**فصلنامه راهبرد مدیریت مالی / سال نهم، شماره سی و دوم، بهار ۱۴۰۰ / صفحات ۱۷۶-۱۵۵**

# بررسی عملکرد مدل هیبریدی در ارزیابی ریسک نکول شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران[۱]

**مقاله پژوهشی**

احمد نبی زاده[۲] و مازیار بهرامی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۱۲

**چکیده**

*اندازه‌گیری ریسک اعتباری و برآورد احتمال نکول شرکت‌ها از مهم‌ترین چالش‌های مطرح در حوزهٔ اعتباری است. مدل‌های ساختاری و مدل‌های غیرساختاری دو چارچوب اصلی برای برآورد ریسک نکول و ریسک‌های اعتباری هستند؛ اما هرکدام از این مدل‌ها دارای نقاط قوت و ضعف هستند و به نظر می‌رسد ترکیب این دو چارچوب و ارائه یک مدل هیبریدی بتواند پیش‌بینی دقیق‌تری از ریسک نکول شرکت‌ها ارائه کند. در پژوهش حاضر از یک مدل هیبریدی برای سنجش ریسک نکول شرکت‌های بورسی و فرابورسی در فاصلهٔ زمانی ۱۳۹۷-۱۳۸۶ که طبق قوانین بازار سرمایه ایران به بازار پایه انتقال یافته‌اند استفاده شده است. ابتدا از مدل مرتون (از مدل‌های ساختاری) برای سنجش ریسک نکول این شرکت‌ها استفاده شد و سپس نتایج این مدل با مدل Z آلتمن (از مدل‌های غیرساختاری) مقایسه شده است. سپس با تحلیل رگرسیونی نسبت‌های مالی مختلف، متغیرهای معنی‌دار شناسایی شده و مدل مرتون و Z آلتمن به‌صورت جداگانه و ترکیبی از نظر آماری مقایسه شدند. یافته‌ها نشان می‌دهد که مدل هیبریدی نسبت به مدل‌های ساختاری و مدل‌های غیرساختاری، پیش‌بینی دقیق‌تری از ریسک نکول ارائه می‌دهد. با وارد کردن نتایج هریک از این دو مدل به مدل هیبریدی، توان آماری مدل هیبریدی افزایش پیدا می‌کند؛ بنابراین بهره‌گیری از مدل ترکیبی به بانک‌ها و مؤسسات اعتباری کمک خواهد کرد تا منابع را با ریسک کمتری در اختیار شرکت‌های سالم‌تر قرار دهند.*

**واژگان کلیدی**: ریسک نکول، مدل‌های ساختاری، مدل‌های غیرساختاری، مدل هیبریدی

**طبقه‌بندی موضوعی**: *C59، G21، G33*.

---

۱. کد DOI مقاله: 10.22051/jfm.2020.26105.2086

۲. استادیار گروه مدیریت منابع انسانی و کسب‌وکار، دانشکده مدیریت، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. نویسنده مسئول، **Email:**ahmadnabizade@gmail.com

۳. کارشناس ارشد مدیریت کسب‌وکار، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. **Email:**drbahrami71@gmail.com

**مقدمه**

سنجش ریسک اعتباری و برآورد احتمال نکول شرکت‌ها یکی از ابزارهای مهم برای بانک‌ها و مؤسسات اعتباری به شمار می‌رود. تاکنون مدل‌های مختلفی برای پیش‌بینی وضعیت ریسک اعتباری و احتمال نکول مشتریان و شرکت‌ها توسط پژوهشگران توسعه یافته است. مدل‌های ساختاری و مدل‌های غیرساختاری دو مجموعه اصلی از مدل‌های برآورد ریسک نکول و ریسک‌های اعتباری هستند؛ پایه مدل‌های ساختاری پیش‌بینی ریسک نکول مبتنی بر تئوری قیمت‌گذاری اختیار معامله ارائه شده توسط بلک و شولز[1] (۱۹۷۳) و نیز پژوهش‌های مرتون[2] (۱۹۷۴) است. هرچند این مدل‌ها از جنبه نظری و پژوهشی توسعه فراوانی داشته‌اند اما به دلیل پیچیدگی محاسباتی، در حوزه تجربی و کاربردی کمتر مورد استفاده قرارگرفته‌اند. همچنین با بررسی مدل‌های ساختاری (برای مثال مدل ساختاری مرتون) می‌توان دریافت که احتمال نکول به‌طور مستمر می‌تواند با تغییر در ارزش دارایی‌های شرکت به‌روز شود؛ ازاین‌رو این دسته از مدل‌ها از مزیت انعطاف‌پذیر بودن برخوردار هستند؛ اما ممکن است این مدل‌ها احتمال نکول را بیش یا کم برآورد کنند به دلیل اینکه ارزش‌های دارایی به دلیل عدم معامله در بازار به‌راحتی به دست نمی‌آیند.

مزیت اصلی مدل‌های غیرساختاری دقت آن‌ها در برآورد احتمال نکول است. علاوه بر این، استفاده از آن‌ها برای مؤسسات مالی دارای پایگاه داده یکپارچه آسان است و می‌توانند احتمال نکول بسیار دقیقی را تولید کند. بااین‌حال، این مدل‌ها انعطاف‌پذیر نیستند، چراکه نیاز به اطلاعات از صورت‌های مالی دارند؛ بنابراین به‌روزرسانی احتمال نکول طی یک سال بسیار دشوار است. برخی از مؤسسات مالی ممکن است نیاز به گزارش دهی به شکل سه‌ماهه داشته باشند، اما به‌ندرت توسط شرکت‌های حسابداری حسابرسی می‌شوند.

در حال حاضر یکی از مهم‌ترین مشکلات مؤسسات مالی توان پایین اعتبار دهی است که عمده‌ترین دلیل آن بالا بودن میزان مطالبات غیر جاری[3] آن‌ها است. این مؤسسات در سنجش و ارزیابی درست مشتری در ایفاء تعهدات کوتاه‌مدت و بلندمدت توانایی لازم و مدل مناسب را ندارند و ازاین‌رو ارائه مدلی که با دقت بهتری ریسک اعتباری مشتریان را محاسبه کند برای آن‌ها اهمیت بسیار حیاتی دارد. در عمل بسیاری از شرکت‌های فعال در بورس اوراق بهادار به دلیل وابستگی و حمایت‌های دولت از آنان اعلام ورشکستگی نمی‌کنند. این امر سبب می‌شود تا نتوان عملکرد مدل‌های پیش‌بینی ریسک نکول را به‌راحتی ارزیابی کرد. برای استفاده از نقاط قوت و جلوگیری از معایب هرکدام از مدل‌های ساختاری و غیرساختاری به نظر می‌رسد استفاده از یک مدل هیبریدی (ترکیبی) بتواند به‌طور هم‌زمان به ایجاد انعطاف و افزایش دقت برآورد ریسک اعتباری مشتریان کمک کند؛ بنابراین در پژوهش حاضر این فرضیه موردبررسی قرار می‌گیرد که مدل هیبریدی نسبت به مدل‌های ساختاری و مدل‌های غیرساختاری، پیش‌بینی دقیق‌تری از ریسک نکول ارائه می‌دهد. ساختار این مقاله بدین‌صورت است که در ابتدا مبانی نظری و مروری بر پیشینهٔ پژوهش آورده شده است سپس روش‌شناسی پژوهش مورداشاره قرار گرفته است و بعد از آن تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و آزمون فرضیه‌ها و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادهای پژوهش ذکر شده است.

1. Black and Scholes
2. Merton
3. Non performing loans

## مبانی نظری

### مدل‌های غیرساختاری

در مدل‌های غیرساختاری[1] سنتی، از تجزیه‌وتحلیل بنیادی برای شناسایی عوامل مهم در تبیین ریسک اعتباری شرکت‌ها استفاده می‌شود. در این مدل‌ها ضمن ارزیابی اهمیت این عوامل، به ترسیم مجموعه‌ای از نسبت‌های مالی، متغیرهای حسابداری و سایر اطلاعات به یک نمره کمّی می‌پردازند. این مدل‌ها را می‌توان به‌عنوان یک احتمال نکول در نظر گرفت و از آن‌ها به‌عنوان سیستم طبقه‌بندی استفاده کرد.

بیور[2] (۱۹۶۶) رویکرد تک متغیره تجزیه‌وتحلیل تفکیک در ریسک نکول شرکت را معرفی کرده است. آلتمن[3] (۱۹۶۸) نیز آن را به یک چارچوب چندمتغیره گسترش داد و مدل امتیاز Z را معرفی کرد. این مدل به متغیرهای مستقل (نسبت‌های مالی و متغیرهای حسابداری) وزن می‌دهد و یک نمره تفکیک‌شده ترکیبی را تولید می‌کند. در ادامه، آلتمن و همکاران (۱۹۷۷) مدل ZETA را توسعه داده‌اند که برخی از پیشرفت‌ها را نسبت به روش امتیاز Z اصلی داشته است.

