملیات: به دوره‌ای گفته می‌شود که در طول آن، یک شرکت، مراحل خریداری مواد اولیه، تولید کالا، ارسال به دست مشتری و در نهایت دریافت وجه نقد را سپری می‌کند. مطابق تحقیق کولدیپ (۲۰۱۹) دوره گردش عملیات از مجموع دوره وصول مطالبات و دوره گردش موجودی کالا قابل محاسبه می‌باشد.
- گردش دارایی: این نسبت، میزان تأثیرگذاری گردش دارایی‌ها را در کسب درآمد شرکت نشان می‌دهد و بیانگر این است که چگونه دارایی‌های شرکت برای ایجاد درآمد به کار گرفته می‌شوند. با مقایسه این نسبت در دوره‌های گذشته می‌توان به این نتیجه رسید که افزایش دارایی‌ها در کسب درآمد بیشتر توسط شرکت، تأثیرگذار بوده است یا خیر. مطابق تحقیق زیمرمن و همکاران (۲۰۲۰) گردش دارایی هر شرکت از نسبت فروش خالص به میانگین جمع دارایی‌ها محاسبه می‌شود.
- گردش دارایی‌های ثابت: این نسبت، بیانگر میزان تأثیرگذاری دارایی‌های ثابت شرکت بر کسب درآمد آن است. مطابق تحقیق کولدیپ (۲۰۱۹) و رز (۲۰۲۰) و زیمرمن و همکاران (۲۰۲۰) گردش دارایی‌های ثابت از نسبت فروش خالص به میانگین دارایی‌های ثابت قابل سنجش و ارزیابی می‌باشد.
- دوره پرداخت بدهی‌ها: نشان دهنده مدت زمانی است که طول می‌کشد تا شرکت بدهی خود را با تأمین کنندگان - بدهی بابت خرید مواد اولیه به صورت نسیه - تسویه کند. مطابق تحقیق یووک (۲۰۱۹) دوره پرداخت بدهی‌ها از طریق مجموع متوسط حساب‌های پرداختنی \* ۳۶۵ / خرید نسیه قابل محاسبه می‌باشد.
- نسبت گردش سرمایه جاری: سرمایه در گردش، تفاوت دارایی جاری از بدهی جاری شرکت است. این سرمایه، بخشی از خالص دارایی‌های جاری است که مستقیم یا غیرمستقیم تسهیلاتی را در چرخه تولید ایجاد می‌کند. مطابق تحقیق کولدیپ (۲۰۱۹) گردش سرمایه جاری شرکت از طریق نسبت فروش به سرمایه در گردش شرکت قابل سنجش و ارزیابی می‌باشد.



- نسبت موجودی کالا به سرمایه در گردش: با توجه به اینکه یکی از اجزای تشکیل دهنده دارایی جاری، موجودی کالا است، نسبت موجودی کالا به سرمایه در گردش نشان دهنده آن است که چه مقدار از سرمایه در گردش شرکت را موجودی کالا تشکیل داده است.
- مطابق تحقیق رز (۲۰۲۰) موجودی کالا به سرمایه در گردش از طریق نسبت موجودی کالا به سرمایه در گردش قابل محاسبه می‌باشد.
- نسبت‌های سودآوری
- نسبت‌های سودآوری، توانایی شرکت برای تولید درآمد مرتبط با عملکرد و سود سهام، دارایی‌های ترازنامه، هزینه‌های عملیاتی و سهام را اندازه‌گیری می‌کند. مهم‌ترین نسبت‌های مالی سودآوری شامل موارد زیر می‌شوند:
- بازده دارایی‌ها: نسبت بازده دارایی‌ها نشان دهنده آن است که شرکت چگونه از منابع و دارایی تحت اختیار خود برای کسب سود بهره برده و برای سرمایه‌گذاران و اعتباردهندگان خود بازدهی ایجاد کرده است. نسبت بازده دارایی‌ها می‌تواند شاخص نهایی برای ارزیابی کفایت و کارایی مدیریت شرکت باشد.
- مطابق تحقیق کولدیپ (۲۰۱۹) بازده دارایی هر شرکت از طریق نسبت سود خالص به میانگین جمع دارایی‌ها قابل محاسبه می‌باشد.
- بازده حقوق صاحبان سهام: شیوه‌ای برای اندازه‌گیری میزان سودآوری شرکت است که روش ایجاد سود با استفاده از سرمایه سهامداران را روشن می‌کند.
- مطابق تحقیق کولدیپ (۲۰۱۹) و رز (۲۰۲۰) و زیمرمن و همکاران (۲۰۲۰) بازده حقوق صاحبان سهام از طریق نسبت سود خالص به حقوق صاحبان سهام قابل محاسبه و سنجش می‌باشد.
- حاشیه سود ناخالص: این نسبت، عملیات اجرایی و کسب درآمد شرکت را ارزیابی می‌کند و همچنین توانایی شرکت در کنترل بهای تمام شده کالای فروش رفته را بررسی کرده و رابطه بین فروش و هزینه‌های تولید کالای فروخته شده را نشان می‌دهد.
- مطابق تحقیق کولدیپ (۲۰۱۹) و رز (۲۰۲۰) و زیمرمن و همکاران (۲۰۲۰) حاشیه سود ناخالص از تقسیم سود ناخالص به فروش بدست می‌آید.
- حاشیه سود عملیاتی: نسبت سود عملیاتی نشان دهنده این است که هر یک ریال فروش محصولات یا خدمات چه تأثیری در سود عملیاتی شرکت دارد.
- مطابق تحقیق کولدیپ (۲۰۱۹) و رز (۲۰۲۰) و زیمرمن و همکاران (۲۰۲۰) حاشیه سود عملیاتی از نسبت سود عملیاتی به فروش بدست می‌آید.
- حاشیه سود خالص: درصد حاشیه سود خالص شرکت نشان دهنده این است که از هر ۱ تومان فروش شرکت چه مقدار آن به سود خالص تبدیل شده است.
- مطابق تحقیق کولدیپ (۲۰۱۹) و رز (۲۰۲۰) و زیمرمن و همکاران (۲۰۲۰) حاشیه سود خالص از تقسیم سود خالص به فروش قابل سنجش می‌باشد.
- روش گردآوری داده‌ها برای ادبیات و پیشینه تحقیق، روش کتابخانه‌ای است. مباحث تئوریک پژوهش از مسیر مطالعه منابع، نشریات، منابع داخلی و خارجی موجود در کتاب‌ها و استفاده از سایت سازمان بورس به منظور گردآوری داده‌های

