

ارزیابی کاربرد مدل ساختاری KMV در پیش‌بینی نکول شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران

رسول خوانساری^{۱*}، میرفیض فلاح شمس^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد معارف اسلامی و مدیریت مالی دانشگاه امام صادق (ع)، ایران

۲. استادیار دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱۲/۱۶، تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۴/۲۱)

چکیده

تاکنون مدل‌های مختلفی برای پیش‌بینی وضعیت ریسک اعتباری و احتمال ورشکستگی مشتریان ارائه شده است. در این میان استفاده از مدلی که تنها متکی بر داده‌های تاریخی نباشد و از داده‌های بازار نیز به‌عنوان هشدار در مورد وضعیت فعلی مشتری و حتی انتظارات نسبت به وضعیت آینده آن باشد، ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از این تحقیق به کارگیری مدل کی‌ام‌وی جهت پیش‌بینی ورشکستگی مشتریان حقوقی بانک‌های ایرانی و ارزیابی دقت مدل در این زمینه است. داده‌های تحقیق از نمونه‌ای چهل‌تایی از شرکت‌های سهامی دریافت‌کننده تسهیلات از بانک‌های ایرانی در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ استخراج شده است. نتایج این تحقیق که از نوع کاربردی و کمی است، نشان داد که مدل کی‌ام‌وی قابلیت پیش‌بینی نکول و تفکیک بین مشتریان خوش حساب و بدحساب را دارد و می‌توان از آن به‌منظور پیش‌بینی نکول مشتریان حقوقی دریافت‌کننده تسهیلات از بانک‌های ایرانی استفاده کرد.

واژگان کلیدی: ریسک اعتباری، نکول، رتبه‌بندی اعتباری، مدل کی‌ام‌وی (KMV)

۱. مقدمه

یکی از جنبه‌های مهم در فرایند اعطای تسهیلات از سوی بانکها، برآورد واقع‌بینانه از احتمال عدم بازپرداخت تسهیلات از سوی مشتریان است تا از این طریق، اقدامات و تصمیمات لازم برای پیش‌گیری و یا مقابله با زیانهای احتمالی در نظر گرفته شود. برخی از مزایای به کارگیری درست مدل‌های رتبه‌بندی اعتباری و اجرای فرایند اعتبارسنجی عبارتند از: کمک به افزایش جریان نقدینگی در بانک، تصمیم‌گیری بهتر در زمینه اعطای تسهیلات، افزایش اطمینان از بازپرداخت تسهیلات و غیره [۶ و ۱۵].

روشها و فنون مختلفی برای مدل‌سازی ریسک اعتباری و پیش‌بینی احتمال نکول مشتریان پدید آمده است که بیشتر مبتنی بر داده‌های حسابداری هستند [۱ و ۲۲]. در کشور ما نیز بیشتر پژوهشهای انجام شده در مورد مدل‌سازی ریسک اعتباری، با این رویکرد بوده است. 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 متکی بر داده‌های حسابداری نباشد و از اطلاعات روز بازار نیز جهت پیش‌بینی ریسک اعتباری استفاده کند، ضروری به نظر می‌رسد. گروهی از این مدلها، به مدل‌های ساختاری 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. یکی از این مدلها، مدل کی‌ام‌وی (KMV) است که به مدل وسیچک-کیلهوفر نیز معروف است و در اواسط دهه ۱۹۹۰ توسط شرکت کی‌ام‌وی عرضه شد [۲۳].

مسأله پیش رو در این تحقیق این است که آیا می‌توان به‌عنوان یکی از کاربردهای مدل کی‌ام‌وی از این مدل جهت پیش‌بینی نکول مشتریان حقوقی دریافت‌کننده تسهیلات از بانکهای ایرانی و تفکیک بین مشتریان خوش‌حساب و بدحساب استفاده کرد. بنابراین هدف این تحقیق، به کارگیری مدل ساختاری کی‌ام‌وی برای پیش‌بینی نکول مشتریان حقوقی بانکهای ایرانی و نیز ارزیابی دقت مدل کی‌ام‌وی در این رابطه است.

۲. پیشینه تحقیق

مدلهای ساختاری، مبتنی بر مدل ساختار سرمایه شرکت هستند که اولین بار توسط مرتون در سال ۱۹۷۴ مطرح شد [۲۸] که مبتنی بر نظریه قیمت‌گذاری اختیار معامله بلک-شولز

است [۱۰]. بر اساس مدل مرتون، شرکت زمانی در وضعیت نکول قرار می‌گیرد که ارزش داراییهای آن کمتر از ارزش بدهیهایش شود. اندازه تفاوت بین ارزش داراییها و ارزش بدهیها به همراه نوسان ارزش داراییها، احتمال نکول شرکت را تعیین می‌کند [۱۶]. جدول ۱ چکیده‌ای از روند تحولات مدل‌های ساختاری پس از مدل مرتون را نشان می‌دهد [۲۱].

جدول ۱. روند تحول مدل‌های ساختاری

ویژگی‌ها	سال	پژوهشگران	مدل ساختاری
مدل استاندارد قیمت‌گذاری اختیار معامله - σ, π, T ثابت	۱۹۷۴	مرتون	مرتون (۱۹۷۴)
سهام به عنوان اختیار معامله حدی - نرخ بهره غیر تصادفی	۱۹۷۶	بلک و کاکس	حد نکول برونزا
بسط مدل بلک و کاکس (۱۹۷۶) نرخ بهره تصادفی (وسیچک، ۱۹۷۷)	۱۹۹۵	لانگستف و شوارتز	حد نکول برونزا
نسبت اهرمی بازگردنده به میانگین - بسط مدل لانگستف و شوارتز (۱۹۹۵)	۲۰۰۱	کالین - دافرنس و گلداشتاين	حد نکول برونزا
نسبت اهرمی بازگردنده به میانگین همبستگی منفی بین صرف ریسک و شوکهای غیرمنتظره در بازده داراییها	۲۰۰۳	هوانگ و هوانگ	حد نکول برونزا
ثابت بودن ساختار زمانی نرخ بهره، نسبت سود تقسیمی و صرف ریسک دارایی	۱۹۹۴	لندن	حد نکول برونزا
اوراق بدهی بدون سررسید	۱۹۹۶	اندرسون و همکاران	حد نکول برونزا
نرخ بهره تصادفی	۱۹۸۴	وسیچک	بسط مدل مرتون
مدل تجربی - داده‌های تاریخی		کی‌ام‌وی	بسط مدل مرتون
مدل مخاطره	۲۰۰۴	هیلجست و همکاران	بسط مدل مرتون
پویا بودن انتخاب ساختار سرمایه و قیمت‌گذاری اوراق قرضه شرکتی	۲۰۰۱	گلداشتاين و همکاران	مدلهای پویا
ساختار سرمایه بهینه	۱۹۹۷	مِلا - برال و پرداین	مدلهای راهبردی
مدل نکول میان‌دوره‌ای اختیاری و اجباری	۲۰۰۶	چاریتا و تریگیورجیس	بسط مدل مرتون
بسط مدل کی‌ام‌وی - مرتون بدون حل معادلات هم‌زمان	۲۰۰۵	براث و شاموی	بسط مدل کی‌ام‌وی - مرتون

