

# پیش‌بینی ورشکستگی مالی با استفاده از مدل لوجیت مرکب

پرویز محمدزاده<sup>۱</sup>

علی رضاجلیلی مرنند<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۱۵

## چکیده

برای پیش‌بینی ورشکستگی مالی روش‌های متعددی وجود دارد. یکی از این روش‌ها، روش‌های آماری یا به عبارت بهتر، روش‌های اقتصادسنجی است. چون متغیر وابسته، یعنی ورشکسته شدن و ورشکته نشدن، متغیری گسسته و کیفی است، باید از مدل‌های گسسته برای پیش‌بینی استفاده کرد. در این مطالعه، از روش لوجیت مرکب استفاده شده است که یکی از روش‌های انعطاف‌پذیر در مدل‌های گسسته است. اساس این مدل، تابع مطلوبیت تصادفی با ضرایب تصادفی است و با استفاده از روش حداکثر راست‌نمایی شبیه‌سازی شده است. متغیرهای توضیحی، نسبت‌های مالی شرکت‌ها هستند که از مدل زیمسکی استخراج شده است. جامعه آماری، شرکت‌های فعال در بورس در بازه ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۶ است که دو نمونه تصادفی، یکی برای تخمین و دیگری برای سنجش درصد موفقیت مدل انتخاب شده است. درصد موفقیت مدل، بیشتر از ۹۰ درصد مشاهده شد.

**واژگان کلیدی:** لوجیت مرکب، ورشکستگی مالی، تابع مطلوبیت تصادفی، ضرایب تصادفی.

**JEL:** G33, C25.

## ۱. مقدمه

بررسی رفتار بنگاه‌ها یکی از موضوعات اساسی علم اقتصاد است. به عبارتی، یکی از اهداف اصلی علم اقتصاد مطالعه و بررسی رفتار بنگاه‌ها به منظور ارائه راهکارهایی برای موفق کردن آن‌هاست؛ به طوری که می‌توان گفت اقتصاد علم بهبود وضعیت بنگاه‌هاست. طبق متون کلاسیک اقتصاد خرد، همه فعالیت‌های اقتصادی در قالب عنوان بنگاه صورت می‌گیرد؛ پس موفقیت و شکست بنگاه‌ها موضوعی محوری در اقتصاد است.

به طور اختصاصی‌تر، موضوع ورشکستگی مالی بنگاه در نظریه «رفتار بنگاه و اقتصاد مالی» بررسی

۱. استادیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز، Email: pmohamadzadeh@yahoo.com

۲. دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، گروه اقتصاد، دانشگاه تبریز، Email: Alireza.jalili.m@gmail.com

می‌شود. این موضوع را می‌توان از سه جنبه بررسی کرد: نخست، تعریف ورشکستگی و شاخص‌سازی برای آن؛ دوم، راه‌های پیشگیری و جلوگیری از وقوع ورشکستگی؛ سوم و درنهایت، وضعیت بعد از ورشکستگی و چگونگی خروج از آن.

منظور از پیشگیری، انجام دادن اقداماتی برای ممانعت از ورشکستگی بنگاه دارای علائم آشفتگی مالی است. برای پیشگیری باید در ابتدا، وقوع ورشکستگی را پیش از رسیدن بنگاه به آستانه آن پیش‌بینی کنیم؛ چه اینکه هنگام درگیر شدن بنگاه با ورشکستگی، دیگر مسئله پیش‌بینی موضوعیت خود را از دست می‌دهد؛ پس در وهله نخست، برای پیشگیری از وقوع ورشکستگی به پیش‌بینی نیاز داریم. علاوه بر این، از پیش‌بینی برای ارزیابی فعالیت‌هایی می‌توان بهره برد که برای خروج شرکت از بحران صورت گرفته است؛ به این صورت که پس از انجام دادن مجموعه‌ای از فعالیت‌های اصلاحی، اگر احتمال وقوع ورشکستگی پیش‌بینی شده به وسیله مدل، کمتر شده باشد، آنگاه می‌توان گفت این اقدامات مؤثر واقع شده‌اند.

علاوه بر اهمیت فراوان این موضوع برای خودشرکت‌ها، سیاست‌گذاران، سرمایه‌گذاران، بانک‌ها و مؤسسات وام‌دهنده نیز به شدت به پیش‌بینی ورشکستگی علاقه‌مندند. سرمایه‌گذاران و بانک‌ها به این علت به دنبال پیش‌بینی ورشکستگی هستند که نمی‌خواهند در شرکت‌هایی سرمایه‌گذاری کنند که در معرض خطر ورشکستگی‌اند. از طرفی، چون ورشکستگی آثار ناگواری بر اشتغال و نیروی کار می‌گذارد، سیاست‌گذاران نیز به دنبال شناسایی شرکت‌های در حال ورود به منطقه ورشکستگی‌اند تا بتوانند سیاست‌های حمایتی را به موقع روی آن شرکت‌ها یا صنایع اعمال کنند.

برای پیش‌بینی ورشکستگی، روش‌های متعدد و گسترده‌ای وجود دارد که هر یک شاخه‌ای تخصصی است. این روش‌ها را می‌توان در قالب این عناوین طبقه‌بندی کرد: ۱. شبکه‌های عصبی؛ ۲. دلیل‌یابی نمونه‌محور؛ ۳. درخت تصمیم؛ ۴. روش‌های آماری؛ ۵. رویکرد تکاملی؛ ۶. روش مبتنی بر مجموعه‌های سخت؛ ۷. روش‌های مرکب از منطق فازی و ماشین بردار پشتیبان؛ ۸. تفکیک هم‌کشش؛ ۹. محاسبات نرم یکپارچه مرکب از روش‌های فوق و... (کومار، ۲۰۰۷). هر یک از این روش‌ها قابلیت خاصی برای پیش‌بینی ورشکستگی دارند و مقایسه کارایی آن‌ها با همدیگر شاید دقیق نباشد. همچنین شاید براساس آزمون‌های آماری نتوان درباره قدرت پیش‌بینی آن‌ها استنباط آماری کرد.

1. Case-based Reasoning
2. Decision Tree
3. Evolutionary Approaches
4. Rough Set Based Technique
5. Support Vector Machine
6. Isotonic Separation
7. Kumar

از روش‌های مذکور، آنچه به اقتصاد مربوط می‌شود، روش‌های آماری یا به عبارت بهتر اقتصادسنجی است. متغیر وابسته، یعنی وقوع ورشکستگی، متغیری کیفی است؛ بنابراین تخمین مدل براساس مدل‌های گسسته<sup>۱</sup> خواهد بود. از مدل‌های گسسته برای برآورد مدل‌هایی استفاده می‌شود که متغیر وابسته آن‌ها از نوع متغیر کیفی است. این قابلیت امکان مدل‌سازی در بسیاری از موضوعاتی را فراهم کرده است که در گذشته، خارج از حیطه علم اقتصاد تلقی می‌شد. در این مطالعه، برای پیش‌بینی ورشکستگی از مدل‌های گسسته و روش لوجیت مرکب<sup>۲</sup> استفاده خواهد شد. این روش یکی از روش‌های تعمیم‌یافته مدل‌های گسسته است که فرض‌های محدودکننده کمتری دارد و با توجه به قابلیت‌های آن، انتظار می‌رود این مدل قدرت پیش‌بینی بیشتری داشته باشد.

از آنجایی که محور پژوهش حاضر استفاده از مدل اقتصادسنجی جدیدی برای پیش‌بینی ورشکستگی است و این مدل چندان متداول و شناخته‌شده نیست، برای فهم بهتر نتایج و خروجی مدل، پس از درآمد، ابتدا مبانی نظری مدل‌های گسسته بیان و سپس مدل لوجیت مرکب با جزئیات مختصری معرفی خواهد شد. در بخش بعدی، مطالعات خارجی و داخلی مرتبط با موضوع مرور خواهد شد. سپس جامعه آماری و متغیرهای توضیحی به کاررفته در مدل بررسی می‌شود و در نهایت، نتایج برآورد مدل و تجزیه و تحلیل نتایج ارائه خواهد شد.

## ۲. مبانی نظری

### ۲.۱. ورشکستگی

درماندگی<sup>۳</sup> مالی و ورشکستگی<sup>۴</sup> دو عبارت نزدیک، ولی متفاوت‌اند. آلتمن و هاچکس (۲۰۰۶)<sup>۵</sup> درماندگی مالی را این‌گونه تعریف می‌کنند که هرگاه نرخ بازده تحقق‌یافته سرمایه به کاررفته در بنگاه به صورت معنادار و مداوم کمتر از نرخ بازده درخواست‌شده باشد، درماندگی مالی روی داده است؛ درحالی‌که ورشکستگی وضعیتی حقوقی و قانونی است که برای بنگاه درمانده مالی روی می‌دهد. ممکن است شرکتی برای مدت طولانی درمانده باشد؛ ولی چون منع قانونی وجود ندارد، آن شرکت با ورشکستگی مواجه نمی‌شود.