برای آزمون سؤالات تحقیق است. در این پژوهش اطلاعات مورد نیاز برای بیان کلیات پژوهش و بررسی ادبیات و پیشینه تحقیق در خصوص متغیرها به روش کتابخانه‌ای (کتاب و منابع علمی) جمع‌آوری می‌شود. همچنین داده‌های کمی مورد نیاز این پژوهش از صورتهای مالی (ترازنامه و سود و زیان و یادداشتهای توضیحی بانکهای تجاری) برای آزمون سؤالات تحقیق از سایت کدال و با استفاده از اطلاعات منتشر شده در این سایت استخراج می‌شود.

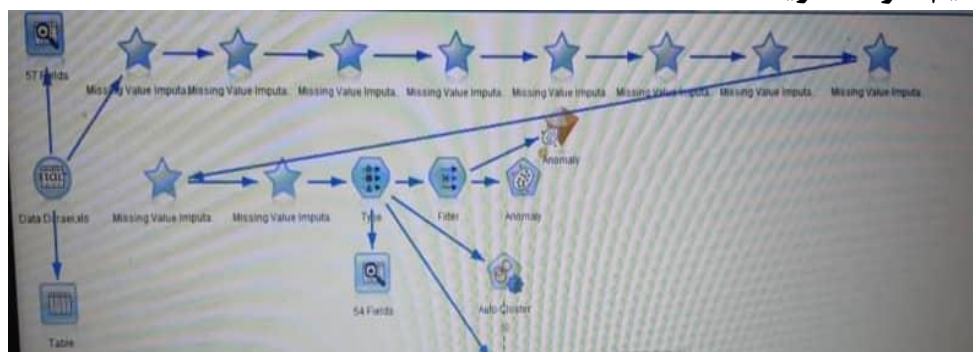
در این تحقیق به منظور پیش‌بینی ورشکستگی شرکتهای دارای محدودیت مالی از مدل درخت تصمیم‌گیری استفاده می‌شود. در این تکنیک با استفاده از روش درخت تصمیم، داده‌ها را رده‌بندی کرده و هر کدام از آنها به یک رده تخصیص داده می‌شود. در این روش مشاهده‌ها بر اساس نزدیک‌ترین رده مرتبط رده‌بندی می‌شوند و سعی می‌شود مشاهده‌های موجود در هر رده بیشترین شباهت را به یکدیگر داشته باشند. همچنین از متغیرها به‌عنوان یک رابط استفاده نمی‌شود بلکه متغیرها فقط به‌عنوان تفکیک‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند. در واقع در درخت تصمیم به وجود آمده تفکیک بر اساس اهمیت متغیرها در به وجود آمدن گره‌های تفکیکی انجام می‌گیرد. در ادامه به اجرای مدل درخت تصمیم cart در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها می‌پردازیم. همچنین جهت آزمون سؤالات تحقیق از نرم‌افزار Clementine استفاده می‌شود.

#### ۴. یافته‌های تحقیق

##### مرحله مدل‌سازی

پس از شناخت داده‌ها و آماده‌سازی آنها، می‌توان به مدل‌سازی پرداخت. در اولین قدم از مدل می‌بایست مدل مناسب را انتخاب کرد، انتخاب روش مناسب بسیار تعیین‌کننده است. پارامترهای مورد نیاز مدل نیز پس از تعیین روش مورد استفاده مشخص می‌شوند. پس از انتخاب مدل و تعیین پارامترها، بخشهای کوچکی از پروژه تعریف شده و پس از اجرا شدن، در هر مرحله به دقت تست می‌شوند تا کیفیت مدل ایجاد شده تضمین شود. در این مرحله مورد نظر دقت الزم را نداشت و یا کیفیت مطلوب را حاصل نکرد، ابتدا به تغییر پارامترهای مدل پرداخته و مجدداً مدل تست می‌شود، اگر هنوز کیفیت الزم را کسب نکرده بود، مدل را تغییر داده و مدل جدیدی ساخته می‌شود. در این مرحله با توجه به هدف تحقیق روشها و ابزارهای مختلفی به کار گرفته می‌شود و نتایج و دانشهای گوناگونی نیز استخراج می‌گردد، که در ادامه تشریح خواهد گردید. در این تحقیق با انتخاب و بکارگیری تکنیکهای مدل‌سازی مناسب و روش درخت تصمیم نتایج مدل‌سازی را بهینه کرده و در صورت نیاز می‌توان با برگشت به عقب تحلیل مدل‌سازی را بهینه‌تر کرد. مرحله مدل‌سازی را به دو فاز اصلی تقسیم می‌کنیم:

##### فاز اول: ترسیم نمودار جریان داده



نمودار (۱): نمودار جریان داده

در جریان (stream) ارایه شده در نمودار (۱) ابتدا داده‌ها از طریق فایل اکسل خوانده می‌شود و بعد از آماده‌سازی داده‌ها در بخش فیلتر وارد گره Missing Value به منظور مدیریت داده‌های ورودی و فیلتر و آماده‌سازی داده‌ها استفاده شد. لازم به ذکر است که هدفه متغیر به عنوان ورودی برای ترسیم نمودار درختی انتخاب شده است که مدل در دو قالب CRT و CHAID صورت گرفت.

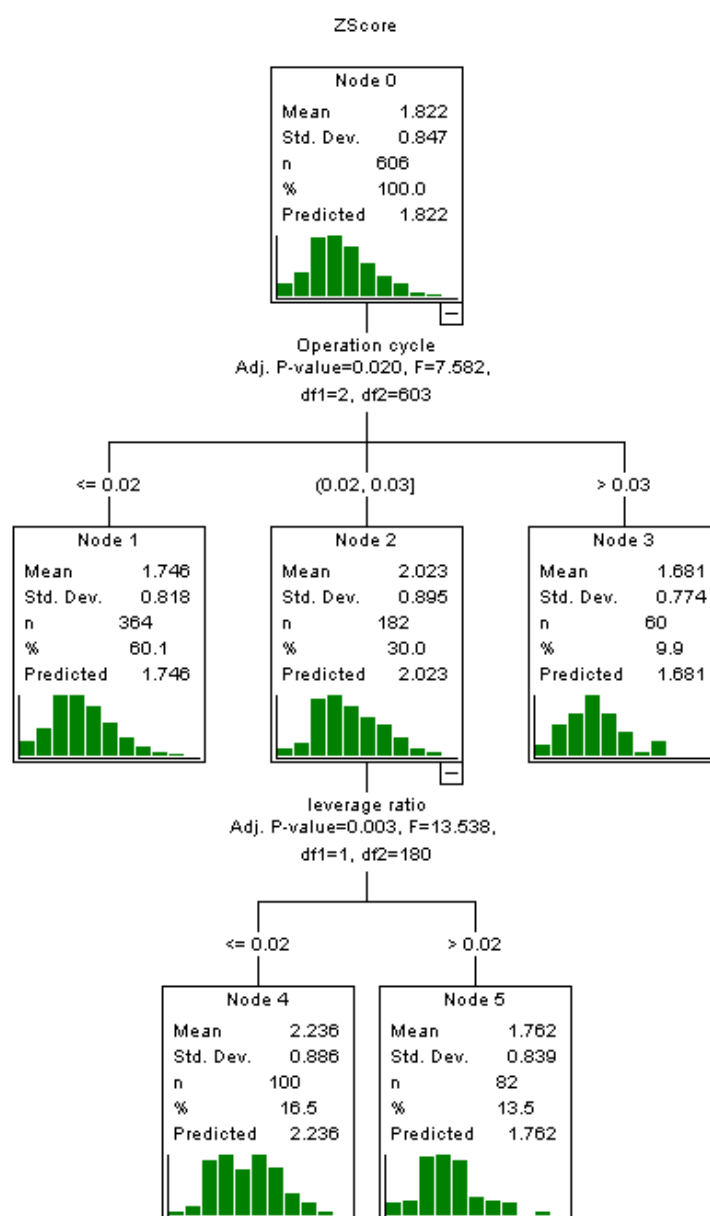
**فاز دوم: پیش‌بینی ورشکستگی شرکتهای با استفاده از خصیصه‌های دموگراف و الگوریتم درخت تصمیم**  
در این حالت با استفاده از روش درخت تصمیم، داده‌ها را رده بندی کرده و هر کدام از آنها به یک رده تخصیص داده می‌شود. در این روش مشاهده‌ها بر اساس نزدیک‌ترین رده مرتبط رده‌بندی می‌شوند و سعی می‌شود مشاهده‌های موجود در هر رده بیشترین شباهت را به یکدیگر داشته باشند. همچنین از متغیرها به عنوان یک رابط استفاده نمی‌شود بلکه متغیرها فقط به عنوان تفکیک کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند. در واقع در درخت تصمیم به وجود آمده تفکیک بر اساس اهمیت متغیرها در به وجود آمدن گره‌های تفکیکی انجام می‌گیرد. جدول (۱) خلاصه مدل CHAID را نشان می‌دهد.

جدول (۱): خلاصه مدل CHAID

Growing Method	CHAID
Dependent Variable	ZScore
Independent Variables	Current ratio, Instant ratio, Cash ratio, Debt / assets ratio, leverage ratio, Interest coverage ratio, Asset turnover, fixed Asset turnover, Fixed capital turnover, Ratio of inventory to working capital, Gross profit margin, Operating profit margin, Debt / equity ratio, ROE, ROA, Operation cycle
Validation	None
Maximum Tree Depth	3
Minimum Cases in Parent Node	100
Minimum Cases in Child Node	50
Independent Variables Included	Operation cycle, leverage ratio
Number of Nodes	6
Number of Terminal Nodes	4
Depth	2

نمودار (۲) پیش‌بینی ورشکستگی شرکتهای با استفاده از مدل درخت تصمیم گیری CHAID را نشان می‌دهد.

نمودار (۲): پیش‌بینی ورشکستگی شرکتهای با استفاده از مدل درخت تصمیم گیری CHAID



با توجه به نمودار (۲) چرخه عملیات مهمترین نقش را در پیش‌بینی وضعیت شرکت ایفا می‌کند. در تفسیر این نمودار می‌توان گفت ۶۰٫۱ درصد از شرکتهای دارای محدودیت مالی در وضعیت سالم، ۳۰ درصد در شرایط دارای ورشکسته هستند و ۹٫۹ درصد در مرز تعادل بین سالم و ورشکسته هستند و نسبت اهرمی مهمترین متغیر در طبقه‌بندی شرکتهای در مرحله بعدی است و زمانی که نسبت اهرمی شرکتهای کوچکتر و مساوی ۰٫۰۲ باشد با احتمال ۱۵٫۵ درصد و زمانی که بزرگتر از ۰٫۰۲ باشد با احتمال ۱۳٫۵ درصد با وضعیت ورشکستگی مواجه خواهند شد. جدول (۲) نیز دقت پیش‌بینی این مدل را نشان می‌دهد.

جدول (۲): دقت پیش‌بینی مدل در هر یک از شاخه‌ها

Node	Primary Independent Variable	
	Variable	Split Values
۰		۰.۱۸۲۹
۱	Operation cycle	۰.۱۷۵۹
۲	Operation cycle	۰.۱۴۵۵
۳	Operation cycle	۰.۲۰۱۷
۴	leverage ratio	۰.۳۲۵۶
۵	leverage ratio	۰.۱۸۹۵

Growing Method: CHAID

Dependent Variable: ZScore

با توجه به مقدار دقت پیش‌بینی مدل در هر یک از شاخه‌ها که کمتر از ۰,۷ بدست آمده نشان می‌دهد دقت پیش‌بینی مدل

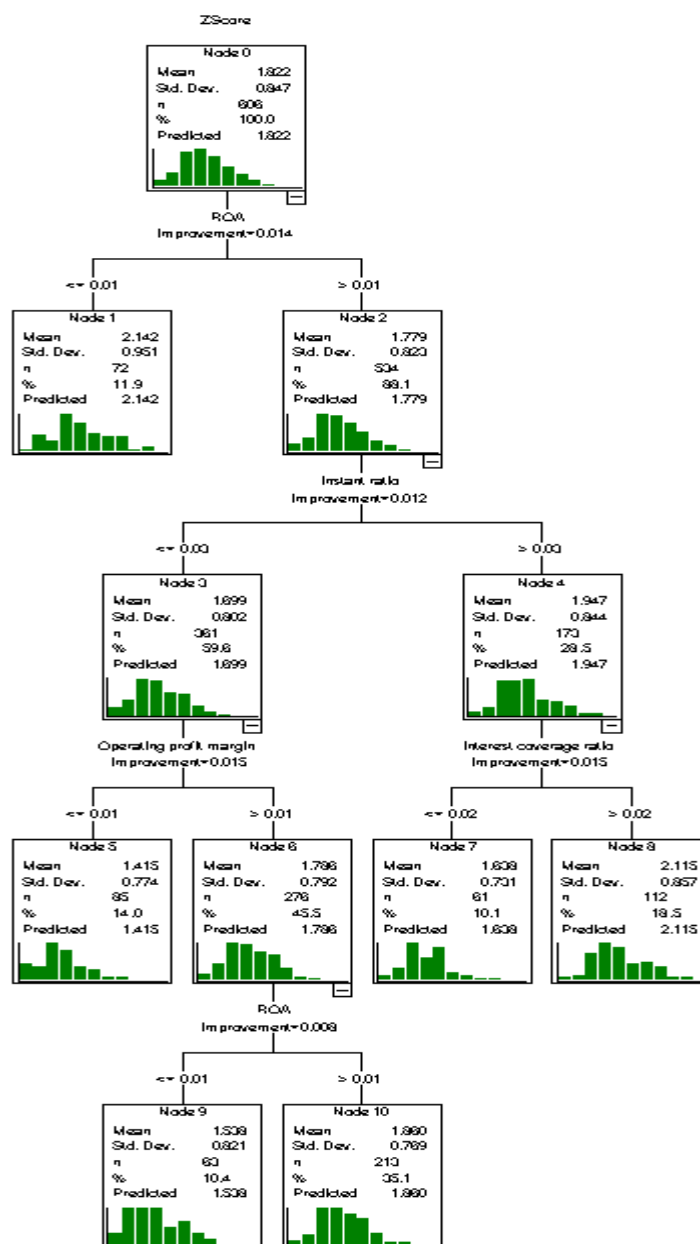
در حد نامطلوب و در حد ۱۸,۲۹ درصد است. لذا در ادامه به بررسی مدل CRT می‌پردازیم.

جدول (۳) خلاصه مدل CRT برای تحقیق را نشان می‌دهد.