پس‌ازآن، مدل‌های متغیر وابسته باینری همچون مدل پروبیت و لوجیت[4] در پیش‌بینی ورشکستگی استفاده شدند. اولسون (۱۹۸۰) از روش لوجیت برای استخراج یک مدل ریسک نکول شناخته شده به‌عنوان امتیازO استفاده کرده است. روش پروبیت و لوجیت به متغیرهای مستقل وزن می‌دهد و نمرات را در یک فرم از احتمال شکست با استفاده از تابع تجمعی نرمال (لجستیک) اختصاص می‌دهد. همچنین از مدل ریسک اعتباری دودویی[5] توسط بانک‌ها برای وام‌دهی به شرکت‌های اعتبارسنجی نشده[6] استفاده شده است. برخی بانک‌ها و مؤسسات اعتباری از این روش با استفاده از راهکارهایی مانند RiskCalc Moody، یا از طریق مدل‌سازی و برنامه‌نویسی برآورد خود را انجام می‌دهند. البته در اغلب موارد، فایل‌های اعتباری نسخه دیجیتال شده ندارند یا حاوی داده‌های تاریخی نیستند (جول[7]، ۲۰۰۹). مزیت اصلی مدل‌های غیرساختاری دقت آن‌ها در برآورد احتمال نکول است. علاوه بر این، استفاده از آن‌ها برای مؤسسات مالی مجهز به سیستم‌های مدیریت پایگاه داده قابل‌اطمینان و یکپارچه آسان است و احتمال نکول بسیار دقیقی تولید می‌کند. بااین‌حال، این مدل‌ها انعطاف‌پذیر نیستند، چراکه نیاز به اطلاعات از صورت‌های مالی دارند؛ بنابراین، به‌روزرسانی احتمال نکول طی یک سال بسیار دشوار است. برخی از مؤسسات مالی ممکن است نیاز به گزارش دهی به شکل سه‌ماهه داشته باشند، اما به‌ندرت توسط شرکت‌های حسابداری، حسابرسی می‌شوند.

---

1. Non-structural models
2. Beaver
3. Altman
4. Probit & Logit
5. Binary
6. Non-listed firms
7. Joel

**مدل‌های ساختاری**

مدل‌های ساختاری[1] از تغییر تدریجی متغیرهای ساختاری شرکت از قبیل ارزش دارایی و ارزش بدهی برای تعیین زمان نکول شرکت بهره می‌گیرند. مدل مرتون[2] (۱۹۷۴) اولین مدل ساختاری برای تعیین ریسک نکول است. در این مدل، شرکت هنگامی نکول می‌کند که در لحظه پرداخت بدهی، دارایی‌های آن پایین‌تر از بدهی‌های معوق قرار گیرند. به‌تدریج مدل‌های ساختاری دیگر با آزاد کردن محدودیت‌های در نظر گرفته شده در مدل مرتون ایجاد شدند؛ از جمله مدل ساختاری بلک و کاکس[3] (۱۹۷۶) که در آن، هر زمان که ارزش دارایی شرکت کمتر از یک آستانه مشخصی قرار گیرد، نکول ایجاد می‌شود. برخلاف رویکرد مرتون، در این حالت، نکول در هر زمانی می‌تواند اتفاق افتد.

مدل ساختاری مرتون، ازآنجاکه احتمال نکول به‌طور مستمر می‌تواند با تغییر در ارزش دارایی‌های شرکت به‌روز شود، دارای مزیت انعطاف‌پذیر بودن است؛ اما نقطه‌ضعف مدل این است که ممکن است احتمال نکول را کمتر یا بیشتر برآورد کند، چون ارزش‌های دارایی نامشهود هستند و باید از قیمت سهام تعمیم داده شوند. ازآنجاکه فراوانی اطلاعات به‌طورکلی سالانه است، احتمال نکول را نمی‌توان در طول سال مالی به‌روز کرد. صورت‌های مالی سه‌ماهه را می‌توان یافت، اما معمولاً توسط یک شرکت حسابداری خارجی حسابرسی نشده‌اند (فلاح‌پور و طادی، ۱۳۹۵).

مدل هیبریدی در ادبیات توسط کسانی چون تودلا و یانگ[4] (۲۰۰۵) پیشنهاد شده است. آن‌ها از اختیار معاملات مانع به همراه یک اختیار خرید Down-and-out استفاده و مدل‌های مختلفی برای داده‌های شرکت‌های غیرمالی انگلیسی برای دوره ۱۹۹۰ - ۲۰۰۱ برآورد کردند. از داده‌هایی برای شرکت‌ها برای برآورد خود از احتمال نکول در مدل ساختاری استفاده شد که نکول کرده‌اند یا نکرده‌اند. در ابتدا، آن‌ها مطمئن شدند که آیا این دو نوع شرکت نشان‌دهنده احتمالات مختلف پیش‌بینی‌شده نکول هستند. سپس، آن‌ها مدل ترکیبی خود را با دیگر مدل‌های غیرساختاری مقایسه کردند تا بررسی کنند که آیا متغیر احتمال اضافی نکول (PD) برای توضیح احتمالات نکول معنادار است. در نهایت، عملکرد مدل خود را با منحنی قدرت و ابزارهای نوع نسبت دقت اندازه‌گیری کردند.

صالحی و بذرگر (۱۳۹۴) از دو مدل آلتمن و اهلسون[5] (۱۹۸۰) برای ارزیابی ورشکستگی به‌عنوان متغیر وابسته و از دو مدل اقلام تعهدی اختیاری و اقلام تعهدی اختیاری تعدیل شده برای ارزیابی کیفیت سود شرکت‌ها به‌عنوان متغیر مستقل استفاده کردند. همچنین از متغیرهای کنترلی اندازه شرکت، بازده دارایی‌ها و اهرم مالی برای در نظر گرفتن تأثیر سایر متغیرهای تأثیرگذار نیز بهره گرفته‌اند. نتایج آن‌ها نشان داد زمانی که از مدل آلتمن برای محاسبه ورشکستگی استفاده می‌شود، رابطه بین اقلام تعهدی

1. Structural models
2. Merton
3. Black and Cox
4. Tudeland Young
5. Altman and Ohlson

اختیاری و اقلام تعهدی اختیاری تعدیل شده با ورشکستگی معنی‌دار و مستقیم است؛ اما هنگامی‌که از مدل اهلسون برای محاسبه ورشکستگی استفاده می‌شود، رابطه بین اقلام تعهدی اختیاری و اقلام تعهدی اختیاری تعدیل شده با ورشکستگی معنی‌دار و معکوس است.

کریس و لیزن[1] (۲۰۱۸) از مدل‌های ساختاری برای اندازه‌گیری ریسک نکول بانک‌های خصوصی ایالات‌متحده آمریکا استفاده و مدل جدیدی برای اندازه‌گیری ریسک سیستماتیک بر مبنای فراوان (احتمال) نکول در بخش بانکی معرفی کردند. این مدل اندازه‌گیری به بارگذاری غیرخطی عوامل نکول وابسته است؛ درحالی‌که مدل‌های پیشین به بارگذاری خطی عوامل نکول وابسته بودند. بیت‌اللهی و زینعلی (۲۰۲۰) نیز برای پیش‌بینی قیمت قراردادهای سواپ نکول اعتباری از مدل مرتون استفاده کردند و مدل مذکور را با برخی از مدل‌های ترکیبی شبکه عصبی از جمله انفیس، نارکس، آدابوست و رگرسیون ماشین بردار پشتیبان، مقایسه کردند. طبق نتایج، میانگین قدرت پیش‌بینی الگوریتم نارکس بیش از سایر مدل‌ها بود.

**مدل‌های هیبریدی**

در خصوص مدل‌های هیبریدی پژوهش‌هایی در حوزه‌های مختلف انجام گرفته است. از جمله بنوس و پاپاناستاسوپولوس[2] (۲۰۰۷) با ارائه یک مدل هیبریدی، به توسعه مدل مرتون و ارزیابی کیفیت اعتبار پرداختند. آن‌ها با ترکیب کردن روش تحلیل بنیادی و روش تحلیل ادعای مشروط به ارزیابی ریسک اعتباری پرداختند.

بلالا و همکاران[3] (۲۰۱۶) نیز دو مدل تحلیل بنیادی و تحلیل ادعای مشروط برای اندازه‌گیری ریسک نکول را برای بررسی شرکت‌های فرانسوی پذیرفته‌شده در بورس پاریس با هدف بررسی و بهبود قابلیت پیش‌بینی احتمال نکول بر اساس اطلاعات صورت‌های مالی و بازار ترکیب کردند. در ابتدا احتمال نکول توسط هر یک از روش‌ها برآورد شد و سپس احتمال نکول مدل ساختاری در هر نقطه از زمان در مدل غیرساختاری به‌عنوان یک متغیر توضیحی اضافی ادغام شد. نتایج نشان داد که احتمال نکول به‌دست‌آمده از مدل ساختاری با ترکیب و اضافه کردن متغیرهای حسابداری، به‌طور معناداری توانسته است ریسک نکول را بهتر توضیح دهد.

## مروری بر پیشینه پژوهش

در زمینه مدلهای غیرساختاری در ایران پژوهشهایی صورت گرفته است. برای مثال نمازی و همکاران (۱۳۹۷) با هدف مدل‌سازی و تعیین اولویت معیارهای مؤثر مدیریت سود واقعی بر پیش‌بینی نکول در شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس تهران، از مدل توسعه‌یافته‌ی چو[4] و همکاران (۱۹۹۸)، روی‌چودهاری[5] (۲۰۰۶) و معیار تعدیل‌شده‌ی آلتمن (۱۹۸۳) برای ریسک ورشکستگی استفاده کردند. یافته‌ها نشان داد که بین جریان غیرعادی

1. Kreis and Leisen
2. Benos and Papanastasopoulos
3. Bellalah, Zouari and Levyne
4. Cho
5. Roychowdhury

وجوه نقد عملیاتی، هزینه‌های غیرعادی تولید، هزینه‌های غیرعادی اختیاری و احتمال وقوع نکول به ترتیب ارتباط و تأثیر مستقیم و معنادار، معکوس و معنادار و فاقد ارتباط و تأثیر معنادار وجود دارد. به‌طوری‌که افزایش (کاهش) جریان غیرعادی وجوه نقد عملیاتی منجر به افزایش (کاهش) ریسک نکول و افزایش (کاهش) هزینه‌های غیرعادی تولید منجر به کاهش (افزایش) ریسک نکول می‌شود.

راموز و محمودی (۱۳۹۶) پیش‌بینی ریسک ورشکستگی مالی را با استفاده از مدل ترکیبی (استفاده از متغیرهای حسابداری و بازاری) و تکنیک شبکه‌های عصبی از نوع مدل پرسپترون چندلایه (MLP) انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد که مدل ترکیبی (ترکیب متغیرهای حسابداری و بازاری) با استفاده از تکنیک شبکه عصبی، نسبت به هرکدام از دو مدل حسابداری و بازاری از دقت بالاتری در پیش‌بینی ریسک ورشکستگی مالی برخوردار است. همچنین، مدل بازاری نیز دقت بیشتری نسبت به مدل حسابداری دارد.

براکمان و ترتل[1] (۲۰۰۲) استفاده از نظریه اختیار معاملات مانع[2] با یک قیمت آستانه را پیشنهاد کردند. بازده آن‌ها بستگی به این دارد که آیا قیمت دارایی پایه[3] در طول یک دوره خاص زمانی به سطح معینی می‌رسد یا خیر؛ بنابراین، به‌جای اینکه سهامداران قبل از اعمال یک اختیار خرید استاندارد اروپایی[4] (که منتظر می‌مانند بدهی به سررسید برسد)، یک اختیار خرید Down-and-Out روی دارایی‌هایی دارد که در آن وام‌دهندگان مجموعه‌ای از بدهی بدون ریسک[5] و موقعیت فروش یک اختیار فروش[6] همراه با یک اختیار خرید بلندمدت Down-and-Out را بر دارایی‌های شرکت اعمال می‌کند. در آخرین مرحله درصورتی‌که پیش‌بینی شود سلامت مالی شرکت رو به وخامت است و بهبودی حاصل نمی‌شود، به آن‌ها حق قرار دادن شرکت در نکول را می‌دهد.

این مدل بعداً توسط وانگ و چوی[7] (۲۰۰۶) بررسی شد و آن‌ها نشان دادند که برآورد پارامترهای مدل براکمان و ترتل (۲۰۰۲) با استفاده از روش حداکثر درستنمایی نتایجی را می‌دهد که با مدل مرتون به‌عنوان مدل نظری، از روش برآورد تکراری مورد استفاده در این ادبیات موضوع مشابهت دارد. اعمال روش حداکثر درستنمایی این است که اجازه استنباط آماری یا به‌طور خاص، محاسبه آماره‌های توصیفی برای پارامترهای برآورد شده، مانند ارزش شرکت را می‌دهد.

امانوئل و هلن و الارونکه[8] (۲۰۱۴) با ترکیب دو مدل ساختاری و رویکرد مبتنی بر شدت[9] به ارزش‌گذاری ریسک اعتباری پرداختند. آن‌ها بر این باور بودند که در بازار مشتقه اعتباری، تعداد اندکی اوراق بهادار مانند اوراق

1. Brockman and Turtle
2. Barrier options
3. Underlying asset
4. standard European call option
5. Risk-free dept
6. Short put option
7. Wang and choi
8. Emmanuel, Helen and Olaronke
9. Intensity-based approaches

قرضه شرکتی یا اوراق قرضه قابل‌تبدیل وجود دارد که وابستگی بیشتری به یک منبع ریسک دارند و مدل‌های اعتباری بایستی این منابع ریسک را به همراه ریسک نرخ بهره در نظر بگیرند. همچنین بلاء زوری و لِیوان[1] (۲۰۱۶) نیز با استفاده از اطلاعات شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس پاریس، عملکرد یک مدل هیبریدی را بررسی کردند که در آن احتمال نکول مدل ساختاری در هر نقطه در زمان در مدل غیرساختاری به‌عنوان یک متغیر توضیحی اضافی اعمال می‌شود. یافته‌ها بیانگر آن بود که مدل هیبریدی در پیش‌بینی احتمال نکول شرکت‌ها نسبت به مدل‌های ساختاری و غیرساختاری بهتر عمل می‌کند.

با توجه به مرور پژوهش‌های انجام شده و اینکه خلأ به‌کارگیری یک مدل ترکیبی برای پیش‌بینی ریسک نکول شرکت‌های ایرانی وجود داشت این پژوهش انجام شده است در پژوهش‌های قبلی در ایران غالباً دو یا چند متغیر حسابداری را با دو یا چند متغیر بازاری ترکیب کرده‌اند و با استفاده از رویکرد شبکه عصبی یا روش‌های مشابه اقدام به پیش‌بینی کرده‌اند اما در این مقاله ابتدا رویکرد ساختاری سپس غیرساختاری و در نهایت ترکیبی از این دو استفاده شده است که روش کامل‌تری نسبت به روش‌های قبلی است.

## فرضیه پژوهش

فرضیه اصلی این پژوهش این است که عملکرد مدل هیبریدی در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها دارای عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های ساختاری و غیرساختاری است.

## روش‌شناسی پژوهش

هدف این پژوهش ترکیب تجزیه‌وتحلیل بنیادی و تجزیه‌وتحلیل ادعای مشروط در یک مدل ترکیبی (بلا، زوری و لِیوان، ۲۰۱۶) برای اندازه‌گیری ریسک اعتباری است (ترکیب مدل ساختاری و غیرساختاری). در مرحله اول، احتمال نکول با استفاده از هر دو روش به‌طور جداگانه برآورد شده است و پس‌ازآن، احتمال نکول مدل ساختاری در هر نقطه در زمان در مدل غیرساختاری به‌عنوان یک متغیر توضیحی اضافی یکپارچه می‌شود. این مدل هم از داده‌های تاریخی و صورت‌های مالی و هم از اطلاعات بازار، برای ارزیابی ریسک نکول استفاده می‌کند. در نهایت بررسی می‌شود که آیا این ترکیب از مدل‌های ساختاری و غیرساختاری معیار بهتری از ریسک نکول را نسبت به نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌های ساختاری و غیرساختاری سنتی برآورد شده به‌طور جداگانه به دست می‌دهد یا نه؛ بنابراین پژوهش حاضر از نظر موضوعی در حوزه مدیریت ریسک اعتباری و مدل‌های مربوط به آن قرار دارد.

در این پژوهش، متغیر $Y_i$ مقادیر زیر را به خود می‌گیرد:

$Y_i = 1$ اگر شرکت I نکول کند

و $Y_i = 0$ در غیر این صورت.

1. Bellalah, Zouari and Levyne

بردار متغیرهای توضیحی (نسبت‌های مالی و متغیرهای حسابداری...) برای شرکت $i$ با $X_i$ نشان داده شده است، درحالی‌که $\beta$ بردار وزن این متغیرها است. مدل پروبیت فرض می‌کند که یک متغیر پاسخ کیفی[1] ($Y_i^*$) تعریف‌شده توسط معادله زیر وجود دارد:

$$Y_i^* = \beta' X_i + \varepsilon_i \qquad (۱)$$

در عمل $Y_i^*$ یک متغیر نهفته غیرقابل مشاهده است. در عوض یک متغیر دوگانه $Y_i$ را مشاهده می‌کنیم به‌گونه‌ای که:

$Y_i$ = ۱ اگر $Y_i^* > 0$

$Y_i$ = ۰ در غیر این صورت.

در این شکل، $\beta' X_i$، به‌مانند $E(Y_i/X_i)$ در مدل ساده خطی نیست، اما در عوض $E(Y_i^*/X_i)$ برقرار است. از معادلات و متغیرهای بالا، داریم:

$$prob\ (Y_i = 1) = prob\ (\varepsilon_i > -\beta' X_i) = 1 - F(\beta' X_i) \qquad (۲)$$

که F تابع توزیع تجمعی $\varepsilon_i$ است (بلالا و همکاران، ۲۰۱۶).

فرم تابعی F بستگی به فرضیات حفظ شده با توجه به توزیع خطاهای باقی‌مانده ($\varepsilon_i$) در معادله (1) دارد. مدل پروبیت بر اساس این فرض است که این خطاها به‌صورت غیرمستقل و یکسان توزیع شده‌اند (i.i.d) و از یک توزیع نرمال استاندارد $N(0,1)$ پیروی می‌کنند.

فرم تابعی را می‌توان به قرار زیر نوشت:

$$F(-\beta' X_i) = \int_{-\infty}^{-\beta' X_i} \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{2}}} \exp\left[-\frac{t^2}{2}\right] dt \qquad (۳)$$

در این مورد، مقادیر مشاهده شده $Y_i$ به‌سادگی تحقق یک فرآیند دوجمله‌ای هستند که احتمالات آن‌ها با معادله (۲) داده شده است و از یک مشاهده به دیگری (با $X_i$) فرق می‌کنند. تابع احتمال درستنمایی را می‌توان به‌قرار زیر تعریف کرد:

$$l = \prod_{Y_i=0} F(-\beta' X_i) \prod_{Y_i=1} (1 - F(-\beta' X_i)) \qquad (۴)$$

و پارامترهایی که $\beta$ را تخمین می‌زنند همان‌هایی هستند که آن را به حداکثر می‌رسانند (بلالا و همکاران، ۲۰۱۶).

همان‌طور که اشاره شد هدف اصلی بررسی این موضوع است که آیا ترکیبی از مدل‌های ساختاری (مدل مرتون KMV) و غیرساختاری در مدل هیبریدی نشان‌دهنده معیار بهتری از ریسک نکول مدل‌های ساختاری، غیرساختاری و سنتی است که به‌طور جداگانه برآورد شده‌اند.

نکول با برآورد یک مدل پروبیت توضیح می‌دهیم؛ که در آن متغیرهای توضیحی، احتمالات برآورد شده نکول از مدل ساختاری، نسبت‌های مالی و دیگر اطلاعات حسابداری می‌باشند. متغیر وابسته باینری است که مقدار ۱ را به خود می‌گیرد اگر نکول رخ دهد و در غیر این صورت صفر است. زمانی نکول رخ می‌دهد که شرکت نتواند به تعهدات خود مانند پس دادن قرض، عمل کند. در ایران هرساله شرکت بورس و فرابورس، بر اساس معیارهای مشخصی شرکت‌ها را ارزیابی کرده و در صورت عدم تحقق یک یا چند بند از مفاد دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های مربوطه،

1. Response variable

شرکت‌ها به بازارها با رتبه پایین‌تر انتقال داده می‌شوند. شرکت‌های موردبررسی در این پژوهش شامل شرکت‌هایی از بازار فرابورس هستند که طی سال‌های گذشته لغو پذیرش شده و به بازار پایه انتقال داده شده‌اند. در این پژوهش انتقال به بازار پایه به‌منزله نکول تلقی شده است.

به کمک مدل غیرساختاری( با استفاده از داده‌های حسابداری) به‌عنوان متغیر توضیحی و یک مدل پروبیت سوم، تخمین زده می‌شود که در آن تنها متغیر برون‌زا احتمال نکول از مدل ساختاری است (مدلی که فقط شامل اطلاعات ساختاری است)سپس این دو مدل در یک مدل هیبریدی استفاده می شوند. بنابراین، در پژوهش کنونی قدرت پیش‌بینی متغیر PD برای توضیح ورشکستگی شرکت با ادغام آن در مدل غیرساختاری به‌عنوان یک متغیر توضیحی بررسی می‌شود. اگر مشخص شود که ضریب برآورد شده متغیر PD (حاصل از مدل ساختاری) از نظر آماری متفاوت از صفر است، احتمال نکول به‌دست‌آمده در این مورد توسط مدل ساختاری اطلاعات بیشتری نسبت به مکمل داده‌های حسابداری به دست می‌دهد. از این ضریب برای به‌روزرسانی احتمالات نکول زمانی که PD از مدل ساختاری تغییر می‌کند، استفاده می‌شود.

در این پژوهش به دلیل اینکه هدف پیش‌بینی نکول و یا عدم نکول شرکت‌ها است، متغیرهای مستقل به‌صورت مجازی نیز وارد مدل شده‌اند تا اثر تعریف حد بر متغیرها نیز در مدل دیده شود. به‌عنوان‌مثال مدل رگرسیونی ممکن است قادر به تشخیص رابطه بین اعداد و متغیر وابسته نشود زیرا اکثریت نسبت‌های مالی در محدوده نزدیکی به هم قرار دارند و مقیاس اعداد تأثیرگذار است. در این حالت سعی شده است تا حدی برای ورود به منطقه نکول و یا عدم نکول تعریف شود. مثلاً اگر شرکت زیان‌ده شده باشد و یا نسبت بدهی‌ها به دارایی‌های شرکت از ۰,۹ بیشتر باشد به متغیر موهومی عدد یک و در غیر این صورت صفر داده می‌شود. با ایجاد امکان تعریف این حدود، می‌توان مدل را به تجربه و یا میزان ریسک‌پذیری و یا ریسک گریزی تحلیلگر وابسته کرد. البته باید در نظر داشت که این موضوع مزایا و معایب خود را دارد زیرا تعریف درست و یا نادرست این حدود می‌تواند بر نتیجه مدل اثر بگذارد.

**متغیرهای پژوهش**

به‌منظور بررسی برخی از عوامل که ممکن است در احتمال نکول شرکت‌های بازار فرابورس تأثیرگذار باشند، ابتدا احتمال نکول هر شرکت طی ده سال گذشته به روش مدل مرتون و بر اساس داده‌های صورت‌های مالی شرکت‌ها محاسبه شده و سپس به مدل غیرساختاری و هیبریدی پرداخته شده است. متغیرهای پژوهش از صورت‌های مالی سالیانه حسابرسی شده شرکت‌ها و همچنین اطلاعات قیمتی سهام شرکت‌ها استخراج شدند. در این فرایند انواع نسبت‌های مالی و متغیرهای موهومی موردنظر در پژوهش محاسبه شده و از مؤلفه‌هایی که داده‌های آن‌ها به‌صورت قابل اعتمادی در دسترس بود به‌عنوان متغیرهای مدل استفاده شد.

نسبت‌های مالی در نظر گرفته شده در مدل پژوهش، هم به‌صورت نسبت عددی و هم به‌صورت متغیر موهومی در مدل وارد شدند تا متغیرهای معنی‌دار در رگرسیون مشخص شوند. برای متغیرهای موهومی فرض‌های برگرفته از نظرات خبرگان مالی در نظر گرفته شد.

**جدول ۱.** تعریف عملیاتی متغیرهای پژوهش

| مدل | متغیرهای مستقل[1] | | شرح |
|---|---|---|---|
| مدل ساختاری مرتون | قیمت سهم | $P_t$ | قیمت بسته شدن سهام شرکت در پایان هر سال[2] |
| | ارزش شرکت | $S_t$ | تعداد سهام شرکت در قیمت سهام |
| | بدهی شرکت | $L_t$ | مجموع بدهی‌های کوتاه‌مدت به‌علاوه نصف بدهی‌های بلندمدت |
| | نوسان پذیری | $\sigma_t$ | انحراف استاندارد قیمت سالانه سهام |
| | نرخ سود | $\delta$ | نرخ سود سالانه سهام |
| | نرخ بهره | $r$ | نرخ بهره کوتاه‌مدت سالانه |
| مدل غیرساختاری و مدل هیبریدی | نسبت بدهی به دارایی | L/A | نسبت کل بدهی به کل دارایی سالانه شرکت |
| | حاشیه سود خالص | PM | نسبت سود خالص به کل درآمد سالانه شرکت |
| | نرخ رشد درآمد | SG | نسبت رشد درآمد سالانه شرکت به سال قبل |
| | سود هر سهم | EPS | سود سالانه هر سهم |
| | سود انباشته به دارایی | REA | نسبت سود انباشته به کل دارایی‌ها |
| | سرمایه در گردش به دارایی | WCA | نسبت سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها |
| | EBITبه دارایی | EBITA | نسبت سود قبل از بهره و مالیات به کل دارایی‌ها |
| | فروش به دارایی | SA | فروش به کل دارایی |
| | ارزش بازار به بدهی | ED | نسبت ارزش بازار به کل بدهی‌ها |
| | متغیرموهومیL/A | BLA | $\mathrm{L/A} \geq 0.9 \rightarrow 1$ و $otherwise\ 0$ |
| | متغیرموهومی PM | BPM | $\mathrm{PM} \leq 0.2 \rightarrow 1$ و $otherwise\ 0$ |
| | متغیرموهومیSG | BSG | $\mathrm{SG} \leq 0 \rightarrow 1$ و $otherwise\ 0$ |
| | متغیرموهومیEPS | BEPS | $\mathrm{EPS} \leq 0 \rightarrow 1$ و $otherwise\ 0$ |
| | متغیرموهومیREA | BREA | $\mathrm{REA} \leq 0.1 \rightarrow 1$ و $otherwise\ 0$ |
| | متغیرموهومیWCA | BWCA | $\mathrm{WCA} \leq -0.1 \rightarrow 1$ و $otherwise\ 0$ |
| | متغیرموهومیEBITA | BEBITA | $\mathrm{EBITA} \leq -0.1 \rightarrow 1$ و $otherwise\ 0$ |
| | متغیرموهومیSA | BSA | $\mathrm{SA} \leq 0 \rightarrow 1$ و $otherwise\ 0$ |
| | متغیرموهومیED | BED | $\mathrm{ED} \leq 0.2 \rightarrow 1$ و $otherwise\ 0$ |

منبع: برگرفته از نتایج پژوهش

متغیر وابسته در هر سه مدل، متغیر دوگانه نکول است؛ یعنی اگر شرکت نکول کند، این متغیر عدد (۱) و اگر نکول نداشته باشد عدد (۰) می‌گیرد.

یکی دیگر از روش‌های تعیین نکول شرکت‌ها این است که نکول واقعی شرکت‌ها بر اساس نتایج مدلی دیگر تعبیر شود. به‌عنوان‌مثال با توجه به احتمال نکول، اگر احتمال نکول از یک حد مشخصی بالاتر باشد، می‌توان در آن دوره، شرکت را نکول یافته در نظر گرفت. مفهوم نکول در شرکت‌های فعال در بازار بورس و

۱. متغیرهای پژوهش برگرفته از صورت‌های مالی شرکت‌ها هستند که از سایت کدال به‌دست‌آمده‌اند.
۲. برابر با متوسط وزنی قیمت سهم در آخرین روز معاملاتی سال

فرابورس بسیار پیچیده و مرحله‌به‌مرحله بوده و در بازه زمانی یک‌ساله تعریف نمی‌گردد، یعنی تصمیم به اعلام نکول یک شرکت بر اساس بررسی و تحلیل‌های صورت‌های مالی سال گذشته شرکت تعیین می‌شود؛ بنابراین در این پژوهش علاوه بر داده‌های واقعی نکول که در جدول (۱) ارائه شد، متغیر دوگانه نکول در مدل پیاده‌سازی شده به این صورت تعریف شده است که اگر احتمال نکول در هر سال، از میانگین سال‌های قبل از خود بالاتر آمده است، به‌عنوان نکول محتمل برای آن سال در نظر گرفته شده است. هدف از این کار این است که وقفه بین تصمیم‌گیری برای نکول و دقت مدل بررسی شود.

## تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و آزمون فرضیه‌ها

شرکت‌های موردبررسی در این پژوهش شرکت‌هایی از بازار فرابورس هستند که طی سال‌های گذشته لغو پذیرش شده و به بازار پایه انتقال داده شده‌اند. هرساله شرکت بورس و فرابورس، بر اساس معیارهای مشخصی شرکت‌ها را ارزیابی کرده و در صورت عدم تحقق یک یا چند بند از مفاد دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های مربوطه، شرکت‌ها به بازارها با رتبه پایین‌تر انتقال داده می‌شوند. بنابر ماده (۳۸) دستورالعمل پذیرش، عرضه و نقل‌وانتقال اوراق بهادار در فرابورس ایران (شرکت سهامی عام)[1]، در صورت عدم ایفای تعهدات ناشر، شرکت فرابورس می‌تواند پذیرش اوراق بهادار مربوطه را برای مدتی به حال تعلیق درآورد. به‌طور خلاصه پذیرش اوراق بهادار به‌موجب هر یک از موارد زیر لغو می‌شود:

- عدم ایفای تعهدات ناشر در مورد مادهٔ ۵۸ این دستورالعمل مبنی بر رعایت مقررات بازار اوراق بهادار
- عملکرد شرکت در دو دورهٔ مالی متوالی منجر به زیان شده و نتیجهٔ عملیات شش‌ماههٔ بعدی شرکت بر اساس صورت‌های مالی میان‌دوره‌ای حسابرسی شده با در نظر گرفتن بندهای شرط گزارش حسابرس، منتج به سود نشود؛
- اظهارنظر مردود یا عدم اظهارنظر حسابرس در مورد صورت‌های مالی ناشر؛
- در صورت انحلال یا ورشکستگی ناشر؛

در انتخاب شرکت‌های موردبررسی در این پژوهش، از میان شرکت‌های شامل لغو پذیرش، آن‌هایی انتخاب‌شده‌اند که داده‌های مربوط به صورت‌های مالی آن‌ها از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۶ موجود بوده است؛ بنابراین شرکت‌های موردبررسی در این پژوهش شامل ۲۰ شرکت به شرح زیر هستند: ایران‌خودرو دیزل (خاور)، پارس پامچال (شپمچا)، هنکل پاک وش (شوش)، تولیدی پلاستیک شاهین (پشاهن)، کارخانه‌های تولیدی پلاستیران (پلاست)، پلی اکریل ایران (شپلی)، لوله و تجهیزات سدید (فسدید)، چینی ایران (کچینی)، سیمان کارون (سکارون)، گسترش صنایع پیام (لپیام)، فرآورده‌های غذایی و قند تربت جام (قجام)، تولیدی و صنعتی آبگینه (کابگن)، کارخانه‌های کابل سازی ایران (بایکا)، کارخانه‌های صنعتی آزمایش (لازما)، مجتمع صنعتی آرتاویل تایر (پارتا)، گاز لوله (پلوله)، ماشین‌آلات صنعتی تراکتورسازی (تراک)، صنعتی دریایی ایران (خصدرا)، تولید تجهیزات سنگین هپکو (تپکو) و گروه صنعتی‌سدید (وسدید).

۱. مصوب ۸۸/۱/۲۵، اصلاحیه مصوب ۱۳۹۰/۲/۲۴

به دلیل همسانی در تحلیل شرکت‌ها و همچنین اعتبار نتایج، از میان شرکت‌های منتقل شده به بازار پایه، شرکت‌هایی که داده‌های ۱۰ سال برای آن موجود بوده، انتخاب شده است.

**جدول ۲.** نکول (انتقال به بازار پایه) و عدم نکول شرکت‌ها طی ده سال در بازار فرابورس

| | ۱۳۸۷ | ۱۳۸۸ | ۱۳۸۹ | ۱۳۹۰ | ۱۳۹۱ | ۱۳۹۲ | ۱۳۹۳ | ۱۳۹۴ | ۱۳۹۵ | ۱۳۹۶ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاور | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| شپمچا | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ |
| شوش | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| پشاهن | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| پلاست | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ |
| شپلی | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| فسدید | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| کچینی | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| سکارون | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ |
| لپیام | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ |
| قجام | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ |
| کابگن | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| بایکا | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ |
| لازما | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| پارتا | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| پلوله | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| تراک | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| خصدرا | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ |
| تپکو | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| وسدید | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ |

منبع: برگرفته از نتایج پژوهش

جدول بالا نکول و عدم نکول واقعی شرکت‌ها را نشان می‌دهد که به نکول شرکت عدد ۱ و به عدم نکول آن عدد صفر اختصاص پیداکرده است. با توجه به مشکلات عدم شفافیتی که در بازار مالی ایران وجود دارد ورشکستگی یا نکول شرکت‌ها تقریباً اعلام نمی‌شود. معیار نکول این شرکت‌ها، سالی است که به دلیل زیان انباشته و عدم شفافیت از بورس اخراج و به بازارهای پایه انتقال پیداکرده‌اند. همچنین با توجه به این‌که فرآیند اخراج در بازار بورس تهران، احتمالاً شرکت قبل از انتقال به بازار پایه هم در یک مدت چندساله وضعیت خوبی نداشته و با بررسی صورت‌های مالی این شرکت‌ها در سال‌های قبل‌تر هم نکول یا عدم نکول آن‌ها تشخیص داده شد.

**محاسبه مدل مرتون(KMV)**

ابتدا احتمال نکول هر شرکت طی ده سال گذشته به روش مدل مرتون و بر اساس داده‌های صورت‌های مالی شرکت‌ها در نرم‌افزارR محاسبه شده و سپس متغیر دوگانه نکول به‌عنوان متغیر وابسته محاسبه شده است. به این صورت که اگر شرکت نکول کند، این متغیر عدد (۱) و اگر نکول نداشته باشد عدد (۰) می‌گیرد. حداکثر احتمال محاسبه شده توسط مدل مرتون مربوط به شرکت صدرا در سال ۱۳۹۳ با احتمال ۳۹,۹ درصد و سپس شرکت پارس پامچال با ۲۷,۳ درصد در سال ۱۳۹۰ بوده است.

**جدول ۳.** احتمال نکول شرکت‌ها در هر سال بر اساس مدل مرتون (اعداد به درصد)

| | ۱۳۸۷ | ۱۳۸۸ | ۱۳۸۹ | ۱۳۹۰ | ۱۳۹۱ | ۱۳۹۲ | ۱۳۹۳ | ۱۳۹۴ | ۱۳۹۵ | ۱۳۹۶ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاور | ۱,۸ | ۱,۸ | ۲,۱ | ۲,۴ | ۶,۶ | ۲,۴ | ۲,۱ | ۳,۸ | ۲,۱ | ۳,۶ |
| شپمچا | ۱۱,۴ | ۹,۴ | ۲۴,۷ | ۲۷,۳ | ۲۵,۱ | ۱۹,۹ | ۶,۱ | ۶,۳ | ۷,۹ | ۸ |
| شوش | ۱۲,۹ | ۹,۵ | ۱۱ | ۱۱,۹ | ۹ | ۱۴,۵ | ۲۰,۸ | ۲۱,۶ | ۱۱,۸ | ۱۱,۸ |
| پشاهن | ۴,۶ | ۵ | ۵,۴ | ۶,۳ | ۵ | ۵,۵ | ۶ | ۷,۹ | ۱۱,۹ | ۱۷,۳ |
| پلاست | ۰ | ۰ | ۰,۲ | ۰,۲ | ۰ | ۰ | ۰,۲ | ۱,۸ | ۲۱,۴ | ۲۴,۵ |
| شپلی | ۱,۸ | ۱,۵ | ۳,۲ | ۶,۴ | ۳ | ۱۱,۴ | ۱۱,۸ | ۱۷,۳ | ۱۵,۲ | ۲,۴ |
| فسدید | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰,۱ | ۰ | ۰,۳ | ۶,۳ | ۱۸,۹ |
| کچینی | ۰,۸ | ۱,۸ | ۶,۷ | ۱۰,۱ | ۳ | ۱۰,۱ | ۲۰,۵ | ۴,۶ | ۲,۷ | ۴,۲ |
| سکارون | ۰ | ۰ | ۰ | ۷,۷ | ۱۰ | ۴,۲ | ۰,۷ | ۲,۴ | ۲,۴ | ۲,۴ |
| لپیام | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۶ | ۵,۷ | ۵,۵ | ۵,۶ | ۵,۵ |
| قجام | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۴ |
| کابگن | ۱,۸ | ۲,۱ | ۲,۸ | ۳,۱ | ۳,۵ | ۴,۴ | ۴,۹ | ۶,۹ | ۸,۹ | ۱۰,۷ |
| بایکا | ۲,۴ | ۲,۷ | ۰,۷ | ۱,۳ | ۱,۸ | ۱ | ۳,۵ | ۷,۳ | ۳,۴ | ۱۶,۴ |
| لازما | ۰ | ۰ | ۰ | ۰,۲ | ۱,۳ | ۲,۱ | ۲,۷ | ۳,۸ | ۰,۳ | ۷,۳ |
| پارتا | ۵,۵ | ۵,۶ | ۵,۶ | ۵,۷ | ۵,۶ | ۵,۹ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۴ | ۵,۴ |
| پلوله | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰,۱ | ۰,۲ | ۰,۳ |
| تراک | ۵,۶ | ۵,۹ | ۵,۸ | ۵,۷ | ۵,۷ | ۵,۸ | ۵,۹ | ۵,۸ | ۵,۷ | ۵,۷ |
| خصدرا | ۰,۷ | ۰,۸ | ۱,۳ | ۱,۳ | ۰,۶ | ۰ | ۳۹,۹ | ۰ | ۲۲,۳ | ۲۴,۱ |
| تپکو | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳,۹ | ۰,۲ | ۱ | ۲,۴ | ۳,۸ | ۲,۷ |
| وسدید | ۰,۱ | ۰,۲ | ۰,۱ | ۰,۲ | ۰,۳ | ۰,۷ | ۱,۳ | ۲,۱ | ۳,۴ | ۴,۶ |

منبع: برگرفته از نتایج پژوهش

**جدول ۴.** نکول و عدم نکول شرکت‌ها طی ده سال با مدل مرتون KMV

| | ۱۳۸۷ | ۱۳۸۸ | ۱۳۸۹ | ۱۳۹۰ | ۱۳۹۱ | ۱۳۹۲ | ۱۳۹۳ | ۱۳۹۴ | ۱۳۹۵ | ۱۳۹۶ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاور | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ |
| شپمچا | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ |
| شوش | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ |
| پشاهن | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| پلاست | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| شپلی | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ |
| فسدید | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ |
| کچینی | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| سکارون | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| لپپام | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ |
| قجام | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ |
| کابگن | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| بایکا | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ |
| لازما | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| پارتا | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| پلوله | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| تراک | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ |
| خصدرا | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| تپکو | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ |
| وسدید | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |

منبع: برگرفته از نتایج پژوهش

**مقایسه مدل KMV و مدل Z آلتمن**

به‌منظور تبیین قدرت مدل KMV در پیش‌بینی احتمال نکول از مقایسه میانگین احتمال نکول محاسبه شده با این روش با مدل رتبه Z آلتمن استفاده شده است. در مدل آلتمن (۱۹۹۳) متغیرهای زیر پیشنهاد شده است:

- نسبت سود انباشته به مجموع دارایی‌ها ($X_1$)، متغیر (RE/A)
- نسبت سرمایه در گردش تقسیم بر مجموع دارایی‌ها ($X_2$)، متغیر (WC/A)
- نسبت سود قبل از هزینه‌های مالی و مالیات به مجموع دارایی‌ها ($X_3$)، متغیر (EBIT/A)
- نسبت فروش به مجموع دارایی‌ها ($X_4$)، متغیر (S/A)
- ارزش بازار حقوق صاحبان سهام به مجموع بدهی‌ها ($X_5$)، متغیر (E/D) (قالیباف و افشار، ۱۳۹۲)

در این مقاله مدل Z آلتمن به‌صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$$Z = 0.717\,X1 + 0.847\,X2 + 3.107\,X3 + 0.42\,X4 + 0.998\,X5$$

از میان ۲۱۰ داده سالانه موردبررسی برای ۲۰ شرکت طی ده سال، مدل Z التمن، ۱۵۶ مورد به‌عنوان ورشکسته طبقه‌بندی می‌شود که این عدد در مدل KMV، تعداد ۱۵۵ شرکت است.

**جدول ۵.** تعداد شرکت‌های ورشکسته و غیر ورشکسته توسط مدل Z و KMV

| شرکت‌ها | مدل Z آلتمن | مدل KMV |
|---|---|---|
| ورشکسته | ۱۵۶ | ۱۵۵ |
| غیر ورشکسته | ۵۴ | ۵۵ |
| جمع | ۲۱۰ | ۲۱۰ |

بر اساس ادبیات موضوع پژوهش، می‌توان گفت که میانگین شاخص فاصله تا درماندگی مالی مدل آلتمن با Z و نتایج مدل رتبه KMV با یکدیگر رابطه معناداری دارند. به‌منظور آزمون این فرضیه از آزمون کی دو استفاده می‌شود. مقدار آماره آزمون به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\chi^2 = \sum \frac{(Foi - Fei)^2}{Fei} = \frac{(156-155)^2}{155} + \frac{(55-54)^2}{54} = 0.024$$

مقایسه مقدار بحرانی (۰,۰۲۴) با آماره کی دو در سطح معناداری ۵٪ که ۳,۸۴۱ می‌باشد، بیانگر رد فرضیه استقلال دو مدل است؛ بنابراین در سطح اطمینان ۹۵ درصد، می‌توان گفت که بین نتایج حاصل از مدل Z آلتمن و KMV رابطه معناداری وجود دارد. در ادامه این دو مدل بر اساس خطای نوع اول و نوع دوم هم مقایسه خواهند شد.

**جدول ۶.** نکول و عدم نکول شرکت‌ها طی ده سال با مدل Z آلتمن

| | ۱۳۸۷ | ۱۳۸۸ | ۱۳۸۹ | ۱۳۹۰ | ۱۳۹۱ | ۱۳۹۲ | ۱۳۹۳ | ۱۳۹۴ | ۱۳۹۵ | ۱۳۹۶ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاور | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| شپمچا | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ |
| شوش | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| پشاهن | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ |
| پلاست | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| شپلی | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| فسدید | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| کچینی | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| سکارون | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| لپیام | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| قجام | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| کابگن | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| بایکا | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ |
| لازما | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| پارتا | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| پلوله | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| تراک | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| خصدرا | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| تپکو | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| وسدید | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |

منبع: برگرفته از نتایج پژوهش

برای ارزیابی عملکرد رویکرد مرتون، احتمال نکول شرکت‌ها در سال‌های مختلف محاسبه و تعداد شرکت‌هایی که نکول کرده‌اند مشخص شده است. سپس سه نوع آزمون مختلف بر روی نتایج مدل مرتون پیاده‌سازی می‌شود:

- مقایسه نتایج مدل مرتون با وقوع نکول واقعی در شرکت‌ها
- مقایسه نتایج مدل مرتون با سایر مدل‌ها نظیر Z آلتمن
- استفاده از آزمون‌های توان آماری

برای اولین آزمون ابتدا نتایج مدل مرتون و نتایج واقعی مقایسه شده و سپس خطای نوع اول و دوم محاسبه می‌شود. خطای نوع اول درصدی از نکول‌های واقعی است که مدل به‌عنوان عدم نکول شناسایی کرده است. خطای نوع دوم نیز درصدی از عدم نکول‌ها است که مدل به‌عنوان نکول شناسایی کرده است. هدف ایده‌آل داشتن خطای نوع اول و دوم کم می‌باشد اما معمولاً بین این دو خطا نوعی رابطه معکوس برقرار است. برای دومین آزمون ابتدا نتایج مدل مرتون با نتایج مدل Z آلتمن مقایسه خواهد شد. سپس برای مقایسه عملکرد مدل مرتون با اطلاعات صورت‌های مالی شرکت‌ها، از مدل پرابیت استفاده می‌شود. متغیر وابسته، متغیر موهومی است که دو عدد صفر (عدم نکول) و یک (نکول) می‌گیرد و متغیرهای وابسته شاخص‌های شرکتی است. برای مقایسه نتایج حاصل از مدل پرابیت و مدل مرتون، خطای نوع اول و دوم محاسبه خواهد شد. توان احتمال نکول محاسبه شده در مدل مرتون در توضیح نکول شرکت‌ها با اضافه کردن این متغیر به رگرسیون بالا سنجیده خواهد شد. اگر ضریب احتمال نکول به‌طور معناداری مخالف صفر باشد، می‌توان نتیجه گرفت که رویکرد مرتون برای شناسایی زمان نکول شرکت‌ها معنی‌دار و مؤثر است. برای آزمون سوم، از نمودارهای توان آماری و نسبت‌های دقت برای بررسی توان آماری مدل‌ها استفاده خواهد شد.

**جدول ۷.** تعداد تصمیمات درست مدل KVM و میزان خطای اول و دوم

| خطای نوع اول و دوم | | مدل KMV | |
|---|---|---|---|
| | | نکول (۱) | عدم نکول (۰) |
| واقعیت | نکول (۱) | ۹۸ (تصمیم درست) | ۳۸ (خطای نوع اول) |
| | عدم نکول (۰) | ۵۷ (خطای نوع دوم) | ۱۷ (تصمیم درست) |
| T-test p-Value | | 0.045 | |

**جدول ۸.** تعداد تصمیمات درست مدل Z آلتمن و میزان خطای اول و دوم

| خطای نوع اول و دوم | | مدل Z آلتمن | |
|---|---|---|---|
| | | نکول (۱) | عدم نکول (۰) |
| واقعیت | نکول (۱) | ۱۲۴ (تصمیم درست) | ۱۲ (خطای نوع اول) |
| | عدم نکول (۰) | ۳۲ (خطای نوع دوم) | ۴۲ (تصمیم درست) |
| T-test p-Value | | 0.034 | |

**مدل‌های غیرساختاری و هیبریدی**

مدل ساختاری متغیرهای مربوط به صورت‌های مالی شرکت‌ها به‌عنوان متغیرهای توضیحی وارد مدل می‌شوند. برای انتخاب این متغیرها ابتدا رگرسیون‌ها و آزمون‌های مختلف انجام شده است تا متغیرهای معنی‌دار از بین متغیرها انتخاب شوند. سپس متغیرها به متغیرهای موهومی تبدیل شده‌اند. بدین‌صورت که ابتدا تمامی متغیرهای جدول (۱) وارد رگرسیون شده و سپس تمام متغیرهایی که معنی‌دار نبوده‌اند کنار گذاشته شده‌اند تا متغیرهای معنی‌دار به دست آیند. به دلیل اینکه متغیرها اثرات متقابل بر هم دارند، حالات مختلف دیگر نیز در نظر گرفته شده تا متغیرهایی که در تمام حالات معنی‌دار نبوده‌اند مشخص شوند. از میان متغیرهای بررسی شده، ۶ متغیر معنی‌دار بوده‌اند که در جدول (۹) در ذیل مدل M(1) ارائه شده است. نسبت بدهی به دارایی بالای ۰,۹، نرخ رشد فروش کمتر از ۰,۲، سود انباشته به دارای کمتر از ۰,۱، سرمایه در گردش به دارایی کمتر از ۰,۱-، سود عملیاتی به دارایی منفی، ارزش بازار به بدهی کمتر از ۰,۲ به‌عنوان عدد ۱ و سیگنال احتمال نکول در آینده و در غیر این صورت صفر در نظر گرفته شده است. در مدل M(2)، شش متغیر منتخب به همراه خروجی مدل KMV تحلیل رگرسیونی شده است. این در حالی است که در مدل M(3)، شش متغیر منتخب به همراه خروجی مدل Z آلتمن تحلیل رگرسیونی شده است. هدف از مدل M(2) و M(3) بررسی تأثیر ترکیب هر یک از این دو مدل بر قابلیت پیش‌بینی و ارزیابی نکول شرکت‌ها ارزیابی می‌شود. در مدل M(4) هم متغیر خروجی مدل KMV و هم خروجی مدل Z آلتمن وارد مدل رگرسیونی شده است تا اثر معنی‌داری ترکیب هر دو مدل بررسی شود. در جدول ۸ نتایج حاصل از رگرسیون پرابیت با متغیر وابسته نکول واقعی شرکت‌ها ارائه شده است.

**جدول ۹.** مقدار P-Value متغیرهای رگرسیون پرابیت

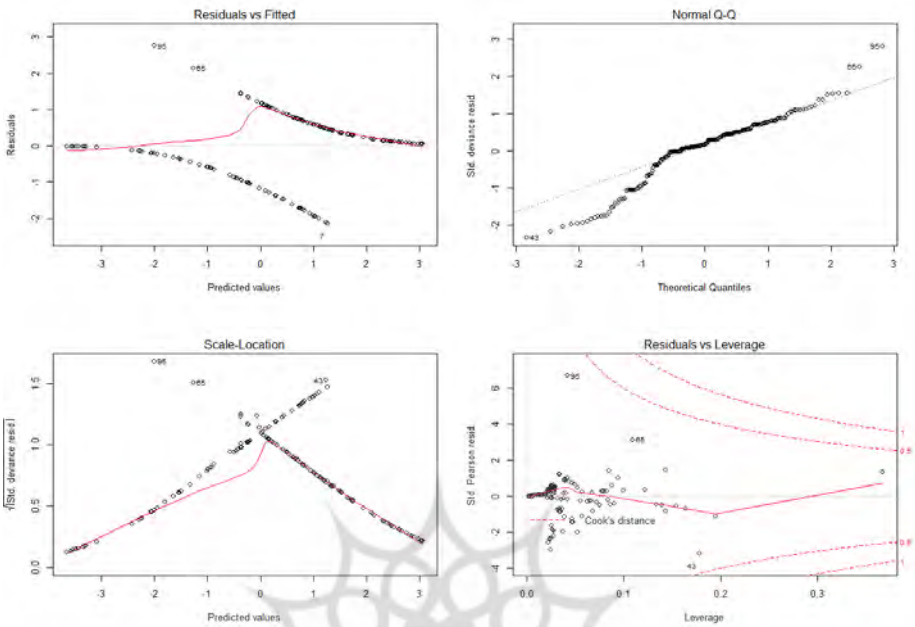
| متغیرها | مدل غیرساختاری M(1) | مدل هیبریدی KMV M(2) | مدل هیبریدی Z M(3) | هیبرید Z و KMV M(4) |
|---|---|---|---|---|
| متغیر ثابت | 7.71e-07 *** | 5.72e-06 *** | 0.0006 *** | 0.0018 ** |
| متغیر موهومی بدهی به دارایی | 0.0010 ** | 0.0008 *** | 0.0448 * | 0.0269 * |
| متغیر موهومی رشد فروش | 0.0719 | 0.1168 | .0.0994 | 0.1711 |
| متغیر موهومی سود انباشته به دارایی | 0.0016 ** | 0.0019 ** | 0.0092 ** | 0.0135 * |
| متغیر موهومی سرمایه در گردش به دارایی | 8.28-05 *** | 0.0004 *** | 0.0094 ** | 0.0306 * |
| متغیر موهومی سود عملیاتی به دارایی | 0.0187 * | 0.0109 * | 0.0231 * | 0.0135 * |
| متغیر موهومی ارزش بازار به بدهی‌ها | 0.0173 * | .0.0539 | 0.1786 | 0.4064 |
| متغیر احتمال نکول مدل KMV | - | .0.0682 | - | .0.06002 |
| متغیر مدل Z آلتمن | - | - | 0.0413 * | 0.03002 * |
| AIC<br>McFadden Pseudo-R2<br>Cragg & Uhler Pseudo-R2 | 161.78<br>46 %<br>62 % | 160.69<br>47 %<br>63 % | 171.25<br>43 %<br>58 % | 169.84<br>44 %<br>60 % |

منبع: برگرفته از نتایج پژوهش

در مورد مدل KMV، احتمال خطای نوع اول برابر با ۲۷٪ و احتمال خطای نوع دوم برابر با ۷۷٪ است؛ اما در مدل Z آلتمن، احتمال خطای نوع اول برابر با ۹٪ و احتمال خطای نوع دوم برابر با ۴۳٪ بوده است. توان آماری مدل Z از مدل KMV بهتر بوده است.

معیار اطلاعاتی AIC معیاری برای سنجش نیکویی برازش است. با توجه به داده‌ها، چند مدل رقیب ممکن است با توجه به مقدار AIC رتبه‌بندی شوند و مدل دارای کمترین AIC بهترین است. با توجه به جدول (۹)، دو مدل غیرساختاری و مدل هیبریدی با اضافه کردن KMV دارای کمترین AIC بوده که میزان کمتر مربوط به مدل هیبریدی می‌تواند اشاره به بهتر بودن این مدل باشد. با توجه به نزدیکی دو عدد بهتر است که معیارها و ویژگی‌های دیگر بررسی شود. با بررسی مقدار $R^2$ نیز می‌توان به بهتر بودن مدل هیبریدی KMV اشاره کرد. نکته حائز اهمیت، ضریب معناداری متغیر KMV در مدل هیبریدی است که در سطح معناداری ۷ درصد معنادار است. با بررسی دو مدل دیگر هیبریدی یعنی ترکیب مدل ساختاری با مدل Z آلتمن و KMV نشان می‌دهد که این دو مدل نیز می‌تواند گزینه مناسبی برای پیش‌بینی و تحلیل نکول شرکت‌ها باشد. شکل شماره ۱ به بررسی مشخصات آماری رگرسیون هیبریدی می‌پردازد. نمودار پسماندها در مقابل برازش شده‌ها[1] کمک می‌کند تا انحنای روند مشاهده شود. یک مدل برازش شده برای داده‌ها خوب است اگر تفاوت بین مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش‌بینی مدل اندک و ناریب باشند. قبل از آنکه به مقادیر آماری برای برازش خوب نگاه شود، بایستی نمودار باقیمانده‌ها بررسی شود. نمودارهای باقیمانده می‌تواند الگوهای موجود در باقیمانده و نتایج اریب را نشان دهند. پس از بررسی نمودار باقیمانده‌ها و در صورت عدم مشاهده الگوی خاصی در این نمودار، مقادیر آماری برای برازش خوب مثل ضریب تعیین $R^2$ را می‌توان بررسی کرد. مدل پرابیت به‌صورت طبیعی دارای انحنا است. نمودار Normal Q-Q نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها را نشان می‌دهد. نرمال بودن یا نبودن باقیمانده به‌خودی‌خود چیزی را نشان نمی‌دهد. نمودار Scale-Location کمک می‌کند تا ناهمسانی واریانس شناسایی شود. مدل پرابیت به‌طور طبیعی دارای ناهمسانی واریانس است. نمودار پسماند در مقابل اهرم[2] کمک می‌کند تا داده‌های پرت شناسایی شود. همان‌طور که در جدول(۹) شرح داده شد، تفاوت بسیار اندکی بین مدل‌های هیبریدی وجود دارد و مدل هیبریدی KMV اندکی از دو مدل دیگر برتری دارد. بنابراین با توجه به فرضیه پژوهش می‌توان گفت مدل هیبریدی نسبت به مدل‌های ساختاری و مدل‌های غیرساختاری، پیش‌بینی دقیق‌تری از ریسک نکول می‌دهد. زیرا با وارد کردن نتایج هریک از این دو مدل به مدل هیبریدی، توان آماری مدل هیبریدی افزایش یافت و یا حداقل بدتر نشده است.

1. Residuals vs Fitted
2. Residuals vs Leverage




**شکل ۱.** نمودارهای تحلیلی رگرسیون هیبریدی KMV

## نتیجه‌گیری و بحث

در پژوهش حاضر این فرضیه بررسی شد که مدل هیبریدی نسبت به مدل‌های ساختاری و مدل‌های غیرساختاری می‌تواند پیش‌بینی دقیق‌تری از ریسک نکول ارائه دهد. در ابتدا مدل ساختاری مرتون (KMV) برای کلیه شرکت‌ها محاسبه شده که حداکثر احتمال محاسبه شده مربوط به شرکت صدرا در سال ۱۳۹۳ با احتمال ۳۹,۹ درصد و سپس شرکت پارس پامچال با ۲۷,۳ درصد در سال ۱۳۹۰ بوده است. سپس به‌منظور تبیین قدرت مدل KMV در پیش‌بینی احتمال نکول از مقایسه میانگین احتمال نکول محاسبه شده با این روش با مدل رتبه Z آلتمن استفاده شده است. از میان ۲۱۰ داده سالانه موردبررسی برای ۲۰ شرکت طی ده سال، مدل Z التمن، ۱۵۶ مورد را به‌عنوان ورشکسته طبقه‌بندی کرده است که این عدد در مدل KMV، تعداد ۱۵۵ شرکت است؛ بنابراین در سطح اطمینان ۹۵ درصد، می‌توان گفت که بین نتایج حاصل از مدل Z آلتمن و KMV رابطه معناداری وجود دارد و تفاوت چندانی بین این دو روش نیست. در مورد مدل KMV، احتمال خطای نوع اول برابر با ۲۷٪ و احتمال خطای نوع دوم برابر با ۷۷٪ است؛ اما در مدل Z آلتمن، احتمال خطای نوع اول برابر با ۹٪ و احتمال خطای نوع دوم برابر با ۴۳٪ بوده است. توان آماری مدل Z از مدل KMV بهتر بوده است.

در مدل ساختاری متغیرهای مربوط به صورت‌های مالی شرکت‌ها به‌عنوان متغیرهای توضیحی وارد مدل می‌شوند. برای انتخاب این متغیرها ابتدا رگرسیون‌ها و آزمون‌های مختلف صورت گرفته شده تا

متغیرهای معنی‌دار از بین متغیرها انتخاب شوند. سپس متغیرها به متغیرهای موهومی تبدیل شده‌اند. بدین‌صورت که ابتدا تمامی متغیرهای جدول ۱ وارد رگرسیون شده و سپس تک‌تک متغیرهایی که معنی‌دار نبوده‌اند کنار گذاشته شده‌اند تا متغیرهای معنی‌دار به دست آیند. به دلیل اینکه متغیرها اثرات متقابل بر هم دارند، حالات مختلف دیگر نیز در نظر گرفته شده تا متغیرهایی که در تمام حالات معنی‌دار نبوده‌اند مشخص شوند. از میان متغیرهای بررسی شده، ۶ متغیر معنی‌دار بوده‌اند که در جدول ۹ در ذیل مدل M(1) ارائه شده است.

نسبت بدهی به دارایی بالای ۰,۹، نرخ رشد فروش کمتر از ۰,۲، سود انباشته به دارای کمتر از ۰,۱، سرمایه در گردش به دارایی کمتر از ۰,۱-، سود عملیاتی به دارایی منفی، ارزش بازار به بدهی کمتر از ۰,۲ به‌عنوان عدد ۱ و سیگنال احتمال نکول در آینده و در غیر این صورت صفر در نظر گرفته شده است. در مدل M(2)، شش متغیرهای منتخب به همراه خروجی مدل KMV تحلیل رگرسیونی شده است. این در حالی است که در مدل M(3)، شش متغیرهای منتخب به همراه خروجی مدل Z آلتمن تحلیل رگرسیونی شده است. هدف از مدل M(2) و M(3) بررسی تأثیر ترکیب هر یک از این دو مدل بر قابلیت پیش‌بینی و ارزیابی نکول شرکت‌ها ارزیابی می‌شود. در مدل M(4) هم متغیر خروجی مدل KMV و هم خروجی مدل Z آلتمن وارد مدل رگرسیونی شده است تا اثر معنی‌داری ترکیب هر دو مدل بررسی شود. با توجه به این یافته‌ها فرضیه پژوهش حاضر تائید می‌شود و می‌توان گفت که مدل هیبریدی نسبت به مدل‌های ساختاری و مدل‌های غیرساختاری، پیش‌بینی دقیق‌تری از ریسک نکول می‌دهد. نتایج این پژوهش سازگار با نتایج پژوهش بلالا و همکاران (۲۰۱۶)، امانوئل و هلن و ادوقبانیا[1] (۲۰۱۴) و راموز و محمودی (۱۳۹۶) می‌باشد که در آن عملکرد مدل‌های هیبریدی را بهتر از مدل‌هایی که صرفاً مبتنی بر نسبت‌های مالی و حسابداری یا مدل‌های بازاری است، می‌دانستند.

با توجه به محدودیت‌هایی که در پژوهش حاضر با آن مواجه بوده است در راستای پیشبرد پژوهش‌های آتی در حوزه مدل‌های ساختاری و غیرساختاری، پیشنهادهای زیر را ارائه کرد:

- بررسی احتمال نکول با افق‌های زمانی متفاوت و مقایسه تفاوت پیش‌بینی در افق‌های زمانی مختلف که در این پژوهش به دلیل عدم دسترسی به داده‌های با بازه کمتر از یک سال میسر نبوده است.
- مقایسه عملکرد مدل‌های مبتنی بر داده‌های تجربی مانند مدل‌های رگرسیونی و هوش مصنوعی با مدل‌های ساختاری
- در نظر گرفتن وجود همبستگی بین نرخ بهره متغیر و ارزش دارایی‌های شرکت
- گسترش مدل با در نظر گرفتن امکان سوییچینگ وضعیت کسب‌وکار و یا سوییچینگ رتبه اعتباری شرکت، همچنین افزودن امکان سوییچینگ جریانات نقد شرکت، هزینه‌های ورشکستگی و هزینه‌های تأمین مالی طی دوره (مدل‌های ساختاری وابسته به وضعیت)

1. Emmanuel and Helen, 2014

**منابع**


رامو‌ز، نجمه و محمودی، مریم.(۱۳۹۶). **پیش‌بینی ریسک ورشکستگی مالی با استفاده از مدل ترکیبی در بورس اوراق بهادار تهران**. *راهبرد مدیریت مالی*، ۵(۱)، صص. ۵۱-۷۵.

صالحی، مهدی و بذرگر، حمید.(۱۳۹۴). **رابطه بین کیفیت سود و ریسک ورشکستگی**. *راهبرد مدیریت مالی*،۳(۱)، صص. ۱۱۳-۱۴۰.

فلاح‌پور، سعید و طادی، مسعود.(۱۳۹۵). **پیش‌بینی ریسک نکول با استفاده از مدل ساختاری توسعه یافته در بورس اوراق بهادار تهران**، *مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۷ (۲۸)، صص. ۱-۲۱.

قالیباف اصل، حسن و افشار، منیژه.(۱۳۹۳). **بررسی کاربرد استفاده از مدل KMV در پیش‌بینی ریسک ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران و مقایسه مدل با نتایج مدل رتبه Z آلتمن**، *مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۵(۲۱)، صص. ۷۵-۸۸.

نمازی، محمد، حاجیها، زهره و چناری بوکت، حسن.(۱۳۹۷). **مدل‌بندی و تعیین اولویت معیارهای مؤثر مدیریت سود واقعی بر پیش‌بینی ورشکستگی**، *راهبرد مدیریت مالی*، ۶ (۴)، صص. ۱-۲۷.

Altman, E. Haldeman, R.& Naranan, P. (1977). **ZETA analysis: a new model to identify bankruptcy prediction risk of corporations**. *Journal of Banking & Finance*, 1(1), pp.29–54.

Altman, E.I. (1993). **Corporate financial distress and bankruptcy: a complete guide to predicting and avoiding distress and profiting from bankruptcy (3th ed.).** *New Jersey, Wiley finance edition.*

Bellalah, Zouari. & Levyne (2016). **The performance of hybrid models in the assessment of default risk,** *Economic Modeling*, 52(Part A), pp.259-265.

Benos, **Alexandros. & Papanastasopoulos, George. (2007). Extending the Merton Model: A hybrid approach to assessing credit quality**. *Mathematical and Computer Modelling*.46(1–2), pp.47-68.

Beytollahi, A & Zeinali, H. (2020). **Comparing Prediction Power of Artificial Neural Networks Compound Models in Predicting Credit Default Swap Prices through Black–Scholes–Merton Model**. *Iranian Journal of Management Studies*, 13(1), pp.69-93.

Black, F & Scholes, M. (1973). **On the pricing of options and corporate liabilities**. *Journal of Political Economy*, 81, pp.637–54.

Black, F. & Cox, J. C. (1976). **Valuing corporate securities: Some effects of bond indenture provisions**. *The Journal of Finance*, 31(2), pp.351-367.

Brockman, Paul. & Turtle, H.J. (2002). **A barrier option framework for corporate security valuation**. *Journal of Financial Economics*. 67 (3), pp.511–529.

Emmanuel, Fadugba Sunday & Helen, **Edogbanya Olaronke. (2014). On hybrid model for the valuation of credit risk**. *Applied and Computational Mathematics*; 3(6-1), pp.8-11

Huang, J & Huang, M (2002), **How much of the corporate-treasury yield spread is due to credit risk?** Pennsylvania State University and Stanford University, mimeo.

Joel, B. (2009). **Risk management in banking**. *New Jersey, John Willey & sons publications.*

Kocagil, A E, Escott, P, Glormann, F, Malzkom, W & 2200ooooooo' MMMMMMMMMMMeeemmmmnnee KK,, ooo rrrrrr rService, Global Credit Research, Rating Methodology.

Kreis, Yvonne & Leisen, P.J. (2018). **Systemic risk in a structural model of bank default linkages**. *Journal of Financial Stability*, 39, pp.221-236.

Merton, R C (1974), **The pricing of corporate debt: the risk structure of interest rates**, *Journal of Finance*, 29(2), pp.449–70.

Ohlson, James A. Spring (1980). **Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy.** *Journal of Accounting Research*, 18(1), pp.109-131.

Roychowdhury, S. (2006). **Earnings management through real activities manipulation**. *Journal of Accounting and Economics*, 42, pp.335–370.

Saunders, A. (2002). **Credit Risk Measurement: New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms**. *New Jersey, John Wiley & Sons.*

Sobehart, J R, Stein, R, Mikityanskaya, V & Li, L (2000), **Moody's public risk firm risk model: A hybrid approach to modeling short term default risk**, *Moody's Investor Service, Global Credit Research, Rating Methodology*.

Tudela, M & Young, G. (2005). **A Merton-model approach to assessing the default risk of UK public companies**. *International Journal of Theoretical and Applied Finance*. 8(6), pp.737–761.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی