

فصلنامه علمی - پژوهشی مدیریت دارایی و تأمین مالی  
سال چهارم، شماره اول، شماره پیاپی (۱۲) بهار ۱۳۹۵  
تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۱  
صص: ۶۸ - ۵۱

## رتبه‌بندی اعتباری شرکت‌ها با استفاده از رویکرد قیمت‌گذاری اختیار تعدیلی با دیرش

عباس امین‌پور جوبنی<sup>۱\*</sup>، ناصر شمس‌قارنه<sup>۲</sup>، اکبر اصفهانی‌پور<sup>۳</sup>

۱- کارشناسی ارشد مهندسی مالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

a.aminpour@aut.ac.ir

۲- دانشیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

n.shams@aut.ac.ir

۳- استادیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

esfaha@aut.ac.ir

### چکیده

ریسک اعتباری، ریسکی است که ناشی از نکول یا کوتاهی وام‌گیرنده در قرارداد است. در پیشینه پژوهش مطالعات زیادی از قیمت‌گذاری اختیار برای ارزیابی و تحلیل ریسک اعتباری استفاده کرده‌اند و بر اساس نوسان‌پذیری دارایی‌ها، فاصله تا نکول و به طور جامع‌تر احتمال نکول، شرکت‌ها را رتبه‌بندی کرده‌اند. در این مقاله از رویکرد جدیدی برای قیمت‌گذاری اختیار استفاده می‌شود. در این رویکرد ضمن برآورد نوسان‌پذیری دارایی‌های شرکت بدون حل معادلات همزمانی بلک-شولز-مرتون، از زمان تا سررسید تعدیل یافته بدهی شرکت‌ها یا دیرش استفاده می‌شود. مجموعه داده‌های این پژوهش شامل ۵۶۷۰ شرکت از شرکت‌های فعال در بازار ایالات متحده طی دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳ است. پس از رتبه‌بندی شرکت‌ها و ترسیم منحنی ROC رویکرد این پژوهش و رویکرد پایه‌ای بلک-شولز-مرتون و رویکرد BhSh، نتیجه گرفته شد که رویکرد این مقاله، دقت نسبتاً بالایی دارد. همچنین این پژوهش یک تحلیل مبتنی بر ریسک برای اثرات متغیرهای اختیار و سایر متغیرهای بازاری فراهم می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** رتبه‌بندی، قیمت‌گذاری اختیار، نوسان‌پذیری، احتمال نکول، منحنی ROC.

## مقدمه

دفتری ثبت شده داشته باشد. سوم اینکه ارقام حسابداری در معرض دستکاری توسط مدیریت هستند. از آنجا که اطلاعات بازار و ارزش جاری دارایی‌های شرکت، هشدار مهمی در مورد وضعیت فعلی شرکت و حتی انتظارات نسبت به وضعیت آن در آینده است، استفاده از مدلی که تنها مبتنی بر داده‌های حسابداری نباشد و از اطلاعات روز بازار نیز برای پیش‌بینی ریسک اعتباری استفاده نماید، ضروری به نظر می‌رسد. گروهی از این مدل‌ها، به مدل‌های ساختاری<sup>۴</sup> معروفند که احتمال نکول را به طور مستقیم بر اساس متغیرهای مربوط به شرکت، مانند ارزش سهام آن اندازه‌گیری می‌کنند و به جای تکیه بر داده‌های حسابداری و تحلیل آماری، از اطلاعات بازار نیز به منظور پیش‌بینی ریسک اعتباری مشتریان استفاده می‌نمایند. با استفاده از مدل‌های ساختاری می‌توان نوسان‌پذیری، فاصله تا نکول<sup>۵</sup> و احتمال ورشکستگی شرکت‌ها را برآورد نمود و براساس خروجی‌هایش، شرکت‌ها را از لحاظ ریسک اعتباری رتبه‌بندی نمود.

مدل‌های قیمت‌گذاری اختیار<sup>۶</sup> که از جمله مدل‌های ساختاری هستند، از داده‌های بازاری (متغیرهایی که در بازار قابل مشاهده هستند یا باید برآورد گردند) استفاده می‌کند. نظریه قیمت‌گذاری اختیار برای قیمت‌گذاری یک قرارداد اختیار خرید<sup>۷</sup> فرض می‌کند که سهام شرکت یک حق اختیاری بر روی دارایی‌های شرکت است [۱۳]. در صورتی که در زمان سررسید ارزش سهام شرکت بالاتر از ارزش بدهی‌اش باشد، قرارداد اعمال می‌شود (به عبارتی قرارداد دارای ارزش ذاتی مثبت است)، در غیر این صورت قرارداد بی‌ارزش

ریسک اعتباری ریسکی است که ناشی از نکول یا کوتاهی طرف قرارداد است یا در حالتی کلی‌تر ریسکی است که از اتفاق یا رخداد اعتباری به وجود می‌آید. به طور تاریخی این ریسک معمولاً در مورد اوراق قرضه<sup>۱</sup> به وجود می‌آید، بدین صورت که قرض‌دهنده‌ها از بازپرداخت وامی که به قرض‌گیرنده داده‌اند، نگران هستند. به همین خاطر گاهی اوقات ریسک اعتباری را «ریسک نکول<sup>۲</sup>» هم می‌گویند [۱۱]. به طور کلی‌تر ریسک اعتباری را می‌توان به عنوان ضرر احتمالی دانست که در اثر یک رخداد اعتباری اتفاق می‌افتد. رخداد اعتباری زمانی به وقوع می‌پیوندد که توانایی طرف قرارداد در تکمیل تعهداتش تغییر کند. ریسک اعتباری یکی از مهمترین عوامل تولید ریسک در بانک‌ها و شرکت‌های مالی است. این ریسک از این جهت ناشی می‌شود که دریافت‌کنندگان تسهیلات، توانایی بازپرداخت اقساط بدهی خود را به بانک نداشته باشند.

بیشتر روش‌ها و تکنیک‌های مدل‌سازی ریسک اعتباری و پیش‌بینی احتمال نکول<sup>۳</sup> مشتریان و شرکت‌ها، مبتنی بر داده‌های حسابداری هستند. در کشور ما نیز بیشتر پژوهش‌های انجام شده در مورد مدل‌سازی ریسک اعتباری، با این رویکرد بوده است. استفاده از داده‌های حسابداری مشکلات زیادی دارد. نخست اینکه صورت‌های مالی و نسبت‌های مالی عملکرد گذشته یک شرکت را نشان می‌دهد و ممکن است در پیش‌بینی آینده دستوری یا غیر دستوری باشد. دومین دلیل محافظه‌کاری است، بدین معنا که مقادیر واقعی دارایی ممکن است تفاوت زیادی با مقادیر

4. Structural Models  
5. Distance to Default  
6. Option Pricing Models  
7. Call Option

1. Bond  
2. Default Risk  
3. Default Probability

صرف ریسکی است که در نرخ بهره در نظر گرفته می‌شود [۶، ۱۵].

تحت مدل پایه‌ای قیمت‌گذاری اختیار (BSM<sup>1</sup>)، فرض می‌شود که ارزش شرکت (V<sub>t</sub>) از یک حرکت براونی هندسی پیروی می‌کند.

(۱)

$$\frac{dV_t}{V_t} = (\alpha - D)dt + \sigma_V dz$$

که  $\alpha$  کل نرخ بازده مورد انتظار ارزش شرکت است،  $D$  کل پرداخت شرکت (به صورت درصدی از  $V$ ) است،  $\sigma_V$  انحراف معیار بازده ارزش شرکت است و  $dz$  یک فرآیند وینری استاندارد است.

بر اساس مدل پایه‌ای، هر متغیر  $F$  که ارزش آن به ارزش دارایی معامله شده با ارزش  $V$  بستگی دارد و بازده  $D\%$  و زمان تا سررسید  $T$  دارد، باید معادله دیفرانسیل جزئی بنیادی زیر را ارضا نماید:

(۲)

$$\frac{1}{2} \sigma_V^2 V^2 \frac{\partial^2 F}{\partial V^2} + (r - D)V \frac{\partial F}{\partial V} + \frac{\partial F}{\partial t} - rF = 0$$

که  $r$  نرخ بهره بدون ریسک است. با بررسی ساختار سرمایه، ارزش بدهی نیز مقدار کمینه بین ارزش دارایی‌های شرکت و بدهی است و این معادل است با ارزش بدهی منهای ارزش قرارداد اختیار فروش بر روی ارزش دارایی‌های شرکت، با قیمت اعمالی که معادل ارزش اسمی بدهی شرکت در سررسید بدهی شرکت است. به دلیل ماهیت اختیاری بدهی و سهام، مرتون ادعا می‌کند که ما می‌توانیم مدل قیمت‌گذاری اختیار بلک-شولز را هم برای بدهی و هم برای سهام بسط دهیم [۱۵].

است. از این رویکرد می‌توان برای سنجش وضعیت اعتبار شرکت‌ها استفاده نمود.

یکی از اهداف این پژوهش، مطالعه فرآیند بنیادی ارزش‌گذاری شرکت‌ها و برآورد ریسک نکول آنها بر اساس نظریه قیمت‌گذاری اختیار است. در این مقاله ضمن برآورد احتمال نکول و ریسک دارایی‌های شرکت‌ها از مدل‌های مبتنی بر قیمت‌گذاری اختیار، شرکت‌ها بر اساس احتمال نکول و ریسک رتبه‌بندی می‌شوند. برای برآورد احتمال نکول، از زمان تا سررسید تعدیل یافته (دیرش اسناد قرضه‌ای شرکت‌ها) استفاده می‌شود.

از دیگر اهداف این پژوهش، بررسی رابطه بازده سهام شرکت‌ها در هر رتبه، با احتمال نکول، نوسان‌پذیری و سایر متغیرهای بازاری نظیر اندازه شرکت، نسبت ارزش دفتری سهام به ارزش بازاری، بتا یا ریسک سیستماتیک و Leverage است. این مقاله به پژوهشگران کمک می‌کند تا نحوه استفاده از اطلاعات بازاری برای تحلیل و ارزیابی ریسک اعتباری شرکت‌ها را فرا گیرند.

### پیشینه تجربی پژوهش

اولین بار، بلک و شولز (۱۹۷۳) و مرتون (۱۹۷۴) فرمول پایه‌ای برای قیمت‌گذاری اختیار ارایه دادند. در مدل پایه‌ای قیمت‌گذاری اختیار، وام پرداخت شده به وام‌گیرنده را معادل خرید یک حق اختیار در نظر می‌گیرند. به این معنی که نکول هنگامی رخ خواهد داد که شرکت یا وام‌گیرنده در هنگام سررسید بدهی، حق خرید سهام شرکت را در ازای بازپرداخت بدهی اعمال نکند یا به عبارت دیگر پول را نپردازد. قیمتی که شرکت برای خرید این اختیار می‌پردازد معادل میزان

است ( $V_T$  ارزش شرکت در زمان سررسید  $T$ ،  $B_T$  ارزش بدهی‌های شرکت در زمان سررسید  $T$ ).

وضعیت سهامداران و وام‌دهندگان شرکت (طلبکاران شرکت) در شرایط نکول و عدم نکول شرکت در سررسید بدهی در جدول ۱ قابل مشاهده

جدول (۱) وضعیت سهامداران و وام‌دهندگان در شرایط نکول و عدم نکول شرکت

سهامداران	وام‌دهندگان	دارایی‌ها	رویداد
$V_T - B_T$	$B_T$	$V_T \geq B_T$	عدم نکول
۰	$V_T$	$V_T < B_T$	نکول

یکی از پرکاربردترین مدل‌های اصلاح‌کننده مدل بلک-شولز-مرتون، که در عمل این مدل را بهبود بخشید، مدلی است که توسط شرکت Moody's ارائه شد و به رویکرد KMV-Merton معروف است. این رویکرد با تعدیلاتی که بر مدل پایه‌ای BSM انجام می‌دهد، برای دسته‌های مختلف بدهی و با سرسیدهای مختلف استفاده می‌کند. طبق این رویکرد، حل معادلات همزمانی، در صورتی که بازار بسیار نوسان‌پذیر باشد، ممکن است برآوردهای نادرست و احتمال‌های نکول اریب را به همراه داشته باشد. به همین دلیل، KMV رویه‌های تکراری پیچیده‌تری را نسبت به مدل BSM در برآورد ارزش شرکت و نوسان‌پذیری‌اش بکار می‌گیرد.

رویکرد KMV-Merton در محاسبه احتمال نکول، به جای استفاده از نرخ بهره بدون ریسک از بازده مورد انتظار دارایی‌های شرکت استفاده می‌کند و به جای مرز نکول مدل پایه‌ای (B) از مرز نکول جدیدی که معادل با بدهی جاری به علاوه نیمی از بدهی‌های بلندمدت است، استفاده می‌کند. همچنین ارزش سهام شرکت (E) را به طور مستقیم از بازار برآورد می‌کند. سپس مقادیر برآوردی را در سیستم معادلات همزمانی BSM قرار داده و مقادیر ارزش شرکت و نوسان‌پذیری بازده

با حل معادله دیفرانسیل بالا تحت شرایط مرزی مناسب که با فرمول بلک شولز داده می‌شود، سهام شرکت با ارزش E را به عنوان یک اختیار خرید اروپایی روی دارایی‌های شرکت با ارزش V که سود نقدی می‌پردازد و قیمت اعمال آن برابر با ارزش اسمی (اصل وام) بدهی (B) در سررسید T است.

سرانجام بلک-شولز و مرتون با حل سیستم معادلات همزمانی زیر به برآورد احتمال نکول شرکت می‌پردازند [۶، ۱۵].

(۳)

$$E(V, T) = Ve^{-DT}N(d_1) - Be^{-rT}N(d_2)$$

(۴)

$$\sigma_E = N(d_1) \left( \frac{V}{E} \right) \sigma_V$$

نوسان‌پذیری بازده سهام ( $\sigma_E$ ) می‌تواند به طور مستقیم از بازده تاریخی سهام به دست آید، و دو معادله همزمانی مذکور باید به طور همزمان حل شوند تا برآوردهای عددی برای  $V$  و  $\sigma_V$  به دست آید. این برآوردها به همراه برخی متغیرهای ورودی دیگر که باید برآورد شوند، عموماً برای ارزیابی فاصله تا نکول ( $d_2$ ) و احتمال نکول ( $N(-d_2)$ ) به کار می‌روند [۶، ۱۵].

همزمانی مدل بلک-شولز-مرتون، ارایه می‌دهند که آن را  $DD_{BhSh}$  می‌نامند. آنها ابتدا ارزش دارایی‌های شرکت را به عنوان جمع ارزش بازاری سهام به علاوه بدهی در نظر می‌گیرند. سپس نوسان‌پذیری بدهی هر شرکت را از طریق رابطه خاصی که با نوسان‌پذیری سهام دارد، تقریب می‌زنند. نوسان‌پذیری شرکت نیز با میانگین وزنی نوسان‌پذیری E و B به دست می‌آید [۴].

(۶)

$$V_A = V_E + B$$

(۷)

$$\sigma_B = 0.05 + 0.25\sigma_E$$

(۸)

$$\sigma_A = \frac{V_E}{V_A} \sigma_E + \frac{B}{V_A} \sigma_B$$

بارس و شاموی با دنبال کردن مطالعات پیشین، از زمان تا سررسید بدهی ۱ ساله ( $T=1$ ) استفاده می‌کنند. آنها به جای  $r$  (نرخ خنثی نسبت به ریسک) از نرخ رشد واقعی  $R$  که بازده سهام در ۱ سال گذشته است، استفاده می‌کنند. همچنین از مرز نکول  $B_{KMV}$  به عنوان قیمت اعمال در مدل قیمت‌گذاری اختیار استفاده می‌کنند. بنابراین فاصله تا نکول  $BhSh$  برابر است با [۴]:

(۹)

$$DD_{BhSh} = \frac{\ln\left(\frac{V}{B_{KMV}}\right) + (R - 0.05) \sigma_{V[BhSh]}^2 T}{\sigma_{V[BhSh]} \sqrt{T}}$$

و احتمال نکول نیز از رابطه محاسبه می‌شود:

(۱۰)

$$N(-DD_{BhSh})$$

شرکت را برآورد می‌کنند تا به محاسبه فاصله تا نکول بپردازد.

به منظور حل مشکل مرز نکول بهینه در رویکرد KMV-Merton، لی (۲۰۱۱) با استفاده از الگوریتم ژنتیک، سعی در تعریف مجددی برای مرز نکول بهینه این مدل نمود. ایده لی (۲۰۱۱) این بود که مرز نکول می‌تواند از کشوری به کشور دیگر و حتی از صنعتی به صنعت دیگر متفاوت باشد. بنابراین هدف اصلی پژوهش لی (۲۰۱۱)، فراهم کردن مدلی بود که بتواند به طور موثرتر و آسان‌تر ورشکستگی را در کشور تایوان پیش‌بینی نماید. لی (۲۰۱۱) مدل خود را GA-KMV نامید و مرز نکول را به صورت زیر تعریف نمود [۱۴]:

(۵)

$$DPT_{GA-KMV} = \alpha * LD + \beta * SD$$

LD و SD به ترتیب بدهی بلندمدت و بدهی کوتاه‌مدت شرکت هستند. هدف لی (۲۰۱۱) تخمین ضرایب بهینه برای این متغیرها با استفاده از اجرای همزمان الگوریتم ژنتیک و سیستم معادلات همزمانی بلک-شولز-مرتون بود. لازم به ذکر است که رویکرد KMV-Merton، ضریب بدهی کوتاه‌مدت را ۱ و ضریب بدهی بلندمدت را ۰/۵ در نظر می‌گیرد.