جدول (۳): خلاصه مدل CRT

Specifications	Growing Method	CRT
	Dependent Variable	ZScore
	Independent Variables	Current ratio, Instant ratio, Cash ratio, Debt / assets ratio, leverage ratio, Interest coverage ratio, Asset turnover, fixed Asset turnover, Fixed capital turnover, Ratio of inventory to working capital, Gross profit margin, Operating profit margin, Debt / equity ratio, ROE, ROA, Operation cycle
	Validation	None
	Maximum Tree Depth	5
	Minimum Cases in Parent Node	100
	Minimum Cases in Child Node	50
Results	Independent Variables Included	ROA, Gross profit margin, Asset turnover, Interest coverage ratio, Instant ratio, ROE, Debt / equity ratio, Operating profit margin, Ratio of inventory to working capital, leverage ratio, Cash ratio, fixed Asset turnover, Debt / assets ratio, Operation cycle, Fixed capital turnover, Current ratio
	Number of Nodes	11
	Number of Terminal Nodes	6
	Depth	4

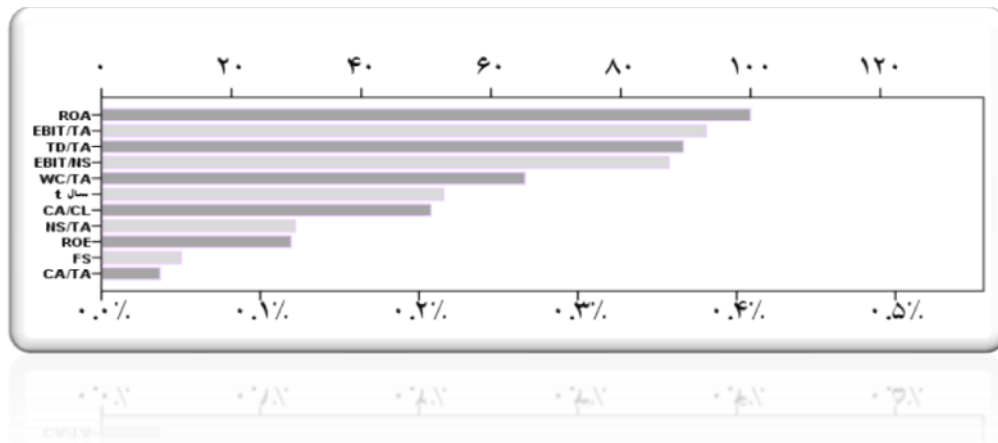
نمودار (۳) پیش‌بینی ورشکستگی شرکتها با استفاده از مدل درخت تصمیم‌گیری CART را نشان می‌دهد.



### نمودار (۳): پیش‌بینی ورشکستگی شرکتها با استفاده از مدل درخت تصمیم‌گیری CART

با توجه به نمودار (۳) نرخ بازده داراییها مهمترین نقش را در پیش‌بینی وضعیت شرکت ایفا می‌کند. در تفسیر این نمودار می‌توان گفت ۱۱,۹ درصد از شرکتهای دارای محدودیت مالی در وضعیت سالم، ۸۹,۱ درصد در شرایط دارای ورشکسته هستند و نسبت آنی مهمترین متغیر در طبقه‌بندی شرکتها در مرحله بعدی است و زمانی که نسبت آنی شرکتها کوچکتر و مساوی ۰,۰۳ باشد با احتمال ۳۹,۶ درصد و زمانی که بزرگتر از ۰,۰۳ باشد با احتمال ۲۸,۵ درصد با وضعیت ورشکستگی مواجه خواهند شد. از بین شرکتهای با نسبت آنی کوچکتر و مساوی ۰,۰۳، ۱۴ درصد احتمال ورشکستگی شرکتهای با

حاشیه سود عملیاتی کوچکتر از ۰,۰۱ مواجه هستند. همچنین نمودار (۴) میزان اهمیت هر یک از شاخصهای مربوط به پیش بینی ورشکستگی شرکتهای بورسی را نشان می دهد.



نمودار (۴): میزان اهمیت هر یک از شاخصهای مربوط به پیش بینی ورشکستگی شرکتهای

مطابق نمودار (۴) شاخص ROA دارای درجه اهمیت ۱۰۰ درصد در پیش بینی ورشکستگی شرکتهای بورسی ارزیابی شده است. جدول (۴) نیز دقت پیش بینی این مدل را نشان می دهد.

جدول (۴): دقت پیش بینی مدل در هر یک از شاخه ها

Node	Primary Independent Variable		
	Variable	Improvement	Split Values
۰			
۱	ROA	۰.۱۴	۰.۸۵۴۱۶۹
۲	ROA	۰.۱۴	۰.۷۵۸۴۹۶
۳	Instant ratio	۰.۱۲	۰.۸۰۲۵۰۲
۴	Instant ratio	۰.۱۲	۰.۷۸۴۵۸۵
۵	Operating profit margin	۰.۱۵	۰.۷۰۵۴۲۵
۶	Operating profit margin	۰.۱۵	۰.۸۰۴۱۵۴۷
۷	Interest coverage ratio	۰.۱۵	۰.۹۰۲۴۵۱
۸	Interest coverage ratio	۰.۱۵	۰.۸۸۸۵۶۵
۹	ROA	۰.۰۸	۰.۷۴۵۴۸۵
۱۰	ROA	۰.۰۸	۰.۴۸۷۵۵۶

Growing Method: CRT

Dependent Variable: ZScore

با توجه به مقدار سطح معناداری محاسبه شده برای این مدل که کمتر از ۰,۰۵، بدست آمده و مقدار دقت پیش‌بینی مدل در هر یک از شاخه‌ها که بالای ۰,۷ بدست آمده نشان می‌دهد دقت پیش‌بینی مدل در حد مطلوب و در حد ۸۸,۲ درصد است.

