Developing a hybrid approach for financial distress prediction of listed companies in Tehran stock exchange

Mohammadhashem Botshekan
Assistant Prof., Faculty of Management and accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. E-mail: botshekan@bank-maskan.ir

Mohammadjavad Salimi
Assistant Prof., Faculty of Management and accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. E-mail: j_salimi@atu.ac.ir

Saeed Falahatgar Mottahedjoo
*Corresponding author, M.Sc. of Finance, Faculty of Management and accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. E-mail: falahatgar.saeed@gmail.com

Abstract

Objective: The purpose of this study is to develop a new approach to select effective variables in predicting financial distress using experts' judgment and decision-making algorithms.

Methods: Twenty nine financial ratios of financially distressed manufacturing companies according to Article 141 of the business Law were selected and the same number of healthy firms have been randomly selected from the companies which were listed in Tehran Stock Exchange between 1385 and 1395 using audited financial statements of one, two and three years before getting distressed. Then, using the statistical test and Dematel and Todim Fuzzy decision-making algorithms, the best financial ratios and their respective importance coefficients were selected and the prediction of financial distress was made using a support vector machine.

Results: Paired T-test results showed that accuracy difference of proposed model in predicting financial distress has been statistically significant in 5% level comparing to Altman Model and Logistic Regression Method for the years t-1, t-2, and t-3.

Conclusion: The findings of the study showed that the proposed model has a significantly better performance in predicting distress than the Logistic regression method and Altman model in one, two and three years before financial distress.

Keywords: DEMATEL, Feature selection, Financial distress, Multi Criteria Decision Making, TOIDIM

Citation: Botshekan, M.H., Salimi, M., Falahatgar Mottahedjoo, S. (2018). Developing a hybrid approach for financial distress prediction of listed companies in Tehran stock exchange. *Financial Research Journal*, 20 (2), 173-192. (*in Persian*)

Financial Research Journal, 2018, Vol. 20, No.2, pp. 173-192
DOI: 10.22059/frj.2018.248070.1006570
Received: January 9, 2018; Accepted: April 26, 2018
© Faculty of Management, University of Tehran

ارائه یک روش ترکیبی به منظور پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران

محمدهاشم بت‌شکن
استادیار گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران. رایانامه: botshekan@bank-maskan.ir

محمدجواد سلیمی
استادیار گروه حسابداری، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران. رایانامه:j_salimi@atu.ac.ir

سعید فلاحتگر متحدجو
* نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد مدیریت مالی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران. رایانامه: falahatgar.saeed@gmail.com

چکیده

هدف: هدف این پژوهش ارائه رویکردی جدید برای انتخاب متغیرهای مؤثر در پیش‌بینی درماندگی مالی با استفاده از نظر خبرگان و الگوریتم‌های تصمیم‌گیری است.

روش: بدین منظور ۲۹ نسبت مالی برای شرکت‌های تولیدی درمانده مالی بر اساس ماده ۱۴۱ قانون تجارت و به همان تعداد شرکت سالم به صورت تصادفی از شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ با استفاده از صورت‌های مالی حسابرسی شده برای یک، دو و سه سال قبل از درماندگی جمع‌آوری شده است. سپس با استفاده از آزمون آماری و الگوریتم‌های تصمیم‌گیری دیمتل و تودیم فازی، بهترین نسبت‌های مالی به همراه ضریب اهمیت هر یک انتخاب و با استفاده از ماشین بردار پشتیبان، پیش‌بینی درماندگی مالی انجام شد.

یافته‌ها: آزمون مقایسات زوجی نشان داد که اختلاف دقت مدل پیشنهادی در پیش‌بینی درماندگی مالی برای هر سه سال t-1، t-2 و t-3 نسبت به دقت مدل‌های آلتمن و رگرسیون لجستیک در سطح خطای ۵ درصد معنادار بوده است.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج آزمون‌های تحقیق می توان نتیجه گیری کرد که مدل پیشنهادی در یک، دو و سه سال پیش از وقوع درماندگی مالی، به طور معناداری از عملکرد بهتری در پیش‌بینی درماندگی نسبت به روش رگرسیون لجستیک و مدل آلتمن برخوردار است.

کلیدواژه‌ها: انتخاب ویژگی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، تودیم، درماندگی مالی، دیمتل.

استناد: بت شکن، محمدهاشم؛ سلیمی، محمد جواد؛ فلاحتگر متحدجو، سعید (۱۳۹۷). ارائه یک روش ترکیبی به منظور پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. *فصلنامه تحقیقات مالی*، ۲۰ (۲)، ۱۷۳-۱۹۲.

فصلنامه تحقیقات مالی، سال ۱۳۹۷، دوره ۲۰، شماره ۲، صص. ۱۷۳-۱۹۲
DOI: 10.22059/frj.2018.248070.1006570
دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۹، پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۶
© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

مقدمه

با توجه به شـرایط اقتصـاد جهانی، تعداد شـرکت‌های درمانده و اهمیت درماندگی مالی در حال افزایش اسـت. حتی حسابرسـان که دارای دانش و آگاهی خوبی از وضـعیت مالی شـرکت‌ها هستند نمی‌توانند قضاوت درستی در مورد تداوم فعالیت شـرکت داشـته باشـند. مسـئله ورشـکستگی و درماندگی مالی همواره مسئله‌ای درخور تأمل بوده است و به دلیل اهمیت آن، کارشناسان حسابداری و مالی در سراسر دنیا به فکر یافتن روش‌هایی جهت پیش‌بینی درماندگی مالی هستند (سعیدی و آقایی، ۱۳۸۸).

پیش‌بینی درماندگی مالی یکی از راه‌هایی اسـت که می‌توان با اسـتفاده از آن به بهره‌گیری مناسـب از فرصـت‌های سـرمایه‌گذاری و تخصیص بهتر منابع کمک کرد؛ در حقیقت با ارائه هشدارهای لازم می‌توان شرکت‌ها را نسبت به وقوع درماندگی مالی هوشـیار کرد تا آن‌ها با توجه به این هشـدارها دسـت به اقدام‌های مقتضـی بزنند و از سـوی دیگر، سـرمایه‌گذاران و اعتباردهندگان، فرصـت‌های مطلوب سـرمایه‌گذاری را از فرصـت‌های نامطلوب تشخیص دهند و منابع مالی‌شان را در زمینه‌های مناسب سرمایه‌گذاری کنند (راعی و فلاح پور، ۱۳۸۷).

درماندگی مالی به شـرایطی گفته می‌شـود که شرکت نتواند به تعهدات خود در قبال تأمین‌کنندگان مالی خود عمل کند یا در عمل به این تعهدات دچار مشـکل باشـد. گاهی درماندگی مالی به ورشکستگی می‌انجامد. پیش‌بینی درماندگی مالی یا ورشـکسـتگی از مسـائل مهم در اقتصـاد هر کشـوری به شـمار می‌آید. زیرا هزینه‌های زیادی را برای شـرکت، اعتباردهندگان و در سـطحی کلان بر کل اقتصـاد تحمیل می‌کند. در این زمینه پژوهش‌های زیادی انجام شـده است اما آنچه تا به امروز کمتر مورد قرار گرفته اسـت، انتخاب معیارهای مؤثر در پیش‌بینی درماندگی مالی در بازار مالی ایران یا همان بحث انتخاب ویژگی اسـت. به همین دلیل در این پژوهش سـعی بر آن اسـت با رویکردی جدید به مسئله انتخاب ویژگی در پیش‌بینی درماندگی مالی پرداخته شود.

با توجه به مطالب فوق که اهمیت موضـوع درماندگی مالی شرکت‌ها را می‌رساند باید گفت لازم است برای طراحی مدل‌های پیش‌بینی درماندگی مالی مناسـب، از ابزارهای مناسـب اسـتفاده نمود. علاوه بر انتخاب متغیرهای مناسب برای پیش‌بینی و همچنین انتخاب مدل مناسـب برای پیش‌بینی با بالاترین دقت، ضـروری اسـت معیارهای مناسب درماندگی مـالی نیز انتخـاب گردد تـا بهترین مـدل برازش شـــده از مجموعـه عوامل بتواند کلیه افراد و گروه‌های ذینفع را در امر پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها یاری کند.

در این تحقیق از آزمون آماری همبسـتگی پیرسـون و الگوریتم‌های دیمتل-تودیم فازی برای انتخاب ویژگی در درماندگی مالی اسـتفاده می‌شود و هدف آن انتخاب بهترین متغیرهای پیش‌بین در درماندگی مالی در بازار ایران به همراه وزن اهمیت هر کدام می‌باشد. فرضیه تحقیق بیان می‌کند که دقت کلی پیش‌بینی مدل ارائه شده در پیش‌بینی درماندگی مالی از سایر روش‌های رقیب برای یک، دو و سه سال قبل از درماندگی مالی بیشتر است.