بارس و شاموی (۲۰۰۴) توانایی پیش‌بینی رویکرد KMV-مرتون را تست نمودند و واقعی بودن فرض‌های برآوردشان را بررسی کردند. آنها برآورد ساده‌ای از نوسان‌پذیری را جستجو کردند. به اعتقاد آنها تمام متغیرهای Option باید از بازار قابل مشاهده باشد، مشروط بر اینکه بازار کارا و شفاف باشد. بر همین اساس، آنها یک پیش‌بینی برای فاصله تا نکول بدون متوسل شدن به حل سیستم غیر خطی معادله‌های

منجر به برآورد کمی از نوسان‌پذیری دارایی‌ها برای شرکت‌های در حال نکول می‌شود و این به کاهش دقت در برآورد منجر می‌شود [۲].

آگاروال و تافلر (۲۰۰۸) مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی مبتنی بر متغیرهای بازار را با مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی مبتنی بر داده‌های حسابداری برای شرکت‌های فعال در بازار بورس انگلستان مقایسه کردند. نتایج آنها بیانگر اختلاف کم بین دقت پیش‌بینی مدل‌های حسابداری و مدل‌های مبتنی بر بازار است [۳].

وو و همکاران (۲۰۱۰) با مقایسه تعدادی از مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی، عملکرد تجربی آنها را بررسی کردند. آنها متغیرهای مستقل مختلفی (نظیر اطلاعات حسابداری، داده‌های مشخصه شرکت و بازار و احتمال نکول استخراج شده از مدل قیمت‌گذاری اختیار متون) و تعدادی از مشخصه‌های اقتصادسنجی (تحلیل تمایزی چندگانه، لاجیت، پروبیت و مدل مخاطره هیلجست و همکاران) را مورد استفاده قرار دادند. با مقایسه مدل‌های پیش‌بینی مختلف و ارزیابی خطای نوع ۱ و نوع ۲، دریافتند که اطلاعات حسابداری کلیدی مربوط به نسبت‌های سودآوری، نقدینگی و نسبت‌های پوششی هستند. شرکت‌های با نسبت سود قبل از بهره و مالیات<sup>۱</sup> به کل دارایی نسبتاً پایین، درآمد خالص پایین‌تر، سرمایه در گردش نسبتاً پایین با احتمال بیشتری در معرض ورشکستگی هستند. آنها نتیجه گرفتند که یک مدل جامع‌تر که از اطلاعات کلیدی حسابداری، داده‌های بازار و مشخصات مربوط به شرکت، استفاده می‌کند پیش‌بینی‌هایی با بیشترین قابلیت اطمینان از ورشکستگی‌های آتی فراهم می‌کند [۱۸].

دو مزیت اصلی BhSh عبارتند از: نخست اینکه، آنها نشان دادند که معیار  $DD_{BhSh}$  ساده‌شده‌شان توانایی چشمگیری در پیش‌بینی نکول دارد و تأییدکننده این نکته است که رویکردهای BSM نظریه و  $KMV$ -مرتون شدنی رو به بهبود هستند. دوماً، زمانی که در میان کارهای مطالعاتی پیشین، رویکرد ساده شده BhSh را با رویکردهای  $KMV$ -مرتون و BSM مقایسه می‌کنیم، در می‌یابیم که رویکرد BhSh عملکرد بهتری دارد. بنابراین، رویکرد ساده شده BhSh، اجرای عملی مدل BSM و مشخصات مختلف آن را بهبود می‌بخشد.

ایده آنها این بود که بر اساس ساختار سرمایه، ارزش شرکت برابر مجموع ارزش سهام آن و ارزش بدهی‌هایش است. بنابراین باید رابطه‌ای بین نوسان‌پذیری ارزش شرکت و نوسان‌پذیری سهام و بدهی‌ها وجود داشته باشد. آنها به این نتیجه رسیدند که بهترین رابطه بین نوسان‌پذیری سهام و بدهی شرکت همان رابطه خطی است. منظور از نوسان‌پذیری بدهی، انحراف معیار بازدهی اوراق قرضه‌هایی است که صادر شده است و در بازار معامله می‌شود [۴].

با این حال، رویه BhSh با یک محدودیت مهم روبروست. با بکار بردن این رابطه خاص بین نوسان‌پذیری بدهی و سهام، مدل با این محدودیت روبروست که برآورد نوسان‌پذیری شرکت، به ویژگی‌های گذشته نمونه به کار رفته، بستگی دارد. چاریتو و همکاران (۲۰۱۳) پیشنهاد می‌کنند زمانی که ارزش شرکت از داده‌های بازار به دست می‌آید، نوسان‌پذیری شرکت می‌تواند به طور مستقیم از درصد تغییرات ارزش شرکت (V) به دست آید [۸]. این تعدیل توسط آفیک و همکارانش (۲۰۱۲) توجیه می‌شود، آنها دریافتند که افت ارزش دارایی‌ها قبل از نکول،

شاموی (۲۰۰۸) یک کاربرد naive از مدل مرتون ارایه دادند که کاربرد پیچیده مدل مرتون را بهتر نمود (براساس مشخصات احتمالی Moody's-KMV) [۵]. دوپوس<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۴) با ترکیب داده‌های حسابداری و یک مدل ساختاری، مدلی مناسب برای پیش‌بینی رتبه اعتباری ارایه دادند. نتایج تجربی آنها که بر روی یک مجموعه داده از شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اروپا طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۲ انجام شده است، نشان می‌دهد که معیار فاصله تا نکول (DD) به دست آمده از مدل ساختاری، اطلاعات مهمی در مقایسه با نسبت‌های مالی مهم، اضافه می‌کند. با این حال توانایی‌اش به مراتب ضعیف‌تر است؛ به خصوص زمانی که سرمایه بازار<sup>۵</sup> نیز در نظر گرفته شود.

در کشور ما نیز تاکنون پژوهش‌های زیادی راجع به مدل‌های رتبه‌بندی اعتباری مبتنی بر فنون اقتصادسنجی (نظیر مدل‌های لاجیت و پروبیت) صورت گرفته است، اما مدل‌های ساختاری چندان مورد توجه نبوده‌اند. خوانساری و فلاح شمس (۱۳۸۸) با ارایه مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی کاربرد مدل ساختاری KMV در پیش‌بینی نکول شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران»، به پیش‌بینی ورشکستگی مشتریان حقوقی بانک‌های ایرانی و ارزیابی دقت مدل KMV پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که مدل KMV، توانایی پیش‌بینی نکول و تفکیک بین مشتریان خوش حساب و بدحساب را دارد و می‌توان از آن به منظور پیش‌بینی نکول و رتبه‌بندی مشتریان حقوقی دریافت‌کننده تسهیلات از بانک‌های ایرانی استفاده نمود [۱].

در پایان این بخش از مقاله، خلاصه‌ای از مهمترین پژوهش‌هایی که با استفاده از نظریه قیمت‌گذاری اختیار

زویکا آفیک و همکاران (۲۰۱۲)، بر روی مدل پایه‌ای مرتون تحلیل حساسیت انجام دادند. مطالعات آنها نشان داد که نیکویی پیش‌بینی<sup>۱</sup> نسبت به انتخاب‌های مختلف برای مرز نکول<sup>۲</sup> حساسیت کمی دارد، که این با نتایج کارلی (۲۰۱۱) سازگار نیست. در حالی که نسبت به بازده مورد انتظار دارایی‌ها و نوسان‌پذیری دارایی‌ها به طور معناداری حساس است. نتایج مطالعات آنها نشان می‌دهد که بازده تاریخی سهام و نوسان‌پذیری تاریخی، به برآوردهای اریبی برای بازده مورد انتظار دارایی‌ها و نوسان‌پذیری دارایی‌ها، به خصوص برای شرکت‌های ورشکسته منجر می‌شود. با توجه به این ویژگی‌ها، آنها مشخصاتی را برای بهبود دقت مدل پیشنهاد دادند [۲].

برخی از مطالعاتی که به بررسی عملکرد و دقت مدل مرتون و تحلیل حساسیت آن نسبت به پارامترهایش پرداخته‌اند، در این قسمت معرفی می‌شود: هیلجیست و همکاران (۲۰۰۴)، قدرت پیش‌بینی مدل مرتون را نسبت به مدل‌های اوهلسن (۱۹۸۰-O-score) و آلمن (Z-score 1968) مقایسه نمودند و به این نتیجه رسیدند که مدل مرتون نسبت به این مدل‌ها عملکرد بهتری دارد [۱۷]. دافیه و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که متغیرهای اقتصاد کلان از قبیل نرخ بهره، بازده تاریخی سهام و بازده تاریخی بازار، توانایی پیش‌بینی نکول را حتی بعد از کنترل فاصله تا نکول مدل مرتون دارد [۹]. کمپل و همکاران (۲۰۰۸)، با استفاده از مدل خطر (مخاطره)<sup>۳</sup>، احتمال نکول مدل مرتون را با دیگر متغیرهای مرتبط با پیش‌بینی نکول ترکیب نمودند. همچنین آنها دریافته‌اند که احتمالات مدل مرتون، سهم نسبتاً کمتری در قدرت پیش‌بینی دارند [۷]. بارس و

4. Doumpou  
5. Market Capitalization

1. Prediction Goodness  
2. Default Barrier  
3. Hazard Model

به ارزیابی ریسک نکول و پیش‌بینی ورشکستگی پرداخته‌اند، در جدول ۲ ارائه شده است.

### جدول (۲) خلاصه‌ای از مهمترین مطالعات در پیشینه پژوهش

شرح	سال انتشار	نویسنده یا نویسندگان
<p>- معرفی روش پایه‌ای (استاندارد) قیمت‌گذاری اختیار خرید اروپایی برای محاسبه احتمال نکول شرکت.</p> <p>- حل همزمان دو معادله غیر خطی لازم برای ارزش‌گذاری اختیار خرید (خروجی‌ها: نوسان‌پذیری شرکت، ارزش شرکت، احتمال نکول).</p> <p>- قیمت اعمال در این مدل معادل ارزش اسمی کل بدهی‌های شرکت است.</p> <p>- احتمال نکول ۱ ساله را تدارک می‌بیند.</p> <p>- ارزش سهام شرکت، تابعی از ارزش شرکت و زمان است.</p> <p>- نوسان‌پذیری شرکت متناسب با نوسان‌پذیری سهام شرکت است (نتیجه لم ایتو).</p> <p>- ارزش اختیار تابعی از ۴ متغیر قابل مشاهده (نرخ بهره بدون ریسک، زمان تا سررسید، قیمت دارایی پایه و قیمت اعمال) و یک متغیر دیگر (نوسان‌پذیری) است که باید برآورد شود.</p>	۱۹۷۳ و ۱۹۷۴	بلک & شولز - مرتون
<p>- مقدار اولیه برای نوسان‌پذیری در نظر می‌گیرند: <math>\sigma_A = \frac{\sigma_E V_E}{V_E + B}</math></p> <p>- با استفاده از داده‌های تاریخی لگاریتم بازده روزانه دارایی‌ها، نوسان‌پذیری شرکت را برآورد می‌کنند.</p> <p>- از سیستم معادلات همزمانی بلک-شولز-مرتون استفاده می‌کنند.</p>	۲۰۰۴	واسالو و ژینگ
<p>- بسط مدل مرتون، که به مدل مخاطره (Hazard Model) معروف است.</p> <p>- حل همزمان دو معادله غیر خطی بلک-شولز-مرتون، به جای استفاده از I-D از <math>\mu</math> (درصد تغییرات ارزش شرکت طی دو دوره متوالی) برای محاسبه بازده مورد انتظار استفاده می‌کنند.</p> <p>- نام رویکردشان، HKCL است.</p>	۲۰۰۴	هیلیجست و همکاران
<p>- بسط مدل KMV-مرتون بدون حل معادلات همزمانی.</p> <p>- برآورد نوسان‌پذیری بدهی با استفاده از رابطه خطی که با نوسان‌پذیری سهام شرکت دارد.</p> <p>- محاسبه نوسان‌پذیری شرکت با استفاده از میانگین موزون نوسان‌پذیری سهام و بدهی</p> <p>- نام رویکردشان BhSh است.</p>	۲۰۰۴	بارس و شاموی
<p>- با استفاده از مدل مخاطره، احتمال نکول مدل مرتون را با دیگر متغیرهای مرتبط با پیش‌بینی نکول ترکیب نمودند.</p> <p>- نتیجه گرفتند که احتمالات مدل مرتون، سهم نسبتاً کمی در قدرت پیش‌بینی دارند.</p>	۲۰۰۸	کمپل و همکاران
<p>- بر روی معیار فاصله تا نکول مرتون کار کردند.</p> <p>- از معادلات همزمانی برای برآورد احتمال نکول استفاده نکردند.</p> <p>- رویکرد Naive برای مدل مرتون توسعه دادند.</p> <p>- اهمیت آماری و اقتصادی رویکرد Naive خود را با معیار DD مرتون بررسی کردند.</p> <p>- احتمال نکول مدل پایه‌ای BSM، آماره مناسبی برای پیش‌بینی نکول نیست.</p> <p>- استفاده از شکل تابعی امتیاز Z که به طور ضمنی از مدل مرتون در رویکرد Naive شان به دست می‌آید، توانایی پیش‌بینی را افزایش می‌دهد.</p>	۲۰۰۸	بارس و شاموی



شرح	سال انتشار	نویسنده یا نویسندگان
<p>- مقایسه توانایی پیش‌بینی رویکردهای HKCL و BhSh با روش‌های امتیاز Z در انگلستان.</p> <p>- نگاهت کردن امتیاز Z به احتمال ورشکستگی و مقایسه با احتمال نکول روش‌های HKCL و BhSh (اختلاف بسیار کمی در دقت پیش‌بینی دارند).</p>	۲۰۰۸	اگاروال و تافلر
<p>- مدلی برای تعریف مجدد مرز نکول بهینه در رویکرد KMV-Merton ارائه داد.</p> <p>- مرز نکول رویکرد KMV-Merton (که برابر با بدهی کوتاه‌مدت بعلاوه نیمی از بدهی بلندمدت بود) را به چالش کشاند.</p> <p>- ایده‌اش این بود که مرز نکول بهینه که همان قیمت اعمال در مدل قیمت‌گذاری اختیار است، باید از کشوری به کشور دیگر و از صنعتی به صنعت دیگر متفاوت باشد.</p> <p>- او مدل خود را، GA-KMV نامید و به تخمین ضرایب بهینه مرز نکول (ضرایب بدهی بلندمدت و بدهی کوتاه‌مدت) پرداخت.</p>	۲۰۱۱	لی
<p>- تحلیل حساسیت روی پارامترهای مدل قیمت‌گذاری اختیار (مرز نکول، بازده مورد انتظار دارایی‌های شرکت و نوسان‌پذیری ارزش شرکت).</p> <p>- دقت مدل وابستگی چندانی به مرز نکول (ضریب بدهی بلندمدت) ندارد و بیشتر به نوسان‌پذیری دارایی‌های شرکت و بازده مورد انتظار شرکت بستگی دارد.</p> <p>- مواردی را برای بهبود دقت مدل پیشنهاد دادند، از قبیل: استفاده از بازده بازاری به جای بازده تاریخی سهام.</p>	۲۰۱۲	آفیک و همکاران
<p>- ارائه رویکرد دسته‌بندی چند معیاره که داده‌های حسابداری را با یک مدل پیش‌بینی نکول ساختاری به منظور دستیابی به پیش‌بینی‌های دقیق‌تر، ترکیب می‌کند.</p> <p>- ترکیبی از داده‌های مالی، مدل‌های ساختاری و رتبه‌بندی‌های اعتباری در یک زمینه مدیریت ریسک یکپارچه، می‌تواند هم‌افزایی (Synergy) را در ارزیابی ریسک اعتباری، افزایش دهد.</p>	۲۰۱۴	دومپوس و همکاران

## روش پژوهش

مجموعه داده‌های مربوط به گروه نکول کرده (ورشکسته) این پژوهش شامل ۱۵۱۵ شرکت آمریکایی است که طی دوره ۱۳ ساله ۲۰۰۱ میلادی تا ۲۰۱۳ میلادی نکول کرده‌اند. همچنین از یک نمونه‌ای شامل ۴۱۵۵ شرکت سالم در دوره مورد نظر استفاده شده است. بنابراین مجموعه داده‌های این پژوهش از ۵۶۷۰ شرکت در دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳ است. برای برآورد متغیرهای اختیار، بدون اینکه از الگوریتم مدل BSM استفاده شود، از رویکردی مشابه با رویکرد بارس و شاموی استفاده شد، با این تفاوت که در رویکرد این پژوهش به جای زمان تا سررسید ۱ ساله

برای اختیار، از میانگین عمر بدهی‌های (اسناد قرضه کوتاه‌مدت) هر شرکت یا معیار دیرش استفاده شد. تمام موارد مورد نیاز به طور مستقیم از بازار برآورد گردید (شایان ذکر است که برای ارزیابی توانایی مدل‌های ساختاری، یک بار الگوریتم مدل BSM و یک بار هم الگوریتم  $BhSh (T=1)$  پیاده‌سازی شد).