منابع: [۳۰، ۲۸، ۲۷، ۲۶، ۲۴، ۲۰، ۱۳، ۱۱، ۹، ۸]

در کشور ما تاکنون پژوهشهای زیادی درباره مدل‌های رتبه‌بندی اعتباری مبتنی بر فنون اقتصادسنجی و نیز درباره مدل‌های پرتفوی اعتباری مانند مدل CreditMetrics و مدل CreditRisk+ صورت گرفته است. اما مدل‌های ساختاری چندان مورد توجه نبوده‌اند. تنها پژوهش صورت گرفته در این باره پایان‌نامه خانم افشار (۱۳۸۶) است که در آن نتایج مدل کی‌ام‌وی با مدل آلتمن مقایسه شده است [۲].

۳. روش تحقیق

۳-۱. جامعه آماری، نمونه و قلمرو تحقیق

قلمرو تحقیق حاضر به لحاظ موضوعی در حوزه مدلهای اندازه‌گیری ریسک اعتباری است. قلمرو زمانی تحقیق نیز شامل سالهای ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ می‌شود. قلمرو مکانی آن نیز شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است که در این بازه زمانی از بانکهای ایرانی تسهیلات اعتباری دریافت کرده‌اند. در وهله اول کلیه مشتریان حقوقی که از بانکهای ایرانی تسهیلات اعتباری دریافت نموده‌اند، جامعه آماری این تحقیق را تشکیل می‌دهند. با توجه به ماهیت مدل کی‌ام‌وی، در اصل باید گفت جامعه آماری این تحقیق شامل شرکتهای پذیرفته شده در بازار بورس اوراق بهادار تهران می‌شود که سهام آنها در این بازار مورد معامله قرار می‌گیرد. تعداد شرکتهای پذیرفته شده تا پایان سال ۱۳۸۷ بالغ بر ۴۴۸ شرکت است. انتخاب اعضای نمونه نهایی طی دو مرحله به شرح زیر انجام شد:

مرحله اول: حذف شرکتهایی که سهام آنها برای اولین بار در طی دوره مورد مطالعه (۱۳۸۶ تا ۱۳۸۷) عرضه شده بود. این کار به دو دلیل صورت گرفته است:

۱. پذیرش سهام این شرکتها در بورس بیشتر از نیمه دوم سال به بعد بود. بنابراین داده‌های این شرکتها برای بررسی و استخراج متغیرهای مورد مطالعه تحقیق کامل نبود.

۲. قیمت سهام شرکتهای تازه پذیرفته شده در بورس دارای نوسانات غیرطبیعی است که به عملکرد کلی بازار ارتباط چندانی ندارد، بلکه به ناموزن بودن سازوکار عرضه و تقاضا مربوط است. بنابراین از آنجا که در این تحقیق به دنبال پیش‌بینی احتمال نکول شرکتها بر اساس عملکرد واقعی قیمت سهام هستیم، بهتر است که شرکتهای جدیدالورود را از محدوده نمونه خارج کنیم. با حذف شرکتهای تازه پذیرفته شده در طی سالهای مورد بررسی از ۴۳۰ شرکت، ۳۸۰ شرکت به عنوان شرکتهای دارای شرایط اولیه برای بررسیهای بعدی انتخاب شدند.

مرحله دوم: حذف شرکتهای دارای وقفه معاملاتی بیش از دو ماه از میان شرکتهایی که از مرحله اول باقی مانده‌اند. پس از این مرحله ۹۰ شرکت به عنوان عضو نمونه نهایی انتخاب شدند. دلیل اجرای مرحله دوم هم این است که اگر نماد شرکتی برای مدتی طولانی بسته باشد، اولاً عوامل مربوط به آن سهم قابلیت مقایسه با سهامی که به طور مداوم

مورد معامله قرار گرفته ندارد و ثانیاً عوامل برآوردی آن از قبیل معیارهای ریسک از نظر آماری چندان معنادار نخواهد بود [۳].

برای تعیین حجم نمونه مناسب از فرمول تعداد نمونه برای یک جامعه محدود استفاده شده است که در نهایت ۴۰ شرکت جهت اجرای مدل انتخاب گردید. نمونه‌گیری از جامعه آماری به صورت تصادفی ساده انجام شده است [۱].

تحقیق حاضر به لحاظ هدف، از نوع «کاربردی» و به لحاظ ماهیت، از نوع «کمی» است. از آنجا که سعی می‌شود بر اساس نتایج حاصل از تحقیق، پیش‌بینی در مورد ریسک اعتباری صورت گیرد، می‌توان گفت این تحقیق از نوع «آینده‌نگر» است. از نظر نحوه گردآوری اطلاعات، این تحقیق از نوع «آزمایشی» است، زیرا تأثیر متغیرهای مستقلی مانند ارزش سهام شرکت، نوسان ارزش سهام و... بر متغیر وابسته نکول مشتری سنجیده می‌شود و بر اساس آن پیش‌بینی نکول صورت می‌گیرد. داده‌های لازم برای اجرای مدل تحقیق از طریق سایتها و نرم‌افزارهای تخصصی بازار سهام گردآوری شده است. این داده‌ها شامل قیمت‌های سهام، تعداد سهام، سود تقسیمی، افزایش سرمایه‌ها، ارزش دفتری بدهیها و سایر اطلاعات مربوط به شرکتها در بازه زمانی اجرای مدل و نیز مقادیر شاخص بازار سهام طی این دوره است. داده‌های مربوط به نکول واقعی شرکتها نیز از طریق یادداشتهای همراه صورتهای مالی استخراج شده است. پس از جمع‌آوری داده‌های مربوط به شرکت‌های بورسی، سازماندهی و خلاصه کردن داده‌ها از طریق نرم‌افزار اکسل انجام شده است. برای اجرای مدل و محاسبه احتمالات نکول نیز از نرم‌افزار اکسل به همراه برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک برای برنامه‌های کاربردی (VBA) استفاده گردیده است. آزمون فرضیه‌ها و تحلیل‌های آماری مربوط به تحقیق نیز به کمک نرم‌افزار SPSS صورت گرفته است.