در ادامه این مقاله به مرور مبانی نظری و پیشـینه تحقیق پرداخته می‌شـود. سـپس الگوریتم‌های دیمتل و تودیم تشـریح خواهد شـد، به وسـیله آزمون آماری همبسـتگی پیرسون و الگوریتم‌های فوق انتخاب ویژگی صورت گرفته و در نهایت پیش‌بینی درماندگی مالی به وسیله ماشین بردار پشتیبان انجام می‌گردد.

پیشینه نظری پژوهش

انتخاب ویژگی

پیدا کردن یک زیرمجموعه با حداقل اندازه ممکن برای ویژگی‌ها است، که برای هدف مورد نظر، اطلاعات لازم و کافی را دربرداشته باشد. بدیهی است که هدف تمام الگوریتم‌ها و روش‌های انتخاب ویژگی، یافتن همین زیر مجموعه است (دش[1] و لیو[2]، ۱۹۹۷).

تعداد متغیرهایی که برای هر مشاهده باید اندازه گیری شود ابعاد داده نامیده می‌شود. عبارت متغیر بیشتر در آمار استفاده می‌شود در حالی که در علوم کامپیوتر و یادگیری ماشین بیشتر از عبارات ویژگی و یا صفت استفاده می‌گردد. معمولاً قبل از جمع‌آوری داده‌ها، ویژگی‌ها مشخص یا انتخاب شده‌اند. ویژگی‌ها می‌توانند گسسته، پیوسته یا اسمی باشند. بسترهای داده‌ای که دارای ابعاد زیادی هستند علی‌رغم فرصت‌هایی که به وجود می‌آورند، چالش‌های محاسباتی زیادی را ایجاد می‌کنند. یکی از مشکلات داده‌های با ابعاد زیاد این است که در بیشتر مواقع تمام ویژگی‌های داده‌ها برای یافتن دانشی که در داده‌ها نهفته است مهم و حیاتی نیستند. به همین دلیل در بسیاری از زمینه‌ها کاهش ابعاد داده یکی از مباحث قابل توجه باقی مانده است (باجلان، تاج مزینانی و فلاح‌پور، ۱۳۹۴).

روش‌های کاهش ابعاد داده به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱) روش‌های مبتنی بر استخراج ویژگی: این روش‌ها یک فضای چندبعدی را به یک فضای با ابعاد کمتر نگاشت می‌کنند. در واقع با ترکیب مقادیر ویژگی‌های موجود، تعداد کمتری ویژگی بوجود می‌آورند، به طوری که این ویژگی‌ها دارای تمام (یا بخش اعظمی از) اطلاعات موجود در ویژگی‌های اولیه باشند. این روش‌ها به دو دسته خطی و غیر خطی تقسیم می‌شوند (باجلان، تاج مزینانی و فلاح‌پور، ۱۳۹۴).

۲) روش‌های مبتنی بر انتخاب ویژگی: این روش‌ها سعی می‌کنند با انتخاب زیر مجموعه‌ای از ویژگی‌های اولیه، ابعاد داده‌ها را کاهش دهند. برخلاف روش‌های مبتنی بر استخراج ویژگی، این نوع روش‌ها معنای اصلی ویژگی‌ها را بعد از کاهش حفظ می‌کنند (باجلان، تاج مزینانی و فلاح‌پور، ۱۳۹۴).

تصمیم‌گیری چندمعیاره

تصمیم‌گیری شامل بیان درست اهداف، تعیین راه‌حل‌های مختلف و ممکن، ارزیابی امکان‌پذیری آنان، ارزیابی عواقب و نتایج ناشی از اجرای هر یک از راه‌حل‌ها و در نهایت انتخاب و اجرای آن می‌باشد. تصمیم‌گیری یکی از وظایف مدیریت است. در اکثر موارد تصمیم‌گیری‌ها وقتی مطلوب و مورد رضایت تصمیم‌گیرنده است که تصمیم‌گیری براساس چندین معیار مورد بررسی قرار گرفته باشد. معیارها ممکن است کمی یا کیفی باشند. این منجر به توجه محققین به مدل‌های چندمعیاره (MCDM) شده است. در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به‌جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی از چند معیار سنجش استفاده می‌شود. در ادامه تکنیک‌های دیمتل و تودیم که به‌عنوان روش‌های تصمیم‌گیری بر پایه ماتریس مقایسات زوجی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند معرفی می‌گردد.

---

1. Dash 2. Liu

دیمتل فازی

این روش قادر است تا با جمع‌آوری نظرات گروهی به مشخص کردن روابط سببی بین عوامل و همچنین مشخص کردن روابط علت و معلولی بین آن‌ها، برای حل مسائل پیچیده بکار گرفته شود (منتس[۱] و آکیلدیز[۲]، یتکین[۳] و تورک اوقلو[۴]، ۲۰۱۵). روش دیمتل مبتنی بر تئوری گراف[۵] می‌باشد که امکان بررسی و توضیح مسائل را به صورت مجسم، فراهم می‌سازد. این روش به عنوان یکی از بهترین ابزارهای یافتن روابط علت و معلولی میان معیارهای ارزیابی شده، شناخته می‌شود. همچنین این روش، روابط متقابل میان معیارها را به صورت تصویری را نشان داده و مقادیر اثرگذاری‌های مؤثر و روابط غیر مستقیم میان معیارها را به صورت یک مدل علت و معلولی مشخص می‌نماید.

به علت ایرادات وارد به کارایی این روش در شرایط عدم اطمینان، روش دیمتل فازی برای تصمیم گیری در شرایط عدم اطمینان ارائه گردید. مزیت اصلی نوع فازی این روش، کاربرد و انعطاف آن در حل مسائل در شرایط مبهم می‌باشد، هم‌چنین مزیت دیگر نوع فازی این روش نسبت به نوع غیر فازی آن، این است که، نوع فازی برخلاف نوع غیر فازی دیدگاه صفر و یکی ندارد و نسبی بودن موارد را درک می‌کند به همین دلیل از دقت بالاتری برخوردار است. دیمتل فازی یک روش بسیار مفید و کارا برای شرایط مبهمی می‌باشد که نیازمند تصمیم‌گیری گروهی است (آکیوز[۶] و کلیک[۷]، ۲۰۱۵). در این تحقیق از آنجایی که پرسشنامه مربوط به دیمتل و تودیم اثر متغیرها بر روی هم را در فضای ریسکی مالی مورد سؤال قرار می‌دهد، به منظور پوشش‌دهی شرایط عدم اطمینان حاصل از متغیرها از منطق فازی استفاده گردیده است. با توجه به اینکه تأثیر متغیرها بر روی هم به صورت مطلق نمی‌باشد، استفاده از منطق فازی و پارامترهای کیفی علاوه بر پوشش‌دهی فضای عدم قطعیت تأثیرپذیری بین متغیرها سبب سهولت پاسخگویی خبرگان و کارشناسان می‌شود. مهمترین مزیت این روش نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری از جمله روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی[۸] این است که این روش وزن‌دهی را براساس روابط عِلی میان عوامل انجام می‌دهد؛ یعنی تأثیرپذیری و تأثیرگذاری تک تک عوامل بر روی یکدیگر را محاسبه کرده و در نهایت بر همین اساس معیارها را اولویت بندی و وزن‌دهی می‌کند. برای روش دیمتل فازی به دلیل اهمیت کیفیت پاسخگویی به مشارکت ۷ تا ۱۲ خبره نیاز است.

تکنیک تودیم

تکنیک تودیم یکی از تکنیک‌های معرفی شده‌ای است که به منظور حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره کاربرد دارد (گومز[۹]، ۲۰۱۳). این تکنیک بر اساس تئوری پیش‌بینی غیرخطی است که شکل تابع ارزش آن مشابه تابع عواید و زیان‌های تئوری پیش‌بینی است. تکنیک تودیم اختلافات میان مقادیر هر دو گزینه را که با توجه به هر معیار به دست آمده‌اند، نسبت به یک معیار مرجع ارائه می‌دهد (کانمن[۱۰] و ورسکی[۱۱]، ۱۹۷۹). این تکنیک با استفاده از مقایسات زوجی میان معیارهای تصمیم‌گیری، ناسازگاری‌های تصادفی رخ داده از این مقایسات را حذف می‌کند (گومز و رنجل[۱۲]، ۲۰۰۹). تکنیک تودیم در نهایت وزن‌های اولیه معیارها را بهینه کرده و بهترین معیارها به همراه وزن تأثیر هر کدام را ارائه می‌دهد.