جدول (۵): دقت پیش‌بینی کل مدل

Estimate	Std. Error
.882	.040
Growing Method: CRT	
Dependent Variable: ZScore	

در این پژوهش از شاخص سیلوئت برای ارزیابی کیفیت جواب درخت تصمیم استفاده می‌شود. روش اعتبارسنجی سیلوئت بر اساس میانگین فاصله هر یک از نمونه‌های یک شاخه با تمام نمونه‌های موجود در همان شاخه و میانگین فاصله کل نمونه موجود در شاخه‌های دیگر با یک شاخه مشخص تعریف می‌شود. بر اساس این دیدگاه، برای هر شاخه میزان پراکندگی و همبستگی داده‌ها تعیین می‌شود که مقادیر بیشینه این شاخص برای تعیین تعداد بهینه خوشه به کار می‌رود.

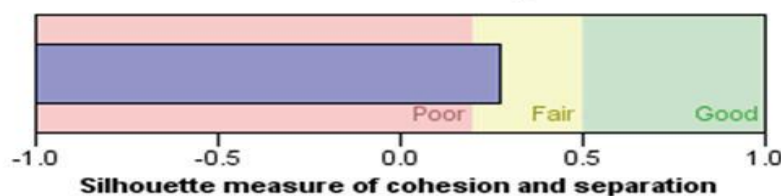
$$Si = \frac{(b(i) - a(i))}{\text{Max}\{a(i), b(i)\}}$$

که در آن؛

a(i): نمایانگر تشابه نداشتن یک نمونه با نمونه‌های دیگر در یک شاخه

b(i): تشابه نداشتن یک نمونه نسبت به همه نمونه‌های موجود در نزدیکترین شاخه‌هاست.

مقدار شاخص اعتبارسنجی سیلوئت بین ۱ تا -۱ متغیر است. در صورتی که این شاخص برابر ۱ باشد، نمایانگر این است که نمودار درختی به درستی ترسیم شده است. اگر مقدار شاخص نزدیک صفر باشد بدین معناست که نارسایی در ترسیم نمودار درختی وجود دارد. در صورتی که این شاخص برابر -۱ باشد، بدین معناست که نمودار درختی به درستی ترسیم شده است. نمودار (۵) مقادیر شاخص سیلوئت را نشان می‌دهد.



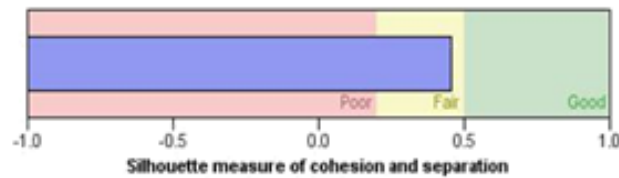
نمودار (۵): کیفیت شاخه‌ها در شاخص سیلوئت

جدول (۶): مقدار شاخص اعتبارسنجی سیلوئت

K	3	4	5	6	7	8
silhouette	0.2 Fair	0.3 Fair	0.3 Fair	0.2poor	0.2 Fair	0.2 Fair

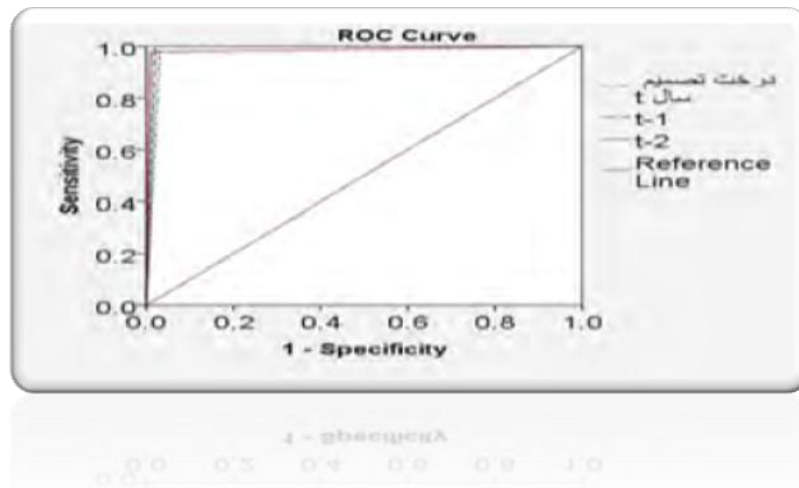
همان طور که در نمودار (۴-۶) نشان داده شده شاخص سیلوئت برای درخت تصمیم ترسیم شده از کیفیت قابل قبولی برخوردار است.





نمودار (۶): کیفیت شاخه‌های ترسیمی پژوهش

از سویی در مطالعات مدل‌سازی جهت سنجش میزان دقت مدل و پیش‌بینی از منحنی ROC بهره گرفته می‌شود. محدوده زیر منحنی میزان توانایی مدل در پیش‌بینی دقیق است.



نمودار (۷): منحنی ROC

هر چقدر سطح زیر منحنی به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد دقت مدل بالا و هر چقدر به ۰,۵ نزدیک‌تر باشد نشان از دقت پایین مدل و نامطلوبی آن برای پیش‌بینی است.

جدول (۷): سطح زیر منحنی ROC

K	t سال	t-1 سال	t-2 سال
ROC	۰,۹۸۹	۰,۹۸۰	۰,۹۸۰

مطابق اطلاعات جدول (۷) نشان می‌دهد از نظر سطح زیرمنحنی ROC مدل درخت تصمیم در سال t نسبت به سالهای t-1 و t-2 توانایی و عملکرد بالاتری در پیش‌بینی ورشکستگی شرکتهای با محدودیت مالی دارد.

## ۵. بحث و نتیجه‌گیری

آگاهی از وضعیت مالی شرکت‌های بازار سرمایه همیشه یکی از دغدغه‌های سهامداران و تحلیلگران اقتصادی است؛ از این رو تحلیل گران و محقق بازارهای مالی همیشه به دنبال روش‌هایی برای پیش‌بینی شرایط آتی شرکت‌های حاضر در بازار سرمایه بودند. تحقیق پیش‌رو نیز به دنبال ایجاد مدلی برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های حاضر در بازار بورس و اوراق بهادار با استفاده از درخت تصمیم است. نتایج تحلیل‌ها نشان داد مدل درخت تصمیم توان پیش‌بینی ورشکستگی شرکتهای با محدودیت مالی را دارد. همچنین دقت پیش‌بینی مدل درخت تصمیم در پیش‌بینی ورشکستگی شرکتهای با محدودیت مالی از عملکرد بالایی برخوردار است و مدل CRT دارای ۸۸,۲ قدرت پیش‌بینی‌کنندگی است. طبق نظریه رفتارشناسی شرکتهای ورشکستگی یا شکست مالی شرکت‌ها، رویداد ناخوشایندی است که همواره موضوع مهمی به شمار می‌رود. به‌تازگی، شواهد نشان داده است شرکت‌هایی که در معرض ورشکستگی قرار دارند، ارزش بازار آنها به شدت کاهش می‌یابد. این موضوع باعث می‌شود مدیران، سرمایه‌گذاران، بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری و سایر گروه‌های

صاحب‌نفع به شدت تحت تأثیر ورشکستگی شرکت‌ها قرار گیرند؛ زیرا شکست مالی یا ورشکستگی یک شرکت، رویدادی است که زیان‌های زیادی را به افراد و گروه‌های فوق می‌تواند تحمیل کند؛ از این‌رو، این گروه‌ها نه تنها علاقه‌مند هستند بدانند که آیا یک شرکت ورشکسته خواهد شد یا نه می‌خواهند بدانند چه زمانی شرکت ورشکسته خواهد شد. مطابق نظر آلم و همکاران (۲۰۲۱) تخصیص بهینه منابع، مهم‌ترین هدف سرمایه‌گذاران است؛ منابعی که بدون تردید نامحدود است. از مؤثرترین منابع اطلاعاتی مد‌نظر سرمایه‌گذاران در راستای دستیابی به این هدف، اطلاعات مربوط به عملکرد شرکت است. از جمله مهم‌ترین اطلاعاتی که فعالان بورس اوراق بهادار تهران از آن استفاده می‌کنند، اطلاعات مربوط به صورت سود و زیان و به‌ویژه اطلاعات مربوط به سود هر سهم است. کاهش مستمر سود هر سهم و کاهش سود تقسیمی آن، در بردارنده پیام‌های منفی برای سرمایه‌گذاران درباره عملکرد شرکت است؛ از این‌رو، سرمایه‌گذاران در انجام سرمایه‌گذاری در چنین شرکت‌هایی با احتیاط بیشتری برخورد می‌کنند؛ زیرا می‌دانند ادامه این روند ممکن است به ورشکستگی شرکت منجر شود؛ از این‌رو، پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها، یکی از مؤثرترین موضوعات مد‌نظر سرمایه‌گذاران قبل از انجام هرگونه سرمایه‌گذاری است. هدف راه‌اندازی هیچ کسب و کاری، ورشکستگی و انحلال نیست. ورشکستگی شرکت‌های مختلف در طول تاریخ، کسب و کارهای مختلف را بر آن داشته است عملکرد شرکت خود و در نتیجه، احتمال ورشکستگی آن را در آینده پیش‌بینی کنند؛ زیرا پیش‌بینی ورشکستگی، به توانایی شرکت برای اندیشیدن تمهیدات لازم قوت می‌بخشد و به شرکت امکان می‌دهد تغییراتی متناسب با این وضعیت برای جلوگیری از مضیقه مالی و ورشکستگی انجام دهد؛ اما گفتنی است تاکنون درباره الگوی درخت تصمیم تنها حسینی و رشیدی (۲۰۱۳) یک پژوهش با بازه تحقیق سه ساله، آن هم در سطح خودرو و ساخت قطعات انجام داده‌اند. همچنین یافته‌های این تحقیق با تحقیق آلم و همکاران (۲۰۲۱) همسو و همراستا می‌باشد که توان پیش‌بینی الگوی درخت تصمیم برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکتها را بالا ارزیابی نمود.

سازمان بورس اوراق بهادار تهران برای پذیرش شرکت‌های جدید این صنعت، از الگوهای این پژوهش برای پیش‌بینی عملکرد مالی آتی آنها می‌تواند استفاده کند. شرکت‌های تولیدی این صنعت نیز با استفاده از الگوهای این پژوهش، عملکرد مالی آتی خود را می‌توانند پیش‌بینی کنند و در صورت قراردادن در وضعیت ورشکستگی، اقدامات لازم را برای جلوگیری از این پیشامد انجام دهند. اغلب صاحبان منافع از رتبه‌بندی شرکت‌ها و ارزیابی تداوم فعالیت آنها استفاده می‌کنند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود کلیه سرمایه‌گذاران و صاحبان منافع این صنعت، از الگوهای پیشنهادی پژوهش حاضر برای این صنعت در کنار سایر بررسی‌ها و تحلیل‌ها استفاده کنند. همچنین:

۱. به سرمایه‌گذاران توصیه می‌شود که برای ارزیابی شرکت‌های ایرانی و تصمیم‌گیری در مورد خرید سهام آنان از این مدل استفاده نمایند.

۲. به اعتباردهندگان، بانک‌ها و سایر نهادهای تأمین مالی پیشنهاد می‌شود که برای ارزیابی ریسک شرکت‌ها، مدل ارائه شده را مد نظر قرار دهند و به عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی ورشکستگی برای اعطای وام استفاده کنند.

۳. با توجه به تعداد زیاد شرکت‌های دولتی پیشنهاد می‌گردد که دولت با استفاده از این مدل اقدام به شناسایی شرکت‌های ورشکسته نموده، برای تجدید ساختار یا انحلال آن‌ها تصمیم‌گیری کند.

۴. به سازمان بورس و اوراق بهادار تهران توصیه می‌گردد جهت پذیرش شرکت‌ها در بورس و همچنین در نحوه ارزیابی شرکت‌ها از این مدل استفاده نماید.

۵. به حسابرسان توصیه می گردد در خصوص اظهارنظر درباره تداوم فعالیت شرکت های مورد رسیدگی از مدل ارائه شده استفاده نمایند.

### منابع

۱. بیات، علی، احمدی، سیدعلیرضا، محمدی، مجید. (۱۳۹۷). پیش بینی ورشکستگی شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم کرم شب تاب. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار (مدیریت پرتفوی). ۹(۳۷)، ۲۶۲-۲۳۴.
۲. حاجی هاشم، مسعود، امیرحسینی، زهرا. (۱۳۹۸). پیش بینی ورشکستگی و راهبری شرکت ها: دیدگاه نسبت های مالی. دانش حسابداری و حسابرسی مدیریت، ۸(۳۰)، ۲۲۰-۲۰۱.
۳. حسینی، سید محسن و زینب رشیدی. (۱۳۹۲). پیش بینی ورشکستگی شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از رگرسیون لجستیک، فصلنامه پژوهشهای حسابداری مالی، ۵(۳)، ۱۳۰-۱۰۵.
۴. زرین، جعفر، جمشیدی نوید، بابک، قنبری، مهرداد، باغ فلکی، افشین. (۱۳۹۹). تدوین الگوی پیش بینی ورشکستگی شرکتهای دولتی با استفاده از متغیرهای کلان اقتصادی، مدیریتی، مالی و سیاسی. دوفصلنامه علمی حسابداری دولتی، ۷(۱)، ۹۶-۷۹.
۵. قاطبی، مسلم، خدادادی، ولی جرجرزاده، علیرضا، کعب عمیر، احمد. (۱۳۹۹). مدل سازی پیش بینی ورشکستگی با استفاده از متغیرهای مدیریت سود. فصلنامه علمی مدل سازی اقتصادی، ۱۴(۵۰)، ۱۵۲-۱۳۱.
۶. واعظ قاسمی، محسن، رمضانپور چهارده، سعید. (۱۳۹۷). پیش بینی ورشکستگی شرکت های پذیرفته شده در سازمان بورس و اوراق بهادار با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. دانش سرمایه گذاری، ۷(۲۶)، ۲۹۶-۲۷۷.
7. Alam, N., Junbin, Gao., and Stewart Jones. (2021). Corporate Failure Prediction: An Evaluation of Deep Learning vs Discrete Hazard Models, *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 12(2), 121-138.
8. Contreras, S., Amit, G., and Joon HoKong. (2021). Predicting Corporate Failure, *Journal of Banking & Finance*, 129(2), 106-161.
9. Elsayed, M., and Tamer Elshandidy. (2020). Do narrative-related disclosures predict corporate failure? Evidence from UK non-financial publicly quoted firms, 78(1), 56-69.
10. Kuldeep, K. (2019). Artificial neural network vs. linear discriminate analysis in credit ratings forecast, *Review of Accounting and Finance*.
11. Murphy, E. C. (2021). Predicting Corporate Failure: Empirical Evidence for the UK"., Working Paper, University of Southampton, Department of Accounting and Management Science, 1-29.
12. Qiu, W., Simon, R., and Paweł Dłotko. (2021). Refining understanding of corporate failure through a topological data analysis mapping of Altman's Z-score model, *Expert Systems with Applications*, 156(2), 120-133.

## Presenting the Decision Tree Algorithm for Predicting the Bankruptcy of Listed Companies

Seyyed Ehsan Mirani anarmarzi<sup>1</sup>  
Mohaddese Javanmard Ahandani<sup>\*2</sup>

Date of Receipt: 2022/06/11 Date of Issue: 2022/08/24

### Abstract

The main goal of this research is to predict the bankruptcy of financially constrained companies using decision trees. In terms of methodology, this research is in the field of financial proof research. Due to the fact that the historical information of financially limited companies is used to answer the research questions, it is placed in the quasi-experimental research group. Also, according to the nature and the method used in this research, it is a descriptive-survey research, and in terms of the type of study, it is field-archival and in terms of the purpose, it is considered an applied research. The statistical population of this research includes all listed companies from the beginning of 2013 to the end of 2019 that have financial constraints, which were predicted using the decision tree model. The results of the analysis showed that the decision tree model has the ability to predict the bankruptcy of companies with financial constraints. Also, the predictive accuracy of the decision tree model has a high performance in predicting the bankruptcy of companies with financial constraints, and the CRT model has a predictive power of 88.2.

### Keywords

Bankruptcy, Companies Financial Constraints, Decision Tree

1. Member of the faculty of management department, faculty of management and accounting; mirani@mohaddes.ac.ir.
2. Master's degree student in financial management, Allameh Mohhadde Nouri Non-Profit University; Mohaddese13652020@gmail.com.