پژوهش حاضر به دنبال پیش‌بینی برای شرکت‌های ورشکسته است؛ بنابراین بدون وارد شدن به جزئیات و

---

1. Discrete Choice Model  
2. Mixed Logit  
3. Failure  
4. Bankruptcy  
5. Altman and Hotchkiss

مراحل درماندگی مالی و علل پیدایش آن، صرفاً معیاری برای وقوع ورشکستگی معرفی می‌شود. این معیار همان ماده ۱۴۱ قانون تجارت است. براساس این ماده اگر بر اثر زیان‌های وارد شده، حداقل نصف سرمایه شرکت از میان برود، هیئت مدیره مکلف است بلافاصله مجمع عمومی فوق‌العاده تشکیل دهد و صاحبان سهام را دعوت کند تا موضوع انحلال یا بقای شرکت به شور و رأی گذاشته شود. هرگاه مجمع مزبور رأی به انحلال شرکت ندهد، باید در همان جلسه و با رعایت مقررات ماده ۶ این قانون، سرمایه شرکت را به مبلغ سرمایه موجود کاهش دهد. در صورتی که هیئت مدیره برخلاف این ماده به دعوت مجمع عمومی فوق‌العاده مبادرت نکند یا مجمعی که دعوت می‌شود، نتواند مطابق مقررات قانونی منعقد شود، هر ذی‌نفعی می‌تواند انحلال شرکت را از دادگاه صلاحیت‌دار درخواست کند.

## ۲.۲. مدل‌های گسسته؛ مطلوبیت تصادفی

محور تحقیق حاضر استفاده از مدل اقتصادسنجی جدیدی برای پیش‌بینی ورشکستگی است و این مدل چندان متداول و شناخته شده نیست؛ از این رو برای فهم بهتر نتایج و خروجی مدل، پس از مقدمه، ابتدا مبانی نظری مدل‌های گسسته بیان شده و سپس مدل لوجیت مرکب با جزئیات مختصری معرفی می‌شود.

در اقتصاد خرد کلاسیک، انتخاب فرد براساس بیشینه کردن مطلوبیت است؛ بدین معنی که فرد گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که بیشترین مطلوبیت را برای وی داشته باشد. در مدل‌های گسسته نیز از این گزاره برای تعیین انتخاب‌های افراد استفاده می‌شود؛ بدین ترتیب که برای هر فرد، هر گزینه، یک تابع مطلوبیت اختصاص می‌یابد. قسمتی از این تابع مطلوبیت برای پژوهشگر مشخص است؛ یعنی وی می‌تواند بخشی از عوامل تأثیرگذار و سازنده مطلوبیت فرد را مشاهده کند و نقش آن عوامل را توضیح دهد؛ ولی بخش دیگر از عوامل دخیل بر انتخاب فرد بر پژوهشگر پوشیده است و وی نمی‌تواند آن‌ها را در مطالعه خود وارد کند. این مطلب اساس نظریه «مطلوبیت تصادفی» است که توسط مک فادن (۱۹۷۴)<sup>۱</sup> شکل منسجم به خود گرفت (ترین، ۲۰۰۳)<sup>۲</sup>؛ پس تابع مطلوبیت فرد  $n$  برای انتخاب گزینه  $i$ ، دو جزء خواهد داشت.

$$U_{ni} = V_{ni} + \varepsilon_{ni} \quad (1)$$

که قسمت مشاهده‌پذیر یا غیرتصادفی معمولاً به صورت تابعی خطی از متغیرهای توضیحی  $V_{ni} = \beta_i X_{ni}$  بیان می‌شود و جزء تصادفی، متغیری تصادفی با توزیع تصادفی است.

حال سؤال این است که با توجه به این مطلوبیت تصادفی، فرد چه زمانی گزینه  $i$  را انتخاب می‌کند؟ فرد

1. McFadden

2. Train

زمانی گزینه  $i$  را انتخاب می‌کند که مطلوبیت ناشی از انتخاب این گزینه، از مطلوبیت انتخاب سایر گزینه‌ها بیشتر باشد، یعنی:

$$U_{ni} > U_{nj} \quad \forall i \neq j$$

اگر  $U_{ni}$  ها طبق عبارت ۱ بازنویسی شود، عبارت فوق به صورت زیر خواهد بود:

$$V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad \forall i \neq j$$

چون  $U$  متغیری تصادفی است، باید از احتمال وقوع تساوی فوق صحبت کنیم؛ یعنی با چه احتمالی مطلوبیت گزینه  $i$  بیشتر از سایر گزینه‌ها خواهد بود یا به عبارتی، با چه احتمالی فرد گزینه  $i$  را انتخاب می‌کند؟

$$\begin{aligned} P_{ni} &= \text{Prob}(U_{ni} > U_{nj} \quad \forall i \neq j) \\ &= \text{Prob}(V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad \forall i \neq j) \\ &= \text{Prob}(\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} < V_{ni} - V_{nj} \quad \forall i \neq j) \end{aligned} \quad (2)$$

جمله  $\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni}$  متغیری تصادفی است و تابع توزیع دارد که آنرا با  $f(\cdot)$  نشان می‌دهیم و جمله  $V_{ni} - V_{nj}$  که مقداری مشخص است. در این صورت، احتمال انتخاب گزینه  $i$  به صورت زیر خواهد بود:

$$P_{ni} = \int I(\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} < V_{ni} - V_{nj}) f(\varepsilon_n) d\varepsilon_n \quad (3)$$

تابع  $I(\cdot)$  زمانی که عبارت داخل پرانتز برقرار باشد، مقدار یک و در غیر این صورت، مقدار صفر خواهد داشت.<sup>۱</sup>

مسئله اصلی برای به دست آوردن احتمال انتخاب گزینه  $i$  حل انتگرال فوق است. برای حل این انتگرال باید نوع تابع توزیع  $f(\varepsilon_n)$  مشخص باشد. تفاوتی که بین انواع مدل‌های گسسته وجود دارد، ناشی از متفاوت بودن نوع تابع توزیع  $\varepsilon$  و کواریانس آن است. برای مثال اگر  $\varepsilon$  دارای توزیع مقدار حدی نوع یک<sup>۲</sup> و کواریانس بین  $\varepsilon_{ni}$  ها صفر باشد، آنگاه مدل لوجیت عادی خواهد بود. این مدل ساده‌ترین مدل گسسته است و صفر بودن کواریانس جزء تصادفی، باعث محدود بودن کاربرد این مدل در بیشتر مسائل می‌شود. برای مدل لوجیت ساده این عبارات برقرار است:

$$f(\varepsilon_{ni}) = e^{-\varepsilon_{ni}} e^{-e^{-\varepsilon_{ni}}} \quad (4)$$

$$\text{Cov}(\varepsilon_{mi}, \varepsilon_{ni}) = 0$$

$$\text{Cov}(\varepsilon_{ni}, \varepsilon_{nj}) = 0$$

۱. انتگرال مذکور، انتگرالی چندگانه است.

۲. Type I Extreme Value، تابع توزیعی به صورت  $f(x) = \frac{1}{\sigma} \exp(z - \exp(-z))$  دارد که  $z = \frac{x-\mu}{\sigma}$  است.

این تابع توزیع را در رابطه ۳ جایگذاری می‌کنیم و احتمال انتخاب گزینه  $i$  به دست می‌آید.

$$P_{ni} = \frac{e^{V_{ni}}}{\sum_j e^{V_{nj}}} = \frac{e^{\beta_i' X_{ni}}}{\sum_j e^{\beta_j' X_{nj}}} \quad (5)$$

همان‌طور که گفته شد،  $V_{ni}$  قسمت مشاهده‌پذیر یا غیر تصادفی مطلوبیت تصادفی است. ضرایب  $\beta_i'$  که مربوط به جامعه است، مشخص نیست و باید آن‌ها را تخمین زد. روش تخمین براساس حداکثر راست‌نمایی است؛ بدین ترتیب که ابتدا لگاریتم تابع احتمال مشترک با استفاده از داده‌های نمونه محاسبه می‌شود و سپس ضرایبی به دست می‌آید که تابع احتمال مشترک را حداکثر می‌کند.