---

1. Mentes
2. Akyildiz
3. Yetkin
4. Turkoglu
5. Graph theory
6. Akyu
7. Celik
8. GAHP
9. Gomes
10. Kahneman
11. Tversky
12. Rangel

ماشین بردار پشتیبان[1]

این الگوریتم برای طبقه‌بندی و دسته‌بندی الگوها در سال ۱۹۳۶ توسط فیشر ارائه شد و معیار آن برای بهینه کردن، کم‌کردن خطای طبقه‌بندی داده‌های آموزشی بوده است (راعی و فلاح‌پور، ۱۳۸۷). ماشین بردار پشتیبان الگوریتمی است که نوع خاصی از مدل‌های خطی را می‌یابد که حداکثر حاشیه ابرصفحه را حاصل می‌کنند. حداکثر کردن حاشیه ابرصفحه منجر به حداکثر شدن تفکیک بین طبقات می‌شود. به نزدیک‌ترین نقاط آموزشی به حداکثر حاشیه ابرصفحه، بردارهای پشتیبان اطلاق می‌گردد. تنها از این بردارها (نقاط) برای مشخص کردن مرز بین طبقات استفاده می‌شود (شین[2]، لی[3] و کیم[4]، ۲۰۰۵).

اگر داده‌ها به صورت خطی مجزا از هم باشند، SVM به ماشین‌های خطی برای تولید یک سطح بهینه که داده‌ها را بدون خطا و با حداکثر فاصله میان صفحه و نزدیکترین نقاط آموزشی (بردارهای پشتیبان) تفکیک می‌نماید، آموزش می‌دهد. اگر نقاط آموزشی را به صورت $[X_i, Y_i]$ و بردار ورودی و $X_i \epsilon R^n$ ارزش طبقه را Yi ∈{-1,1}, i =1,...,I تعریف کنیم، در حالتی که داده‌ها به صورت خطی قابل تفکیک هستند، یک مرز تصمیم‌گیری خطی (ابرصفحه) در حالت کلی به صورت زیر تعریف می‌شود (باجلان، تاج مزینانی و فلاح‌پور، ۱۳۹۴):

$$w.x + b = 0$$

x یک نقطه روی مرز تصمیم‌گیری و w یک بردار عمود بر مرز تصمیم‌گیری است. مقدار $\frac{b}{\|w\|}$ فاصله مبدا تا ابرصفحه و $(w.x)$ بیانگر ضرب داخلی دو بردار است. با ضرب یک مقدار ثابت در دو طرف، در معادله فوق باز هم تساوی برقرار است. در نتیجه برای تعریف یکتای مقدار b و w شرایط زیر بر روی آن‌ها اعمال می‌شود (باجلان، تاج مزینانی و فلاح‌پور، ۱۳۹۴):

$$y_i(wx_i + b) \geq 1$$
$$y_i(wx_i + b) \leq -1$$

با بدست آمدن مقدار w، مقدار b به ازای بردارهای پشتیبان مختلف بدست آمده و مقدار b نهایی با میانگین‌گیری از مقادیر بدست آمده محاسبه می‌شود. آنگاه در حالتی که داده‌ها بصورت خطی قابل تفکیک هستند، طبقه‌بندی‌کننده نهایی داده‌ها از معادله زیر بدست می‌آید:

$$Y = \text{sign}\left(\sum_{i=1}^{N} y_i \alpha_i (x.x_i) + b\right)$$

که در آن Y خروجی معادله، y_i ارزش طبقه نمونه آزمایشی x_i است و پارامترهای b و α_i تعیین‌کننده‌ی ابرصفحه هستند. اگر داده‌ها به‌صورت خطی قابل تفکیک نباشند، معادله به صورت زیر تغییر می‌یابد:

$$Y = \text{sign}\left(\sum_{i=1}^{N} y_i \alpha_i K(x.x_i) + b\right)$$

1. Support vector machines 2. Shi 3. Lee 4. Kim

پیشینه تجربی

مرادی و شفاعی سردشت و ابراهیم‌پور (۱۳۹۱)، در پژوهشی با عنوان پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها بوسیله مدل ماشین بردار پشتیبان و تحلیل ممیزی چندگانه بر هر دو بخش مهم در فرآیند پیش‌بینی درماندگی مالی یعنی انتخاب معیار و پیش‌بینی تأکید داشته‌اند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که عملکرد ماشین بردار پشتیبان به عنوان یک مدل هوش مصنوعی به طور محسوسی از مدل سنتی و آماری تحلیل ممیزی چندگانه بهتر بوده است.

باجلان، تاج‌مزینانی و فلاح‌پور (۱۳۹۴)، در پژوهشی با عنوان کاربرد روش انتخاب ویژگی هارک در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها در بورس اوراق بهادار تهران، با استفاده از به کارگیری همزمان آزمون تی و الگوریتم ژنتیک در یک دوره ۱۰ ساله به انتخاب ویژگی پرداختند و درنهایت به وسیله ماشین بردار پشتیبان پیش‌بینی درماندگی مالی انجام دادند. نتایج پژوهش حاکی از آن است که ۴ نسبت مالی فروش به دارایی ثابت، سود خالص به حقوق صاحبان سهام، کل بدهی‌ها به حقوق صاحبان سهام و متغیری با عنوان اگر کل بدهی‌ها بزرگ‌تر از دارایی‌ها باشد ۱ و در غیر اینصورت صفر، را بهترین نسبت‌های مالی پیش‌بین درماندگی مالی معرفی کردند. آن‌ها در این مطالعه به دقت پیش‌بینی ۸۵ درصد برای یک سال قبل از درماندگی مالی دست یافتند. ادوارد آلتمن[1] (۱۹۶۸)، برای نخستین بار اثر ترکیبات مختلف نسبت‌های مالی را برای پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های تولیدی آمریکا بررسی کرد. آلتمن در این مطالعه با استفاده از تحلیل تشخیصی چندگانه ۵ نسبت مالی را از میان ۲۲ نسبت مالی انتخاب کرد. مدل آلتمن که با عنوان Z-score شناخته می‌شود به صورت زیر است:

$$Z=1.2X1+1.4X2+3.3X3+0.6X4+0.9X5$$

که در آن متغیر X1 سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها، X2 سود انباشته به کل دارایی‌ها، X3 درآمد قبل از بهره و مالیات به کل دارایی‌ها، X4 ارزش بازاری حقوق صاحبان سهام به کل دارایی‌ها و X5 فروش به کل دارایی‌ها، می‌باشند. در این مدل، دسته بندی شرکت‌ها با توجه به عدد بدست آمده برایZ به این ترتیب صورت گرفت: شرکت‌هایی که پیش‌بینی می‌شد ورشکسته شوند با امتیاز کمتر از ۱,۱۸، شرکت‌هایی که پیش‌بینی می‌شد ورشکسته نشوند با امتیازی بیشتر از ۲,۹۹ و منطقه غیر قابل پیش‌بینی با امتیاز بین ۱,۱۸ و ۲,۹۹.

تسای[2] (۲۰۰۸)، در پژوهش به انتخاب بهترین روش انتخاب ویژگی برای پیش‌بینی ورشکستگی پرداخته است. وی ۵ روش آزمون مقایسات زوجی، رگرسیون لجستیک گام به گام، تحلیل عاملی، تحلیل مولفه جزء اصلی و ماتریس همبستگی را با یکدیگر مقایسه کرده است. در این پژوهش پس از انتخاب مجموعه ویژگی‌ها، شبکه عصبی به عنوان مدل پیش‌بینی ورشکستگی به کار برده شده است. نتایج پژوهش وی حاکی از آن است که روش انتخاب ویژگی آزمون مقایسات زوجی دارای عملکرد بهتر از سایر روش‌ها بوده است.

لیانگ[3] و تسای و وو[4] (۲۰۱۵) در پژوهش خود با استفاده از چند روش به انتخاب ویژگی پرداخته‌اند. این روش‌ها عبارتند از: تحلیل ممیزی، آزمون تی، رگرسیون لجستیک، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم ازدحام ذرات. برای پیش‌بینی نیز شش

1. Altman 2. Tsa 3. Liang 4. Wu

روش طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان خطی، ماشین بردار پشتیبان با تابع RBF، K نزدیک‌ترین همسایه، شبکه‌های بیزی نیو، درخت تصمیم و شبکه عصبی با یکدیگر مقایسه شده‌اند. آن‌ها بیان کردند که هیچ پاسخ دقیقی برای بهترین ترکیب روش انتخاب ویژگی و الگوریتم طبقه‌بندی ندارند اما به طور میانگین می‌توان گفت انتخاب ویژگی باعث بهبود پیش‌بینی می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

به طور کلی متدولوژی ارائه شده در این پژوهش به دنبال ارائه رویکردی جدید و کاربردی به منظور شناسایی و رتبه‌بندی معیارهای مؤثر در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها می‌باشد و از نظر هدف کاربردی است.