## محاسبه متغیرهای اختیار

نخست ارزش بازاری شرکت (V) که معادل با  $V=E+B$  است، تخمین زده شد. E بیانگر ارزش سهام شرکت است که به صورت حاصل ضرب تعداد سهام شرکت در قیمت بازاری‌اش به دست می‌آید. درباره B

ماهانه سهام و بدهی، ارزش ماهانه شرکت به دست می آید.

پس از محاسبه ارزش ماهانه شرکت، ابتدا با محاسبه انحراف معیار بازده بدهی های شرکت ها، نوسان پذیری بدهی محاسبه می شود.

علاوه بر این از رویکرد دیگری به محاسبه نوسان پذیری ارزش شرکت پرداخته می شود. بدین منظور مشابه با روش محاسبه نوسان پذیری ارزش سهام، رابطه ای برای ارزش شرکت تعریف می شود:

(۱۲)

$$R_V = \ln\left(\frac{V_t + D_t}{V_{t-1}}\right)$$

(۱۳)

$$D_t = \left(\frac{DV_t + IE_t}{V_{t-1}}\right)$$

$D_t$  همان yield یا عایدی شرکت است که در مدل پایه ای نظریه قیمت گذاری اختیار نیز به کار می رود.  $IE$  نیز هزینه های بهره شرکت است.  $R_V$  در برخی موارد مقادیر منفی به خود می گیرد یا حتی پایین تر از نرخ بدون ریسک است. بنابراین بیشترین بازده بین بازده واقعی (در دنیای واقعی نسبت به ریسک) و بازده بدون ریسک ( $r$  (دنیای خنثی نسبت به ریسک) استفاده می شود. به عبارتی:  $\mu = \text{Max}(R, r)$

که  $r$  نرخ اسناد خزانه داری<sup>۱</sup> ایالات متحده است که از مشاهدات ماهانه نرخ اسناد خزانه داری ۱ ساله که از آمار فدرال رزرو به دست آمده، استفاده شده است. پس از این مرحله، با استفاده از داده های ۶۰ ماهه ای که از بازده شرکت به دست می آید نوسان پذیری ماهانه  $R_V$  محاسبه می شود.

نیز، مرز نکول اولیه معادل با بدهی یک ساله (بدهی جاری) به علاوه ی نیمی از بدهی بلندمدت در نظر گرفته شد. استفاده از بدهی بلندمدت در محاسبات این پژوهش به دو دلیل بسیار حایز اهمیت است. نخست اینکه، شرکت ها همیشه بدهی بلندمدت دارند و پرداخت های بهره بخشی از بدهی ها و تعهدات کوتاه مدت شان است. دوم اینکه، اندازه بدهی بلندمدت بر توانایی شرکت در کاهش بدهی کوتاه مدتش تاثیر گذار است و بنابراین ریسک نکول شرکت را کاهش می دهد.

انحراف معیار ارزش دارایی شرکت نیز با استفاده از رویه BhSh تخمین زده شد، در این رویکرد نوسان پذیری بدهی شرکت تابعی از نوسان پذیری بازده سهام شرکت است. بازده ماهانه سهام شرکت ها از رابطه ۱۱ به دست می آید:

(۱۱)

$$R_{E,t} = \ln\left(\frac{E_t + DV_t}{E_{t-1}}\right)$$

$DV_t$  سودهای نقدی است،  $E_t$  ارزش ماهانه سهام شرکت است که پیش از این برآورد شده است. با استفاده از یک دوره زمانی ۶۰ ماهه (۵ ساله)، نوسان پذیری سهام محاسبه می شود و سپس به محاسبه نوسان پذیری ارزش شرکت با استفاده از رویکرد BhSh پرداخته می شود.

برای محاسبه نوسان پذیری رویکرد این پژوهش (که یک رویکرد توسعه یافته از رویکرد BhSh است، رویکرد تعدیلی با دیرش یا  $BhSh(T=T_d)$  نامیده می شود)، ابتدا مقادیر ماهانه ارزش شرکت ( $V$ ) با استفاده از مجموع ارزش سهام شرکت و ارزش بدهی شرکت محاسبه می شود. ارزش ماهانه سهام شرکت به آسانی از بازار برآورد می شود. با جمع مقادیر ارزش

1. Treasury Bills

### بررسی توانایی و دقت مدل‌ها

مطالعات زیادی بر روی انتخاب مدل و اعتبارسنجی مدل‌های ریسک اعتباری طی چند سال گذشته انجام شده است. منحنی مشخصه عملیاتی گیرنده<sup>۳</sup> (ROC) یکی از مشهورترین روش‌های ارزیابی مدل است. منحنی مشخصه عملکرد گیرنده (ROC) یک معیار سنجش میزان کارایی در مسایل دسته‌بندی است [۱۰].

منحنی ROC یک نمایش گرافیکی از میزان حساسیت یا پیش‌بینی درست در مقابل پیش‌بینی غلط در یک سیستم طبقه‌بندی دودویی است که آستانه تفکیک در آن متغیر است. همچنین این منحنی با رسم مثبت‌های درست پیش‌بینی شده در مقابل مثبت‌های غلط پیش‌بینی شده، نشان داده می‌شود. سطح زیر منحنی ROC<sup>۴</sup> عددی است که یک جنبه از کارایی را مورد سنجش قرار می‌دهد. AUC مقداری بین صفر و یک است. مقدار ۰/۵ برابر پیش‌بینی تصادفی است و مقدار ۱ برابر پیش‌بینی عالی است. برای درک بیشتر این منحنی لازم است تا تعاریف زیر ارائه شود:

**حساسیت (Sensitivity):** بیانگر مقادیر پیش‌بینی شده درست در مقابل تمام خروجی‌های مثبت است.

(۱۵)

$$\text{Sensitivity (\%)} = \frac{TP}{TP + FN} * 100$$

**اختصاصی بودن (Specificity):** بیانگر مقادیر

پیش‌بینی شده منفی درست در مقابل تمام خروجی‌های منفی است.

(۱۶)

$$\text{Specificity (\%)} = \frac{TN}{TN + FP} * 100$$

3. Receiver Operating Characteristic

4. Area Under Curve

پس از برآورد ۴ متغیر اختیار (یعنی ارزش شرکت، ارزش بدهی شرکت، نرخ بازده نقدی و نوسان‌پذیری ارزش شرکت) باید دیگر متغیر اختیار، یعنی زمان تا سررسید اختیار (T) برآورد شود. در صورتی که زمان تا سررسید یک ساله (T=1) در نظر گرفته شود، احتمال نکول ۱ ساله مشابه رویکرد بارس و شاموی برآورد می‌شود. در این پژوهش، زمان تا سررسید اختیار معادل زمان یا دیرش بدهی‌های شرکت در نظر گرفته شده است. دیرش همان متوسط عمر بدهی‌های شرکت است. شرکتی که به منظور تامین مالی، اوراق قرضه منتشر کرده است. رابطه ۱۴ نحوه محاسبه متوسط زمان تا سررسید بدهی‌های شرکت را نشان می‌دهد.

(۱۴)

$$T = \frac{\sum_{t=1}^{13} PV(D_t) * t}{\sum_{t=1}^{13} PV(D_t)}$$

صورت کسر برابر با حاصل ضرب ارزش فعلی بدهی‌ها در هر دوره زمانی در مدت زمان باقیمانده تا سررسید بدهی است. مخرج کسر نیز ارزش فعلی بدهی‌ها برای موعد t است. دوره زمانی نیز دوره ۱۳ ساله ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳ است.

پس از اتمام محاسبه متغیرهای اختیار، متغیرهای نکول برآورد می‌شود. تمام متغیرهای نکول برای افق‌های زمانی T=1 و T=Duration محاسبه می‌شود. در این پژوهش مشابه با کار چاریتو و همکاران (۲۰۱۳) [۸]، به منظور رفع مشکل اثر دورافتاده‌ها<sup>۱</sup> تمام مشاهده‌ها در اولین صدک و ۹۹-امین صدک<sup>۲</sup> Winsorize می‌شوند.

1. Outliers

۲. وینزوریشن، به تبدیل آماره‌ها با محدود کردن مقادیر حدی در داده‌های آماری می‌گویند. این کار به منظور کاهش اثر بالقوه نقاط دور افتاده نادرست، انجام می‌گیرد.

ضریب اهرمی (لگاریتم طبیعی نسبت ارزش شرکت به مرز نکول یا قیمت اعمال اختیار) و Size (لگاریتم طبیعی ارزش شرکت) از دسته معیارهایی هستند که به نوعی در قیمت گذاری اختیار بررسی می شوند. نسبت B/M برابر با ارزش دفتری ۶ ماه قبل سهام تقسیم بر ارزش بازاری فعلی سهام است.

برای این کار بر اساس هر معیار، شرکت‌ها به ۱۰ گروه تقسیم می شوند. گروه ۱ از نظر هر معیار کمترین ریسک، و گروه ۱۰ بیشترین ریسک را دارد. همچنین میانگین بازده تحقق یافته سهام شرکت‌ها برای گروه‌های ۱۰ گانه (سبدهایی از شرکت‌ها) محاسبه می شود. هدف از این کار بررسی رابطه‌ی ریسک نکول شرکت‌ها با بازدهی آنهاست.

#### یافته‌ها

نرخ نکول بیانگر سلامتی کلی اقتصاد است. شکل ۱ نرخ واقعی نکول را در نمونه مورد استفاده این پژوهش نشان می دهد. طی دوران بحران اقتصادی این نرخ نسبتاً بالاست و همچنین طی دوران رونق اقتصادی نسبتاً پایین است. به عنوان مثال، به دنبال حباب "dot-com" و سال‌های بعد از آن (۲۰۰۳-۱۹۹۹) شرایط اقتصادی نا به سامان شد. مشابه آن، بحران "وام‌های رهنی بدون پشتوانه" اخیر (۲۰۱۰-۲۰۰۸) با افزایش در تعداد نکول‌ها یا ورشکستگی‌های شرکتی همراه است.

در ترسیم نمودار ROC، حساسیت در مقابل (اختصاصی بودن - ۱) رسم می شود. این تکنیک برای ارزیابی متدولوژی‌های مختلف مدل‌سازی ریسک اعتباری نیز بکار گرفته شده است. سوبه‌هارت و همکاران (۲۰۰۱) رویکرد Moody's را به طور مفصل برای ارزیابی عملکرد و ملاحظات عملی مدل‌های ریسک اعتباری کیفی تشریح کرده‌اند. آنها این روش را با نام دیگری (CAP) نشان داده‌اند و اندیکاتورهای دیگری از قبیل نسبت دقت<sup>۱</sup> (AR) را برای ارزیابی دقت مدل توسعه دادند. آنها ناحیه زیر منحنی ROC را به عنوان معیار اصلی برای ارزیابی مدل‌های رتبه‌بندی تعریف نمودند، به عبارتی نتیجه اصلی کارشان این بود که ناحیه زیر منحنی، اندیکاتوری از کیفیت مدل است [۱۶]. انگلمان و همکاران (۲۰۰۳) برای مشخصات منحنی‌های ROC، یک تحلیل آماری ارائه دادند. با استفاده از آماره تست Mann-Whitney آنها استدلال کردند که [۱۰]:

(۱۷)

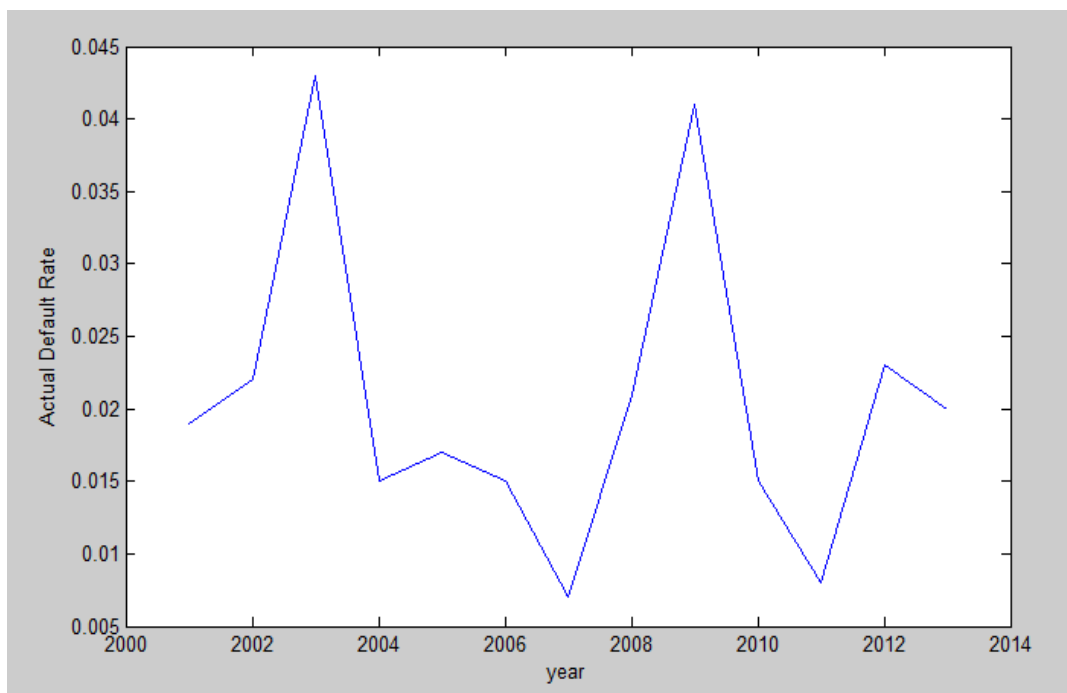
$$AR = (2 * AUC) - 1$$

که AUC مساحت زیر منحنی ROC است. بدین منظور در این پژوهش، با آماره تست Mann-Whitney در نرم‌افزار متلب، AUC و AR تقریب زده می شود.

#### رتبه‌بندی شرکت‌ها

پس از اجرای مدل، شرکت‌ها بر اساس احتمال نکول، نوسان‌پذیری، ضریب اهرمی (Leverage)، اندازه (Size)، ریسک سیستماتیک (بتا)، و B/M (ارزش دفتری سهام به ارزش بازاری سهام) رتبه‌بندی می شوند. چهار معیار احتمال نکول، نوسان‌پذیری،

1. Accuracy Ratio



شکل (۱) نمودار نرخ واقعی نکول در نمونه، طی سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۱۳

خلاصه‌ای از آماره‌های مربوط به متغیرهای کل نمونه، در جدول ۲ قابل مشاهده است.

جدول (۳) خلاصه‌ای از آماره‌های متغیرها در کل نمونه

Max	Min	Median	Std	Mean	متغیر
۸۴۱/۲۹۹	۰/۵۰۰	۴۴۲/۷۰۰	۳۱/۵۸۲	۵/۳۳۱	ارزش دفتری دارایی‌ها (میلیون دلار)
۴۳۲/۹۵۷	۰	۳۵/۹۵۰	۱۱/۱۳۶	۱/۴۱۴	کل بدهی‌های بازاری (میلیون دلار)
۵۲۷/۵۶۲	۰	۴۶۱/۶۰۰	۲۲/۲۵۴	۵/۳۹۴	ارزش بازاری سهام (میلیون دلار)
۴/۷۰۷	-۰/۷۴۶	۰/۰۹۲	۰/۳۴۱	۰/۱۲۷	بازده سهام
۳/۸۳۰	۰/۰۴۶	۰/۲۰۶	۰/۲۱۶	۰/۲۵۱	نوسان‌پذیری سالانه بازده سهام
۱۱۵/۵۴۰	۰/۱۰۰	۲۱۸/۴۵	۷/۱۰۸	۱/۷۶۲	ارزش دفتری سهام (میلیون دلار)
۰/۱۷۳	۰	۰	۰/۰۱۶	۰/۰۰۷	Dividend Yield

تعداد مشاهده‌هایی که در هر کدام از این فاصله‌ها قرار دارند از نتایج اجرای مدل قابل محاسبه است. از تقسیم تعداد مشاهده‌هایی از هر دسته که در عمل نکول کرده‌اند به کل تعداد مشاهده‌های آن دسته، درصد نکول مورد انتظار از هر دسته به دست می‌آید. به عنوان

### نگاشت فاصله تا نکول به درصد نکول مورد انتظار

پس از اجرای مدل، فاصله تا نکول به بازه‌هایی تقسیم می‌شود. فاصله تا نکول بیانگر تعداد انحراف معیارهایی است که ارزش مورد انتظار دارایی‌های شرکت در زمان سررسید از نقطه نکول فاصله دارد.

این بازه از فاصله تا نکول، برابر با ۰/۵۷ است. استفاده از این نگاشت می‌تواند به سرمایه‌گذاران در تحلیل وضعیت اعتباری شرکت‌ها کمک نماید.

مثال در ردیف ۱ از این جدول، فاصله تا نکول برای ۷۲ شرکت در بازه (۰ و ۰/۲۵) قرار دارد. از این تعداد مشاهده، ۴۱ شرکت در عمل حداکثر تا سه سال آینده نکول کرده‌اند. بنابراین درصد نکول مورد انتظار برای

**جدول (۴) نگاشت فاصله تا نکول به درصد نکول مورد انتظار**

درصد نکول مورد انتظار (%)	تعداد مشاهده‌های نکول کرده	تعداد مشاهده از شرکت‌ها	DD	ردیف
۵۷	۴۱	۷۲	(۲۵/۰ - ۰]	۱
۴۳	۳۴	۷۹	(۵/۰ - ۲۵/۰]	۲
۲۴	۲۶	۱۱۰	(۷۵/۰ - ۵/۰]	۳
۱۴	۲۳	۱۶۷	(۱ - ۷۵/۰]	۴
۴	۲۲	۶۱۳	(۵/۱ - ۱]	۵
۳	۲۹	۹۴۳	(۲ - ۵/۱]	۶
۳	۲۰	۷۱۴	(۵/۲ - ۲]	۷
۳	۲۴	۹۱۴	(۳ - ۵/۲]	۸
۲	۲۷	۱۲۴۲	(۴ - ۳]	۹
۲	۹	۴۸۶	(۵ - ۴]	۱۰
۲	۳	۱۶۶	(۱۰ - ۵]	۱۱
۱	۲	۱۶۴	(∞ - ۱۰]	۱۲

۴- در گروه نکول، احتمال تجمعی بالاتر از هر صدک از احتمالات نکول محاسبه می‌شود. این همان محور Y نمودار است.

۵- در گروه سالم، احتمال تجمعی بالاتر از هر صدک از احتمالات نکول محاسبه می‌شود. این همان محور X نمودار است.

۶- منحنی ROC رسم می‌شود.

۷- برای هر مدل ساختاری، گام‌های ۱ تا ۶ تکرار می‌شود. نسبت دقت برای هر کدام از مدل‌ها با مقایسه مساحت زیر منحنی، قابل محاسبه است.

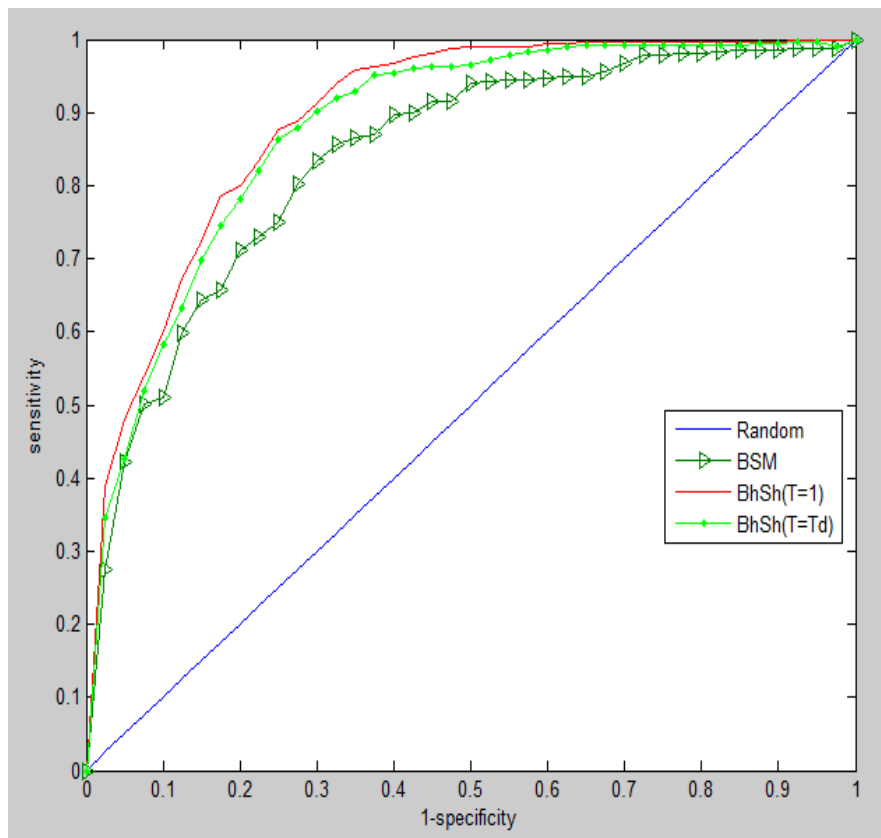
### توانایی پیش‌بینی منحنی ROC

در این پژوهش، با اجرای مراحل ۷ گانه زیر به ترسیم منحنی ROC برای مدل‌های مختلف و رویکرد این پژوهش پرداخته می‌شود.

۱- تمام احتمالات نکول از بالاترین احتمال به پایین‌ترین احتمال رتبه‌بندی می‌شوند.

۲- صدک از احتمالات نکول محاسبه می‌شود.

۳- نمونه به گروه‌های نکول کرده و سالم، تقسیم می‌شود.



شکل (۲) نمودار ROC برای مدل‌های مختلف

اساس DD رتبه‌بندی کرد، نسبت دقتی که برای هر کدام از مدل‌ها به دست می‌آید، بدین شرح است.

نسبت دقت هر کدام از مدل‌ها در جدول ۴ قابل مشاهده است. این بدان معناست که اگر شرکت‌ها را بر

جدول (۵) مقایسه دقت مدل‌های مختلف قیمت‌گذاری اختیار

مدل	مساحت زیر منحنی (AUC)	نسبت دقت (AR)
BhSh(T=1)	۰/۸۹۱	۰/۷۸۲
BhSh(T=Td)	۰/۸۷۷	۰/۷۵۴
BSM	۰/۸۳۷	۰/۶۷۴
Random	۰/۵۰۰	۰

شرکت‌ها با ریسک نکول و دیگر معیارهای بازاری است. به عنوان مثال عدد ۰/۵۸۳ بیانگر این است که با رتبه‌بندی شرکت‌ها بر اساس احتمال نکول، میانگین بازده ماهانه سهام شرکت‌های حاضر در گروه (رتبه) ۱ برابر با ۰/۵۸۳ درصد است.

### بررسی بازده شرکت‌ها پس از رتبه‌بندی بر اساس هر کدام از معیارها

پس از رتبه‌بندی شرکت‌ها در ده گروه، مقدار متوسط بازده ماهانه سهام شرکت‌ها برای هر کدام از گروه‌ها محاسبه می‌شود. نتایج در جدول ۶ قابل مشاهده است. هدف از این کار بررسی رابطه بازده سهام

جدول (۶) متوسط بازده هر دسته پس از رتبه‌بندی شرکت‌ها بر اساس هر کدام از متغیرها

رتبه	PD	Leverage	Size	Beta	Volatility	B/M
۱	۰/۵۸۳	-۰/۹۱۶	۱/۴۲۰	۰/۷۰۲	۰/۷۰۱	-۱/۱۹۲
۲	۰/۴۱۱	-۰/۷۲۸	۰/۳۴۹	۱/۰۱۱	۰/۶۹۵	-۱/۰۲۰
۳	۰/۲۷۷	-۰/۲۴۵	۰/۶۵۶	۰/۸۱۱	۰/۳۱۱	-۰/۶۶۸
۴	۰/۱۱۰	۰/۳۸۱	-۰/۰۲۴	۰/۳۷۷	۰/۱۶۷	-۰/۳۱۱
۵	-۰/۰۳۳	۰/۰۱۴	-۰/۰۷۸	۰/۲۴۴	۰/۰۹۰	-۰/۰۳۳
۶	۰/۰۴۲	-۰/۰۹۳	۰/۰۹۱	-۰/۰۵۹	-۰/۵۶۱	۰/۱۹۷
۷	-۰/۴۶۷	۰/۴۴۴	-۰/۳۱۲	-۰/۳۲۵	-۰/۵۷۲	۰/۲۹۴
۸	-۰/۵۰۹	۰/۶۰۲	۰/۰۸۲	۰/۳۶۷	-۰/۳۳۸	۰/۶۱۰
۹	-۰/۰۳۹	۰/۷۳۴	-۰/۴۷۳	-۱/۲۱۳	-۰/۸۰۴	۱/۰۲۳
۱۰	-۰/۹۱۴	۱/۱۱۶	-۰/۸۸۹	-۱/۹۸۱	-۱/۱۸۶	۱/۴۴۱
۱۰-۱	-۱/۴۹۷	۲/۰۳۲	-۲/۳۰۹	-۲/۶۸۳	-۱/۸۸۷	۲/۶۳۳

همانطور که مشاهده می‌شود رابطه بازده تحقق یافته سهام شرکت‌ها با احتمال نکول یک رابطه منفی است؛ یعنی با افزایش احتمال نکول، میانگین بازده سهام شرکت‌ها کاهش می‌یابد. این بدان معناست که شرکت‌های با ریسک نکول بالاتر، نسبت به شرکت‌های با ریسک نکول کمتر، بازدهی کمتری را کسب می‌کنند. این نتیجه با نتیجه واسالو و همکاران (۲۰۰۴) در تناقض است. نتایج کار تجربی آنها عکس این نکته را نشان می‌دهد. نمونه مورد استفاده آنها مربوط به دوره زمانی ۱۹۷۰ میلادی تا ۱۹۹۹ میلادی است [۱۷].

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف اصلی این پژوهش، فراهم کردن شیوه مؤثر و آسان‌تر برای رتبه‌بندی شرکت‌ها از نظر ریسک اعتباری است. از معیارهای ارزیابی ریسک اعتباری می‌توان نوسان‌پذیری ارزش شرکت، فاصله تا نکول و به طور جامع‌تر احتمال نکول را نام برد. کاربرد مستقیم

مدل پایه‌ای بلک-شولز-مرتون در عمل بسیار محدود است، اما این مدل بسیار گسترده است و قالب مناسب و پرکاربری برای مرور موضوع‌های مرتبط با قیمت‌گذاری اختیار، ریسک اعتباری و رتبه‌بندی اعتباری شرکت‌ها فراهم می‌کند.

در دهه اخیر مدل‌های جایگزین مختلفی برای پیش‌بینی نکول توسعه یافته که بر پایه مدل قیمت‌گذاری اختیار مرتون هستند. یکی از این مدل‌ها، مدل naive بارس و شاموی (BhSh) است. کار این مقاله، مشابه این مدل است. با این تفاوت که علاوه بر در نظر گرفتن سررسید یک‌ساله، از معیار دیرش اسناد خزانه‌ای (که عموماً کمتر از یکسال است) نیز استفاده می‌شود. این مقاله از دو روش به برآورد نوسان‌پذیری دارایی‌های شرکت پرداخته است. اولین روش مشابه روش BhSh است که از میانگین وزنی نوسان‌پذیری سهام و نوسان‌پذیری بدهی‌های شرکت استفاده می‌کند. در روش دوم نیز پس از برآورد ارزش‌های ماهانه



افزایش داشته است و در یک سال قبل از نکول به بیشترین مقدار رسیده است.

این پژوهش یک تحلیل مبتنی بر ریسک برای اثرات متغیرهای اختیار (Leverage)، نوسان‌پذیری، احتمال نکول) و سایر متغیرهای بازاری (بتای سهام، B/M و اندازه‌ی شرکت) فراهم می‌کند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که شرکت‌های کوچکتر (شرکت‌هایی که ارزش دارایی‌هایشان کمتر است)، بازده بالاتری نسبت به شرکت‌های بزرگ‌تر کسب می‌کنند. علاوه بر این شرکت‌هایی با ریسک نکول بالاتر، بازده کمتری نسبت به شرکت‌های با ریسک نکول کمتر کسب می‌کنند. این نتیجه با نتیجه‌ی واسالو و همکاران (۲۰۰۴) در تضاد است.

با توجه به محدودیت پیش روی این پژوهش از نظر نبودن پایگاه داده‌ای منسجم در زمینه نکول شرکت‌های داخلی، پیشنهاد می‌شود که در حوزه اجرایی رتبه‌بندی، پایگاه داده‌ای منسجم و کامل از نکول شرکت‌ها فراهم شود. از آنجایی که دیرش بدهی‌های شرکت‌های داخلی شفاف و در دسترس نیست، استفاده از این رویکرد برای شرکت‌های داخلی با محدودیت داده‌های دیرش شرکت‌ها همراه است.

همچنین در زمینه اجرای رتبه‌بندی با استفاده از مدل قیمت‌گذاری اختیار برای شرکت‌های داخلی، پیشنهاد می‌شود برای هر صنعت به طور جداگانه قیمت‌گذاری اختیار اجرا شود. علاوه بر این پیشنهاد می‌شود که مرز نکول مدل KMV-Merton (بدهی جاری بعلاوه نیمی از بدهی بلندمدت) برای هر صنعت به طور مجزا مطالعه می‌شود. برای این کار می‌توان از رویکرد GA-KMV لی (۲۰۱۱) نیز برای یافتن ضرایب بدهی کوتاه‌مدت و بلندمدت در قیمت‌گذاری اختیار کمک گرفت.

دارایی‌های شرکت، به برآورد مستقیم نوسان‌پذیری پرداخته می‌شود.

برای ارزیابی توانایی پیش‌بینی و دقت کار، از منحنی ROC استفاده شده است. پس از رسم این منحنی برای رویکردهای پایه‌ای بلک-شولز-مرتون، رویکرد BhSh و رویکرد این پژوهش (BhSh)  $(T=T_d)$ ، به محاسبه AUC و AR پرداخته شده است. نتایج این منحنی نشان می‌دهد که کار این مقاله از رویکرد پایه‌ای بلک-شولز-مرتون دقت به مراتب بیشتری در پیش‌بینی نکول دارد؛ و از نظر دقت به رویکرد BhSh بسیار نزدیک است.

شرکت‌ها بر اساس احتمال نکول، فاصله تا نکول و معیارهای بازاری دیگر رتبه‌بندی شدند. نگاهت فاصله تا نکول به درصد نکول مورد انتظار، می‌تواند برای سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران، اطلاعاتی را درباره نکول شرکت‌ها فراهم نماید؛ اینکه در هر دسته از فاصله تا نکول، در عمل چه نسبتی از شرکت‌ها در حداکثر سه سال آینده نکول کرده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در میان شرکت‌هایی با فاصله تا نکول پیش‌بینی شده کمتر، در عمل احتمال ورشکستگی و تعداد ورشکستگی (نکول) شرکت‌ها بیشتر بوده است.

علاوه بر این، متوسط بازده سهام شرکت‌ها، بازده دارایی‌های شرکت‌ها، نوسان‌پذیری سهام شرکت‌ها و نوسان‌پذیری بازده دارایی‌ها در دو گروه نکول کرده و سالم از نمونه طی ۵ سال قبل از نکول بررسی شده است. نتایج این بررسی، نشان می‌دهد که متوسط بازده سهام و بازده دارایی‌ها در گروه نکول کرده طی سال‌های قبل از نکول روند کاهشی داشته است و در یک سال قبل از نکول به کمترین مقدار رسیده است. همچنین متوسط نوسان‌پذیری سهام و دارایی‌ها روند

- Journal of Financial Economics*, 7: 63-81.
- [10] Engelmann, B., Hayden, E. and Tasche, D. (2003). Testing Rating Accuracy. *Risk*, 6: 82-86.
- [11] Fabozzi, F., (2005). The Handbook of Fixed Income securities. Seventh edition, The McGraw-Hill Companies.
- [12] Hillegist, S., Keating, E., Cram, D, Lndstedt, K. (2004). Assessing the Probability of Bankruptcy. *Review of accounting studies*. 5- 34.
- [13] Hull, J. C. (2009). Options, Futures, and Other Derivatives, 7<sup>th</sup> edition. University of Toronto.
- [14] Lee, W., (2011). Redefinition of the KMV Model's Optimal Default Point Based on Genetic Algorithms- Evidence from Taiwan.
- [15] Merton, R. C. (1974). On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates. *Journal of Finance*, 29: 449-70
- [16] Sobehart, J. R. and Keenan, S. (2001). Measuring Default Accurately. Credit Risk Special Report, 14, 31-33.
- [17] Vassalou, M., Xing, Y., (2004). Default Risk in Equity Returns. *J. Finance* 59 (2), 831-868.
- [18] Wu, Y., Gaunt, C., Gray, S. (2010). A Comparison of Alternative Bankruptcy prediction Models. *Journal of Contemporary Accounting & Economics*, 34-45.
- [19] Doumpos, M., Nikilis, D., Zopounidis, C. and Andriosopulos, K. (2014). Combining Accounting Data and a Structural Model for Predicting Credit Ratings: Empirical evidence from European listed firms. *Journal of Banking & Finance*, 32 (8), 1541-1551.
- منابع و مأخذ**
- [۱] خوانساری، رسول؛ فلاح شمس، میرپناه. (۱۳۸۸). ارزیابی کاربرد مدل ساختاری KMV در پیش‌بینی نکول شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران. *فصلنامه تحقیقات مالی*، (۱۱): ۲۸.
- [2] Afik , Z , Arad, O, Galil, K. (2012). Using Merton Model: An Empirical Assessment of Alternatives, Working Paper.
- [3] Agarval, V, Taffler, R. (2008). Comparing The Performance of Market-Based and Accounting- Based Bankruptcy Prediction Models, *Journal of Banking and Finance*, 32, 1541- 1551.
- [4] Bharath, S, T., Shumway, T. (2004). Forecasting Default with the KMV-Merton Model. Working paper, University of Michigan.
- [5] Bharath , S, T. , Shumway, T. (2008). Forecasting Default with the Merton Distance to Default Model. *Review of financial studies*, 21, 1339- 1369.
- [6] Black, F., and M. Scholes. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of political economy*, 81, 637-654.
- [7] Campbell , L. Y, Hilscher, J. , Szilagyi, J. (2008). In Search of Distress Risk, *Journal of finance*, 63, 2899- 2939.
- [8] Charitou, A., Dionysia D., Neophytos L., Lenos T. (2013). Alternative Bankruptcy Prediction Models Using Option Pricing Theory, *Journal of Banking and Finance*, 2329-2341.
- [9] Duffie , D. L, Saita. L., Wang, K. (2007). Multi-Period Corporate Failure Prediction with Stochastic Covariates.