۲-۳. فرضیه‌های تحقیق

۱. «بین احتمال نکول محاسبه شده توسط مدل کی‌ام‌وی برای شرکت‌های خوش حساب و بدحساب اختلاف وجود دارد».

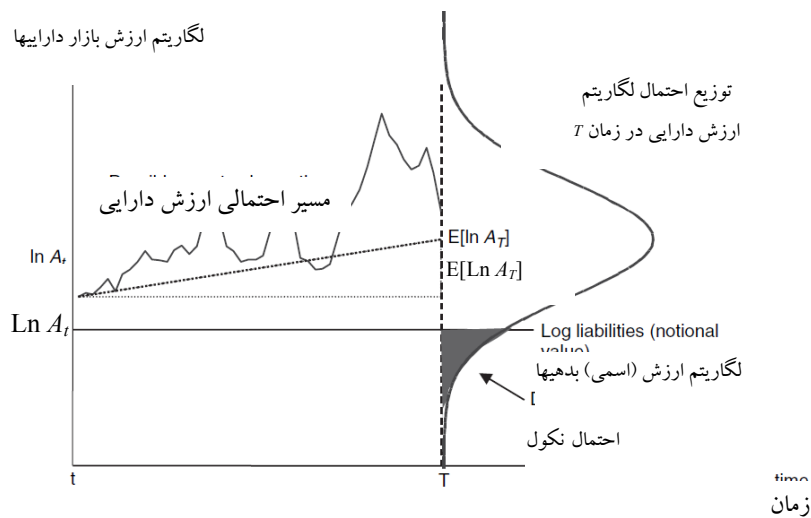
۲. «بین نتایج پیش‌بینی مدل کی‌ام‌وی با وضعیت نکول واقعی مشتریان حقوقی دریافت‌کننده تسهیلات از بانکهای ایرانی ارتباط وجود دارد».

۳. «می‌توان از مدل کی‌ام‌وی برای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقوقی دریافت‌کننده تسهیلات از بانکهای ایرانی استفاده کرد».

۳-۳. تشریح فرایند محاسبه احتمال نکول

ارزش داراییهای شرکت وابسته به ارزش جریانهای نقدی حاصل از داراییها در آینده است. بدهیها و حقوق صاحبان سهام بیانگر مجموع ادعا روی داراییهای شرکت است و در این میان بدهیها از اولویت بیشتری برخوردار است و صاحبان سهام، باقیمانده ارزش شرکت را دریافت می‌کنند. فرض اصلی مدل‌های ساختاری این است که نکول زمانی رخ می‌دهد که ارزش داراییهای شرکت برای بازپرداخت بدهیهای شرکت کافی نباشد. در مدل اولیه مرتون (۱۹۷۴) بدهیهای شرکت، تنها متشکل از یک اوراق قرضه بدون کوپن با ارزش اسمی L و سررسید T است. هیچ‌گونه پرداختی قبل از زمان T انجام نمی‌شود و سهامداران تا زمان T منتظر می‌مانند و آنگاه در مورد نکول یا بازپرداخت بدهی تصمیم می‌گیرند. بر این اساس احتمال نکول عبارت است از این که در زمان T ارزش داراییها کمتر از ارزش بدهیها باشد [۲۵]. می‌توان ارزش بدهیهای شرکت را از طریق ترازنامه آن مشخص نمود. برای محاسبه احتمال نکول باید توزیع احتمال ارزش دارایی در سررسید را تعیین نماییم (نگاره ۱).

نگاره ۱. احتمال نکول در مدل مرتون



در ادبیات ریسک اعتباری، معمولاً از اصطلاح فاصله تا نکول (DD) استفاده می‌کنند که بیانگر تعداد انحراف معیارهایی است که ارزش مورد انتظار دارایی در سررسید (A_T) از نقطه نکول فاصله دارد. بنابراین می‌توان نوشت:

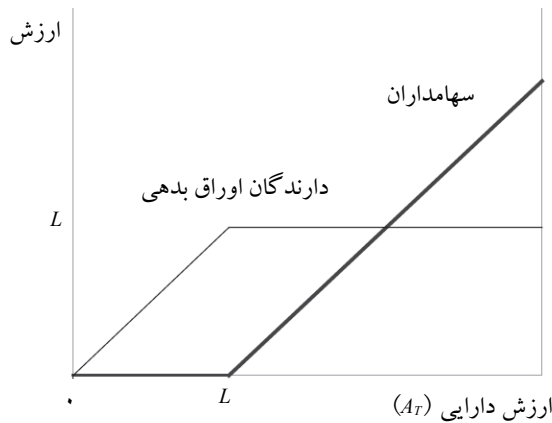
$$DD = \frac{\ln A_t + (\mu - \frac{\sigma^2}{2})(T-t) - \ln L}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$$\Rightarrow \text{Prob (Default)} = \Phi(-DD) \quad (1)$$

A_t ارزش بازار داراییها در زمان t ، L ارزش بدهیها در زمان t ، μ نرخ تکانه و σ نوسان سالانه لگاریتم ارزش دارایی است. ارزش بازار داراییهای شرکت به طور مستقیم قابل مشاهده نیست و تنها ارزش دفتری آنها قابل مشاهده است. بنابراین مقدار A_t را برای قرار دادن در معادله ۱ نخواهیم دانست. به علاوه نمی‌توانیم از مقادیر مشاهده شده ارزش دارایی برای تخمین انحراف معیار ارزش دارایی (σ) استفاده کنیم.

نظریه قیمت گذاری اختیار معامله بین متغیرهای قابل مشاهده و غیرقابل مشاهده (A_t, σ) رابطه برقرار می‌کند. برای شرکتهای سهامی عام، ارزش بازار سهام قابل مشاهده است و از حاصل ضرب قیمت سهام در تعداد سهام در دست سهامداران به دست می‌آید. رابطه بین ارزش سهام و ارزش داراییها در سررسید چنین است: تا زمانی که ارزش داراییها کمتر از ارزش بدهیها باشد، ارزش سهام صفر خواهد بود و همه داراییها به طلبکاران می‌رسد. اما اگر ارزش داراییها بیش از ارزش اسمی بدهی باشد، سهامداران ارزش باقی مانده را دریافت خواهند کرد و دریافتی آنها به موازات افزایش ارزش داراییها، بیشتر خواهد شد (نگاره ۲).

نگاره ۲. دریافتی سهامداران و دارندگان اوراق بدهی در سررسید



به لحاظ ریاضی می توان گفت دریافتی سهامداران چنین است:

$$E_T = \text{Max}(0, A_T - L) \quad (2)$$

این عبارت بازده اختیار خرید اروپایی را نشان می دهد که دارایی پایه آن، داراییهای شرکت و قیمت توافقی آن نیز برابر با L است. بازده دارندگان اوراق بدهی نیز همانند پرتفویی متشکل از اوراق قرضه بدون کوپن و بدون ریسکی با ارزش اسمی L و نیز اختیار فروش روی داراییهای شرکت با قیمت توافقی L است.

اگر فرض کنیم شرکت سود تقسیمی پرداخت نکند، با استفاده از فرمول بلک-شولز [۱۰ و ۵] برای قیمت گذاری اختیار خرید، می توان ارزش سهام را تعیین نمود:

$$E_t = A_t \cdot \Phi(d_1) - L e^{-r(T-t)} \Phi(d_2) \quad (3)$$

$$d_1 = \frac{\ln \frac{A_t}{L} + (r + \frac{\sigma^2}{2})(T-t)}{\sigma \sqrt{T-t}} \quad \text{که در آن}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T-t} \quad (4)$$

r بیانگر نرخ بازده بدون ریسک و Φ بیانگر توزیع نرمال تجمعی است. مسئله تعیین ارزش دارایی (A_t) و نوسان ارزش دارایی (σ) را در نظر می گیریم. اکنون معادله ای داریم که یک مقدار معلوم (ارزش سهام) را به دو مقدار مجهول مرتبط می کند (σ از طریق معادلات ۴ وارد معادله ۳ می شود). ولی فقط یک معادله داریم با دو مجهول. برای حل این معادله چند شیوه وجود دارد که در اینجا از دو شیوه «تکرار» و «دو معادله» استفاده می کنیم و مقدار کمتر برای فاصله تا نکول و مقدار بیشتر برای احتمال نکول را در نظر می گیریم [۲۵].

قیمتهای سهام هر شرکت در بازه زمانی مورد مطالعه برای ۳۹۰ روز معاملاتی در نظر گرفته شده است. در تاریخهایی که نماد شرکت به هر دلیل بسته بوده، قیمتها به روش «هموارسازی» استخراج گردیده است. در این روش ابتدا بین دو زمان t و $t+n$ (که قیمت سهام در دسترس نیست)، بازده سهام از فرمول زیر محاسبه می شود:

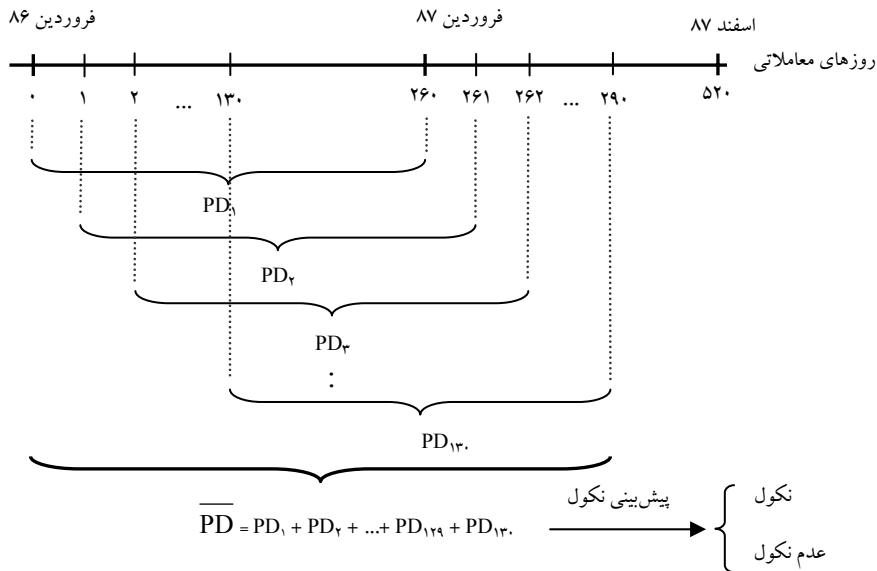
$$\mu = \sqrt[n]{\frac{P_{t+n}}{P_t}} - 1 \quad (5)$$

سپس قیمت سهام برای روز i ام ($i = 1, 2, \dots, n$) طی n روزی که قیمت در دسترس نیست، از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$P_{t+i} = P_t(1 + \mu)^i \quad (۶)$$

پس از کامل شدن سری زمانی قیمت سهام، این مقادیر به همراه شاخص کل بازار، تعداد سهام در دست سهامداران، میزان بدهیها و نرخ بازده بدون ریسک، به عنوان ورودیهای مدل مشخص می‌شوند. سپس فاصله تا نکول و احتمال نکول از هر دو روش مذکور محاسبه و آن‌گاه مقدار کمتر برای فاصله تا نکول و مقدار بیشتر برای احتمال نکول در نظر گرفته شده است. مقادیر فاصله تا نکول و احتمال نکول مربوط به هر شرکت برای یک دوره شش ماهه از ابتدا تا نیمه سال ۱۳۸۷ محاسبه شده است. اولین احتمال نکول محاسبه شده مربوط به دوره یک ساله (سال ۱۳۸۶) می‌باشد. احتمال نکول بعدی با اضافه کردن یک روز معاملاتی به انتهای داده‌های اولیه و کاستن یک روز معاملاتی از انتهای داده‌ها محاسبه شده است. بدین ترتیب ۱۳۰ مقدار برای فاصله تا نکول و ۱۳۰ مقدار هم برای احتمال نکول محاسبه شده است. پس از محاسبه این مقادیر، میانگین هر یک به عنوان شاخص پیش‌بینی ریسک اعتباری در نیمه دوم سال ۱۳۸۷ در نظر گرفته شده و با نکول یا عدم نکول رخ داده در واقعیت مقایسه شده است. این رویه در نگاره ۳ ترسیم شده است.

نگاره ۳. رویه محاسبه احتمالات نکول برای یک شرکت خاص



آنچه به عنوان معیار نکول واقعی شرکت لحاظ شده است، داشتن بدهی‌هایی است که حداقل دو ماه از تاریخ بازپرداخت اقساط آن گذشته باشد و هنوز بازپرداخت نشده باشد (بدهی‌های سررسید گذشته طبق تعریف بانک مرکزی ایران). این تعریف بدهی‌های معوق و مشکوک‌الوصول را نیز در برخواهد گرفت. وقوع نکول در واقعیت را به صورت متغیر صفر و یک تعریف کرده‌ایم و با استفاده از آزمون ناپارامتریک استقلال کای مربع، قدرت پیش‌بینی مدل را در تخمین احتمال نکول و تطابق آن با واقعیت سنجیده‌ایم. لازم به ذکر است داده‌های به کار رفته برای پیش‌بینی مربوط به دوره پیش از نکول واقعی است.

در مدل کی‌ام‌وی به جای احتمال نکول، از «فراوانی مورد انتظار نکول» (EDF) استفاده می‌شود. در این مدل، خروجی مدل مرتون بر اساس داده‌های تاریخی نکول تعدیل می‌شود. در مدل کی‌ام‌وی از پایگاه داده‌ای نکول برای تطبیق احتمالات نکول محاسبه شده توسط مدل با مقادیر واقعی از احتمالات نکول استفاده می‌شود. به همین دلایل مقادیر «فراوانی مورد انتظار نکول» معمولاً از احتمالات نکول محاسبه شده توسط روش‌های قبلی بیشتر است. در مدل کی‌ام‌وی، استخراج احتمال نکول طی سه مرحله انجام می‌شود [۹]:

۱. برآورد ارزش بازار و نوسان (انحراف معیار) داراییهای شرکت

۲. محاسبه فاصله تا نکول که شاخصی از ریسک اعتباری است

۳. مرتبط کردن فاصله تا نکول به احتمالات نکول با استفاده از یک پایگاه داده‌ای

هرچند در نظر گرفتن مقدار مجموع بدهیهای کوتاه‌مدت به اضافه کسری از بدهیهای بلندمدت به جای کل بدهیها، به طور متوسط کیفیت «فراوانی نکول مورد انتظار» را افزایش می‌دهد، ولی ممکن است منجر به تخمین کمتر از حد احتمال نکول شود. از این رو در این تحقیق کل بدهیها به عنوان نقطه نکول تعریف شده است. به علاوه به خاطر وجود معاملات زیر خط ترازنامه نیز ممکن است بدهیها کامل منعکس نشود. استفاده از کل بدهیها این انحراف را نیز تا حدی تصحیح می‌کند. با توجه به عدم وجود پایگاه داده‌ای بزرگی در مورد نکول شرکتها در کشور ما، امکان مرتبط کردن «فراوانی مورد انتظار نکول» با فاصله تا نکول وجود ندارد و از مرحله محاسبه احتمال نکول نمی‌توان فراتر رفت.

۳-۴. آزمون‌های آماری تحقیق

در این تحقیق، سه آزمون آماری انجام شده است که آزمون اول برای استخراج خود مدل و آزمونهای دوم و سوم نیز برای بررسی صحت فرضیه‌های تحقیق صورت گرفته است [۱]:

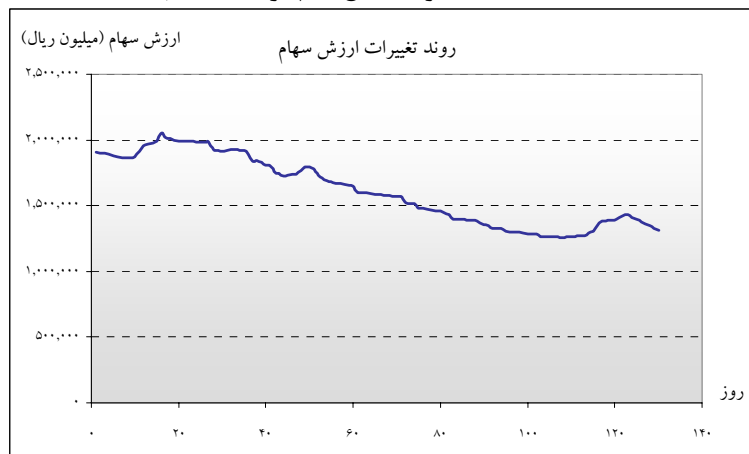
- ۱- آزمون معناداری ضرایب رگرسیون در مدل CAPM
- ۲- آزمون آماری مقایسه میانگین احتمال نکول بین دو گروه
- ۳- آزمون استقلال برای بررسی رابطه بین نتایج مدل با نکول واقعی شرکتها

۴. یافته‌های تحقیق

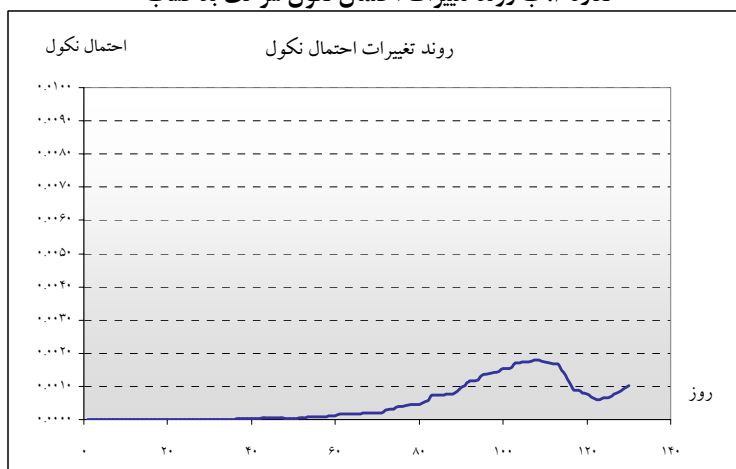
در این تحقیق، فاصله تا نکول و احتمال نکول از دو روش «تکرار» و «دو معادله» برای ۱۳۰ روز محاسبه شده است و میانگین مقادیر به دست آمده برای پیش‌بینی نکول استفاده شده است. هم‌چنین از بین نتایج دو روش، مقدار کمتر فاصله تا نکول و مقدار بیشتر احتمال نکول در نظر گرفته شده است. در بین ۴۰ شرکتی که مدل در مورد آنها اجرا شده است، ۱۵ شرکت مانده معوق تسهیلات نداشته‌اند (شرکتهای خوش حساب) و ۲۵ شرکت نیز دارای مانده معوق تسهیلات بوده‌اند (شرکتهای بدحساب).

نتایج مربوط به اجرای مدل کی‌ام‌وی برای یک شرکت بدحساب نشان می‌دهد که طی یک دوره ۱۳۰ روزه، ارزش سهام و ارزش داراییهای شرکت کاهش یافته است. به علاوه شاخص فاصله تا نکول در مورد این شرکت کاهش و احتمال نکول نیز افزایش یافته است. نگاره‌های ۴-الف و ۴-ب روند تغییرات ارزش سهام و احتمال نکول شرکت بدحساب را طی دوره ۱۳۰ روزه نشان می‌دهند.

نگاره ۴. الف روند تغییرات ارزش سهام شرکت بدحساب



نگاره ۴. ب روند تغییرات احتمال نکول شرکت بدحساب



فاصله تا نکول و احتمال نکول شرکت بدحساب برای روز آخر با توجه متغیرها و مقادیر موجود در جدول ۲ به دست آمده است (این مقادیر بر اساس داده‌های ۲۶۱ روزه از روز ۲۶۱ تا روز ۳۹۰ محاسبه شده است).

جدول ۲. مقادیر استفاده شده برای محاسبه فاصله تا نکول و احتمال نکول شرکت بدحساب در روز آخر

متغیر	روش اول	روش دوم
ارزش دارایی (میلیون ریال)	۴,۱۹۵,۵۰۷	۴,۱۹۵,۵۰۷
نوسان ارزش دارایی	۱۱/۵۶ درصد	۵/۴۶ درصد
نرخ تکانه بازده دارایی	۱۵/۷۴ درصد	۱۵/۷۴ درصد
ارزش دفتری بدهیها (میلیون ریال)	۳,۴۱۵,۷۶۷	۳,۴۱۵,۷۶۷
فاصله تا نکول	۴/۳۴	۸/۱
احتمال نکول	۰/۱۰۲۹۵ درصد	۰/۰۰۰۰۰۰ درصد

نتایج اجرای مدل کی ام وی برای دو گروه شرکتهای خوش حساب و بدحساب در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. احتمالات نکول حاصل از اجرای مدل کی‌ام‌وی به تفکیک شرکتهای خوش حساب و بدحساب

شرکتهای خوش حساب		شرکتهای بدحساب			
$1/93986 \times 10^{-4}$	۱	۰/۰۰۸۹۲۳	۱۴	$1/05 \times 10^{-9}$	۱
$1/83246 \times 10^{-5}$	۲	۰/۰۱۳۸۴۸	۱۵	$6/46 \times 10^{-6}$	۲
$1/85924 \times 10^{-4}$	۳	۰/۰۱۸۳۰۳	۱۶	$1/38 \times 10^{-5}$	۳
$2/10351 \times 10^{-3}$	۴	۰/۰۲۴۹۷۸	۱۷	$1/81 \times 10^{-5}$	۴
$1/33903 \times 10^{-19}$	۵	۰/۰۴۵۵۹۲	۱۸	$9/03 \times 10^{-5}$	۵
$5/85034 \times 10^{-15}$	۶	۰/۰۵۹۹۸۹	۱۹	۰/۰۰۰۱۶	۶
$1/29519 \times 10^{-14}$	۷	۰/۰۶۸۴۸۸	۲۰	۰/۰۰۰۵۵۵	۷
$3/58286 \times 10^{-14}$	۸	۰/۰۹۷۵۰۸	۲۱	۰/۰۰۱۵۹۵	۸
$6/87391 \times 10^{-10}$	۹	۰/۱۰۱۴۴۸	۲۲	۰/۰۰۱۷۸۵	۹
$1/16052 \times 10^{-9}$	۱۰	۰/۱۲۵۶۹۱	۲۳	۰/۰۰۱۸۱۸	۱۰
$3/34038 \times 10^{-9}$	۱۱	۰/۱۶۱۸۹۶	۲۴	۰/۰۰۲۹۸۹	۱۱
$3/48424 \times 10^{-7}$	۱۲	۰/۲۲۵۶۵۲	۲۵	۰/۰۰۵۷۳۱	۱۲
$6/69132 \times 10^{-6}$	۱۳			۰/۰۰۶۶۵۵	۱۳
۰/۰۰۰۱۶۴۵۷	۱۴				
۰/۰۰۴۳۷۵۵۷	۱۵				

جدول ۴ نیز اطلاعات آماری مربوط به محاسبه متغیرها را به تفکیک دو گروه نشان می‌دهد.

جدول ۴. شاخصهای آماری محاسبه شده در دو گروه شرکتهای خوش حساب و بدحساب

گروه	تعداد	دامنه	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	میانگین	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کجی
خوش حساب	۱۵	۰/۰۰۴۳۷۵	$1/939 \times 10^{-4}$	۰/۰۰۴۳۷۵	۰/۰۰۰۳۰۳	۰/۰۰۱۱۲۷	۰/۰۰۰۰۰۱	۱۴/۹۴۷	۳/۸۶۳
بدحساب	۲۵	۰/۲۲۵۶۵۲	$1/047 \times 10^{-9}$	۰/۲۲۵۶۵۲	۰/۰۳۸۹۴۹	۰/۰۶۰۰۳۲	۰/۰۰۳۶۰۳	۲/۹۹۴	۱/۸۳۴

مقدار چولگی مثبت و نسبتاً زیاد در دو گروه نشان‌دهنده تمرکز بیشتر داده‌ها در مقادیر کمتر از میانگین است.

۴-۱. آزمون معنی‌داری ضرایب رگرسیون در مدل CAPM
 رگرسیون برآوردی برای مدل CAPM با استفاده از داده‌های مربوط به ارزش سهام و شاخص کل بورس طی دوره مورد مطالعه به صورت زیر است [۴]:

$$E[R_i] = 0.112 + 0.007\beta_i$$

با استفاده از نرم افزار SPSS، استنباط آماری در خصوص پارامترهای رگرسیون انجام شده است. آزمون ضرایب رگرسیون در تخمین مدل CAPM نشان می دهد که ضرایب از معناداری برخوردار است. این آزمون با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شده است. نتایج در جدول ۵ مشاهده می شود [۱].

جدول ۵. آزمون معناداری ضرایب رگرسیون در مدل CAPM با استفاده از نرم افزار SPSS

Model Summary					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.629	.52	.519	.03679	1.987

Predictors: (Constant), Beta
Dependent Variable: Expected Return

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.112	.002		5553	.000
	Beta	.007	.003	.139	2.46	.014

نتایج حاصل نشان می دهد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ضرایب رگرسیون از معناداری برخوردار است. مقدار آماره دورین- واتسون (DW) هم نشان می دهد که تابع تخمین زده شده خودهمبستگی ندارد. بنابراین ضریب β_i در معادله رگرسیون را به عنوان صرف ریسک بازار در نظر گرفته ایم و از آن برای محاسبه نرخ تکانه جهت تخمین احتمال نکول استفاده کرده ایم (گرچه مقدار نرخ تکانه تأثیر چندانی در نتایج به دست آمده برای احتمال نکول ندارد). لازم به ذکر است پایین بودن صرف ریسک بازار تا حد زیادی مربوط به عدم کارایی بازار سرمایه ایران و نامتقارن بودن اطلاعات در این بازار است. علت دیگری که می توان برای این موضوع ذکر کرد، روند نزولی شاخص کل بورس در نیمه دوم سال ۱۳۸۷ پس از وقوع بحران مالی در جهان است که موجب شده بازده مورد انتظار بازار خیلی از بازده بدون ریسک بالاتر نباشد.

۴-۲. آزمون آماری مقایسه میانگین احتمال نکول بین دو گروه

اگر PD_h را میانگین احتمال نکول برای شرکتهای خوش حساب و PD_d را میانگین احتمال نکول برای شرکتهای بد حساب تعریف کنیم، فرضیه مورد نظر در اینجا چنین است: بین

احتمال نکول محاسبه شده توسط مدل کی‌ام‌وی برای شرکت‌های خوش‌حساب و شرکت‌های بدحساب تفاوت معناداری وجود دارد. واضح است که زمانی تفاوت، قابل قبول است که احتمال نکول شرکت‌های بدحساب بیشتر از شرکت‌های خوش‌حساب باشد. بنابراین فرض صفر و فرض مخالف به صورت زیر تعریف می‌شود [۱]:

$$\begin{cases} H_0 : PD_d - PD_h \leq 0 \\ H_1 : PD_d - PD_h > 0 \end{cases}$$

خروجی نرم‌افزار SPSS (جدول ۶) نشان می‌دهد در سطح اطمینان ۹۵ درصد فرض صفر (نقیض ادعا) رد می‌شود و فرض مخالف که همان فرضیه اصلی است، تأیید می‌شود. بنابراین با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان گفت که میانگین احتمال نکول شرکت‌های خوش‌حساب کمتر از میانگین احتمال نکول شرکت‌های بدحساب است.

جدول ۶. آزمون مقایسه میانگین احتمال نکول بین دو گروه با استفاده از نرم‌افزار SPSS

Equal variances not assumed	Equal variances assumed			
	21.839	F		Levene's Test for Equality of Variances
	.000	Sig.		
	2.480	t		t-test for Equality of Means
	38	df		
.004	.018	Sig. (2-tailed)		
.038646159	.038646159	Mean Difference		
.012010082	.015583365	Std. Error Difference		
.013860107	.007099285	Lower	95% Confidence Interval of the Difference	
.063432211	.070193033	Upper		

۳-۴. آزمون استقلال کای مربع

برای انجام این آزمون، احتمالات به دست آمده از مدل کی ام وی به چهار طبقه مختلف دسته بندی شده اند. فرضیه مورد نظر در اینجا چنین تعریف می شود: بین نتایج حاصل از پیش بینی مدل کی ام وی با وضعیت نکول واقعی مشتریان حقوقی دریافت کننده تسهیلات از بانکهای ایرانی ارتباط وجود دارد. اگر α احتمال نکول پیش بینی شده توسط مدل (متغیر کمی پیوسته) و y وقوع نکول در واقعیت (متغیر کیفی اسمی) باشند، آنگاه فرض صفر و فرض مخالف به صورت زیر تعریف می شود [۱]:

$$\begin{cases} H_0 : \text{Cov}(x, y) = 0 \\ H_1 : \text{Cov}(x, y) \neq 0 \end{cases}$$

برای محاسبه آماره آزمون، ابتدا فراوانی های مورد انتظار را محاسبه می کنیم؛

طبقه اعتباری \ گروه	خوش حساب	بد حساب	جمع
[۰-۰/۰۵۶۴۱۳)	۱۵ (۱۲/۳۷۵)	۱۸ (۲۰/۶۲۵)	۳۳
[۰/۰۵۶۴۱۳-۰/۱۱۲۸۲۶)	۰ (۱/۲۵)	۴ (۱/۲۵)	۴
[۰/۱۱۲۸۲۶-۰/۱۶۹۲۳۹)	۰ (۰/۷۵)	۲ (۱/۲۵)	۲
[۰/۱۶۹۲۳۹-۰/۲۲۵۶۵۲]	۰ (۰/۷۵۳)	۱ (۰/۶۲۵)	۱
جمع	۱۵	۲۵	۴۰

مقدار به دست آمده برای آماره آزمون برابر است با:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(F_{oi} - F_{ei})^2}{F_{ei}} = \frac{(15 - 12/375)^2}{12/375} + \dots + \frac{(1 - 0/625)^2}{0/625} = 10/24$$

مقدار بحرانی بر حسب $\alpha = 0/05$ و $d.f = (4-1)(2-1) = 3$ محاسبه می شود. پس:

$$\chi^2_{0/05, 3} = 7/814$$

مقایسه مقدار بحرانی (۷/۸۱۴) با آماره آزمون (۱۰/۲۴) نشان می دهد که آماره آزمون در ناحیه H_1 قرار می گیرد. پس در سطح اطمینان ۹۵ درصد فرضیه استقلال نکول محاسبه شده توسط مدل کی ام وی و نکول واقعی رد می شود و فرض مخالف که همان فرضیه اصلی است، تأیید می شود. بنابراین با اطمینان ۹۵ درصد می توان گفت که بین نتایج حاصل از پیش بینی مدل کی ام وی با وضعیت نکول واقعی مشتریان حقوقی دریافت کننده

تسهیلات از بانکهای ایرانی ارتباط وجود دارد. با توجه به تأیید فرضیات اول و دوم تحقیق، فرضیه سوم تحقیق نیز تأیید می‌شود.

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله دقت مدل ساختاری کی‌ام‌وی در پیش‌بینی ریسک اعتباری مشتریان حقوقی دریافت‌کننده تسهیلات از بانکهای ایرانی مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور نمونه‌ای از شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی سالهای ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ جهت اجرای مدل انتخاب شدند. فرضیات تحقیق پس از اجرای مدل مورد آزمون قرار گرفت و در سطح اطمینان بالا (۹۵ درصد) تأیید شد. در مجموع نتایج حاصل از آزمون فرضیات تحقیق نشان داد که این مدل قابلیت پیش‌بینی نکول مشتریان و تفکیک بین مشتریان خوش حساب و بد حساب را دارد و می‌توان از آن به منظور رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقوقی دریافت‌کننده تسهیلات از بانکهای ایرانی استفاده کرد.

۶. محدودیت‌های تحقیق

برخی مشکلات و محدودیتهای پیش‌روی این تحقیق عبارتند از:

- دشواری دسترسی به داده‌های لازم برای اجرای مدل به دلایلی از قبیل وقفه‌های معاملاتی طولانی، محرمانه بودن برخی داده‌های مربوط به نکول شرکتهای و ...
- نبود پایگاه داده‌ای کافی برای منطبق کردن احتمالات نکول با فراوانی مورد انتظار نکول.
- عدم وجود تعداد کافی شرکتهای در هر صنعت به منظور تفکیک نتایج بر حسب صنعت.
- مشخص نبودن نرخ بازده بدون ریسک واقعی که ممکن است در نتایج مدل، انحراف ایجاد کند.

۷. پیشنهادهای تحقیق

با توجه به تأثیر اندک نرخ تکانه در مدل کی‌ام‌وی در تحقیق حاضر از مدل CAPM جهت تخمین این متغیر استفاده شد. ولی می‌توان از دیگر مدل‌های قیمت‌گذاری نیز بدین منظور استفاده کرد. در صورت وجود اطلاعات لازم می‌توان مدل کی‌ام‌وی را برای پیش‌بینی ریسک اعتباری مشتریان حقیقی نیز استفاده کرد. هم‌چنین در صورت وجود تعداد نمونه کافی، می‌توان نتایج این مدل را به تفکیک صنایع مختلف ارزیابی کرد. با توجه به

پیشرفتهای روزافزون در عرصه فناوری اطلاعات می‌توان از شبیه‌سازی قیمت سهام در آینده جهت استفاده در مدل کی‌ام‌وی نیز بهره گرفت. به علاوه امکان اجرای مدل‌های ساختاری برای پرتفوی تسهیلات بانکی و تخمین زیان مورد انتظار، زیان غیرمنتظره جهت برآورد سرمایه اقتصادی وجود دارد. با توجه به محدودیت مهم پیش روی این تحقیق از جهت نبودن پایگاه داده‌ای در زمینه نکول شرکتها، پیشنهاد می‌شود در حوزه اجرایی نیز پایگاه داده‌ای منسجم و کاملی در مورد نکول شرکتها تشکیل شود، گرچه برخی بسترها و اقدامات اولیه در این حوزه صورت گرفته است.

منابع

۱. آذر، عادل و مؤمنی، منصور (۱۳۸۷). آمار و کاربرد آن در مدیریت-تحلیل آماری، تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، چاپ یازدهم.
۲. افشار، منیژه (۱۳۸۶). کاربرد مدل کی‌ام‌وی در پیش‌بینی ورشکستگی بانکها و مؤسسات اعتباری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
۳. تهرانی، رضا، گودرزی، مصطفی و مرادی، هادی (۱۳۸۷). «ریسک و بازده: آزمون مدل CCAPM در مقایسه با مدل CAPM در بورس اوراق بهادار تهران»، تحقیقات اقتصادی، سال سوم، شماره ۴۳.
۴. راعی، رضا و تلنگی، احمد (۱۳۸۳). مدیریت سرمایه‌گذاری پیشرفته، تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، چاپ اول.
۵. راعی، رضا و سعیدی، علی (۱۳۸۵). مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک، تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، چاپ اول.
۶. فلاح شمس، میرفیض و رشنو، مهدی (۱۳۸۸). مدیریت ریسک اعتباری، تهران، انتشارات ترمه، چاپ اول.
7. Altman, E.I. (1993). Corporate financial distress and bankruptcy: a complete guide to predicting and avoiding distress and profiting from bankruptcy, Wiley finance edition, Hoboken, New Jersey.
8. Anderson, R. W., Sundaresan, S. and Tychon, P. (1966). "Strategic analysis of contingent claims", European Economic Review, 40, 871-81.
9. Bharath, S. T. and Shumway, T., (2005). "Forecasting default with the KMV-Merton model", Working Paper, University of Michigan.

10. Black, F, and Scholes, M. (1973). "The pricing of options and corporate liabilities", *Journal of Political Economy*, 81, pp 637–654.
11. Black, F., and Cox, J. C. (1976). "Valuing corporate securities: some effects of bond indenture provisions", *Journal of Finance*, 31, 351–67.
12. Charitou, A. and Trigeorgis, L. (2006). "The probability of intermediate default in explaining financial distress: an option-based approach", Working Paper, University of Cyprus.
13. Collin-Dufresne, P. and Goldstein, R. (2001) "Do credit spreads reflect stationary leverage ratios?", *Journal of Finance*, 56, 1929–57.
14. Crosbie P. and J. Bohn (2002). "Modeling Default Risk", KMV.
15. Crouhy, M, Galai, D, and Mark, R. (2000). "A comparative analysis of current credit risk model", *Journal of Banking & Finance*, 24, pp 59-117.
16. Crouhy, M., Galai, D., and Mark, R. (2001). *Risk Management*, New York: McGraw-Hill.
17. Eom, Y. H., J. Helwege, et al. (2004). "Structural models of corporate bond pricing: An empirical analysis", *Review of Financial Studies* 17(2): 499-544.
18. Goldstein, R., Ju, N. and Leland, H. (2001) "An EBIT-based model of capital structure", *Journal of Business*, 74(4), 483–512.
19. Hillegeist, S., Keating, E., Cram, D. and Lundstedt, K. (2004) "Assessing the probability of bankruptcy", *Review of Accounting Studies*, 9(1), 5–34.
20. Huang, J. and Huang, M. (2003). "How much of the corporate-treasury yield spread is due to credit risk", Working Paper, Penn State University.
21. Jones, S. and Hensher, D.A. (2008). *Advances in Credit Risk Modeling*, Cambridge University Press.
22. Kealhofer, S. and Kurbat, M. (2001). "The Default Prediction Power of the Merton Approach, Relative to Debt Ratings and Accounting Variables", KMV.
23. KMV Corporation (1997). "Modeling Default Risk (Technical Document)", <http://www.kmv.com>.
24. Leland, H. E. (1994). "Corporate debt value, bond covenants, and optimal capital structure", *Journal of Finance*, 49, 1994, 987–1019.

25. Löffler, G., & Posch, P. N. (2007). *Credit risk modeling using Excel and VBA*, Chichester, England ; Hoboken, NJ: Wiley.
26. Longstaff, F. and Schwartz, E. (1995). "Valuing risky debt: a new approach", *Journal of Finance*, 50, 789–820.
27. Mella-Barral P., and Perraudin W. (1997). "Strategic debt service", *Journal of Finance*, 52(2), 531–66.
28. Merton, R. C. (1974). "On the pricing of corporate debt: the risk structure of interest rates", *Journal of Finance*, 29, 449–70.
29. Van Gestel, T., & Baesens, B. (2009). *Credit risk management: basic concepts: financial risk components, rating analysis, models, economic and regulatory capital*: Oxford University Press.
30. Vasicek, O. (1984). "Credit Valuation", KMV.