روش انجام پژوهش به این صورت است که در ابتدا کلیه نسبت‌های مالی موجود براساس مفاهیم مالی در ۴ گروه نقدینگی، عملیاتی، سودآوری و ساختار سرمایه طبقه بندی شده و برای تمامی شرکت‌های سالم و درمانده انتخاب شده، محاسبه می‌گردند، سپس در هر گروه از نسبت‌های مالی آزمون همبستگی پیرسون بین متغیرها انجام می‌گیرد. از بین هر دو نسبتی که رابطه معناداری با یکدیگر دارند باید متغیری به عنوان نماینده انتخاب شود؛ در ادامه به کمک نسبت‌های مالی انتخاب شده پرسشنامه‌های مرتبط با اهمیت نسبت‌ها طراحی شده و در اختیار کارشناسان و خبرگان قرار داده می‌شود. پس از تکمیل پرسشنامه‌های مربوطه، از آن‌ها به عنوان ورودی روش دیمتل فازی استفاده می‌شود، که مراحل الگوریتم دیمتل فازی به شرح زیر می‌باشد (بردبار و موسوی و مرادی، ۱۳۹۱؛ جمالی و هاشمی، ۱۳۹۰؛ کریمخانی، ۱۳۹۵؛ یادگاری و تارخ، ۱۳۹۵):

جدول ۱. مقیاس‌های زبانی برای مقایسات زوجی

مقادیر	واژه‌های زبانی برای مقایسات زوجی
(۸،۹،۹)	تأثیر خیلی بالا
(۶،۷،۸)	تأثیر بالا
(۴،۵،۶)	تأثیر پایین
(۲،۳،۴)	تأثیر خیلی پایین
(۱،۱،۱)	بدون تأثیر

مرحله اول:طراحی معیارهای زبانی فازی

در این مرحله باید برای تصمیم گیری معیارهایی را تعیین کنیم. به منظور از بین بردن عدم اطمینان باید این معیارها را براساس معیارهای زبانی که در جدول ۱ آمده است، تنظیم نمود. پس از اخذ پرسشنامه‌ها به هر کدام از واژه‌های زبانی مقادیر متناظرش، مطابق جدول۱، اختصاص داده می‌شود (تارخ و یادگاری، ۱۳۹۵).

مرحله دوم: ارائه پرسشنامه به خبرگان

در این مرحله از هر فردی که مورد سؤال قرار می‌گیرد درخواست می‌شود که اقدام به مشخص کردن اثر هر معیار

بر معیار دیگر کند. نماد $\tilde{O}_{ij} = (l_{ij}.m_{iy}.u_{ij})$ نشان دهنده‌ی نظر پاسخ دهنده در مورد تأثیر هرکدام از عوامل بر عامل دیگری است، یعنی اثر عامل i بر عامل j. اثر هر عامل بر خودش برابر صفر است.

مرحله سوم: ماتریس تصمیم‌گیری اولیه

ماتریس تصـمیم گیری اولیه ($\tilde{o}$) در واقع از میانگین ساده نظرات همه‌ی افرادی که مورد سؤال قرار گرفته است استخراج می‌شود و از رابطه ۱ بدست می‌آید که در آن $\tilde{o}_{ij} = (l_{ij}.m_{ij}.u_{ij})$، ابعاد فازی مثلثی هستند.

$$\tilde{O} = \begin{bmatrix} \tilde{O}_{11} & \cdots & \tilde{O}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{O}_{m1} & \cdots & \tilde{O}_{mn} \end{bmatrix} . \ \tilde{O}_{ij} = \frac{1}{P} \times \sum_{P=1}^{P} \tilde{a}_{ij}^{P}$$ رابطه۱)

مرحله چهارم: محاسبه‌ی ماتریس نرمال شده ($\tilde{z}$)

برای محاسبه‌ی ماتریس نرمال شده از روابط ۲، ۳ و ۴ استفاده می‌شود.

$$\tilde{Z}_h = {}^{1}/_{K} \times \tilde{O}_h \qquad h = l.m.u$$ رابطه۲)

$$\mathrm{K} = \ max_{1 \le i \le n}(\sum_{j=1}^{n} U_{ij})$$ رابطه۳)

$$\tilde{Z} = \begin{bmatrix} \tilde{Z}_{11} & \cdots & \tilde{Z}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{Z}_{m1} & \cdots & \tilde{Z}_{mn} \end{bmatrix}$$ رابطه۴)

مرحله پنجم: محاسبه‌ی ماتریس $\tilde{v}$

از آن‌جایی که از معیارهای زبانی سـه مولفه‌ای و مثلثی اسـتفاده شـده است، درایه‌های هر عنصر سه درایه‌ای در ماتریس نرمال شده، تفکیک می‌شوند تا سه ماتریس $\tilde{Z}_l$ ، $\tilde{Z}_m$ و $\tilde{Z}_u$ به‌دست بیایند سپس برای هرماتریس، حد فازی ($l_{ij}^{"}$ $m_{ij}^{"}$, $u_{ij}^{"}$,) به وسیله روابط ۵، ۶ و ۷ محاسبه می‌شود.

$$l_{ij}'' = \tilde{Z}_l \times \left(I - \tilde{Z}_l\right)^{-1}$$ رابطه۵)

$$m_{ij}'' = \tilde{Z}_m \times (I - \tilde{Z}_m)^{-1}$$ رابطه۶)

$$u_{ij}'' = \tilde{Z}_u \times (I - \tilde{Z}_u)^{-1}$$ رابطه۷)

در آخر برای محـاســبـه‌ی ماتریس $\tilde{v}$، هرکدام از حدهای پایین، میان و بالا مثلثی را باید با هم ترکیب کرد. یعنی اعضای ماتریس‌های l_{ij}'' و m_{ij}'' و u_{ij}''، به ترتیب درایه‌های اول، دوم و سوم عناصر ماتریس $\tilde{v}$ را تشکیل می‌دهند.

$$\tilde{v} = \begin{bmatrix} \tilde{v}_{11} & \cdots & \tilde{v}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{v}_{m1} & \cdots & \tilde{v}_{mn} \end{bmatrix}$$ رابطه۸)

مرحله ششم: تبدیل اعداد فازی به اعداد غیر فازی

تبدیل اعداد فازی به غیرفازی به وسیله رابطه ۹ انجام می‌شود، که در آن ، m و u به ترتیب درایه‌های اول، دوم و سوم هر عنصر می‌باشند.

$$V = \frac{(l + ۴m + u)}{۶}$$ رابطه۹)

مرحله‌ی هفتم: محاسبه‌ی $D_i - R_i$ و $D_i + R_i$

در این مرحله به ترتیب از جمع هر سطر و ستون ماتریس غیر فازی شده، D و R برای هر عامل، به دست می‌آیند. بعد از حساب کردن $D_i - R_i$ و $D_i + R_i$، شدت اثرگذاری و اثرپذیری بدست می‌آید که در واقع مبنایی برای تصمیم‌گیری است. در نهایت وزن معیارها با توجه که معیار اهمیت هر کدام استخراج شده و برای بهینه‌سازی وارد الگوریتم تودیم خواهند شد.

تکنیک تودیم

تکنیک تودیم یکی از تکنیک‌های معرفی شده‌ای است که به منظور حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره کاربرد دارد (گومز، ۲۰۱۳). برای استفاده از این روش در ابتدا ماتریس تصمیم جدول ۲ را که ترکیبی از وزن‌های بدست آمده از دیمتل به همراه پرسشنامه اولیه است، تشکیل می‌دهیم.

جدول۲- امتیازهای اختصاص یافته به گزینه‌ها

	C_1	C_2	...	C_m
W_c	W_{11}	W_2	...	W_m
A_1	P_{11}	P_{12}	...	P_{1m}
A_2	P_{21}	P_{22}	...	P_{2m}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A_n	P_{n1}	P_{n2}	...	P_{nm}

در این ماتریس، m معیار (C_m و ... و C_1) و n گزینه (A_n و ... و A_1) در دسترس هستند، به نحوی که P_{ic} امتیاز اختصاص یافته به گزینه iام با توجه به معیار cام (m و ... و $c = 1$) است. همچنین W_c وزن اهمیت معیار cام است. گام‌های اجرای تکنیک تودیم به شرح زیر است: (لیو و تنگ، ۲۰۱۴؛ وی و ژیانگ و رودریگز، ۲۰۱۵)

گام ۱) اگر P_{ic} و P_{jc} به ترتیب امتیاز اختصاص یافته به گزینه‌های i و j ($i \neq j$) با توجه به معیار cام باشند، آنگاه ابتدا تفاضل نسبی ($P_{ic} - P_{jc}$) را بدست می‌آوریم. سپس مطابق رابطه ۱۰، $\varphi_c = (A_i, A_j)$ مربوط را محاسبه می‌کنیم.

$$\varphi_c = (A_i, A_j) = \begin{cases} \sqrt{w_c \times (P_{ic} - P_{jc})}, & (P_{ic} - P_{jc}) > 0 \\ 0, & (P_{ic} - P_{jc}) = 0 \\ \frac{-1}{\theta} \sqrt{\frac{-(P_{ic} - P_{jc})}{w_c}}, & (P_{ic} - P_{jc}) < 0 \end{cases}$$ رابطه۱۰)

به نحوی که θ فاکتور کاهش زیان‌ها نامیده می‌شود.

گام ۲) اندازه تسلط گزینه A_i بر گزینه A_j ($\delta(A_i, A_j)$) را مطابق رابطه ۱۱ به دست می‌آوریم.

$$\delta(A_i, A_j) = \sum_{c=1}^{m} \varphi_c(A_i, A_j), \forall(i,j), i \neq j$$ رابطه۱۱)

گام۳) اوزان نهایی متغیرها به وسیله رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود.

$$w_j = \frac{\delta(A_j)}{\sum_{j=1}^{n} \delta(A_j)}$$ رابطه۱۲)

در نتیجه، معیارهای مؤثر در پیش‌بینی درماندگی مالی انتخاب و وزن‌دهی می‌گردند؛ سپس به‌وسیله نسبت‌های مالی انتخاب شده و وزن‌های هر کدام پیش‌بینی درماندگی مالی را برای یک، دو و سه سال قبل از درماندگی مالی، به‌وسیله ماشین بردار پشتیبان انجام داده و در پایان به منظور تأیید دقت رویکرد پیشنهادی، آن را با مدل‌های آلتمن و رگرسیون لجستیک مقایسه می‌کنیم.

جامعه آماری

جامعه آماری این پژوهش برای اجرای روش دیمتل و تودیم فازی، خبرگان و کارشناسان بازار مالی ایران با سه ویژگی زیر به صورت همزمان هستند:

۱. دارای حداقل مدرک دکتری در رشته‌های حسابداری و مدیریت مالی،

۲. استاد و مدرس دانشگاه در رشته‌های فوق،

۳. سابقه انجام پژوهش در زمینه درماندگی مالی و ورشکستگی.

با توجه به ویژگی‌های فوق تعداد ۱۲ خبره مالی برگزیده شده و پرسشنامه در اختیار ایشان قرار گرفت. جامعه آماری شرکت‌ها برای استخراج نسبت‌های مالی و انجام پیش‌بینی درماندگی مالی، شرکت‌های تولیدی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشند که اطلاعاتشان برای سال‌های موردنظر در دسترس باشد. در این رابطه تعداد ۶۲ شرکت درمانده مالی، مابین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵، انتخاب شده و به همان تعداد شرکت سالم نیز به طور تصادفی برگزیده شده‌اند. معیار درماندگی مالی در این تحقیق شرکت‌های مشمول ماده ۱۴۱ قانون تجارت می‌باشند.

یافته‌های پژوهش

متغیرهای مورد استفاده

بعد از مطالعه جامع ادبیات تحقیق نسبت‌های مالی عنوان شده در جدول ۳، به عنوان مهمترین نسبت‌های مالی در تحقیقات پیشین برای پیش‌بینی درماندگی مالی که اطلاعاتشان نیز در ایران قابل دسترس است، به عنوان متغیرهای تحقیق برگزیده شدند.

جدول۳- متغیرهای پژوهش

نام متغیر	نسبت مالی	نام متغیر	نسبت مالی	نام متغیر	نسبت مالی
P1	دارایی جاری / بدهی جاری	P11	فروش / سرمایه در گردش خالص	P21	EBIT / کل دارایی ها
P2	دارایی سریع / دارایی کل	P12	بهای تمام شده / موجودی کالا	P22	مالیات − EBIT / حقوق صاحبان سهام
P3	دارایی جاری / کل دارایی‌ها	P13	بهای تمام شده / حساب‌های پرداختنی	P23	دارایی‌های ثابت / کل دارایی‌ها
P4	بدهی جاری / کل دارایی‌ها	P14	سود خالص / فروش	P24	حقوق صاحبان سهام / کل دارایی‌ها
P5	وجه نقد / کل دارایی‌ها	P15	سود ناخالص / فروش	P25	دارایی‌های ثابت / بدهی بلند مدت ح ص س+
P6	سرمایه در گردش خالص / کل دارایی‌ها	P16	سود خالص / کل دارایی‌ها	P26	کل بدهی‌ها / کل دارایی‌ها
P7	فروش / کل دارایی‌ها	P17	سود خالص / دارایی‌های جاری	P27	کل بدهی ها / حقوق صاحبان سهام
P8	فروش / دارایی‌های جاری	P18	سود خالص / دارایی‌های ثابت	P28	هزینه مالی / حقوق صاحبان سهام
P9	فروش / دارایی‌های ثابت	P19	سود خالص / حقوق صاحبان سهام	P29	هزینه مالی / فروش
P10	فروش / حساب‌های دریافتنی	P20	سود انباشته / کل دارایی‌ها		

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

انتخاب ویژگی با استفاده از آزمون آماری همبستگی پیرسون

در این قسمت ابتدا نسبت‌های مالی بر اساس مفاهیم مالی در ۴ گروه نقدینگی، عملیاتی، سودآوری و ساختار سرمایه دسته‌بندی می شوند. سپس در هر گروه از نسبت‌های مالی بین متغیرها دو به دو آزمون زوجی به وسیله آزمون همبستگی پیرسون انجام می‌گیرد، اگر رابطه معناداری بین آنها برقرار باشد باید از بین آن‌ها نماینده‌ای برای ورود به دیمتل فازی انتخاب شود.

انتخاب‌ها به این صورت است که هر نسبتی که با تعداد بیشتری از نسبت‌های هم گروه خود رابطه معنادار دارد به عنوان نسبت منتخب انتخاب می‌شود (باجلان، تاج مزینانی و فلاح‌پور، ۱۳۹۴). در جدول ۴ نسبت‌های مالی انتخاب شده به وسیله آزمون همبستگی پیرسون آورده شده است.

جدول۴- نسبت‌های مالی انتخاب شده به‌وسیله آزمون آماری همبستگی پیرسون

نام متغیر	نسبت مالی	نام متغیر	نسبت مالی
P6	سرمایه در گردش / کل دارایی‌ها	P19	سود خالص / حقوق صاحبان سهام
P1	دارایی جاری / بدهی جاری	P21	EBIT / کل دارایی‌ها
P7	فروش / کل دارایی‌ها	P26	کل بدهی‌ها / کل دارایی‌ها
P20	سود انباشته / کل دارایی‌ها	P29	هزینه مالی / فروش

تحلیل دیمتل فازی

در این بخش به‌وسیله نسبت‌های مالی انتخاب شده به‌وسیله آزمون آماری، پرسشنامه مقایسات زوجی طراحی شده و در اختیار ۱۲ خبره قرار گرفت. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، در ابتدا تجزیه و تحلیل نظرات خبرگان به وسیله الگوریتم دیمتل فازی صورت می‌گیرد. پس از تشکیل ماتریس تصمیم اولیه و انجام گام‌های محاسباتی عنوان شده در بخش روش‌شناسی پژوهش، نتایج بدست آمده از این الگوریتم دیمتل شرح داده خواهد شد.