### ۳.۲. لوجیت مرکب

مدل لوجیت مرکب یکی از روش‌های گسسته انعطاف‌پذیر و کلی است که سایر مدل‌ها، مانند لوجیت عادی، لوجیت آشیانه، لوجیت چندگانه، پروبیت، مقدار حدی تعمیم‌یافته<sup>۳</sup> و...، با وارد کردن فرض‌های ساده‌کننده، از مدل لوجیت مرکب استخراج می‌شوند. همچنین این مدل امکان وجود همبستگی بین گزینه‌ها و افراد را به پژوهشگر می‌دهد (مک‌فادن و ترین، ۲۰۰۰). این مدل دو شکل و قالب دارد که هر دو از لحاظ نظری و نتایج یکسان‌اند؛ ولی از نظر نوع بیان و فرمول‌بندی با هم تفاوت دارند و پژوهشگر بسته به نوع مسئله، یکی از این دو قالب را انتخاب می‌کند. این دو قالب عبارت است از «خطای مرکب»<sup>۴</sup> و «ضرایب تصادفی»<sup>۵</sup> که در ادامه توضیح داده خواهند شد.

#### ۱.۳.۲. قالب خطای مرکب

در این قالب، مطلوبیت تصادفی به صورت  $U_{ni} = \alpha_i' X_{ni} + \mu_{ni}' Z_{ni} + \varepsilon_{ni}$  است که  $X_{ni}$  و  $Z_{ni}$  بردارهای متغیرهای توضیحی،  $\alpha_i$  بردار ضریب ثابت و  $\mu_{ni}$  بردار جزء تصادفی و  $\varepsilon_{ni}$  بردار خطاست که توزیع مقدار حدی با ویژگی IID<sup>۶</sup> دارد. پس قسمت تصادفی و مشاهده‌ناشدنی مطلوبیت به صورت  $\eta_{ni} = \mu_{ni}' Z_{ni} + \varepsilon_{ni}$  است. با این شکل و قالبی که جزء خطا دارد، امکان وجود همبستگی بین گزینه‌ها و افراد در مدل ایجاد می‌شود؛ برای مثال:

$$\begin{aligned} Cov(\eta_{ni}, \eta_{nj}) &= E(\mu_{ni}' Z_{ni} + \varepsilon_{ni})(\mu_{nj}' Z_{nj} + \varepsilon_{nj}) \\ &= E(Z_{ni}' \mu_{ni} \mu_{nj}' Z_{nj} + Z_{ni}' \mu_{ni} \varepsilon_{nj} + \varepsilon_{ni}' \mu_{nj}' Z_{nj} + \varepsilon_{ni}' \varepsilon_{nj}) \end{aligned}$$

1. Nested Logit

2. Probit

3. Generalized Extreme Value (GEV)

4. Error Component

5. Random Coefficients

6. Independently, Identically Distributed: این ویژگی به معنی همبستگی نداشتن گزینه‌هاست؛ یعنی انتخاب یک گزینه، احتمال سایر گزینه‌ها را تغییر نمی‌دهد و این ویژگی به علت صفر بودن کواریانس بین جملات تصادفی است.

$$= Z'_{ni}WZ_{nj} + 0 + 0 + 0 \quad (۶)$$

که  $W$  ماتریس کواریانس  $\mu$  است. حال می‌توان  $W$  را به‌طور دلخواه و متناسب با مسئله تعریف کرد؛ پس در مسائلی از این قالب استفاده می‌کنیم که بین گزینه‌ها و افراد همبستگی وجود داشته باشد (ترین، ۲۰۰۳).

### ۲.۳.۲. قالب ضرایب تصادفی

این قالب شکل اصلی مدل لوجیت مرکب است. برای توضیح این مدل، ابتدا مفاهیم مدل لوجیت عادی را مرور می‌کنیم. در مدل لوجیت عادی، اگر ضرایب تابع مطلوبیت فرد مشخص باشد، آنگاه احتمال انتخاب گزینه  $i$  را به‌صورت  $P_{ni} = \frac{e^{\beta' X_{ni}}}{\sum_j e^{\beta' X_{nj}}}$  نشان می‌دهیم. حال اگر برخلاف مدل لوجیت عادی، ضرایب ثابت نباشد، یعنی برای هر فرد و هر گزینه، ضریب خاصی داشته باشیم، می‌توان گفت تابع مطلوبیت  $\beta$  تعیین‌پذیر ندارد و تصادفی است؛ البته  $\beta$  توزیع دارد که توزیع آن پارامتر ثابت  $\theta$  دارد. در این صورت، برای به‌دست آوردن احتمال انتخاب گزینه  $i$  باید یک انتگرال دیگر به‌دلیل متغیر تصادفی بودن ضرایب بگیریم؛ به‌عبارتی، یک انتگرال دیگر روی  $P_{ni}$  در این حالت، احتمال انتخاب گزینه  $i$  به‌صورت زیر خواهد شد:

$$\mathbb{P}_{ni} = \int P_{ni}(\beta)g(\beta|\theta) d\beta \quad (۷)$$

$$P_{ni}(\beta) = \frac{e^{V_{ni}(\beta)}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{nj}(\beta)}} \quad (۸)$$

که  $g(\beta|\theta)$  تابع توزیع  $\beta$  با پارامتر  $\theta$  است.  $V_{ni}(\beta)$  قسمت مشاهده‌پذیر و غیر تصادفی تابع مطلوبیت است که مقدار آن به ضریب  $\beta$  بستگی دارد. اگر مطلوبیت، تابعی خطی از ضرایب باشد، آنگاه  $V_{ni}(\beta) = \beta' X_{ni}$  و احتمال انتخاب در مدل لوجیت مرکب به این صورت خواهد بود:

$$\mathbb{P}_{ni} = \int \left( \frac{e^{\beta' X_{ni}}}{\sum_j e^{\beta' X_{nj}}} \right) g(\beta|\theta) d\beta \quad (۹)$$

واضح است که در این مدل احتمال انتخاب، یعنی  $\mathbb{P}_{ni}$  تابعی از پارامتر توزیع  $g(\cdot)$  خواهد بود، یعنی:

$$\mathbb{P}_{ni}(\theta)$$

برای اینکه نشان دهیم مدل لوجیت حالت خاصی از لوجیت مرکب است، فرض می‌شود که  $\beta$  مقداری خاص داشته باشد  $\beta = b$ ، یعنی متغیر تصادفی نباشد. در این صورت، تابع توزیع زمانی که  $\beta = b$  مقدار یک و در غیر این صورت، مقدار صفر خواهد گرفت. در این حالت، جواب انتگرال ۹ به‌صورت زیر خواهد

بود:

$$P_{ni} = \frac{e^{b'x_{ni}}}{\sum_j e^{b'x_{nj}}} \quad (10)$$

که احتمال فوق، همان احتمال انتخاب در مدل لوجیت عادی است؛ پس مدل لوجیت عادی را می‌توان با اعمال فرض‌هایی از مدل لوجیت مرکب به‌دست آورد.

$\beta$  می‌تواند هر توزیعی داشته باشد؛ ولی در بیشتر مطالعات، مانند رولت<sup>۱</sup> وترین<sup>۲</sup> (۱۹۹۸)، مندیرینا<sup>۳</sup> (۱۹۹۶)، بن آکوا<sup>۴</sup> و بولاک<sup>۵</sup> (۱۹۹۳)، توزیع نرمال یا نرمال لگاریتمی برای  $\beta$  در نظر گرفته می‌شود. همچنین توزیع مثلثی و یکنواخت نیز در بعضی از مطالعات استفاده شده است (ترین، ۲۰۰۳). اگر توزیع نرمال برای ضرایب در نظر گرفته شود، ضرایب هر فرد این‌گونه به‌دست می‌آید:

$$\beta_n = \bar{\beta} + \sigma \times N_n \quad (11)$$

که  $\bar{\beta}$  میانگین توزیع  $\sigma$ ،  $g$  واریانس توزیع و  $N_n$  نماینده توزیع نرمال استاندارد است. در بیشتر مطالعات، جمله دوم را در نظر نمی‌گیرند و فقط از میانگین برای پیش‌بینی استفاده می‌کنند.

چون در این مدل ضرایب ثابت است، شیوه تخمین با روش‌های معمول تفاوت دارد و هدف اصلی تخمین شاخص‌های تابع توزیع ضرایب است، نه خود ضرایب؛ مثلاً برای توزیع نرمال،  $\theta$  عبارت است از میانگین و واریانس. برای این منظور از شبیه‌سازی استفاده می‌کنند: ابتدا مشاهده‌ای از تابع توزیع نرمال انتخاب می‌شود و در عبارت ۱۱ جایگذاری می‌شود.  $\beta$  به‌دست آمده را  $\beta^r$  می‌نامند. سپس  $\beta^r$  در تابع احتمال لوجیت ساده جایگذاری می‌شود. احتمال به‌دست آمده را  $P_{ni}^r$  می‌کنند.

$$P_{ni}^r = \frac{e^{\beta^r x_{ni}}}{\sum_j e^{\beta^r x_{nj}}} \quad (12)$$

این عمل  $R$  بار تکرار شده و سپس میانگین  $P_{ni}^r$  گرفته می‌شود.

$$\check{P}_{ni} = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R P_{ni}^r \quad (13)$$

$\check{P}_{ni}$  یک تخمین زنده بدون تورش و سازگار از احتمال اصلی، یعنی  $P_{ni}$  است<sup>۶</sup> و هرچه تعداد انتخاب‌ها، یعنی  $R$  زیادتر باشد، واریانس آن کمتر و در نتیجه، کارایی آن بیشتر است. با استفاده از  $\check{P}_{ni}$  های

1. Revelt, D
2. Mehndiratta, S
3. Ben-Akiva, M
4. Bolduc

۵. برای توضیحات بیشتر، نک: به‌ترین (۲۰۰۳) و هنشر و همکاران (۲۰۰۷).



به‌دست آمده تابع احتمال مشترک یا همان تابع راست‌نمایی را تشکیل می‌دهند و سپس لگاریتم آنرا برای حداکثر کردن و به‌دست آوردن شاخص‌های جامعه به کار می‌برند.

زمانی که دو گزینه برای انتخاب وجود داشته باشد، فقط برای یک گزینه تابع مطلوبیت تعریف می‌کنیم. در این حالت، اگر تابع مطلوبیت مثبت باشد، فرد گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که برای آن تابع مطلوبیت تعریف شده است و اگر تابع مطلوبیت منفی باشد، آنگاه فرد گزینهٔ مقابل را انتخاب خواهد دارد؛ پس در چنین حالتی، فقط یک تابع مطلوبیت خواهیم داشت. علت این پدیده، یعنی تعریف کردن فقط یک تابع مطلوبیت، به این موضوع برمی‌گردد که طبق معادلات ۲، احتمال انتخاب یک گزینه به اختلاف توابع مطلوبیت گزینه‌ها بستگی دارد.

$$Prob(U_{ni} > U_{nj}) = Prob(U_{ni} - U_{nj} > 0)$$

### ۳. پیشینه تحقیق

دربارهٔ موضوع ورشکستگی در چهار دههٔ اخیر مطالعات گسترده‌ای صورت گرفته است. تقریباً در تمام این مطالعات، از نسبت‌های مالی به‌عنوان متغیرهای اصلی استفاده شده است.<sup>۱</sup> مطالعهٔ آلتمن (۱۹۶۸) و مدل زداسکور<sup>۲</sup> که وی به کار برده است، از نخستین مطالعات انجام گرفته در این زمینه است. در مطالعهٔ وی که یکی از متون کلاسیک پیش‌بینی ورشکستگی است، از روش تحلیل تمایزی چندگانه<sup>۳</sup> استفاده شده است. به تبع کار منسجم آلتمن، سایر مطالعات نیز با الهام از ویروش تحلیل تمایزی چندگانه را برای پیش‌بینی انتخاب کرده‌اند و این روش، روش غالب و متداول برای پیش‌بینی ورشکستگی است (بالسائن و اوگه، ۲۰۰۶).<sup>۴</sup>

استفاده از مدل‌های گسسته برای پیش‌بینی، سابقه‌ای طولانی ندارد. اولسون (۱۹۸۰)<sup>۵</sup> نخستین بار روش لوجیت معمولی دو حالت را به کار برد. قدرت پیش‌بینی مدل وی ۹۶ درصد است و مانند سایر مطالعات، از نسبت‌های مالی برای پیش‌بینی بهره برده است. بعد از وی، در تعداد فراوانی از مطالعات، بدون هیچ تغییری از لوجیت ساده استفاده شده است. در جدول ۱، نمونه‌ای از این مطالعات را مشاهده می‌کنید. تفاوت آن‌ها در نسبت‌های مالی به کار رفته و اندازهٔ نمونه و حالت‌های پیش‌بینی، مثل تقسیم‌بندی شرکت‌ها در سه دستهٔ ورشکسته و دارای بحران و سالم بوده است (بالسائن و اوگه، ۲۰۰۶).

۱. برای ملاحظهٔ نمونه‌ای از این مطالعات، نک: بالسائن و اوگه، ۲۰۰۶.

2. z-score

3. Multivariate Discriminate Analysis (MDA)

4. Balcaen, S., H. Ooghe

5. Ohlson, J

برخلاف پیشرفتی که در پانزده سال اخیر در مدل‌های گسسته صورت گرفته است، همچنان این پیشرفت‌ها وارد روش‌های پیش‌بینی نشده‌اند. روش لوجیت مرکب به‌عنوان یکی از مدل‌های انعطاف‌پذیر و تعمیم‌یافته در مدل‌های گسسته، به‌صورت نظم‌یافته نخستین بار در کتاب لویره<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۰) و مقاله مک فادنو ترین (۲۰۰۰) مطرح شد. (هنشر و جونز، ۲۰۰۴).<sup>۲</sup>

#### جدول ۱. مروری بر مطالعاتی که از مدل‌های کلاسیک برای پیش‌بینی ورشکستگی استفاده کرده‌اند\*

مطالعاتی که از مدل تحلیل تمایزی چندگانه استفاده کرده‌اند		
Altman (۱۹۶۸)	Van Frederikslust (۱۹۷۸)	Betts and Belhoul (۱۹۸۷)
Deakin (۱۹۷۲)	Bilderbeek (۱۹۷۹)	Gombola et al. (۱۹۸۷)
Edmister (۱۹۷۲)	Dambolena & Khoury (۱۹۸۰)	Gloubos & Grammatikos (۱۹۸۸)
Blum (۱۹۷۴)	Taffler (۱۹۸۲)	Declerc et al. (۱۹۹۱)
Altman et al. (۱۹۷۷)	Taffler (۱۹۸۳)	Laitinen (۱۹۹۲)
Deakin (۱۹۷۷)	Micha (۱۹۸۴)	Lussier and Corman (۱۹۹۴)
Taffler & Tisshaw (۱۹۷۷)	Ooghe and Verbaere (۱۹۸۵)	Altman et al. (۱۹۹۵)
مطالعاتی که از مدل لوجیت استفاده کرده‌اند		
Ohlson (۱۹۸۰)	Swanson and Tybout (۱۹۸۸)	Sheppard (۱۹۹۴)
Zavgren (۱۹۸۳)	Aziz et al. (۱۹۸۸)	Lussier (۱۹۹۵)
Zmijewski (۱۹۸۴)	Gloubos & Grammatikos (۱۹۸۸)	Mossman et al. (۱۹۹۸)
Gentry et al. (۱۹۸۵)	Keasey & McGuinness (۱۹۹۰)	Charitou & Trigeorgis (۲۰۰۰)
Zavgren (۱۹۸۵)	Platt and Platt (۱۹۹۰)	Becchetti & Sierra (۲۰۰۲)
Keasey & Watson (۱۹۸۷)	Ooghe et al. (۱۹۹۳)	Charitou et al. (۲۰۰۴)
Peel and Peel (۱۹۸۷)		

منبع: بالسان و اوگه (۲۰۰۶)

مطالعه هنشر و جونز (۲۰۰۴) به‌عنوان مطالعه‌ای مهم و منحصر به فرد، شروعی برای ورود روش‌های جدید مدل‌های گسسته در موضوع پیش‌بینی ورشکستگی است. آن‌ها به‌جای در نظر گرفتن دو حالت، یعنی ورشکسته شدن و ورشکسته نشدن، سه حالت برای هر بنگاه در نظر گرفتند: عادی و دارای آشفتگی مالی و ورشکسته. همچنین از مدل لوجیت مرکب سه‌حالتی برای پیش‌بینی ورشکستگی ۳۰۳۲ شرکت فعال در استرالیا در فاصله سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۰ و نیز برآورد مدل استفاده کرده‌اند. همین‌طور از داده‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۳ برای آزمون کارایی مدل بهره‌جسته‌اند. نتایج آن‌ها بسیار دقیق و نزدیک به داده‌های واقعی است.<sup>۳</sup> تخمین آن‌ها بر اساس روش حداکثر راست‌نمایی شبیه‌سازی شده<sup>۴</sup> بوده است. همچنین در این مطالعه، نتایج

1. Louviere, J  
2. Hensher and Jones

۳. میانگین این اختلاف با واقعیت در حدود ۵۰ درصد بوده است.

4. Maximum Simulated Likelihood Estimator (MSLE)

روش لوجیت مرکب با روش لوجیت چندگانه<sup>۱</sup> مقایسه شده و کارایی مدل مرکب تأیید شده است. هنشر و جونز (۲۰۰۷) در مطالعه بعدی خود، به جای روش حداکثر راست‌نمایی شبیه‌سازی شده، از روش حداکثر راست‌نمایی نمونه‌ای با وزن‌های برون‌زا (WESML)<sup>۲</sup> برای تخمین استفاده کرده‌اند و برای ضرایب تصادفی توزیع مثلی غیرشرطی را در نظر گرفته‌اند. علاوه بر این مطالعه، هنشر دو مطالعه دیگر در این موضوع دارد که در هریک از آن‌ها نسبت‌های مالی به کار رفته و روش جمع‌آوری داده‌ها و روش پیش‌بینی را بهبود بخشیده‌است (جونز و هنشر، ۲۰۰۷؛ هنشر و همکاران، ۲۰۰۷).

در ایران نیز مطالعات چشمگیری در این زمینه انجام شده است. مهرانی و همکاران (۱۳۸۴) نخستین مطالعه‌ای است که از روش لوجیت برای برآورد استفاده کرده است. آن‌ها ۳۸ شرکت داروسازی و نساجی فعال در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۱ را در نظر گرفته‌اند. در مجموع، ۱۱۴ شرکت سال می‌شود که ۳۶ شرکت ورشکسته و ۷۸ شرکت از این شرکت‌ها ورشکسته نشده (سالم) بوده‌اند. آن‌ها از نسبت‌های مالی دو الگوی زیمسکی و شیراتا<sup>۳</sup> برای پیش‌بینی استفاده کرده‌اند. همچنین برای اعتبار الگو از داده‌های سال ۱۳۸۲ بهره جسته‌اند که برای الگوی شیراتا ۹۴/۷ درصد و برای الگوی زیمسکی ۹۷/۴ درصد از پیش‌بینی‌ها درست بوده است.

کمیجانی و سعادت‌فر (۱۳۸۵) برای پیش‌بینی ورشکستگی از دو مدل لوجیت و پروبیت استفاده کرده‌اند. آن‌ها نسبت‌های مالی الگوهای مختلف را آزموده‌اند تا مدل بهینه، یعنی نسبت‌های مالی، انتخاب شود که بیشترین قدرت پیش‌بینی را در پی داشته است. نمونه انتخابی این مطالعه حاوی ۵۸ شرکت ورشکسته و ۵۸ شرکت غیرورشکسته در فاصله زمانی ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۱ است. طبق نتایج این مطالعه، نسبت‌های مالی الگوی زیمسکی بیشترین قدرت پیش‌بینی را داشته‌اند و مدل لوجیت، هم از نظر برازش و هم از نظر قدرت پیش‌بینی بر مدل پروبیت رجحان دارد.

راعی و فلاح‌پور (۱۳۸۷) نیز نتایج دو روش ماشین بردار پشتیبان و روش لوجیت را مقایسه کرده‌اند. نمونه آن‌ها متشکل از ۴۷ شرکت ورشکسته و ۴۷ شرکت سالم پذیرفته شده در بورس و انتخاب شده به طور تصادفی است که در فاصله سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۰ انتخاب شده‌اند؛ اما تمام شرکت‌های ورشکسته موجود در این بازه زمانی در نمونه قرار گرفته‌اند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که روش ماشین بردار پشتیبان به طور معناداری دقت بیشتری از روش لوجیت دارد.

دستگیر و همکاران (۱۳۸۷) روش لوجیت را برای پیش‌بینی انتخاب کرده‌اند. نمونه آن‌ها شامل ۳۸

- 
1. Multinomial Logit
  2. Weighted Exogenous Sample Maximum Likelihood
  3. Shirata

شرکت بوده که در فاصله سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۳ سهام آن‌ها مبادله شده است. طبق نتایج این مطالعه، دقت مدل لوجیت در پیش‌بینی ورشکستگی یک سال قبل از ورشکستگی، ۹۲ درصد، دو سال قبل از ورشکستگی، ۹۵ درصد و سه سال قبل از ورشکستگی، ۹۷ درصد بوده است.

مطالعه بعدی، پژوهش طالب‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) است. در این تحقیق، چهار الگوی پیش‌بینی بحران مالی، یعنی اسپرین‌گیت<sup>۱</sup>، شیراتا، والاس<sup>۲</sup> و تای‌دا<sup>۳</sup>، بانسب‌های جریان وجوه نقد و متغیرهای کلان اقتصادی با وقفه زمانی یک سال و دو سال بسط داده شد. همچنین برای ارزیابی الگوها از روش لوجیت استفاده شده است. نمونه آن‌ها شامل سی شرکت سالم و سی شرکت ورشکسته پذیرفته‌شده در بورس در فاصله زمانی ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۵ است. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که نسبت‌های مالی پیشنهادشده به وسیله اسپرین‌گیت و والاس مناسب‌اند.

قدیری مقدم و همکاران (۱۳۸۸) دو الگوی آلتمن و اولسون را با استفاده از دو روش تحلیل تمایزی چندگانه و لوجیت مقایسه کرده‌اند. آن‌ها ۴۱ شرکت ورشکسته موجود در فاصله زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۷ را به همراه ۴۱ شرکت سالم به عنوان نمونه در نظر گرفته‌اند. گفتنی است این ۴۱ شرکت سالم به طور تصادفی در این بازه زمانی انتخاب شده‌اند. نتایج آن‌ها آشکار می‌کند اگر الگوی آلتمن با استفاده از روش لوجیت برآورد شود، دقت پیش‌بینی بیشتر خواهد بود.

پورزمانی و همکاران (۱۳۸۸) نیز برای پیش‌بینی ورشکستگی، یازده نسبت مالی را در دوره زمانی ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۶ انتخاب و از روش لوجیت برای برآورد مدل استفاده کرده‌اند. نمونه این مطالعه شامل سی شرکت ورشکسته و سی شرکت سالم است. دقت پیش‌بینی در حالات مختلف بین ۷۸ و ۹۶ درصد بوده است.

سعیدی و آقایی (۱۳۸۸) از شبکه‌های بیز<sup>۴</sup> برای پیش‌بینی ورشکستگی استفاده کرده و نتایج آن را با مدل لوجیت مقایسه کرده‌اند. دوره زمانی مطالعه ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ است که ۷۲ شرکت ورشکسته و ۷۲ شرکت سالم در این بازه برای نمونه انتخاب شده‌اند. طبق نتایج این تحقیق، شبکه‌های ساده بیز در مقایسه با مدل لوجیت عملکرد بهتری برای پیش‌بینی داشته‌اند.

مکیان و همکاران (۱۳۸۸) سه روش شبکه‌عصبی و تحلیل تمایزی و روش لوجیت را با هم مقایسه کرده‌اند. نمونه آن‌ها شامل چهار شرکت ورشکسته و چهار شرکت سالم در فاصله زمانی ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۶ است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد مدل شبکه‌های عصبی از دو روش آماری دیگر، در پیش‌بینی دقت

1. Springate
2. Wallace
3. Thai da
4. Bayes networks

بیشتری دارد.

نبوی چاشمی و همکاران (۱۳۸۹) نیز از مدل لوجیت برای پیش‌بینی ورشکستگی استفاده کرده‌اند. دوره‌زمانی مطالعه ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۶ است. برای انجام دادن تحقیق ابتدا نمونه‌ای شامل بیست شرکت ورشکسته و بیست شرکت سالم انتخاب شده است. به منظور طراحی مدل، نه نسبت مالی استفاده شده که در نهایت، سه نسبت از آن‌ها تأثیر معنی‌دار داشته است. دقت پیش‌بینی مدل برای سال ورشکستگی، ۸۷/۵ درصد، برای یک سال پیش از وقوع ورشکستگی، ۷۲/۵ درصد و برای دو سال پیش از آن، ۵۲/۵ درصد است.

رستمی و همکاران (۱۳۹۰) کارایی مدل تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۱</sup> را با مدل لوجیت در پیش‌بینی ورشکستگی بررسی کرده‌اند. آن‌ها ۵۱ شرکت ورشکسته در سال ۱۳۷۸ به همراه ۵۱ شرکت سالم انتخاب شده به‌طور تصادفی را به‌عنوان نمونه در نظر گرفته‌اند. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد مدل لوجیت در ارزیابی مالی درون نمونه‌ای به‌طور معناداری عملکرد بهتری دارد.

#### ۴. روش تحقیق

##### ۴.۱. متغیرهای توضیحی

زیمسکی (۱۹۸۴)<sup>۲</sup> مجموعه‌ای از نسبت‌های مالی را برای پیش‌بینی ورشکستگی ارائه کرد. انتخاب این نسبت‌ها بر پایهٔ ثنوری نبود؛ بلکه وی براساس تجربیات به‌دست آورده از مطالعات پیشین، این نسبت‌ها را انتخاب کرد. این نسبت‌ها بهتر می‌توانستند ورشکستگی را پیش‌بینی کنند. متغیرهای وی عبارت است از:

$$X_1 = \text{دارایی کل / سود خالص}$$

$$X_2 = \text{بدهی جاری / دارایی جاری}$$

$$X_3 = \text{دارایی کل / کل بدهی}$$

این الگو یکی از الگوهای سادهٔ پیش‌بینی ورشکستگی است که اصل قلت متغیرهای توضیحی در آن به‌خوبی رعایت شده است (مهرانی و همکاران، ۱۳۸۴). در این مطالعه نیز از این سه متغیر برای تابع مطلوبیت بهره می‌جویم. چون ضرایب تصادفی‌اند، برای به‌دست آوردن تابع مطلوبیت برآورد شده  $\hat{U}_n$  از میانگین ضرایب استفاده می‌کنیم. برای مثال به‌جای  $\beta_{3n}$  از  $\bar{\beta}_3$  برای تابع مطلوبیت برآورد شده استفاده می‌کنیم. در این صورت:

$$\hat{U}_n = \bar{\beta}_0 + \bar{\beta}_1 X_{1n} + \bar{\beta}_2 X_{2n} + \bar{\beta}_3 X_{3n} + \varepsilon_n \quad (14)$$

1. Data Envelopment Analysis (DEA)  
2. Zmijewski

$n$  شمارنده شرکت‌هاست و چون فقط دو گزینه داریم، معرفی یک تابع مطلوبیت کافی است. تابع مطلوبیت را برای گزینه سالم بودن شرکت در نظر می‌گیریم. در این صورت، اگر مطلوبیت مثبت باشد، شرکت سالم است و اگر منفی باشد، شرکت ورشکسته خواهد شد.

انتظار داریم ضریب دو متغیر  $X_1$  و  $X_2$  مثبت باشد؛ زیرا با افزایش این دو نسبت، احتمال ورشکسته شدن کاهش می‌یابد. همچنین برای متغیر  $X_3$  انتظار داریم ضریب منفی باشد؛ زیرا بدیهی است که با افزایش این نسبت، احتمال ورشکسته شدن افزایش می‌یابد. زیمسکی در مدل خود، برای عرض از مبدأ ضریب منفی به دست آورده است؛ پس انتظار داریم عرض از مبدأ مثبت باشد.<sup>۱</sup>

با توجه به متغیرهای توضیحی انتخاب شده برای مدل، می‌توان فرضیات تحقیق را بدین صورت بیان کرد:

۱. نسبت مالی «دارایی کل/سود خالص»: قدرت پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران را دارد.

۲. نسبت مالی «بدهی جاری/دارایی جاری»: قدرت پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران را دارد.

۳. نسبت مالی «دارایی کل/کل بدهی»: قدرت پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران را دارد.

## ۲.۴. جامعه آماری و نمونه انتخابی

جامعه آماری ما شرکت‌های فعال بورس اوراق بهادار تهران، در فاصله سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۶ است. هر شرکت در هر سال مستقل از سال‌های دیگر، یک عضو از جامعه در نظر گرفته شده و ممکن است در نمونه تصادفی از یک شرکت، چند سال انتخاب شده باشد. نسبت‌های مالی شرکت‌ها از صورت‌های مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس استخراج شده است. صورت‌های مالی نیز از لوح فشرده «اطلاعات مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس، ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶» منتشر شده به وسیله شرکت اطلاع‌رسانی و خدمات بورس به دست آمده است.<sup>۲</sup>

همچنین با توجه به اینکه تعداد شرکت‌های ورشکسته بسیار کمتر از تعداد شرکت‌های غیرورشکسته است؛ بنابراین سعی شده است بین تعداد این دو گروه تناسب وجود داشته باشد. از طرفی نیز تحقیق حاضر با

۱. مدل زیمسکی به صورت رگرسیون خطی است، به این صورت که  $Z = -4.3 - 4.5X_1 + 5.7X_2 + 0.004X_3$  با افزایش  $Z$  بروز ورشکستگی تقویت می‌شود و برعکس مدل این تحقیق است که با افزایش  $U$  احتمال ورشکستگی کاهش می‌یابد.

۲. فهرست نمادهای متوقف و فعال، برگرفته از وبسایت بانک اطلاعات کارگزاران و شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران در تاریخ ۳۱ خرداد ۱۳۸۹.

محدودیت بسیاری در دسترسی به صورت‌های مالی مواجهه بوده است. در بعضی مواقع، گزارش ترازنامه وجود نداشته است. برای بعضی دیگر گزارش ناقص بوده است یا حسابرسی نشده بوده‌اند. همچنین استخراج نسبت‌های مالی از ترازنامه شرکت‌ها بسیار زمان‌بر بوده؛ از این‌رو این مسائل باعث شده است اندازه نمونه‌ها کوچک باشد. همچنین همان‌گونه که در بخش مطالعات داخلی مشاهده می‌شود، در همه مطالعات سعی شده است بین تعداد شرکت‌های ورشکسته و تعداد شرکت‌های سالم توازن و تناسب وجود داشته باشد. از آنجایی که تعداد شرکت‌های ورشکسته محدود است؛ بنابراین تعداد شرکت‌های سالم نیز متناسب با آن انتخاب شده است.

با توجه به این محدودیت‌ها دو نمونه، یکی برای برآورد مدل و دیگری برای بررسی قدرت پیش‌بینی مدل انتخاب شد. در نمونه اول از بین شرکت‌های غیر ورشکسته، ۴۳ شرکت و از بین شرکت‌های ورشکسته، ۱۵ شرکت به‌طور تصادفی انتخاب شد. سپس از گزارش‌های حسابرسی شده این شرکت‌ها و از ترازنامه تلفیقی، نسبت‌های مالی لازم استخراج شد. برای مثال فرض کنید شرکت ایران‌خودرو در سال ۱۳۸۴ انتخاب شده است، در این حالت مشخص می‌کنیم که آیا گزارش حسابرسی شده سال ۱۳۸۴ آخرین گزارش شرکت بوده و شرکت پس از آن گزارش ورشکست شده است یا نه؟ سپس از گزارش حسابرسی شده پایان سال ۱۳۸۴ برای تعیین نسبت‌های مالی استفاده می‌کنیم. معیار ورشکسته بودن شرکت‌ها براساس اعلام بورس بوده است که البته بورس نیز بر پایه ماده ۱۴۱ قانون تجارت، شرکت‌ها را متوقف اعلام می‌کند. در جدول ۲، نسبت‌های مالی چهار شرکت از اعضای نمونه برای آشنایی گزارش شده است.

### جدول ۲. نمونه‌ای از نسبت‌های مالی شرکت‌ها

وضعیت	دارایی کل/بدهی کل	دارایی جاری/دارایی جاری	بدهی جاری/سود خالص	دارایی کل/سود خالص
پتروشیمی شازند (۸۷)	۰/۵۴۹۸	۰/۹۲۲۸	۰/۲۱۵۸	۰/۲۱۵۸
بیسکویت گرجی (۸۶)	۰/۶۲۶۶	۱/۵۰۷۹	۰/۱۸۱۷	۰/۱۸۱۷
سیمان سفید ساوه (۸۳)	۰/۳۷۱۶	۰/۴۳۴۹	۰/۰۳۵۹	۰/۰۳۵۹
صنعتی مینو-خرمدره (۸۲)	۰/۹۳۴	۰/۷۵۹۶	-۰/۲۲۲۹	-۰/۲۲۲۹

منبع: داده‌های مطالعه برگرفته از وب سایت شرکت اطلاع‌رسانی و خدمات بورس

علاوه بر نمونه مذکور، نمونه‌ای شامل ۸۳ شرکت، یعنی ۴۲ شرکت سالم و ۴۱ شرکت ورشکسته، برای بررسی قدرت پیش‌بینی مدل انتخاب شده است که متفاوت از نمونه قبل است. ابتدا با استفاده از نمونه قبل، مدل معرفی شده برآورد می‌شود. سپس مدل برآورد شده روی نمونه دوم اعمال خواهد شد؛ یعنی مقادیر نسبت‌های مالی در عبارت ۱۴ قرار داده می‌شود که مربوط به مطلوبیت تصادفی برآورد شده است. اگر  $\bar{U}_T$  به دست آمده مثبت باشد، یعنی پیش‌بینی مدل این است که شرکت در سال بعد ورشکسته نخواهد شد؛ ولی

اگر منفی باشد، عکس این موضوع اتفاق خواهد افتاد. در مرحله بعد، پیش‌بینی مدل درباره وضعیت شرکت‌ها با آنچه مقایسه می‌شود که عملاً اتفاق افتاده است تا از این طریق درصد موفقیت مدل در پیش‌بینی به دست آید.

## ۵. نتایج

هم در تئوری و هم در عمل، این امکان وجود دارد که بعضی از ضرایب، تصادفی و بعضی دیگر غیرتصادفی در نظر گرفته شود. در این مدل، سه متغیر وجود دارد که برای آن‌ها شش حالت را می‌توان تصور کرد. از بین این حالات، حالتی انتخاب خواهد شد که ضرایب آن معناداری بیشتر داشته، همچنین کل رگرسیون  $R^2$  مک فادن بیشتر داشته باشد. با توجه به این معیارها، مدلی انتخاب شد که در آن ضریب متغیر  $X_1$  و  $X_2$  تصادفی بوده، ولی  $X_3$  ضریب ثابت دارد. توزیع ضرایب نیز همان‌طور که گفتیم، توزیع نرمال در نظر گرفته شده است.

نتایج برآورد مدل در جدول ۳ آمده است. قسمت نخست، میانگین ضرایب تصادفی و قسمت دوم، مربوط به ضرایب ثابت است. در قسمت سوم نیز انحراف معیار ضرایب تصادفی گزارش شده است.

جدول ۳. مدل برآورد شده

Prob	Z	انحراف معیار	ضریب	ضرایب تصادفی
*۰/۰۹۵۴	۱/۶۷	۱۱/۵۹۲	۱۹/۳۳۳	دارایی کل/سود خالص
۰/۸۸۳	-۱/۱۵	۰/۶۵	-۰/۰۹۵۷	بدهی جاری/ادارایی جاری
ضرایب ثابت				
**۰/۰۱۶۶	۲/۳۹	۴/۴۵۰	۱۰/۶۵۶	عرض از مبدأ
**۰/۰۱۱۱	-۲/۵۴	۵/۲۷۴	-۱۳/۹۳۴	دارایی کل/بدهی کل
انحراف معیار ضرایب تصادفی				
۰/۹۹	۰/۰	۲۶/۶۸۷	۰/۰۰۹۷	دارایی کل/سود خالص
۰/۹۹	۰/۰	۱/۳۰۶	۰/۰۰۰۸۳	بدهی جاری/ادارایی جاری
معنی‌داری کل رگرسیون				
تابع حداکثر راست‌نمایی				
$R^2$ مک فادن				
تعداد انتخاب‌ها برای شبیه‌سازی				
* سطح معنی‌داری ۱۰ درصد				
** سطح معنی‌داری ۵ درصد				
این تخمین با استفاده نرم افزار NLOGIT 5 انجام شده است.				

منبع: محاسبات تحقیق

علامت ضرایب کاملاً مطابق با انتظار ماست. دو نسبت «بدهی جاری/دارایی جاری» و «دارایی کل/بدهی



کل» علامت منفی و نسبت «دارایی کل / سود خالص» علامت مثبت دارد. چون نسبت‌های مالی مطابق جدول ۳ از لحاظ عددی به هم نزدیک‌اند، انتظار داریم ضرایب این نسبت‌ها نیز در یک مرتبه و نزدیک به هم باشند؛ از این رو ملاحظه می‌شود ضرایبی که معنی‌دار هستند از نظر عددی نیز به هم نزدیک‌اند. همچنین این سطح از  $R^2$  مک فادن نشان می‌دهد که برآورد انجام‌شده برازش بسیار خوبی دارد. آماره کای-دو، با اندازه احتمال صفر، معنی‌داری کل رگرسیون را نشان می‌دهد.

با توجه به معنی‌دار نبودن ضریب متغیر «بدهی جاری/دارایی جاری»، فرضیه دوم مبنی بر تأثیر این متغیر بر پیش‌بینی رد می‌شود؛ بنابراین این متغیر فاقد قدرت پیش‌بینی ورشکستگی است؛ اما دو نسبت مالی دیگر در سطح ۵ و ۱۰ درصد معنی‌دارند. به علت معنی‌دار نبودن نسبت مالی دوم، یک‌بار دیگر مدل پیش‌بینی بدون حضور نسبت مالی مذکور برآورد می‌شود. نتایج در جدول ۴ گزارش شده است.

جدول ۴. مدل برآوردشده

Prob	Z	انحراف معیار	ضریب	ضرایب تصادفی
*۰/۰۹۳۸	۱/۶۸	۱۱/۴۳۶	۱۹/۱۵۳	دارایی کل / سود خالص
				ضرایب ثابت
***۰/۰۰۹۱	۲/۶۱	۴/۴۵۰۱	۱۰/۳۹۷	عرض از مبدأ
***۰/۰۰۸۵	-۲/۶۳	۵/۲۷۳۹	-۱۳/۱۹۷	دارایی کل / بدهی کل
				انحراف معیار ضرایب تصادفی
۰/۹۹	۰/۰	۱۵/۱۵۸	۰/۰۱۶۸	دارایی کل / سود خالص
Prob = ۰/۰۰۰ $\chi^2(۴) = ۶۰/۹۹$				معنی‌داری کل رگرسیون
Log likelihood function = -۹۷۰۶				تابع حداکثر راست‌نمایی
McFadden Pseudo R-square = ۰/۷۵۸				$R^2$ مک فادن
Number of draw				تعداد انتخاب‌ها برای شبیه‌سازی
				* سطح معنی‌داری ۱۰ درصد
				** سطح معنی‌داری ۵ درصد
				این تخمین با استفاده نرم‌افزار 5 NLOGIT انجام شده است.

منبع: محاسبات تحقیق

ملاحظه می‌شود که بعد از تخمین، معنی‌داری ضرایب بهبود یافته است، به‌ویژه معنی‌داری عرض از مبدأ و «دارایی کل / بدهی کل» که در سطح ۱ درصد قرار گرفته است. همچنین  $R^2$  مک فادن نیز به صورت جزئی افزایش یافته است. مقدار عددی ضرایب کمی تغییر یافته، ولی علامت‌های آن‌ها همانند برآورد اولیه مطابق با انتظار است. طبق نتایج به‌دست‌آمده از مدل، فرضیه سوم، یعنی تأثیر نسبت مالی «دارایی کل / بدهی

کل» بر پیش‌بینی پذیرفته می‌شود؛ ولی فرضیه اول فقط در سطح ۱۰ درصد پذیرفته خواهد شد. بر اساس مدل برآوردشده و ضرایب به دست آمده، تابع مطلوبیت برآوردشده در نهایت به صورت زیر خواهد بود. گفتنی است چون مقدار آماره  $Z$  برای نسبت مالی اول بزرگ‌تر از یک است، این متغیر از مدل حذف نشده است:

$$\hat{U}_n = 10.397 + 19.153X_{1n} - 13.197X_{3n} \quad (15)$$

حال با استفاده از تابع مطلوبیت برآوردشده صحت مدل را روی نمونه آزمون بررسی می‌کنیم. نتایج در جدول ۵ آمده است. مدل برآوردشده شرکت‌های سالم را با دقت ۹۲ درصد و شرکت‌های ورشکسته را با دقت ۹۸ درصد پیش‌بینی کرده است. ملاحظه می‌کنیم که مدل، شرکت‌های ورشکسته را درست‌تر پیش‌بینی می‌کند و برای ما نیز این حالت، یعنی پیش‌بینی ورشکستگی مهم‌تر است. چون در این مطالعه هدف پیش‌بینی است، طرح مباحثی مانند آثار نهایی و الگوی جانشینی چندان معنی و مفهوم ندارد.

#### جدول ۵. درصد موفقیت مدل

نمونه آزمون	
ورشکسته	سالم
۴۱	۴۲
٪۹۷/۵۶	٪۹۲/۲۱

منبع: محاسبات تحقیق

#### ۶. نتیجه‌گیری

همان‌طور که گفته شد، پیش‌بینی ورشکستگی یکی از موضوعات محوری اقتصاد مالی و حسابداری است. همچنین بحث‌های فراوانی در این رشته درباره این موضوع صورت گرفته و روش‌های مختلفی مطابق با ادبیات خاص این رشته شکل گرفته است. در سال‌های اخیر، سایر گرایش‌های اقتصاد و دیگر علوم انسانی از روش‌های ویژه خود، برای پیش‌بینی بهره جسته‌اند.

در مطالعات متعددی، از مدل‌های گسسته برای پیش‌بینی استفاده شده است. این مدل، یکی از شاخه‌های اقتصادسنجی برای برآورد متغیرهای گسسته است. در این مطالعه، از روش لججیت مرکب برای پیش‌بینی استفاده شده است. این روش امکان لحاظ کردن ویژگی‌های اختصاصی هر شرکت را در مدل فراهم می‌کند و با این کار قدرت پیش‌بینی را افزایش می‌دهد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که قدرت پیش‌بینی این روش بیشتر از ۹۰ درصد برای نمونه انتخابی است.

این مطالعه راه را برای استفاده از سایر روش‌های مدل‌های گسسته و پیشرفت‌های صورت گرفته در این

مدل‌ها برای پیش‌بینی دقیق‌تر فراهم می‌آورد. همچنین در صورت دراختیارداشتن داده‌های بیشتر، می‌توان مدت پیش‌بینی را افزایش داد؛ به این معنی که از طریق گزارش داده‌شده، ورشکستگی شرکت را می‌توان برای دو، سه، چهار... دوره مالی بعدتر نیز پیش‌بینی کرد.

## منابع و مآخذ

- پور زمانی، زهرا، آریتا جهانشاد و شهرام عین‌قلایی، ۱۳۸۸، «پیش‌بینی وضعیت مالی و اقتصادی شرکت‌ها با استفاده از نسبت‌های مالی مبتنی بر سود، جریان‌های نقدی و رشد»، پژوهش‌نامه حسابداری مالی و حسابرسی، ۱(۳)، ص ۹۳ تا ۱۱۵.
- دستگیر، محسن، سیدحسین سجادی و جواد مقدم، ۱۳۸۷، «پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها با استفاده از مدل لوجیت»، پژوهش‌نامه اقتصادی، ۳۱(۸)، ص ۱۷۱ تا ۱۸۹.
- راعی، رضا، سعید فلاح‌پور، ۱۳۸۷، «کاربرد ماشین بردار پشتیبان در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از نسبت‌های مالی»، بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، ۱۵(۵۳)، ص ۱۷ تا ۳۱.
- رستمی محمدرضا، میرفیض فلاح شمس و فرزانه اسکندری، ۱۳۹۰، «ارزیابی درماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران؛ مطالعه مقایسه‌ای بین تحلیل پوششی داده‌ها و رگرسیون لجستیک»، پژوهش‌های مدیریت در ایران، مدرس علوم انسانی، ۱۵(۳)، ص ۱۲۹ تا ۱۴۷.
- ساسانی، مهران، ۱۳۸۴، «بررسی کاربردی الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی زممسکی و شیراتا در شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران»، بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، ۴۱، ص ۱۰۵ تا ۱۳۱.
- سعیدی، علی، آرزوآقایی، ۱۳۸۸، «پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه‌های بیز»، بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، ۱۶(۵۶)، ص ۵۹ تا ۷۸.
- شرکت اطلاع‌رسانی و خدمات بورس، ۱۳۸۹، اطلاعات مالی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶، تهران.
- طالب‌نیا، قدرت‌الله، آریتا جهانشاد و زهرا پورزمانی، ۱۳۸۸، «ارزیابی کارایی متغیرهای مالی و متغیرهای اقتصادی در پیش‌بینی بحران مالی شرکت‌ها»، بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، ۱۶(۵۵)، ص ۶۷ تا ۸۴.
- کمیحانی، اکبر، جواد سعادت‌فر، ۱۳۸۵، «تعیین مدل بهینه احتمال شرطی برای پیش‌بینی ورشکستگی اقتصادی شرکت‌ها در ایران»، نامه مفید، ۱۲(۵۷)، ص ۲۸ تا ۳۳.

قدیری مقدم، ابوالفضل، محمدمسعود غلام‌پورفرد، فرزانه نصیرزاده، ۱۳۸۸، «بررسی توانایی مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی آلتمن و اهلسون در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار، مجله دانش و توسعه، ۱۶ (۲۸)، ص ۱۹۳ تا ۲۲۰.

مکیان، سیدنظام‌الدین، سیدمحمدتقی المدرسی، سلیم کریمی تکلو، ۱۳۸۹، «مقایسه مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی با روش رگرسیون لجستیک و تحلیل ممیزی در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها»، فصل‌نامه پژوهش‌های اقتصادی، ۱۰ (۲)، ص ۱۴۱ تا ۱۶۱.

نبوی چاشمی، سیدعلی، موسی احمدی، صادق مهدوی فرح‌آبادی، ۱۳۸۹، «پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها با استفاده از مدل لاجیت»، مجله مهندسی مالی و مدیریت پرتفوی، (۵)، ص ۵۵ تا ۸۱.

Altman, E., 1968, "Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy", *Journal of Finance*, Vol. 23, pp. 589-609.

Altman, E., E. Hotchkiss, 2006, *Corporate Financial Distress and Bankruptcy: Predict and Avoid Bankruptcy, Analyze and Invest in Distressed Debt*, Hoboken, New Jersey, U.S.A. John Wiley & Sons, Inc.

Balcaen, S., H. Ooghe, 2006, "35 Years of Studies on Business Failure: An Overview of the Classic Statistical Methodologies and Their Related Problems", *The British Accounting Review*, Vol. 38, pp. 63-93.

Ben-Akiva, M., D. Bolduc, M. Bardley, 1993, "Estimation of Travel Model Choice Models with Randomly Distributed Values of Time", *Transportation Research Record*, Vol. 1413, pp. 88-97.

Hensher, D. A., S. Jones, 2004, "Predicting Firm Financial Distress: A Mixed Logit Model", *the Accounting Review*, Vol. 79, No. 4, pp. 1011-1038.

Hensher, D., S. Jones, 2007, "Forecasting Corporate Bankruptcy: Optimizing the Performance of the Mixed Logit Model", *Abacus*, Vol. 43, No. 3, pp. 241-364.

Hensher, D., S. Jones, W. Greene, 2007, "An Error Component Logit Analysis of Corporate Bankruptcy and Insolvency Risk in Australia", *The Economic Record*, Vol. 83, No. 260, pp. 86-103.

Jones, S., D. Hensher, 2007, "Modelling Corporate Failure: A Multinomial Nested Logit Analysis for Unordered Outcomes", *The British Accounting Review*, Vol. 39, pp. 89-107.

Kumar, P., V. Ravi, 2007, "Bankruptcy Prediction in Banks and Firms via Statistical and Intelligent Techniques – A Review", *European Journal of Operational Research*, Vol. 180, pp. 1-28.

Louviere, J., D. Hensher, J. Swait, 2000, *Stated Choice Methods and Analysis*. Cambridge, U.K: Cambridge University Press.

McFadden, D., 1974, "Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior. In P. Zarembka", *Frontiers in Econometrics*, Nueva York: Academic Press.

McFadden, D., K. Train, 2000, "Mixed MNL Models for Discrete Response", *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 15, pp. 447-470.

Mehndiratta, S., 1996, *Time-of-day effects in inter-city business travel*, PhD Thesis: University of California.

Ohlson, J., 1980, "Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy", *Journal of Accounting Research*, Vol. 18, No. 1, pp. 109-131.

Revelt, D., K. Train, 1998, "Mixed Logit with Repeated Choices", *Review of Economics*, Vol. 80, pp. 647-657.

Train, K., 2003, *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge, U.K.: Cambridge University press.

Zmijewski, M., 1984, "Methodological Issues Related to the Estimation of Financial Distress Prediction Models", *Journal of accounting research*, Vol. 22, pp. 59-82.

[www.iranbourse.com/Default.aspx?tabid=298](http://www.iranbourse.com/Default.aspx?tabid=298).

فصلنامه تحقیقات مدل سازی اقتصادی