مقادیر $D_i - R_i$ و $D_i + R_i$

برای مشخص کردن اهمیت عوامل نیاز به محاسبه $D_i - R_i$ و $D_i + R_i$ داریم. D_i بیان‌گر میزان تأثیری است که عامل i بر عوامل دیگر می‌گذارد و R_i بیانگر میزان تأثیری است که عامل i از عوامل دیگر می‌پذیرد. این مقادیر به همراه وزن اولیه معیارها در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- مقدار اثرگذاری و اثرپذیری

معیار	وزن اولیه	D+R	D-R
P6	۰/۱۲۲	۱۶/۲۴۴	۰/۰۱۰
P1	۰/۱۲۷	۱۶/۹۰۵	۰/۰۹۲
P7	۰/۱۲۷	۱۶/۹۰۴	۰/۵۲۱
P20	۰/۱۲۴	۱۶/۴۴۵	-۰/۳۲۷
P19	۰/۱۲۷	۱۶/۸۲۰	-۰/۱۶۳
P21	۰/۱۲۹	۱۷/۰۸۲	-۰/۱۳۱
P26	۰/۱۲۷	۱۶/۸۲۲	۰/۰۴۴
P29	۰/۱۱۷	۱۵/۵۳۳	-۰/۰۳۸

$D_i + R_i$ برابر با حاصـل جمع تأثیرهایی که یک عامل از عوامل دیگر می‌پذیرد با تأثیرهایی است که آن عامل بر عوامل دیگر می‌گذارد، در واقع $D_i + R_i$ حاصـل جمع تأثیرپذیری و تأثیرگذاری هر عامل از عوامل دیگر است. $D_i - R_i$ برابر اســت با اختلاف تأثیرهایی که یک عامل بر عوامل دیگر می‌گذارد با تأثیرهایی اســت که آن عامل از عوامل دیگر می‌پذیرد، در واقع $D_i - R_i$ خالص اثرگذاری یک عامل بر عوامل دیگر است. اگر خالص اثرگذاری یک عامل مثبت باشد، آن عامل اثرگذار اسـت و اگر منفی باشـد، یعنی آن عامل اثر پذیر است. هرچه یک عامل $D_i + R_i$ بیشتری داشته باشد، مهم‌تر قلمداد می‌گردد. بر اساس نتایج بدست آمده معیار سودعملیاتی به دارایی‌ها، به عنوان مهمترین عامل در پیش‌بینی درمـاندگی مالی و معیار فروش به دارایی‌ها، به عنوان تأثیرگذارترین عامل در این مرحله انتخاب شــده‌اند. در این مرحله معیارها بر اساس اهمیتشان به‌وسیله دیمتل وزن‌دهی شده و برای بهینه‌سازی وارد الگوریتم تودیم می‌گردند.

تحلیل تکنیک تودیم

ابتدا ماتریس تصـمیم جدول ۶ را که ترکیبی از وزن‌های بدسـت آمده از دیمتل به همراه پرسـشـنامه اولیه است، تشکیل می‌دهیم. در ماتریس فوق مقدار Wrc از تقسـیم وزن اولیه هر معیار که توسـط دیمتل بدسـت آمده و در جدول ۵ قابل مشاهده است، بر بیشترین وزن در میان معیارها که متعلق به معیار C6 است، می‌باشد. یعنی:

رابطه ۱۳)
$$w_{rc} = \frac{W_i}{Max\ W_i}$$

جدول ۶- ماتریس تصمیم اولیه تودیم

	P6	P1	P7	P20	P19	P21	P26	P29
Wrc	۰/۹۵۱	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۶۳	۰/۹۸۵	۱/۰۰۰	۰/۹۸۵	۰/۹۰۹
P6	۱/۰۰۰	۰/۰۱۸	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵	۰/۰۰۹
P1	۰/۰۱۸	۱/۰۰۰	۰/۰۱۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۶	۰/۰۱۳
P7	۰/۰۱۲	۰/۰۱۶	۱/۰۰۰	۰/۰۱۵	۰/۰۱۶	۰/۰۱۷	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳
P20	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۱/۰۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵	۰,۰۱۳	۰,۰۱۵
P19	۰/۰۱۲	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۶	۱/۰۰۰	۰/۰۱۶	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵
P21	۰/۰۱۵	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۱/۰۰۰	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵
P26	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۱/۰۰۰	۰/۰۱۲
P29	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲	۱/۰۰۰

در ادامه به وسیله روابط ۱۰ و ۱۱ میزان تسلط هر معیار بر سایر معیارها محاسبه می‌شود. در نهایت اوزان نهایی معیارها به وسیله رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود؛ نتیجه نهایی معیارهای انتخابی به همراه وزن تأثیر هر کدام در جدول ۷ قابل مشاهده است.

جدول ۷- نسبت‌های مالی انتخاب شده توسط الگوریتم دیمتل-تودیم فازی

	دیمتل	ترکیبی	وزن نهایی
دارایی جاری / بدهی جاری	۲	۴	۰/۱۷۷
فروش / کل دارایی‌ها	۳	۱	۰/۲۸۰
سود خالص / حقوق صاحبان سهام	۵	۳	۰/۱۸۷
EBIT/ کل دارایی‌ها	۱	۲	۰/۲۰۲
کل بدهی / کل دارایی‌ها	۴	۵	۰/۱۵۴
سرمایه در گردش / کل دارایی‌ها	۷	۶	۰/۰۰۰
سود انباشته / کل دارایی‌ها	۶	۶	۰/۰۰۰
هزینه مالی / فروش	۸	۶	۰/۰۰۰

با توجه به جدول فوق و اوزان نهایی بدست آمده معیارهای p6، p20 و p29، یعنی سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها، سود انباشته به کل دارایی‌ها و هزینه مالی به فروش در فرآیند بهینه‌سازی توسط تودیم، وزنی معادل صفر اختیار کرده و در نتیجه این سه معیار حذف می‌گردند. در نتیجه معیارهای تأثیرگذار در درماندگی مالی بدست آمده از الگوریتم دیمتل و تودیم فازی به همراه ضریب اهمیت هر یک مطابق جدول ۷ خواهد بود.

همانطور که در بخش روش‌شناسی بیان گردید، برای مقایسه قدرت مدل پیشنهادی، از روش‌های آلتمن و رگرسیون لجستیک به عنوان روش‌های رقیب استفاده خواهیم کرد. بدین منظور، باید نسبت‌های انتخابی به وسیله مدل‌های آلتمن و رگرسیون لجستیک را استخراج می‌کنیم. نسبت‌های مالی انتخاب شده به وسیله مدل آلتمن همان نسبت‌های استخراج شده از مدل مشهور وی می‌باشد، که با عنوان Z-score شناخته می‌شود و در سال ۱۹۶۸ ارائه شده است. در این مدل ۵ نسبت مالی به عنوان بهترین متغیرهای پیش‌بین در درماندگی مالی به همراه ضریب اهمیت هر کدام مطرح شده است. همانطور که در بخش پیشنه پژوهش توضیح داده شد، مدل آلتمن به صورت زیر است:

$$Z=1.2X1+1.4X2+3.3X3+0.6X4+0.9X5$$

که در آن متغیر X1، سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها، X2، سود انباشته به کل دارایی‌ها، X3، درآمد قبل از بهره و مالیات به کل دارایی‌ها، X4، ارزش بازاری حقوق صاحبان سهام به کل دارایی‌ها و X5، فروش به کل دارایی‌ها می‌باشند.

برای استخراج نسبت‌های مالی انتخاب شده به وسیله رگرسیون لجستیک، باید در ابتدا این مدل را پیاده‌سازی کنیم. در ادامه نحوه اجرای رگرسیون لجستیک و نسبت‌های مالی انتخاب شده به وسیله آن، شرح داده خواهد شد. سپس به وسیله الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، دقت پیش‌بینی این ۳ مدل برای سال‌های t-1 و t-2 و t-3، انجام می‌شود.

انتخاب ویژگی به وسیله رگرسیون لجستیک

در این مرحله تمامی ۲۹ نسبت مالی معرفی شده به عنوان متغیرهای پژوهش برای همه ۱۲۴ شرکت سالم و درمانده مالی مورد نظر وارد نرم‌افزار SPSS شده و رگرسیون لجستیک روی آن‌ها اعمال می‌گردد. خروجی عملیات مذکور نسبت‌های مالی معنادار انتخاب شده توسط رگرسیون لجستیک به همراه P-value هر کدام خواهد بود که در جدول ۸ آمده است.

جدول ۸- نسبت‌های مالی انتخاب شده به وسیله رگرسیون لجستیک

علامت اختصاری	نام نسبت مالی	P-value	علامت اختصاری	نام نسبت مالی	P-value
P5	وجه نقد / کل دارایی‌ها	۰/۰۴۰	P20	سود انباشته / کل دارایی‌ها	۰/۰۰۴
P13	بهای تمام شده / حساب‌های پرداختنی	۰/۰۲۰	P24	حقوق صاحبان سهام / کل دارایی‌ها	۰/۰۰۰
P18	سود خالص / دارایی‌های ثابت	۰/۰۱۰			

دقت پیش‌بینی روش‌های مختلف به‌وسیله ماشین بردار پشتیبان

در جدول ۹ دقت کلی مدل، یعنی تعداد و درصد پیش‌بینی درست شرکت‌های سالم و درمانده مالی، ارائه شده است. لازم به ذکر است برای غنی‌تر شدن و افزایش تعداد مدل‌ها ۱۰ دسته نمونه فرعی ایجاد شده است (راعی و فلاح پور، ۱۳۸۷). دقت کلی هر یک مدل‌ها برای هر نمونه فرعی عبارت است از: میانگین درصد پیش‌بینی صحیح شرکت‌های سالم و درصد پیش‌بینی صحیح شرکت‌های درمانده مالی برای هر دسته نمونه فرعی.

در جدول ۹، برای نمونه دقت کلی مربوط به ۵ دسته نمونه فرعی از کل ۱۰ دسته نمونه فرعی آورده شده است. همچنن برای هر نمونه، عدد سمت راست نشان‌دهنده تعداد پیش‌بینی صحیح و عدد سمت چپ نشان‌دهنده درصد پیش‌بینی صحیح می‌باشد. لازم به ذکر است که در هر بار اجرای الگوریتم ماشین بردار پشتیبان از ۸۰ درصد داده‌ها برای آموزش و از ۲۰ درصد داده‌ها برای آزمون مدل استفاده شده است.

جدول ۹- دقت مدل‌ها در سال‌های t-1، t-2 و t-3

			نمونه فرعی۱		نمونه فرعی۲		نمونه فرعی۳		نمونه فرعی۴		نمونه فرعی۵	
t-1	پیشنهادی	درمانده	۹۴ درصد	۵۸	۹۴ درصد	۵۸	۹۵ درصد	۵۹	۹۵ درصد	۵۹	۹۵ درصد	۵۹
		سالم	۹۲ درصد	۵۷	۹۰ درصد	۵۶	۸۹ درصد	۵۵	۹۰ درصد	۵۶	۹۰ درصد	۵۶
	آلتمن	درمانده	۸۴ درصد	۵۲	۸۷ درصد	۵۴	۸۵ درصد	۵۳	۸۵ درصد	۵۳	۸۷ درصد	۵۴
		سالم	۸۵ درصد	۵۳	۸۴ درصد	۵۲	۸۲ درصد	۵۱	۸۷ درصد	۵۴	۸۵ درصد	۵۳
	رگرسیون لجستیک	درمانده	۸۱ درصد	۵۰	۸۲ درصد	۵۱	۸۴ درصد	۵۲	۷۹ درصد	۴۹	۸۱ درصد	۵۰
		سالم	۸۵ درصد	۵۳	۸۷ درصد	۵۴	۸۷ درصد	۵۴	۸۴ درصد	۵۲	۸۴ درصد	۵۲
t-2	پیشنهادی	درمانده	۸۷ درصد	۵۴	۹۲ درصد	۵۷	۸۵ درصد	۵۳	۸۹ درصد	۵۵	۸۹ درصد	۵۵
		سالم	۸۵ درصد	۵۳	۸۱ درصد	۵۰	۸۵ درصد	۵۳	۸۲ درصد	۵۱	۸۲ درصد	۵۱
	آلتمن	درمانده	۸۴ درصد	۵۲	۷۹ درصد	۴۹	۷۹ درصد	۴۹	۸۲ درصد	۵۱	۷۹ درصد	۴۹
		سالم	۷۷ درصد	۴۸	۷۹ درصد	۴۹	۸۱ درصد	۵۰	۷۹ درصد	۴۹	۸۱ درصد	۵۰
	رگرسیون لجستیک	درمانده	۷۴ درصد	۴۶	۷۳ درصد	۴۵	۷۴ درصد	۴۶	۷۶ درصد	۴۷	۷۳ درصد	۴۵
		سالم	۸۵ درصد	۵۳	۷۹ درصد	۴۹	۸۱ درصد	۵۰	۸۱ درصد	۵۰	۸۱ درصد	۵۰
t-3	پیشنهادی	درمانده	۸۱ درصد	۵۰	۷۹ درصد	۴۹	۸۲ درصد	۵۱	۷۶ درصد	۴۷	۸۲ درصد	۵۱
		سالم	۷۹ درصد	۴۹	۷۷ درصد	۴۸	۷۶ درصد	۴۷	۷۹ درصد	۴۹	۷۷ درصد	۴۸
	آلتمن	درمانده	۷۶ درصد	۴۷	۷۳ درصد	۴۵	۷۶ درصد	۴۷	۶۸ درصد	۴۲	۶۸ درصد	۴۲
		سالم	۷۳ درصد	۴۵	۷۷ درصد	۴۸	۷۴ درصد	۴۶	۶۹ درصد	۴۳	۶۹ درصد	۴۳
	رگرسیون لجستیک	درمانده	۶۶ درصد	۴۱	۶۶ درصد	۴۱	۶۶ درصد	۴۱	۶۵ درصد	۴۰	۶۶ درصد	۴۱
		سالم	۷۴ درصد	۴۶	۸۱ درصد	۵۰	۷۳ درصد	۴۵	۷۳ درصد	۴۵	۷۳ درصد	۴۵

برای آزمون فرضیه پژوهش، یعنی عملکرد بهتر مدل پیشنهادی در پیش‌بینی برای یک، دو و سه سال قبل از درماندگی مالی، از آزمون مقایسات زوجی ویلکاکسون استفاده شده است. نتایج این آزمون برای هر سه سال در جدول ۱۰ قابل مشاهده است.

جدول ۱۰- نتیجه آزمون مقایسه زوجی

سال		روش پیشنهادی	آلتمن	روش پیشنهادی	رگرسیون لجستیک
t-1	میانگین دقت کلی	۹۱/۹۴ درصد	۸۵/۱۶ درصد	۹۱/۹۴ درصد	۸۳/۲۳ درصد
	آماره t	-۲/۸۲۵		-۲/۸۰۹	
	p-value	۰/۰۰۵		۰/۰۰۵	
t-2	میانگین دقت کلی	۸۵/۵۶ درصد	۸۰/۱۶ درصد	۸۵/۵۶ درصد	۷۸/۷۱ درصد
	آماره t	-۲/۸۴۲		-۲/۷۰۶	
	p-value	۰/۰۰۴		۰/۰۰۷	
t-3	میانگین دقت کلی	۷۹/۶۰ درصد	۷۳/۰۶ درصد	۷۹/۶۰ درصد	۷۰/۴۸ درصد
	آماره t	-۲/۸۰۳		-۲/۸۰۷	
	p-value	۰/۰۰۵		۰/۰۰۵	

نتایج حاصل از آزمون مقایسات زوجی در جدول ۱۰ نشان می‌دهد که اختلاف دقت مدل پیشنهادی در پیش‌بینی درماندگی مالی برای هر سه سال t-1، t-2 و t-3 نسبت به دقت مدل‌های آلتمن و رگرسیون لجستیک در سطح خطای ۵ درصد معنادار بوده، در نتیجه فرضیه پژوهش مبنی بر عملکرد بهتر مدل پیشنهادی برای یک، دو و سه سال قبل از درماندگی مالی تأیید میگردد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

تاکنون مدل‌های زیادی درباره پیش‌بینی درماندگی مالی در بازار مالی ایران ارائه شده است، اما چیزی که کمتر به آن پرداخته شده مساله انتخاب معیارهای مؤثر در درماندگی مالی و استفاده از این معیارها برای پیش‌بینی درماندگی مالی در ایران می‌باشد. با توجه به اهمیت این مساله، در این پژوهش، مدلی برای انتخاب معیارهای مؤثر در درماندگی مالی ارائه شد. در انتخاب مدل مناسب سعی بر آن شد از نظر خبرگان و کارشناسان حوزه مالی برای انتخاب معیارهای مؤثر استفاده گردد. به همین دلیل با استفاده از ترکیب روش‌های آماری و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به مسئله انتخاب ویژگی در پیش‌بینی درماندگی مالی در بازار مالی ایران پرداختیم.

برای انتخاب متغیرهای پژوهش پس از بررسی جامع ادبیات تحقیق ۲۹ نسبت مالی که در پژوهش‌های مرتبط با پیش‌بینی درماندگی مالی، بیشتر مورد استفاده قرار گرفته بود و همچنین اطلاعاتشان نیز در دسترس بود، مورد استفاده قرار گرفت. از جمله مهمترین این پژوهش‌ها عبارتند از: لیانگ و همکاران (۲۰۱۵) و آلتمن (۱۹۶۸). به وسیله ترکیب آزمون آماری همبستگی پیرسون با الگوریتم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره دیمتل و تودیم در محیط فازی، ۵ نسبت مالی دارایی جاری به بدهی جاری، فروش به کل دارایی‌ها، سود خالص به حقوق صاحبان سهام، EBIT به کل دارایی‌ها و کل بدهی‌ها

به کل دارایی‌ها از بین این ۲۹ نسبت مالی ، به عنوان بهترین متغیرهای پیش‌بین در درماندگی مالی برای بازار مالی ایران معرفی شدند. همچنین با استفاده از مدل ارائه شده، وزن اهمیت هر کدام از معیارها نیز بدست آمد و در مرحله پیش‌بینی درماندگی مالی با استفاده از ماشین بردار پشتیبان، از آن‌ها استفاده شد. با توجه به وزن‌های بدست آمده نسبت مالی فروش به کل دارایی‌ها با وزنی معادل ۲۸ درصد به عنوان مهم‌ترین معیار پیش‌بینی درماندگی مالی در بازار مالی ایران معرفی گردید. لازم به ذکر است که دو نسبت مالی فروش به کل دارایی‌ها و EBIT به کل دارایی‌ها، که بار اساس نتایج بدست آمده از پژوهش دارای بیشترین وزن اهمیت هستند، در مدل آلتمن نیز به کار برده شده است. در نهایت عملکرد مدل پیشنهادی با مدل‌های آلتمن و رگرسیون لجستیک مقایسه گردید؛ نتایج آزمون فرضیه نشان داد که عملکرد مدل پیشنهادی در پیش‌بینی درماندگی مالی برای یک، دو و سه سال قبل از درماندگی مالی، به طرز معناداری از دو روش دیگر بهتر است و در نتیجه فرضیه پژوهش تأیید می‌گردد.

در پایان برای تحقیقات آتی پیشنهادهایی ارائه شده است:

۱. استفاده از سایر روش‌های کاهش ابعاد داده در مرحله اول انتخاب نسبت‌ها.
۲. استفاده از مدل‌های دیگر به جای ماشین بردار پشتیبان برای دسته‌بندی و پیش‌بینی.
۳. استفاده از سایر نسبت‌های مالی و همچنین شاخص‌های کلان اقتصادی برای انتخاب معیارهای مؤثر در درماندگی مالی.
۴. مقایسه صنایع مختلف در مورد درماندگی مالی و پیش‌بینی درماندگی مالی.
۵. در این تحقیق نسبت‌های مالی مؤثر و ضریب اهمیت هر یک برآورد شد، پیشنهاد می‌شود با استفاده از روش‌های آماری یا فراابتکاری سمت راست معادله نیز برآورد شود تا بتوان معادله‌ای برای پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طراحی کرد.
۶. بررسی تفاوت‌های پیش‌بینی درماندگی مالی در شرکت‌های دولتی و غیردولتی.

منابع

آقایی، آرزو؛ سعیدی، علی (۱۳۸۸). پیش بینی درماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس تهران با استفاده از شبکه‌های بیز. *بررسی‌های حسابداری و حسابرسی*، ۱۶ (۳)، ۵۹-۷۸.

بردبار، غلامرضا؛ موسوی، سیدمحمد؛ مرادی، بهرنگ (۱۳۹۱). تحلیلی بر نیازهای آموزشی کارکنان با استفاده از TOPSIS فازی، دیماتل فازی (مورد مطالعه: استانداری خراسان جنوبی). *دو فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی آموزشی*، ۱ (۱)، ۱۰۵-۱۲۹.

تاج مزینانی، مائده؛ فلاح پور، سعید؛ باجلان، سعید (۱۳۹۴). کاربرد روش انتخاب ویژگی هارک در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها در بورس اوراق بهادار تهران. *راهبرد مدیریت مالی*، ۳ (۲)، ۷۷-۱۰۶.

جمالی، غلامرضا؛ هاشمی، مهدی (۱۳۹۵). استفاده از تکنیک دیمتل فازی برای رتبه‌بندی راهبردهای مدیریت دانش. *پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات*، ۳۲ (۳)، ۷۶۱-۷۸۸.

جمالی، غلامرضا؛ هاشمی، مهدی (۱۳۹۰). سنجش روابط بین عوامل مؤثر بر ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات در بانک ملت استان بوشهر با استفاده از تکنیک دیمتل فازی. *مدیریت فناوری اطلاعات*، ۳ (۹)،۲۱-۴۰.

راعی، رضا؛ فلاح پور، سعید (۱۳۸۷). کاربرد ماشین بردار پشتیبان در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از نسبت‌های مالی. *بررسی‌های حسابداری و حسابرسی*، ۱۵(۴)، ۱۷-۳۴.

کریمخانی، مهرداد (۱۳۹۵). شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر نوآوری در شرکت‌های حمایت‌شده توسط شتاب‌دهنده‌ها و صندوق‌های مخاطره‌پذیر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم مالی. دانشگاه خوارزمی. تهران.

مرادی، محسن؛ شفیعی سردشت، مرتضی؛ ابراهیم پور، ملیحه (۱۳۹۱). پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها بوسیله مدل‌های ماشین بردار پشتیبان و تحلیل ممیزی چندگانه. *فصلنامه بورس اوراق بهادار*، ۵ (۱۸)، ۱۱۸-۱۳۶.

References

Aghaie, A. & Saeidi, A. (2010). Predicting Financial Distress of firms Listed in Tehran Stock Exchange Using Bayesian networks. *Journal of the accounting and auditing review*, 16 (3): 59-78. (*in Persian*)

Akyuz, E. & Celik, E. (2015). A fuzzy DEMATEL method to evaluate critical operational hazards during gas freeing process in crude oil tankers. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 38 (3): 243–253.

Altman, E. I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the Prediction of corporate bankruptcy. *The Journal of Finance*, 23 (4): 589-609.

Bordbar, GH. & Mosavi. S.M. & Moradi Karbolandi. B. (2012). An analysis of employee training needs using fuzzy TOPSIS and DEMATEL techniques: A case study in southern Khorasan governer-general office. *Journal of educational planning studies*, 1(1): 105-129. (*in Persian*)

Dash, M. & Liu, H. (1997). Feature selection for classification. *Journal of Intelligent data analysis*, 1 (1): 131-156.

Gomes L. F. A. M. & Machado, M. A. S. & da Costa, F. F. & Rangel, L. A. D. (2013). Criteria interactions in multiple criteria decision aiding: A choquet formulation for the TODIM method. *Journal of Procedia Computer Science*, 17: 324-331.

Gomes, L. F. A. M. & Rangel, L. A. D. (2009). An application of the TODIM method to the multicriteria rental evaluation of residential properties. European *Journal of Operational Research*, 193 (1): 204–211.

Gomes, L. F. A. M. & Rangel, L. A. D. & and Maranhao, F. J. C. (2009). Multi criteria analysis of natural gas destination in Brazil: An application of the TODIM method. *Journal of Mathematical and Computer Modelling*, 50 (2): 92-100.

Jamali, GH. & Hashemi, M. (2012). Measuring Relationship between Factors Affecting Risk of Mellat Bank IT Projects in Bushehr Province Using Fuzzy DEMATEL. *Journal of information technology management*. 3 (9): 21-40. (*in Persian*)

Kahneman, D. & Tversky, A. (1979). Prospect theory: an analysis of decision under risk. *Journal of Econometrica*. 47 (2): 263-292.

Karimkhani, M. (2016). Identifying And Prioritizing The Effective Factors On Innovation Of Protected Firms By Venture Capital Funds And Accelerators. M. S. Thesis. Faculty of Finance. Kharazmi University. Tehran. (*in Persian*)

Liang, D. & Tsai, C. f. & Wu, H. T. (2015). The effect of feature selection on financial distress prediction. *Journal of Knowledge-Based Systems*, 73 (1): 289-297.

Liu, P. & Teng, F. (2014). An extended TODIM method for multiple attribute group decision-making based on 2-dimension uncertain linguistic variable. *Journal of Complexity*, 21 (5): 20-30.

Mentes, A. & Akyildiz, H. & Yetkin, M. & Turkoglu, N. (2015). A FSA based fuzzy DEMATEL approach for risk assessment of cargo ships at coasts and open seas of Turkey. *Safety Science*, 79 (9): 1–10.

Moradi, M. & Shafiee Sardasht, M. & Ebrahimpour, M. (2013). Bankruptcy Prediction by Support Vector Machines and Multiple Discriminate Analysis Models. *Journal of securities exchange*, 5 (18): 113-136. (*in Persian*)

Raei, R. & Fallahpour, S. (2009). Support Vector Machines Application in Financial Distress Prediction of Companies Using Financial Ratios. *Journal of the accounting and auditing review*, 15 (4): 17-34. (*in Persian*)

Shin, K. S. & Lee, T. S. & Kim, H. J. (2005). An application of support vector machines in bankruptcy prediction model. *Expert Systems with Applications*, 28 (1): 127-135.

Taj mazinani, M. & Fallahpour, S. & Bajelan, S. (2015). The Use of Feature Selection Method (HARC) in Predicting Financial Distress in Tehran Stock Exchange. *Journal of financial management strategy*, 3 (2): 77-106. (*in Persian*)

Tsai, C. F. (2008). Feature selection in bankruptcy prediction. Knowledge-Based Systems, 22 (2): 120-127.

Wei, C., Zhiliang, R. & Rodríguez, R.M. (2015). A hesitant fuzzy linguistic TODIM method based on a score function. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 8 (4): 701-712.

Yadegari, M. & Tarokh, M. (2017). *Journal of information processing and management*, 32 (3): 761-788. (*in Persian*)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی