

مدل سازی قیمت گذاری اوراق بدهی قابل تبدیل مشروط (CoCo) (مطالعه موردی: بانک ملت)

مهدی کیخا*

کامران سلمانی قرایی[†]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴

چکیده

بحران مالی ۲۰۰۸ ضعف‌های ساختاری و نظارتی نظام بانکی را نمایان ساخت و به تصویب مقررات نظارتی سخت‌گیرانه‌ای همچون بازل ۳ برای کفایت سرمایه و اصلاحات ساختاری در بدهی بانک‌ها منجر شد. درحالی‌که بانک‌های بین‌المللی به رعایت این تغییرات ملزم شدند، نظام بانکی ایران همچنان فاصله بسیاری با این استانداردها دارد و با چالش‌هایی نظیر کفایت سرمایه پایین و ساختار سنتی بدهی فعالیت می‌کند که عمده‌تأثیر سپرده‌های عندالمطالبه متکی است. در گذشته، این ساختار با تحمیل تورم توانست نیازهای مالی اقتصاد را تأمین کند؛ اما اکنون ناکارآمدی آن در شرایط تورمی موجود و افزایش ناترازی نظام بانکی به‌طور فزاینده‌ای آشکار شده و باعث کاهش تاب‌آوری نظام بانکی در برابر هرگونه تکانه داخلی و خارجی شده است. به همین دلیل، نیاز به ابزارهای نوین بانکی برای افزایش استحکام مالی بانک‌ها در برابر تکانه‌های اقتصادی و افزایش پایداری منابع تأمین مالی آن‌ها در شرایط تورمی و کاهش ریسک‌های ناشی از ناترازی‌های موجود ضرورت مضاعفی پیدا کرده است. ازاین‌رو، این پژوهش با هدف بهبود کفایت سرمایه و تنوع‌بخشی به ساختار بدهی بانک‌های ایرانی و افزایش تاب‌آوری آن‌ها در برابر بحران‌های احتمالی، به مدل‌سازی ریاضی و قیمت‌گذاری اوراق بدهی قابل تبدیل مشروط (CoCo) برای بانک ملت در بازه زمانی ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳ با تواترهای شش ماهه پرداخته است. در این راستا، با استفاده از فرایندهای تصادفی همچون حرکت براونی هندسی و مدل‌های مشتقات اعتباری، از طریق تطبیق اجزای مثلث اعتباری به شبیه‌سازی رفتار پویای اوراق CoCo در شرایط مختلف مالی پرداخته شده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که انتشار

* نویسنده اول (نویسنده مسئول) کارشناس ارشد توسعه و برنامه ریزی اقتصادی، دانشگاه علامه طباطبائی،

تهران، ایران، mhdkeikha@gmail.com

[†] نویسنده دوم دانشجوی دکتری مهندسی مالی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران

kamransalmani64@gmail.com

اوراق CoCo می‌تواند تا حد زیادی کفایت سرمایه بانک‌ها را بهبود بخشد، انتقال تکانه‌های اقتصادی را کاهش دهد، و ثبات مالی را در شرایط تورمی افزایش دهد. علاوه بر این، تحلیل حساسیت متغیرهای کلیدی نشان می‌دهد که نرخ بازبایی و حداقل نرخ بهره بدون ریسک، عوامل کلیدی در قیمت‌گذاری این اوراق‌اند. این پژوهش راهکارهایی عملی برای سیاست‌گذاران پولی و بانک‌های ایرانی ارائه می‌دهد تا با بهره‌گیری از اوراق CoCo، علاوه بر افزایش تاب‌آوری در برابر بحران‌های مالی، ساختارهای بدهی خود را مدرن کنند و به استانداردهای بین‌المللی نزدیک شوند.

واژه‌های کلیدی: کفایت سرمایه، بحران بانکی، کمیته بازل ۳
طبقه‌بندی JEL: E58, E52, E51, E42

۱ مقدمه

بحران مالی ۲۰۰۸ به ورشکستگی تعداد زیادی از بانک‌ها منجر شد و دولت‌ها را مجبور کرد کمک‌های مالی پرهزینه‌ای برای نجات آن‌ها از طریق وجوه مالیات‌دهندگان ارائه دهند. این ورشکستگی‌ها نشان داد که ظرفیت جذب زیان بانک‌ها به اندازه کافی نبوده و باید تغییراتی در مقررات سرمایه آن‌ها ایجاد شود (کاند و همکاران^۱، ۲۰۲۳). از این رو برای ممانعت از تکرار چنین بحران‌هایی، مقررات جدیدی وضع شد؛ برای مثال در ایالات متحده، قانون داد-فرانک^۲ برای افزایش شفافیت و کاهش ریسک در نظام بانکی تصویب شد^۳، و در سطح جهانی توافق‌نامه‌های بازل ۳ استانداردهای سخت‌گیرانه‌تری را برای سرمایه بانک‌ها و مدیریت ریسک آن‌ها اتخاذ کرد^۴ (کرمر و تاینل^۵، ۲۰۲۲). به‌طور کلی، این مقررات بر دو رکن اصلی

¹ Kund et al.

² Dodd-Frank Act

^۳ قانون داد-فرانک در ۲۰۱۰ و به دنبال بحران مالی ۲۰۰۸ در ایالات متحده تصویب شد. این قانون با هدف کاهش ریسک‌های سیستماتیک و جلوگیری از بحران‌های مشابه، اصلاحات جامعی در نظارت و تنظیم مقررات مالی ارائه کرد. از جمله ویژگی‌های کلیدی این قانون می‌توان به ایجاد شورای نظارت بر ثبات مالی (FSOC) برای شناسایی و کاهش ریسک‌های سیستماتیک، الزام به شفافیت بیشتر در بازارهای مشتقات، و حمایت از مصرف‌کنندگان از طریق تأسیس دفتر حمایت مالی مصرف‌کننده (CFPB) اشاره کرد. همچنین، قانون داد-فرانک ترتیباتی برای مدیریت شکست موسسات مالی بزرگ بدون نیاز به استفاده از منابع مالیات‌دهندگان ایجاد کرد.

^۴ توافق‌نامه‌های بازل ۳ که توسط کمیته نظارت بانکی بازل تدوین شد، مجموعه‌ای از اصلاحات بین‌المللی در حوزه نظارت بانکی است که پس از بحران مالی ۲۰۰۸ معرفی شد. این توافق‌نامه‌ها با هدف تقویت مقاومت بانک‌ها در برابر تکان‌های اقتصادی و مالی طراحی شده‌اند. از مهم‌ترین تغییرات می‌توان به افزایش الزامات سرمایه‌ای بانک‌ها، تعریف دقیق‌تر سرمایه لایه یک و معرفی معیارهای نقدینگی؛ مانند نسبت پوشش نقدینگی (LCR) و نسبت خالص تأمین مالی پایدار (NSFR) اشاره کرد. همچنین، بازل ۳ به مدیریت ریسک تمرکز بیشتری دارد و بانک‌ها را ملزم به نگهداری سرمایه‌ای بالاتر برای مقابله با ریسک‌های سیستماتیک و غیرمنتظره می‌کند.

⁵ Kremer & Tinel

تأکید داشتند: یکی اولویت‌دادن به نجات از درون^۱ به جای نجات از بیرون^۲؛ به این معنا که زبان‌های بانک‌ها باید از طریق منابع داخلی مانند سهامداران و دارندگان اوراق قرضه جبران شود نه از منابع دولتی یا مالیات دهندگان، و دیگری الزام بانک‌ها به نگهداری سرمایه لایه یک^۳ بیشتر همانند پشتوانه‌ای برای افزایش مقاومت در برابر زیان‌های احتمالی (لیانزا و همکاران^۴، ۲۰۲۱). در واکنش به این مقررات، علاوه بر توافق‌نامه بازل ۳، مقررات الزامات سرمایه اتحادیه اروپا^۵ (CRR) و به تبع آن، دستورالعمل الزامات سرمایه^۶ (CRD) به بانک‌ها اجازه دادند بخشی از نیازهای سرمایه خود را از طریق انتشار اوراق CoCo^۷ تأمین کنند (گونچارنکو و همکاران^۸، ۲۰۲۱). این اوراق رویکردی نوآورانه برای مقابله با ورشکستگی بانک‌ها به عنوان راه‌حلی کارآمد و نجات از درون داشتند و به همین دلیل، به سرعت رشد کردند (ژانگ و همکاران^۹، ۲۰۲۵). استفاده از آن‌ها باعث شد بانک‌ها بدون نیاز به

^۱ نجات از درون (Bail-in) مکانیزمی است که در آن زبان‌های بانک در شرایط بحرانی به جای انتقال به مالیات‌دهندگان یا دولت، توسط سهامداران و دارندگان بدهی آن بانک جذب می‌شود. این فرایند شامل کاهش ارزش بدهی‌ها یا تبدیل بدهی‌ها به سهام بانک است. هدف اصلی این روش حفظ ثبات مالی بدون نیاز به استفاده از منابع عمومی است. با اجرای نجات از درون، بانک‌ها می‌توانند خود را بازسازی کنند و از فروپاشی جلوگیری کنند، درحالی‌که بار مالی به افرادی منتقل می‌شود که ریسک‌های بیشتری را پذیرفته‌اند. این روش مسئولیت‌پذیری بیشتری برای سرمایه‌گذاران ایجاد می‌کند، اما ممکن است اعتماد عمومی به بانک را کاهش دهد.

^۲ نجات از بیرون (Bail-out) مکانیزمی است که در آن دولت یا نهادهای عمومی با استفاده از منابع مالی عمومی، بانک‌ها یا شرکت‌های در آستانه ورشکستگی را نجات می‌دهند. در این فرایند، دولت‌ها معمولاً از طریق تزریق سرمایه یا ارائه وام‌های اضطراری به بانک‌ها کمک می‌کنند تا از فروپاشی جلوگیری کنند. این روش در بحران مالی ۲۰۰۸ به‌طور گسترده استفاده شد و توانست از گسترش بحران جلوگیری کند. با این حال، نجات از بیرون هزینه‌های سنگینی برای مالیات‌دهندگان ایجاد می‌کند و ممکن است باعث ایجاد ریسک اخلاقی (Moral Hazard) شود، زیرا بانک‌ها ممکن است با اطمینان از حمایت دولت، ریسک‌های بیشتری را بپذیرند.

³ Tier 1 Capital

⁴ Leanza et al.

⁵ Capital Requirements Regulation (CRR)

⁶ Capital Requirements Directive (CRD)

⁷ Contingent Convertible

⁸ Goncharenko et al.

⁹ Zhang et al.

حمایت های دولتی و تحمیل تورم به اقتصاد، زیان های خود را جذب کرده و در برابر بحران های مالی مقاوم تر شوند (کیستر و میتکوف^۱، ۲۰۲۳).

اهمیت این موضوع برای اقتصاد ایران آن است که در شرایط کنونی، مهم ترین چالش پیش روی سیاست گذار پولی، اصلاح ساختار ترازنامه بانک ها با محوریت افزایش کفایت سرمایه و کاهش ناترازی های موجود برای کنترل تورم است (برنامه هفتم توسعه^۲، ۱۴۰۳)؛ ولی ترازنامه بانک ها به دلیل انباشت دارایی های غیر نقد، دچار ناترازی شدید است (مرکز پژوهش های مجلس، ۱۴۰۰)^۳ و شدت این ناترازی به حدی است که حقوق صاحبان سهام بانک ها قادر به جبران آن نیست و امکان نجات از درون وجود ندارد (سلمانی قرایی و کیخا^۴، ۱۴۰۱). به علاوه، باتوجه به کسری عملیاتی جدی دولت نجات از بیرون نیز ممکن نیست و براین اساس، نمی توان از روش های سنتی مانند افزایش سرمایه از طریق سهامداران یا کمک های دولتی استفاده کرد. از سوی دیگر، ادامه این روند نیز مستلزم تحمیل تورم های شدیدتر به اقتصاد و کاهش هرچه بیشتر نرخ بهره حقیقی و تحریک انتظارات تورمی بیشتر است (مرکز پژوهش های مجلس^۵، ۱۴۰۳). از آنجاکه ساختار بدهی نظام بانکی ایران به طور سنتی بر سپرده های عندالمطالبه^۶ متکی است، پایداری منابع در نظام بانکی بیشتر از گذشته متزلزل می شود و ناترازی های موجود را به طور مضاعفی افزایش می دهد (سلمانی قرایی و کیخا، ۱۴۰۱). به همین سبب، سیاست گذار پولی نمی تواند اصلاحات ساختاری مدنظر خود

^۱ Keister & Mitkov

^۲ برنامه هفتم به موضوع حل ناترازی بانک ها با تمرکز بر بهبود نسبت کفایت سرمایه با هدف گذاری کاهش سالیانه ۲۰ درصدی ناترازی (تجمعی) پرداخته است و نگارندگان برنامه مذکور معتقدند در صورت اصلاح ساختار کفایت سرمایه بانک ها به انضمام سایر اهداف در نظر گرفته شده تا پایان برنامه هفتم رشد نقدینگی ۱۳/۸ و تورم ۹/۵ درصدی خواهد شد. برای مطالعه بیشتر رجوع کنید به قانون برنامه پنج ساله هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۳-۱۴۰۷) شماره ۸۹۹۲/۹۱۰

^۳ برای مطالعه بیشتر، نگاه کنید به: مرکز پژوهش های مجلس (۱۴۰۰)، ناترازی پنهان در شبکه بانکی ایران (۱۳۹۶-۱۳۹۳): تحلیل چستی و ریشه ها

^۴ برای مطالعه بیشتر، نگاه کنید به سلمانی قرایی، کیخا (۱۴۰۱)، ابزار نوین امحای نقدینگی و سالم سازی ترازنامه بانک ها، نشریه پژوهش های پولی - بانکی، شماره ۵۳، صص. ۴۷۳-۴۳۷

^۵ برای مطالعه بیشتر، نگاه کنید به مرکز پژوهش های مجلس. (۱۴۰۳). تحولات نظام پولی و بانکی در سال ۱۴۰۱. دفتر مطالعات اقتصادی (گروه پولی و بانکی). مسلسل: ۲۰۱۷.

^۶ puttable

را به‌طور مؤثر اجرا کند (کیخا و مهرورز، ۱۴۰۳)^۱، زیرا ترکیب کفایت سرمایه پایین و ساختار سنتی بدهی‌های بانکی، موجب اختلال بیشتر در مکانیسم انتقال سیاست پولی^۲ می‌شود و بانک مرکزی را به‌عنوان یک وام‌دهنده، آخرین حلقه خلق نقدینگی^۳ قرار می‌دهد (ایگن^۴، ۲۰۲۱).

در چنین شرایطی، ابزارهای نوین بدهی هم می‌توانند همچون منبعی پایدار برای تأمین مالی به حساب بیایند و موجب افزایش کفایت سرمایه بانک‌ها شوند و هم به سیاست‌گذار پولی کمک کنند تا به‌شکلی کارا به تکانه‌های اقتصادی پاسخ دهد. همچنین، به‌عنوان ابزار امحای نقدینگی در اقتصاد عمل می‌کنند و مانع از شکل‌گیری فرضیه خلق نقدینگی شدید^۵ می‌شوند (فانگوکوا و همکاران^۶، ۲۰۲۱).

چالش دیگری که از ساختار بدهی سنتی در بانک‌های ایران ایجاد شده است، عدم انطباق با استانداردهای کمیته بازل و IFRS است^۷ (بلینی، ۲۰۱۹). درحالی‌که بانک‌های پیشرو در

^۱ ناترازی بانک‌ها به دو دسته کلی تقسیم می‌شود: ناترازی نوع اول که liquidity imbalance گفته می‌شود و ناشی از عدم تطابق سررسید دارایی‌ها و بدهی‌هاست که به liquidity بانک‌ها مربوط است و روش به‌حداقل‌رساندن آن از طریق متنوع‌سازی اقلام سمت چپ ترازنامه بانک‌ها، به‌طور مشخص استفاده از اوراق Contingent Convertible است. این روش راه‌حلی بسیار کم‌هزینه و سریع است و در اصطلاح به آن نجات از درون (Bailin) نیز گفته می‌شود. معمولاً بانک‌هایی که الزامات کفایت سرمایه را رعایت می‌کنند دچار این نوع ناترازی می‌شوند. ناترازی نوع دوم که ناترازی balance sheet imbalance گفته می‌شود و ناشی از تغییر در ساختار دارایی‌ها و بدهی‌هاست که به Insolvency بانک‌ها مربوط است و روش به‌حداقل‌رساندن آن از طریق ایجاد بازار بدهی بحرانی و به‌طور مشخص شرکت مدیریت دارایی (Asset Management Company) و اوراق بهادارسازی Securitization است. این روش به‌دلیل وجود ذی‌نفعان متعدد پرهزینه و زمان‌بر است و به آن روش نجات از بیرون (Bail out) نیز گفته می‌شود. بانک‌هایی که الزامات کفایت سرمایه را رعایت نمی‌کنند دچار این نوع ناترازی می‌شوند. برای مطالعه بیشتر نگاه کنید به کیخا، مهرورز (۱۴۰۳)، عملکرد بانک مرکزی در سیاست‌های کلان احتیاطی و پولی: در سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۳، انتشارات مؤسسه مطبوعاتی بازار پول و ارز.

^۲ transmission mechanism of monetary policy

^۳ Lender of Last Resort (LOLR)

^۴ Eeghen

^۵ High Liquidity Creation Hypothesis (HLCH)

^۶ Fungacova et al.

^۷ برای مطالعه بیشتر، نگاه کنید به:

Bellini, T. (2019). *Introduction to Expected Credit Loss Modelling and Validation IFRS 9 and CECL Credit Risk Modelling and Validation a Practical Guide with Examples Worked in R and SAS*. Academic Press, pp. 1 -30

جهان برای انطباق بیشتر با استانداردهای مذکور مدام در حال متنوع‌سازی ساختار بدهی خود هستند، بانک‌های ایرانی با این استانداردها فاصله بسیاری دارند. این در حالی است که استفاده از این ابزار میزان تطبیق با استانداردهای بین‌المللی را تسهیل می‌کند. از این‌رو، می‌توان برای اصلاح شرایط از تجارب سایر کشورها در زمینه استفاده از اوراق CoCo بهره برد. افزایش کیفیت ساختار ترازنامه بانک‌ها هم از منظر ساختار ترازنامه و هم از منظر تنوع در ساختار بدهی جزء جدایی‌ناپذیر کنترل نقدینگی است و استفاده از اوراق CoCo برای دستیابی به این هدف بسیار کارآمد است (فیوردلیسی و همکاران^۱، ۲۰۲۰). بر همین اساس، هدف از نوشتار حاضر آن است که ضمن تبیین چگونگی کارکرد اوراق CoCo به تشریح مدل‌سازی قیمت این اوراق برای بانک ملت بپردازد. این در حالی است که تاکنون مطالعه مشابهی در ایران انجام نشده و از این منظر، این مطالعه در نوع خود کاملاً نوین است.

این مقاله شامل چهار بخش اصلی است. نخست، چگونگی کارکرد اوراق CoCo در نظام بانکی تشریح شده است. سپس، به بررسی مبانی نظری قیمت‌گذاری اوراق CoCo و همچنین مطالعات گذشته در خصوص اوراق مذکور پرداخته شده است. در ادامه، روش‌شناسی پژوهش بررسی می‌شود و در بخش پایانی، نتایج حاصل از تحلیل‌های انجام‌شده و پیشنهادهای مربوطه بیان شده است.

۲ مرور ادبیات موضوع

بحران مالی ۲۰۰۸ نشان داد که برخی بانک‌ها، به‌حدی بزرگ و پیچیده شده‌اند که نمی‌توان با توجه به ساختار بدهی‌هایشان آن‌ها را به راحتی ورشکسته اعلام کرد^۲ یا به‌طور مؤثر تحت نظارت جدی قرار داد (جوادی و همکاران^۳، ۲۰۲۳). از این‌رو، تعدادی از برجسته‌ترین

^۱ Fiordelisi et al.

^۲ Too-Big-to-Fail

^۳ Javadi et al.

اقتصاددانان جهان از جمله برندگان جایزه نوبل، دایموند^۱ و شیلر^۲، در مقاله‌ای مشترک^۳ تأکید کردند که ساختار بدهی بانک‌ها باید متنوع شود و ابزار مالی ترکیبی برای بانک‌ها طراحی شود (کاند و پتراس^۴، ۲۰۲۳ و ژانگ و همکاران، ۲۰۲۵). بر همین اساس، بانک‌های مطرح که به‌عنوان مؤسسات مالی سیستماتیک^۵ (SIFIs) شناخته می‌شوند، به متنوع‌سازی در ساختار بدهی خود پرداختند. بدین صورت، ساختار بدهی‌هایشان در ترازنامه مطابق شکل ۱ به ۵ طبقه تقسیم شد که هر کدام ظرفیت منحصربه‌فردی در مدیریت نقدینگی، افزایش پایداری مالی، افزایش سرمایه، و کاهش ریسک دارند (اشپیگلیر و همکاران^۶، ۲۰۱۸). این در حالی است که ساختار بدهی بانک‌ها در ایران صرفاً از سپرده‌های بانکی تشکیل شده است و این مهم با توجه به غیرهمگن بودن اقلام سمت راست و چپ عملاً اصلاح ساختار ترازنامه بانک‌ها را غیرممکن می‌کند.^۷

^۱ داگلاس دایموند (Douglas W. Diamond)، برنده جایزه نوبل اقتصاد ۲۰۲۲، در این مقاله به تحلیل ساختارهای بانکی و بحران‌های مالی پرداخته و به‌ویژه، بر لزوم ایجاد سازوکارهایی برای افزایش تاب‌آوری بانک‌ها در برابر بحران‌ها تأکید کرده است. او به این نکته اشاره کرد که بانک‌ها باید به‌طور خودکار قادر به جذب سرمایه در زمان بحران‌ها باشند تا از نجات مالی از سوی دولت‌ها یا دیگر نهادها بی‌نیاز شوند.

^۲ رابرت شیلر (Robert J. Shiller)، برنده جایزه نوبل اقتصاد ۲۰۱۳، در این مقاله به‌طور ویژه به تحلیل نوسانات بازارهای مالی و رفتار سرمایه‌گذاران پرداخته است. او بر اهمیت طراحی ابزارهای مالی تأکید دارد که می‌توانند در زمان بحران‌ها به‌طور خودکار به بانک‌ها کمک کنند.

^۳ در مقاله‌ای که تحت عنوان گروه کاری Squam Lake در ۲۰۱۰ منتشر شد، پیشنهاد دادند که یک ابزار مالی هیبریدی طراحی شود که به بانک‌ها اجازه بدهد در زمان بحران مالی، به‌طور خودکار و سریع سرمایه اضافی جذب کنند. این ابزار به‌طور خاص به‌عنوان «پوشش خودکار» برای بانک‌ها در زمان بحران عمل می‌کند و به آن‌ها کمک می‌کند تا در برابر بحران‌های مالی مقاوم‌تر شوند.

^۴ Kund & Petras

^۵ Systematically Important Financial Institutions

^۶ Spiegeleer et al.

^۷ اقلام سمت راست و چپ ترازنامه بانک‌ها به‌واسطه تفاوت در نوع حسابداری (سمت راست حسابداری نقدی دارد - سمت چپ حسابداری تعهدی دارد)، ارزش‌گذاری (سمت راست مدل ارزش‌گذاری پیچیده دارد - سمت چپ مدل ارزش‌گذاری ساده دارد)، تعهد (سمت راست احتمال نکول دارد - سمت چپ نکول‌پذیر نیست) و سررسید (سمت راست عندالمطالبه نیست - سمت چپ عندالمطالبه است)، غیرهمگن‌اند، برای مطالعه بیشتر رجوع کنید به سلمانی قرائی، کیخا (۱۴۰۱). ابزار نوین امحای نقدینگی و سالم‌سازی ترازنامه بانک‌ها. نشریه پژوهش‌های پولی - بانکی، شماره ۵۳، صص. ۴۷۳-۴۳۷

ترازنامه بانک	
سپرده ها	دارایی ها
بدهی اولویت دار (Senior Debt)	
بدهی بدون اولویت (Subordinated Debt)	
اوراق قرضه قابل تبدیل	
اوراق CoCo	
سهام ممتاز	
سهام عادی	

شکل ۱. ترازنامه بانک ها و ترکیب بدهی با CoCo

منبع: اشپیگلیر و همکاران، ۲۰۱۸

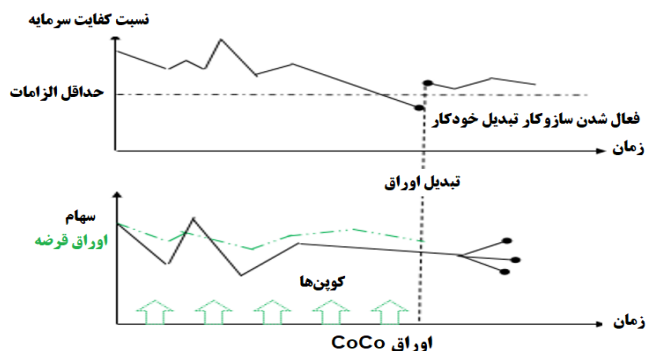
از مهم ترین و منحصربه فردترین اقلام این طبقات اوراق CoCo است. این اوراقی ترکیبی و قابل تبدیل اند و هدف اصلی آن ها حفاظت از لایه یک کفایت سرمایه بانک هاست تا توان بانک ها در برابر تکانه های وارده را افزایش دهد. کارکرد آن ها چنانچه در شکل ۲ دیده می شود، این گونه است که ابتدا به دارندگان این اوراق به طور منظم کوپن پرداخت می شود^۱ (تصویر پایین قبل از نقطه چین) مشروط به اینکه کفایت سرمایه بانک صادرکننده بالاتر از سطح حداقل الزامات تعریف شده توسط بانک مرکزی باشد (تصویر بالا قبل از نقطه چین)؛ در غیر این صورت، از طریق ایجاد سازوکاری خودکار^۲ پرداخت کوپن متوقف می شود (تصویر پایین بعد از نقطه چین) و اوراق به سهام^۳ تبدیل می شود و کفایت سرمایه بانک از محل تبدیل اوراق (از محل آورده نقدی دارندگان اوراق) مجدد به سطحی بالاتر از حداقل الزامات تعریف شده توسط بانک مرکزی بر می گردد (تصویر بالا بعد از نقطه چین). در این صورت، بعد از اینکه اوراق از ابزار بدهی به ابزار مالکانه (سهام) تبدیل شد، ارزش آن توسط بازار تعیین می شود. در این حالت، بازار سه واکنش مختلف نشان می دهد و قیمت می تواند افزایش یا کاهش یابد یا ثابت بماند (تصویر پایین بعد از نقطه چین، قسمت سه شاخه) (لی و لی^۴، ۲۰۲۱).

¹ coupon payments

² Self-rescue Mechanism

³ equity conversion

⁴ Li, F. & Li, P.



شکل ۲. سازوکار تبدیل اوراق CoCo

منبع: لیبرادزکی و لیبرادزکی^۱، ۲۰۱۹

این اوراق در فرایند تحمیل زیان مقدم‌تر از سایر طبقات بدهی هستند و ضمن محافظت از حقوق صاحبان سهام، همانند سپر ضربه‌گیر برای سپرده عمل می‌کنند و با تبدیل به سهام مانع از تحمیل زیان بیشتر به بانک و سپرده‌گذاران می‌شوند (گوپتا^۲ و همکاران، ۲۰۲۱). با این حال، مطابق شکل ۳، چرخه خلق و امحای اوراق^۳ به ترتیب زیر تعریف می‌شود^۴:

(۱) **مرحله انتشار اوراق**^۵: انتشار اوراق CoCo به عنوان اولین مرحله در چرخه این ابزار مالی، زمانی رخ می‌دهد که بانک‌ها برای تقویت پایه سرمایه‌ای خود به جذب سرمایه نیاز دارند. این اوراق به سرمایه‌گذاران فروخته می‌شوند و در ترازنامه بانک همانند ابزاری هیبریدی بین بدهی و حقوق صاحبان سهام ثبت می‌شوند.

(۲) **پرداخت کوپن‌ها**: پس از انتشار، بانک به صورت دوره‌ای سود یا کوپن این اوراق را به سرمایه‌گذاران پرداخت می‌کند. پرداخت کوپن‌ها معمولاً ماهیانه، سه‌ماهه، یا سالیانه انجام می‌شود. این کوپن‌ها که از سایر اوراق بدهی نرخ بهره بالاتری دارند، سرمایه‌گذاران را به خرید ابزارهای پرنسک تشویق می‌کنند. با این حال، پرداخت کوپن‌ها در شرایط

¹ Liberadzki & Liberadzki

² Gupta et al.

³ The Life of a CoCo

⁴ برای مطالعه بیشتر، نگاه کنید به:

De Spiegeleer, J., Van Hulle, C., Schoutens, W. (2014). The handbook of hybrid securities: Convertible bonds, CoCo bonds and bail-in. *The Wiley Finance Series*.

⁵ issuance stage

بحرانی متوقف می شود که یکی از ویژگی های کلیدی این اوراق برای جذب زیان محسوب می شود.

(۳) **شرایط بحران**^۱: در صورتی که بانک با مشکلات مالی یا بحران مواجه شود، مکانسیم تبدیل فعال می شود^۲. این شرایط ناشی از کاهش نسبت کفایت سرمایه لایه یک^۳ به زیر آستانه ای مشخص (مثلاً ۵/۱۲۵ درصد) یا تصمیم مقامات نظارتی^۴ است. در این مرحله، اوراق CoCo نقشی کلیدی در جلوگیری از ورشکستگی بانک ایفا می کنند.^۵

(۴) **جذب زیان**: در این حالت، اوراق به سهام بانک تبدیل می شود. این فرایند باعث ورود سهامداران جدید به بانک می شود و سهام فعلی بانک رقیق می شود. این ویژگی به بانک کمک می کند تا سرمایه خود را تقویت کند.

¹ Distress

^۲ مکانیزم تبدیل در اوراق CoCo به عنوان عامل اصلی در تعیین زمان تبدیل اوراق به سهام عمل می کند. مکانیزم تبدیل می تواند بر اساس عواملی مانند نسبت های سرمایه بانک، نسبت های نقدینگی، یا حتی قیمت سهام بانک تنظیم شود. انتخاب سطح فعال سازی و نحوه تنظیم آن تأثیر زیادی بر قیمت اوراق و همچنین اثربخشی آن ها در بحران ها دارد.

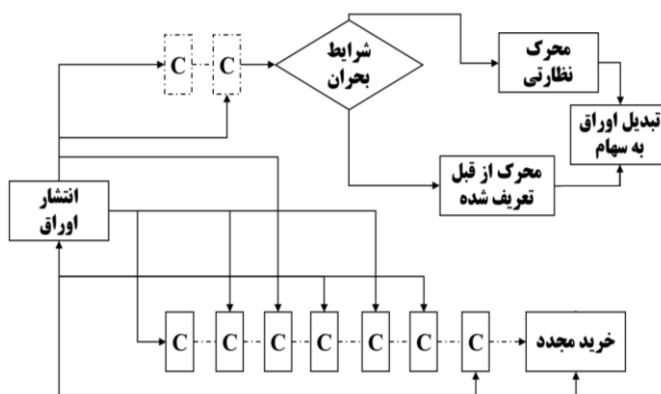
^۳ نسبت کفایت سرمایه لایه یک، یکی از شاخص های کلیدی در نظارت بانکی است که سلامت مالی بانک ها را با اندازه گیری توانایی آن ها در جذب زیان های غیرمنتظره ارزیابی می کند. این نسبت از تقسیم سرمایه لایه یک عادی (CET1) – که شامل سهام عادی، سود انباشته، و ذخایر باکیفیت است – به دارایی های موزن شده به ریسک (RWA) به دست می آید. دارایی های موزن شده به ریسک بر اساس سطح ریسک هر دارایی (مانند تسهیلات و سرمایه گذاری ها) تعیین می شوند. طبق استانداردهای بازل ۳، بانک ها موظف اند این نسبت را حداقل در سطح ۴/۵ درصد نگه دارند و با افزودن حاشیه ای حفاظتی (Capital Conservation Buffer) به میزان ۲/۵ درصد مجموع آن به ۷ درصد می رسد. این الزامات به بانک ها کمک می کند تا در شرایط بحرانی مقاوم تر باشند، ثبات مالی خود را حفظ کنند، و اعتماد عمومی را افزایش دهند.

^۴ در برخی موارد ناظران بانکی برای رعایت نظارت بر ترازنامه بانک ها و سرمایه گذاری ها برای جلوگیری از ایجاد ریسک های سیستماتیک و تعیین حداقل سرمایه در مؤسسات مالی به منظور مقابله با ریسک های اعتباری، تحت عنوان سیاست های کلان احتیاطی تریگر را فعال می کنند. برای مطالعه بیشتر، نگاه کنید به:

Allen, L., & Golfari, A. (2023). Do CoCos serve the goals of macroprudential supervisors or bank managers? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 84, 101761.

^۵ محرک های بحران به دو دسته اصلی تقسیم می شوند: محرک نظارتی (Regulatory Trigger)؛ مقامات نظارتی با بررسی وضعیت بانک می توانند این محرک را فعال کنند و دیگری محرک کفایت سرمایه لایه یک اگر کفایت سرمایه بانک به سطح بحرانی کاهش یابد، این محرک به طور خودکار فعال می شود.

۵) **بازخرید اوراق:** اگر بانک در طول عمر اوراق دچار بحران نشود و هیچ محرکی هم فعال نشود، اوراق در تاریخ سررسید بازخرید می‌شوند. در این مرحله، سرمایه‌گذاران اصل سرمایه خود را دریافت می‌کنند. علاوه بر این، می‌توانند در انتشار جدید اوراق CoCo نیز شرکت کنند. این ویژگی باعث می‌شود بانک‌ها بتوانند به صورت مداوم از این ابزار برای مدیریت سرمایه خود استفاده کنند (دی اسپیگلیر و همکاران^۱، ۲۰۱۴).



شکل ۳. چرخه خلق و امحای اوراق CoCo

منبع: اسپیگلر و همکاران^۲، ۲۰۱۴

اوراق CoCo ابزار نظارتی به حساب می‌آید و همانند سپر مالیاتی^۳ برای بانک صادرکننده عمل می‌کند (لی و همکاران^۴، ۲۰۲۲). این اوراق مکانیزمی را فراهم می‌کنند تا در شرایط بحران، ریسک میان سهامداران و دارندگان تقسیم شود و احتمال نیاز به کمک‌های مالی دولتی را کاهش می‌دهند (لی^۵ و همکاران، ۲۰۲۴). این مکانیزم به‌طور صریح محدودیتی بر اثر اهرم مالی نیز برای بانک‌های صادرکننده اعمال می‌کند. به عبارت دیگر، رشد بانکی که

¹ De Spiegeleer et al.

² Spiegeleer et al.

³ Tax shields

⁴ Li et al.

⁵ Li et al.

CoCo منتشر می کند کمتر به بدهی و اهرم مالی وابسته است (سگال و اولافسون^۱، ۲۰۲۳). بر همین اساس، یکی از تغییرات مهم در چهارچوب نظارتی بازل که به طور مستقیم به اوراق CoCo مرتبط است، تقسیم کفایت سرمایه لایه یک به دو زیرمجموعه است (فیوردلیسی و همکاران، ۲۰۲۰). این تقسیم بندی به بانک ها کمک می کند تا در شرایط بحرانی توانایی بیشتری برای مدیریت زیان ها داشته باشند. براین اساس، کفایت سرمایه لایه یک (CET1)^۲ شامل باکیفیت ترین نوع سرمایه نظارتی می شود که همیشه در دسترس بانک ها قرار دارد. این سرمایه شامل سهام عادی^۳ و ذخایر افشاشده^۴ می شود و همان طور که در شکل ۴ دیده می شود، حداقل ۴/۵ درصد از دارایی های موزون شده به ریسک^۶ را پوشش می دهد (اندرسون و جولسروود، ۲۰۲۴^۷). این بخش پایه ای ترین و پایدارترین منبع سرمایه برای بانک ها است تا در شرایط عادی و بحرانی ثبات مالی را حفظ کنند. بخش بعدی کفایت سرمایه لایه یک اضافی (AT1)^۸ است که سرمایه ترکیبی^۹ را در بر می گیرد. این نوع سرمایه ویژگی های ابزارهای بدهی و حقوق صاحبان سهام را ترکیب کرده و همانند سرمایه نظارتی عمل می کند و تنها زمانی محقق می شود که بانک ها به حداقل سطح زیان برسند. بخش عمده ای از این سرمایه اوراق CoCo را شامل می شود. این ابزارها حداقل ۱/۵ درصد از دارایی های موزون شده به ریسک را پوشش می دهند و همچون یک مکانیزم جذب زیان عمل می کنند (پتراس، ۲۰۲۲^{۱۰}). براین اساس، ساختار جدید در چهارچوب نظارتی بازل ۳ نشان می دهد که CET1 به عنوان منبع سرمایه پایدار و AT1 به عنوان سپر ایمنی در شرایط بحرانی عمل می کنند (اندرسون و جولسروود، ۲۰۲۴).

¹ Segal & Ólafsson.

² Common Equity Tier 1

³ Common Shares

⁴ Disclosed Reserves

^۵ کفایت سرمایه لایه یک در ایران شامل سرمایه پرداخت شده (منابع تأمین شده توسط سهامداران)، صرف سهام، سود (زیان) انباشته، اندوخته قانونی، اندوخته احتیاطی، و سایر اندوخته هاست. برای مطالعه بیشتر، نگاه کنید: بانک مرکزی (۱۳۹۸) نسخه اصلاحی به دستورالعمل محاسبه سرمایه نظارتی و کفایت سرمایه مؤسسات اعتباری.

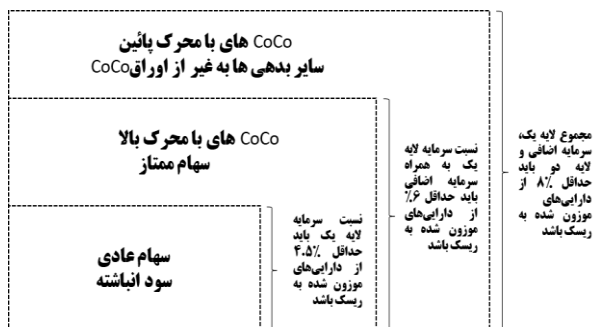
⁶ Risk-Weighted Assets

⁷ Andersen & Juelsrud

⁸ Additional Tier 1

⁹ Hybrid Capital

¹⁰ Petras



شکل ۴. جایگاه اوراق CoCo در کفایت سرمایه بانک‌ها براساس چهارچوب نظارتی بازل ۳
منبع: بولتون و همکاران، ۲۰۲۳^۲

^۱ اوراق براساس سطح محرک (تریگر) خود به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: اوراق با محرک پایین و اوراق با محرک بالا. انتخاب بین این دو اوراق به استراتژی بانک و تحمل ریسک سرمایه‌گذاران بستگی دارد. اوراق با محرک پایین برای شرایط بحرانی طراحی شده‌اند و ریسک بالاتری دارند؛ اما نرخ سود بیشتری هم دارند. درحالی‌که اوراق با محرک بالا برای تقویت سرمایه در مراحل اولیه مشکلات مالی استفاده می‌شوند، ریسک کمتری دارند و هزینه انتشار آن‌ها برای بانک‌ها پایین‌تر است. به‌طور کلی، هر دو نوع این اوراق نقش مهمی در مدیریت ریسک و ثبات مالی بانک‌ها ایفا می‌کنند، که در ادامه به‌طور مفصل توضیح داده می‌شود:

اوراق با محرک پایین: معمولاً با سطح محرک ۵/۱۲۵ درصد یا کمتر از نسبت سرمایه CET1 به دارایی‌های موزون‌شده به ریسک طراحی می‌شوند. این اوراق در شرایط بسیار بحرانی و نزدیک به ورشکستگی بانک فعال می‌شوند و مکانیزم جذب زیان را آغاز می‌کنند. از آنجاکه تبدیل این اوراق به سهام در شرایطی اتفاق می‌افتد که ارزش سهام ممکن است به‌شدت کاهش یافته باشد، ریسک بالاتری برای سرمایه‌گذاران دارند. به همین دلیل، نرخ سود (کوپن) این اوراق معمولاً بالاتر است تا جبران این ریسک بیشتر شود. از نظر وضعیت سرمایه نظارتی، اوراق با محرک پایین معمولاً به‌عنوان بخشی از سرمایه Tier 2 (T2) شناخته می‌شوند و ممکن است دارای سررسید باشند. این اوراق برای سرمایه‌گذارانی جذاب‌اند که تحمل ریسک بالاتری دارند.

اوراق با محرک بالا: با سطح محرک ۷ درصد یا بیشتر از نسبت سرمایه CET1 به دارایی‌های موزون‌شده به ریسک طراحی می‌شوند. این اوراق در مراحل اولیه کاهش سرمایه بانک فعال می‌شوند و به بانک‌ها اجازه می‌دهند قبل از رسیدن به شرایط بحرانی، سرمایه خود را تقویت کنند. از آنجاکه تبدیل این اوراق به سهام در شرایط بهتری انجام می‌شود، ریسک کمتری برای سرمایه‌گذاران دارند و نرخ سود (کوپن) آن‌ها نیز معمولاً پایین‌تر است. اوراق با محرک بالا معمولاً به‌عنوان بخشی از سرمایه Tier 1 اضافی (AT1) شناخته می‌شوند و باید دائمی باشند؛ یعنی هیچ تاریخ سررسید مشخصی نداشته باشند. این اوراق برای سرمایه‌گذاران محافظه‌کارتر جذاب‌ترند و هزینه انتشار آن‌ها نیز برای بانک‌ها کمتر است.

² Bolton et al.

۲/۱ مطالعات پیشین

ژانگ و همکاران (۲۰۲۵) با مدل سازی یک مدل مالی پیوسته براساس فرایندهای تصادفی به بررسی تأثیر انتشار اوراق قرضه قابل تبدیل مشروط CoCo بر ساختار سرمایه و تصمیم های سرمایه گذاری بانک ها در دو حالت محدودیت های انتشار (شامل محدودیت های مقرراتی، هزینه های تأمین مالی، واکنش سرمایه گذاران، و اثرات جانبی بر ساختار سرمایه بانک) و بدون محدودیت انتشار پرداختند. نتایج مدل سازی آن ها نشان می دهد که بانک ها با محدودیت های شدید در ابتدا تمایل دارند CoCos بیشتری منتشر کنند؛ اما با افزایش نسبت تبدیل این انگیزه کاهش می یابد. همچنین، بانک هایی با دارایی های پرنوسان بیشتر به استفاده از CoCos با تبدیل اجباری به سهام^۱ (MCE) گرایش دارند، در حالی که بانک هایی با نوسان کمتر، CoCos با حذف دائمی ارزش^۲ (PWD) را ترجیح می دهند. مدل سازی آن ها نشان می دهد که رابطه ای به شکل U معکوس بین حجم انتشار CoCos و نسبت تبدیل آن ها وجود دارد؛ به این معنا که بانک ها ابتدا برای کاهش هزینه های اصطکاکی سرمایه گذاری CoCos بیشتری منتشر می کنند؛ اما افزایش نسبت تبدیل و زیان ناشی از رقیق شدن سهام موجب کاهش انگیزه برای انتشار بیشتر می شود. نتایج آن ها نشان می دهد که قانونگذاران باید از رویکردی یکسان برای همه بانک ها پرهیز کرده و شرایط خاص هر بانک را در تعیین نوع و میزان CoCos در نظر بگیرند تا این ابزار به طور مؤثر در مدیریت بحران های مالی و افزایش پایداری نظام بانکی نقش آفرینی کند.

منگ و همکاران^۳ (۲۰۲۴) به مدل سازی ریاضی کالیبراسیون مدل های ساختار سرمایه^۴ برای بانک هایی پرداختند که اوراق CoCo منتشر کرده اند. خلاف مطالعات قبلی که به کالیبراسیون مدل های ساختار سرمایه^۵ (CSM) پرداخته بودند و عمدتاً بر شرکت های

¹ Mandatory Conversion Equity

² Permanent Write-Down

³ Meng et al.

^۴ کالیبراسیون مدل های ساختار سرمایه به فرایند تنظیم و تنظیم مجدد پارامترهای مدل های مختلف ساختار سرمایه در جهت تطابق بهتر با داده های واقعی و شرایط بازار اطلاق می شود. در این فرایند، مدل های نظری مانند مدل مودیگلیانی-میلر (MM) یا مدل های مبتنی بر تئوری هزینه معامله و تئوری مالی رفتاری، با استفاده از داده های تجربی مانند نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام، هزینه های بدهی، و بازده سرمایه گذاری ها اصلاح می شوند تا پیش بینی های دقیق تری از ساختار سرمایه شرکت ها ارائه دهند. هدف اصلی این کالیبراسیون، بهینه سازی تصمیم های مالی شرکت ها در راستای کاهش هزینه های مالی و افزایش ارزش شرکت است.

⁵ Capital Structural Models

غیرمالی تمرکز داشتند، منگ و همکاران مدل‌سازی جدیدی برای کالیبراسیون بانک‌ها تحت مدل‌های ساختار سرمایه ارائه دادند. آن‌ها از داده‌های پنج بانک بزرگ کانادایی در ۲۰۱۹ استفاده کردند. ابتدا ساختار سرمایه‌ای بدون سرمایه مشروط را در نظر گرفتند و متغیرهایی همچون قیمت سهام، نوسانات سهام، بازده بدهی و اسپردهای^۱ CDS را کالبره کردند، سپس سرمایه مشروط را با جایگزینی اوراق CoCo بر متغیرهای فوق بررسی کردند. کالیبراسیون آن‌ها نشان می‌دهد که اوراق CoCo ریسک نکول بانک‌های صادرکننده را کاهش می‌دهد؛ همچنین بازار انتظار دارد نهادهای ناظر تبدیل اوراق به سهام را زمانی به اجرا درآورند که بانک در حال فعالیت است (Going Concern)^۲ نه زمانی که دیگر فعالیتی ندارد.

چانگ و وانگ^۳ (۲۰۲۴) به مدل‌سازی ریاضی تأثیر تأمین مالی از طریق اوراق بهادار قابل تبدیل در شرایط اطلاعات نامتقارن دوطرفه^۴ بین کارآفرین و سرمایه‌گذاران ریسک‌پذیر پرداختند. آن‌ها ابتدا دلایل استفاده گسترده از اوراق بهادار قابل تبدیل در تأمین مالی سرمایه‌گذاری ریسک‌پذیر را بررسی کردند. سپس با ارائه مدل‌سازی ریاضی نشان دادند که چگونه در شرایطی که اطلاعات نامتقارن دوطرفه بین کارآفرینان و سرمایه‌گذاران ریسک‌پذیر وجود دارد اوراق بهادار قابل تبدیل به قراردادهای بهینه منجر می‌شوند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که با افزایش سطح اطلاعات نامتقارن، نسبت تبدیل بهینه این اوراق نیز افزایش می‌یابد. برعکس، در دوران رونق اقتصادی، زمانی که مسائل انتخاب معکوس کمتر مشهود است، نسبت تبدیل به کاهش تمایل دارد. این تحقیق نه تنها بینش‌هایی درباره دینامیک اوراق بهادار قابل تبدیل ارائه می‌دهد؛ بلکه پیش‌بینی‌هایی آزمودنی درمورد رفتار آن‌ها در شرایط اقتصادی مختلف ارائه کرده و بر اهمیت درک تعامل بین اطلاعات نامتقارن و ابزارهای مالی در تأمین مالی سرمایه‌گذاری تأکید می‌کند. یافته‌های نظری آن‌ها نشان می‌دهد زمانی که مشکل عدم تقارن اطلاعات بدتر می‌شود، نسبت تبدیل بهینه افزایش می‌یابد. آن‌ها نشان

^۱ Credit Default Swaps

^۲ Going Concern به وضعیتی اشاره دارد که بانک هنوز در حال فعالیت است، درحالی که Gone Concern به وضعیتی اشاره دارد که بانک دیگر فعالیتی ندارد و به سمت ورشکستگی یا انحلال پیش می‌رود.

^۳ Chang & Wang

^۴ Two-sided asymmetric information

^۵ Venture Capital

دادند که نسبت تبدیل در طول رونق اقتصادی کمتر می‌شود؛ زیرا مشکل انتخاب نامطلوب^۱ کمتر رخ می‌دهد.

سگال (۲۰۲۳) در پژوهش خود به مدل‌سازی ریاضی یک اهرم خودکار برای فعال‌سازی اوراق CoCo پرداخت. مدل‌سازی او بر این اصل استوار بود که ارزش سهام بانک‌ها از یک فرایند حرکتی هندسی براونی پیروی می‌کند. این فرض به همراه پرداخت‌های منظم برای کوپن‌های اوراق CoCo و بدهی‌های معوق به‌طور دینامیک اهرم بانک را تغییر می‌دهد. برای حفظ اهرم در محدوده‌های از پیش تعیین‌شده سه شاخص پرداخت بدهی به‌صورت کوپن‌های نقدی، تبدیل پرداخت‌های کوپن به سهام، و صدور مجدد اوراق CoCo در حد بهینه را در مدل‌سازی ریاضی خود وارد کرد. این تغییرات باعث شد که نسبت‌های اهرمی بانک صادرکننده به‌طور خودکار از طریق انتشار مجدد اوراق CoCo تضمین شود. از آنجاکه تغییرات اهرم تعریف‌شده به تغییرات قیمت سهام منجر می‌شود، تصمیم‌گیری در مورد اینکه کدام گزینه در هر زمان اعمال شود، به‌طور کاملاً شفاف از طریق مشاهده داده‌های بازار انجام می‌شود و به برآوردهای زمان‌بر یا تصمیم‌گیری نهادهای نظارتی یا کمیته‌های ریسک نیازی نیست. همچنین، می‌توان اهرم‌ها را ثابت نگه داشت تا احتمال نکول در مقادیر پذیرفتنی باقی بماند.

سگال و اولافسون^۲ (۲۰۲۳) در مقاله‌ای با عنوان «مروری بر یک ماشه جایگزین برای DCL^۳» با مطالعه موردی بانک Credit Suisse به مدل‌سازی ریاضی یک محرک جدید خودکار برای اوراق CoCo پرداختند. محرک پیشنهادی آن‌ها امکان پایش مداوم نسبت‌های اهرمی بانک را فراهم کرده و انعطاف‌پذیری موردنظر را به ارمغان می‌آورد. این طراحی جایگزین که براساس مکانیزم DCL ساخته شده، در صورت فعال‌شدن، اوراق CoCo را به تدریج به سهام تبدیل می‌کند و نسبت اهرمی بانک صادرکننده را کاهش می‌دهد. با کاهش مکانیکی نسبت‌های اهرمی، احتمال فعال‌سازی مجدد نیز کاهش می‌یابد. در این صورت بانک صادرکننده می‌تواند به سرمایه بیشتر با هزینه کمتر دسترسی پیدا کند (تأمین مالی بهتر).

کاند و پتراس (۲۰۲۳) با طرح این پرسش که آیا اوراق قرضه CoCo می‌تواند ریسک سیستماتیک را کاهش دهد؟ ۵۳۳ نوع اوراق CoCo را با معیار SRISK بررسی کردند که توسط ۱۲۶ بانک از ۳۳ کشور در ۲۰۱۹ منتشر شده بود. نتایج نشان می‌دهد که پس از بحران مالی ۲۰۰۸، اوراق CoCo به‌عنوان ابزاری برای تثبیت بانک‌های فردی و در نتیجه کل نظام

¹ Adverse Selection

² Segal & Ólafsson.

³ Dynamic Control of Leverage

بانکی بدون توجه به نحوه ثبت حسابداری در رژیم IFRS و غیر از آن، ریسک سیستماتیک را تا ۷۴٪ کاهش می‌دهد.

لی و همکاران (۲۰۲۲) با ارائه مدل‌سازی جدیدی مبتنی بر رویکرد شبکه مالی آیزنبرگ – نئو^۱، به مقایسه تأثیر انتقال زیان بین بانک‌ها قبل و بعد از انتشار اوراق CoCo پرداختند. نتایج حاکی از آن است که به‌طور معنی‌داری بانک‌ها می‌توانند از طریق اوراق CoCo زیان بیشتری را با دیگران تقسیم کنند. به‌علاوه، اوراق CoCo نه‌تنها می‌تواند بانک‌های در حال ورشکستگی را نجات دهد؛ بلکه هزینه‌های ورشکستگی آن‌ها را نیز کاهش می‌دهد. نکته مهم این است که کارایی این اوراق با رسیدن به حد آستانه‌ای دچار چالش می‌شود؛ زیرا انتشار اوراق CoCo توسط بانک‌ها انعطاف‌پذیری ریسک آن‌ها را افزایش می‌دهد.

مندس و همکاران^۲ (۲۰۲۲) تأثیر انتشار اوراق CoCo در ریسک سیستمی بانک‌ها را با استفاده از سه معیار زیان موردانتظار سیستمیک (SES)^۳، ریسک سیستمیک (SRISK)^۴، و ارزش در معرض ریسک شرطی (ΔCoVaR)^۵ بررسی کردند. نتایج بررسی انجام‌شده آن‌ها روی ۹۷ بانک از ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ در سراسر جهان از جمله بانک‌های مهم سیستمی دنیا (G-SIBs)^۶ نشان می‌دهد که انتشار اوراق CoCo ریسک سیستماتیک را به‌طور قابل‌توجهی برای پوشش بحران‌های آینده کاهش می‌دهد؛ مشروط بر اینکه از حد بهینه تجاوز نکند. همچنین، نتایج به‌دست‌آمده حکایت از آن دارد که انتشار اوراق مذکور بسته به اندازه بانک و بازده حقوق صاحبان سهام^۷ در ریسک سیستماتیک بانک اثر غیرهمگن^۸ دارد.

فیوردلیسی و همکاران (۲۰۲۰) به این پرسش پرداختند که آیا اوراق CoCo می‌تواند محافظتی برای کفایت سرمایه بانک باشد؟ برای پاسخ به این پرسش، آن‌ها ۹۱ بانک اروپایی را از ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۷ در دو سناریوی مختلف بررسی کردند. مدل‌سازی آن‌ها براین‌اساس شکل گرفت که ابتدا عملکرد بانک‌های مورد مطالعه را بدون انتشار اوراق بررسی کردند و سپس به بررسی عملکرد بانک‌ها با انتشار اوراق مذکور پرداختند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که انتشار

^۱ Eisenberg-Noe's Financial Network Method

^۲ Mendes et al.

^۳ Systemic Expected Shortfall (SES)

^۴ Systemic Risk (SRISK)

^۵ Conditional Value at Risk (CoVaR)

^۶ Global Systemically Important Banks

^۷ Return on Equity

^۸ Effect Is Heterogeneous

اوراق CoCo به طور شگفت انگیزی باعث کاهش واریانس بازده سهام نسبت به حالتی می شود که اجازه انتشار نداشته اند. همچنین، نتایج نشان می دهد اگر اوراق مذکور به سهام تبدیل شود، با کاهش ارزش^۱ نسبت به ارزش دفتری مواجه می شود؛ ولی هم زمان سایر معیارهای ریسک را برای بانک کاهش می دهد.

سلمانی قرایی و کیخا (۱۴۰۱) با استفاده از مدل نظریه انباره - روانه^۲ و با تکیه بر چهار اصل انطباق انباره^۳، انطباق روانه^۴، انطباق انباره - روانه، و ورودی چهارگانه^۵ با ترکیب مشخصات رفتاری^۶ به بررسی تأثیر اوراق CoCo بر حقوق صاحبان سهام بانکها و امحای نقدینگی با استفاده از این ابزار در ایران در قالب ۸ سناریوی مختلف پرداختند^۷. نتایج آنها نشان می دهد که انتشار اوراق CoCo و اعمال آن توسط بانکها در شرایطی که فعالیت های اقتصادی با رکود مواجه اند و نرخ نکول با تکانه مثبت مواجه است، از طریق همگن سازی اقلام سمت راست و چپ ترازنامه بانکها به صورت بسیار کارا به این تکانه پاسخ می دهد و باعث سالم سازی ترازنامه بانکها در تمام تواترهای زمانی می شود.

مطالعات مذکور به وضوح نشان می دهند که استفاده از اوراق بر کنترل ریسک و افزایش مقاومت بانکها در برابر بحران های برونزا پایدار است. براین اساس، سعی شده است تا با

^۱ Write-down

^۲ Stock-Flow Consistent (SFC)

^۳ Stock Consistency

^۴ Flow Consistency

^۵ Quadruple Entry

^۶ Behavioral Specification

^۷ مدل های Stock-Flow Consistent (SFC) یا مدل های سازگار با موجودی و جریان، چهارچوبی برای تحلیل اقتصادی اند که در آن تمامی موجودی ها (مانند دارایی ها و بدهی ها) و جریان ها (مانند درآمد و هزینه) به طور دقیق و بدون تناقض با یکدیگر تطبیق داده می شوند. این مدل ها بر پایه اصول حسابداری ملی و مالی طراحی شده اند و تعاملات بین بخش های مختلف اقتصاد (مانند خانوارها، بنگاه ها، دولت، و سیستم بانکی) را به طور کامل مدل سازی می کنند. مدل های SFC ابزار قدرتمندی برای تحلیل سیاست های اقتصادی، بررسی ثبات مالی و پیش بینی تأثیرات تغییرات در متغیرهای کلان اقتصادی؛ مانند نرخ بهره، مالیات و مخارج دولت اند. این مدل ها به دلیل سازگاری دقیق حسابداری و توجه هم زمان به جریان ها و موجودی ها، امکان تحلیل پویا و واقع گرایانه تر از اقتصاد را فراهم می کنند. برای مطالعه بیشتر در خصوص مدل رجوع کنید به:

Kremer, E. (2023). Financial innovations and macroeconomic stability: An assessment of contingent convertible bonds (Doctoral dissertation). Université Panthéon-Sorbonne-Paris I; Universität Bielefeld.

بهره‌گیری از مطالعات فوق به تشریح چگونگی مدل‌سازی ریاضی قیمت اوراق CoCo پرداخته شود.

۳ مبانی نظری و مدل‌سازی قیمت^۱

اوراق CoCo اولین بار توسط فلانری^۲ (۲۰۰۲) و سپس توسط راویو^۳ (۲۰۰۴) قیمت‌گذاری شد (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۵). این اوراق به‌دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد به مدل‌های ریاضی پیشرفته بر مبنای فرایندهای تصادفی^۴ نیاز دارند. این فرایندها شامل حرکت براونی^۵ و حرکت براونی هندسی^۶ می‌شوند که برای مدل‌سازی نوسانات ارزش دارایی‌ها و نسبت سرمایه بانک به کار می‌روند. علاوه بر این، از مدل‌های مشتقات اعتباری^۷ برای ارزیابی و قیمت‌گذاری ابزارهای مالی مرتبط با ریسک اعتباری برای محاسبه تأثیر احتمال نکول بر قیمت ابزارهای مالی مانند CoCo استفاده می‌شود. همچنین، از معادلات دیفرانسیل تصادفی^۸ برای شبیه‌سازی تغییرات تصادفی در ارزش دارایی‌ها بهره گرفته می‌شود^۹.

^۱ برای مطالعه بیشتر در خصوص مدل‌سازی ریاضی قیمت اوراق و تریگر رجوع کنید به پایان‌نامه دکتر آقایی ماکسیم سگال:

Segal, M. (2023). Designing capital-ratio triggers for contingent convertibles (Doctoral dissertation). Reykjavík University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.

^۲ Flannery

^۳ Raviv

^۴ Stochastic Processes

^۵ Brownian Motion

^۶ Geometric Brownian Motion

^۷ Credit Derivatives Model

^۸ Stochastic Differential Equations

^۹ حرکت براونی فرایندی تصادفی است که تغییرات کوچک و غیرقابل پیش‌بینی را با استفاده از توزیع نرمال مدل‌سازی می‌کند. این فرایند، که به فرایند وینر (Wiener Process) نیز معروف است، به دلیل مسیرهای پیوسته و نامنظم، برای شبیه‌سازی رفتار تصادفی قیمت دارایی‌ها در بازه‌های زمانی کوتاه استفاده می‌شود. در مقابل، حرکت براونی هندسی نسخه‌ای اصلاح‌شده از حرکت براونی است که ویژگی‌های بازارهای مالی را بهتر منعکس می‌کند. این مدل با معرفی رشد نمایی، نرخ بازدهی (Drift)، و نوسانات (Volatility)، تغییرات قیمت دارایی‌ها را به شکلی واقعی‌تر نمایش می‌دهد. از ویژگی‌های کلیدی حرکت براونی هندسی این است که قیمت دارایی‌ها نمی‌تواند منفی شود، که آن را برای مدل‌سازی قیمت سهام و ابزارهای مالی مناسب‌تر می‌کند.

مدل مشتقات اعتباری برای قیمت گذاری اوراق CoCo از رویکردی مبتنی بر شدت^۱ استفاده می کند. در این رویکرد، نرخ وقوع رویداد نکول در یک بازه زمانی مشخص مدل سازی می شود. این نرخ که به آن شدت نکول^۲ گفته می شود با استفاده از فرایندهای تصادفی؛ مانند فرایند پواسون^۳ تخمین زده می شود. همچنین، این رویکرد به تحلیل احتمال وقوع نکول و تأثیر آن بر ارزش ابزار مالی کمک می کند. استفاده از شدت نکول باعث می شود که مدل تغییرات دینامیک در شرایط بازار را بهتر شبیه سازی کند و پیش بینی دقیق تری از رفتار CoCo ارائه دهد که به فرمول مثلث اعتباری^۴ متکی است.

فرمول مثلث اعتباری از حاصل ضرب سه عنصر اصلی مرتبط با ریسک اعتباری به دست می آید که عبارتند از: احتمال نکول^۵ (PD)، زیان ناشی از نکول^۶ (LGD)، و مبلغ در معرض

^۱ Intensity-Based Approach

^۲ Default Intensity

^۳ فرایند پواسون (Poisson Process): این فرایند تصادفی برای مدل سازی رویدادهایی استفاده می شود که به طور مستقل و با نرخ ثابت در طول زمان اتفاق می افتند. در اینجا، از آن برای مدل سازی وقوع نکول در یک بازه زمانی مشخص بهره می برند.

^۴ فرمول مثلث اعتباری (Credit Triangle Formula): این فرمول برای محاسبه ریسک اعتباری استفاده می شود و از سه عنصر اصلی تشکیل شده است: احتمال نکول (PD)، زیان ناشی از نکول (LGD)، و مبلغ در معرض نکول (EAD). این فرمول برای ارزیابی ریسک های اعتباری در ابزارهای مالی کاربرد دارد.

^۵ احتمال نکول (Probability of Default - PD): به احتمال وقوع نکول توسط یک نهاد مالی یا شرکت در بازه زمانی مشخصی اشاره دارد. این شاخص نشان دهنده توانایی یا ناتوانی شرکت در انجام تعهدات مالی خود است. PD معمولاً با استفاده از مدل های آماری و تحلیل داده های تاریخی به دست می آید. عواملی مانند وضعیت مالی شرکت، شرایط اقتصادی کلان، و رتبه بندی اعتباری بر این احتمال تأثیر می گذارند؛ برای مثال، شرکتی که بدهی های زیادی دارد و جریان نقدی کافی برای بازپرداخت آن ندارد، احتمال نکول بیشتری خواهد داشت. PD به عنوان یکی از اصلی ترین پارامترهای مدیریت ریسک اعتباری، در تصمیم گیری های سرمایه گذاری و اعطای وام نقش حیاتی دارد.

^۶ زیان ناشی از نکول (Loss Given Default - LGD): درصدی از زیانی است که سرمایه گذار یا وام دهنده در صورت وقوع نکول متحمل می شود. این پارامتر نشان می دهد که چه مقدار از سرمایه گذاری یا وام ممکن است بازیابی نشود؛ برای مثال، اگر یک بانک به شرکتی وام داده باشد و آن شرکت نکول کند، LGD به درصدی از وام اشاره دارد که بانک نمی تواند بازپس بگیرد. LGD به عوامل مختلفی بستگی دارد؛ از جمله نوع دارایی های وثیقه ای، اولویت بازپرداخت بدهی ها، و وضعیت بازار در زمان نکول. اگر وثیقه هایی با ارزش بالا وجود داشته باشد LGD پایین تر خواهد بود؛ زیرا بانک می تواند از فروش وثیقه بخشی از زیان را جبران کند. این شاخص برای تخمین زیان های احتمالی در مدیریت ریسک مالی بسیار مهم است.

نکول (EAD)^۱. این فرمول ابزار ساده و کارآمدی برای محاسبه ریسک اعتباری در ابزارهای مالی است و در مدل سازی و قیمت گذاری CoCo برای ارزیابی احتمال تبدیل بدهی به سهام استفاده می شود.

براین اساس، ابتدا باید فرمول مثلث اعتباری با مدل سازی CoCo طبق شکل ۵ تطبیق داده شود، به طوری که شدت تبدیل^۲، جایگزین شدت نکول در فرمول مثلث اعتباری سنتی شود. شدت تبدیل احتمال وقوع یک رویداد تبدیل را بین دو بازه زمانی t و $t+dt$ مدل سازی می کند. این تطبیق به سرمایه گذاران کمک می کند تا ریسک مرتبط با تبدیل CoCo را ارزیابی کنند. باتوجه به اینکه احتمال تبدیل تحت تأثیر شرایط بازار و عملکرد مالی بانک قرار می گیرد، شدت تبدیل ابزار مهمی برای تحلیل دینامیک رفتار CoCo و پیش بینی بازدهی آن محسوب می شود. همچنین، در این مدل صرف ریسک^۳ به جای مبلغ در معرض نکول همانند جبرانی برای ریسک های مرتبط با تبدیل عمل کرده و سرمایه گذاران را برای پذیرش این ریسک تشویق می کند. این تطبیق به سرمایه گذاران کمک می کند تا بازدهی موردانتظار خود را تنظیم کنند. ناشران CoCo نیز از این پارامتر برای تعیین نرخ بهره مناسب و جذب سرمایه گذاران استفاده می کنند^۴.

نرخ بازبازی^۵ π جایگزین زیان ناشی از نکول در فرمول مثلث اعتباری شده و به طور مستقیم بر بازدهی و جذابیت CoCo برای سرمایه گذاران تأثیر می گذارد. این تطبیق نشان دهنده میزان سود یا زیان سرمایه گذار در صورت تبدیل است. اگر نرخ بازبازی بالاتر باشد، سرمایه گذاران بازدهی بیشتری دریافت می کنند و ابزار مالی جذاب تر می شود و در نهایت در مدل CoCo به جای استفاده از احتمال ثابت برای وقوع رویدادها، از رویکرد مبتنی بر شدت استفاده می شود. این رویکرد احتمال تبدیل را به صورت دینامیک و وابسته به زمان مدل سازی می کند. به علاوه، امکان تحلیل دقیق تر رفتار CoCo در شرایط مختلف بازار را

^۱ مبلغ در معرض نکول (Exposure at Default - EAD) به مبلغی اشاره دارد که در صورت وقوع نکول، در معرض خطر قرار دارد. این مبلغ شامل اصل وام، سودهای معوق، و سایر تعهدات مالی است. EAD نشان دهنده حداکثر زمانی است که سرمایه گذار یا وام دهنده ممکن است در صورت نکول متحمل شود.

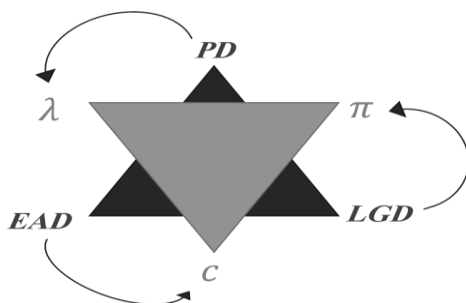
^۲ default intensity

^۳ credit spread

^۴ صرف ریسک نشان دهنده میزان بازدهی اضافی است که CoCo باید نسبت به نرخ بدون ریسک ارائه دهد تا ریسک مرتبط با آن را جبران کند. این اختلاف بازدهی منعکس کننده ریسک های مرتبط با تبدیل و احتمال وقوع آن است. صرف ریسک به عنوان عاملی کلیدی در قیمت گذاری CoCo عمل می کند و به سرمایه گذاران کمک می کند تا بازدهی موردانتظار خود را باتوجه به ریسک های مرتبط تنظیم کنند.

^۵ recovery rate

فراهم می کند و به سرمایه گذاران و ناشران کمک می کند تا تصمیم های آگاهانه تری درباره مدیریت و قیمت گذاری CoCo اتخاذ کنند. استفاده از این رویکرد باعث می شود مدل به تغییرات بازار حساس تر باشد و پیش بینی های دقیق تری ارائه دهد. براین اساس، فرمول مثلث اعتباری به نحوی تطبیق داده شد که امکان محاسبه بازدهی مورد انتظار CoCo فراهم شود.



شکل ۵. تطبیق اجزای مثلث اعتباری برای مدل سازی اوراق CoCo
منبع: سگال، ۲۰۲۳

ابتدا، مثلث اعتباری را از یک اوراق قرضه بدون کوپن^۱ استخراج می کنیم. فرض کنید یک اوراق قرضه بدون کوپن با ارزش اسمی^۲ N ، سررسید^۳ T و شدت تبدیل λ ^۴ داریم. زمان وقوع نکول پیش بینی ناپذیر است؛ اما می توان آن را با استفاده از فرایند پواسون با شدت λ مدل سازی کرد. همچنین احتمال اینکه در یک بازه زمانی به طول T نکولی رخ ندهد، می تواند به عنوان این احتمال اندازه گیری شود که اولین زمان فاصله بزرگ تر از T باشد. براساس توزیع نمایی با کمک بسط تیلور^۵، معادله ۱ برای احتمال عدم نکول^۶ p_s استخراج می شود^۷:

^۱ zero-coupon bond

^۲ face value

^۳ maturity

^۴ پارامتر λ نشان دهنده احتمال وقوع نکول در هر لحظه است و کمک می کند ریسک نکول در طول زمان ارزیابی شود. بر این اساس شدت نکول، احتمال آبی نکول است.

^۵ براساس بسط سری تیلور حول یک نقطه وقتی T خیلی کوچک باشد $1 - \lambda T \approx e^{-\lambda T}$ می شود.

^۶ survival probability

^۷ این احتمال نشان می دهد که در یک بازه زمانی مشخص T چقدر احتمال دارد نکولی رخ ندهد. این مفهوم برای سرمایه گذاران بسیار مهم است، زیرا نشان دهنده ریسک سرمایه گذاری در اوراق قرضه است.

$$p(x) = \frac{e^{-(\lambda T)} (\lambda T)^x}{x!} \xrightarrow{e^{-\lambda T} = \left(1 - \lambda T + \frac{(\lambda T)^2}{2!} - \frac{(\lambda T)^3}{3!} + \frac{(\lambda T)^4}{4!} - \dots\right)} p_s = \exp(-\lambda T) \approx 1 - \lambda T \quad (1)$$

سرمایه‌گذاران در زمان سررسید، ارزش اولیه N را دریافت می‌کنند؛ ولی اگر در طول عمر اوراق قرضه نکولی رخ داده باشد، تنها بخشی از ارزش اولیه بازبایی شده در زمان سررسید پرداخت می‌شود. ارزش بازبایی^۱ با πN نمایش داده می‌شود و نرخ بازبایی π در بازه $[0, 1]$ قرار دارد.

ارزش موردانتظار اوراق قرضه^۲، به صورت مجموع تمام مقادیر پرداختی تنزیل شده به علاوه احتمال دریافت این پرداخت در بازه زمانی T محاسبه می‌شود؛ بنابراین، یک تقریب برای اوراق قرضه بدون کوپن^۳ به صورت معادله^۲ ارائه می‌شود:

$$B = \frac{C_1}{(1+r)^1} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \frac{C_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{C_{T-1}}{(1+r)^{T-1}} + \frac{C_T}{(1+r)^T} + \frac{N}{(1+r)^T} = \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+r)^i} + \frac{N}{(1+r)^T} \quad (2)$$

باتوجه به مبانی افراز مجموعه‌ها T را به صورت N زیر شاخه بر حسب x_i تقسیم می‌کنیم. که در آن هر بازه کوچک‌تر از T است:

$$x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_T \leq T < x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_{T+1} \quad (3)$$

در نتیجه، می‌توانیم با تبدیل T به کوچک‌ترین زیر بخش x_i محاسبه ارزش فعلی را از حالت گسسته به پیوسته تبدیل کنیم.

^۱ این مقدار نشان‌دهنده بخشی از ارزش اولیه است که پس از وقوع نکول به سرمایه‌گذار پرداخت می‌شود. نرخ بازبایی π نشان‌دهنده درصدی از ارزش اولیه است که در صورت نکول، قابل بازبایی است.

^۲ این ارزش به‌طور کلی به‌عنوان میانگین وزنی پرداخت‌های ممکن در زمان سررسید محاسبه می‌شود که به احتمال وقوع هر یک از این پرداخت‌ها بستگی دارد. این محاسبه شامل تنزیل پرداخت‌ها به زمان فعلی است.

^۳ این تقریب به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا ارزش فعلی اوراق قرضه را با در نظر گرفتن ریسک نکول محاسبه کنند. این محاسبه معمولاً شامل استفاده از شدت نکول λ برای تعیین احتمال وقوع نکول و تأثیر آن بر ارزش اوراق قرضه است.

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{(1+r)^T} = e^{-rT} \quad (۴)$$

$$B = C_1 e^{-rT} + C_2 e^{-rT} + C_3 e^{-rT} + \dots + C_{T-1} e^{-r(T-1)} + C_T e^{-rT} + N e^{-rT} \rightarrow$$

$$B = \sum_{i=1}^T C_i e^{-rT} + N e^{-rT} \quad (۵)$$

معادله ۴ و ۵ قیمت اوراق قرضه با کوپن است. براین اساس، قیمت اوراق قرضه بدون کوپن و بدون صرف ریسک براساس توزیع پواسن به صورت معادله ۶ است^۱:

$$B = N e^{-rT} \rightarrow B = e^{-rT} [p_s N + (1 - p_s) \pi N] \xrightarrow{p_s = \exp(-\lambda T) \approx 1 - \lambda T}$$

$$B = N e^{-rT} [1 - \lambda T + (1 - 1 + \lambda T) \pi] \rightarrow B = N e^{-rT} [1 - \lambda(1 - \pi)T] \quad (۶)$$

همچنین، قیمت اوراق قرضه بدون کوپن و با صرف ریسک به صورت معادله ۷ است:

$$B = N e^{-(r+c)T} \rightarrow B = N e^{-rT} \times e^{-cT}$$

$$\xrightarrow{p_s = \exp(-\lambda T) \approx 1 - \lambda T} B = N e^{-rT} [1 - cT] \quad (۷)$$

باتوجه به دو معادله قیمت اوراق قرضه بدون کوپن و با صرف ریسک و قیمت اوراق قرضه بدون کوپن و بدون صرف ریسک داریم:

$$\begin{cases} B = N e^{-rT} [1 - cT] \\ B = N e^{-rT} [1 - \lambda(1 - \pi)T] \end{cases} \rightarrow [1 - \lambda(1 - \pi)T] = [1 - cT] \rightarrow c = \lambda(1 - \pi) \quad (۸)$$

این قاعده که به قانون سرانگشتی^۲ معروف است، بین صرف ریسک^۳، شدت نکول^۴، و نرخ بازیابی^۵ رابطه برقرار می کند و در روش مشتقات اعتبار برای قیمت گذاری CoCo استفاده می شود.

مشابه با رویداد نکول در بدهی های شرکتی، CoCo رویدادی تحریک کننده دارد. مثلث اعتبار و روش قیمت گذاری اوراق قرضه به راحتی در قیمت گذاری یک CoCo اعمال می شود.

^۱ مقدار سرمایه گذاری نهایی B تحت تأثیر دو حالت مختلف باتوجه به احتمال p_s قرار می گیرد. حالت اول، با احتمال p_s برابر با N است و حالت دوم، با احتمال $(p_s - 1)$ برابر πN است.

^۲ Rule of Thumb Gives

^۳ Credit Spread

^۴ احتمال وقوع نکول در یک واحد زمان را نشان می دهد و می تواند به عنوان یادآور ریسک در سرمایه گذاری در اوراق قرضه در نظر گرفته شود.

^۵ Recovery Rate

براین اساس، احتمال وقوع رویداد تحریک‌کننده در اوراق CoCo قبل از T سال می‌تواند به صورت زیر در قالب شدت تحریک بیان شود:

$$P_T = 1 - \exp(-\lambda_T T) \rightarrow \lambda_T = -\frac{1}{T} \log(1 - P_T) \quad (۹)$$

شایان ذکر است که شدت این تریگر باید به‌طور طبیعی بالاتر از شدت نکول بدهی شرکتی باشد؛ زیرا احتمال وقوع یک رویداد تریگر بیشتر از احتمال نکول است. این یعنی وقوع اتفاقی خاص؛ مانند عدم پرداخت بدهی رخ دهد، احتمال بیشتری دارد تا ورشکستگی واقعی خود شرکت؛ بنابراین به ارزیابی متفاوتی نیاز دارد. براین اساس، صرف ریسک یک شرکت با نرخ بازبایی π و یک سطح تریگر به صورت زیر استخراج می‌شود:

$$c_{CoCo,T} = -\frac{(1-\pi)}{T} \log(1 - P_T) \rightarrow y_T = c_{CoCo,T} + r_T \quad (۱۰)$$

اینجا r_T نشان‌دهنده نرخ بدون ریسک برای مدتی به طول T سال است. در مرحله آخر، قیمت CoCo می‌تواند با تنزیل جریان‌های نقدی با استفاده از بازده مربوطه به دست آید که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$P = \sum c_i e^{-y_{t_i} t_i} + N e^{-y_T T} \quad (۱۱)$$

که در آن c_i پرداخت‌های آینده کوپن است^۱ که در زمان‌های t_i پرداخت می‌شود و N ارزش اسمی است. نرخ بازگشت^۲ از قیمت تبدیل^۳ به دست می‌آید و نشان‌دهنده درصدی است که سرمایه‌گذاران در صورت زیان در سرمایه‌گذاری‌شان قادر به بازبایی آن هستند. در مورد CoCoها، این نرخ به قیمت تبدیل وابسته است؛ زیرا این مسئله می‌تواند تأثیر زیادی بر ارزش سرمایه‌گذاری در زمان تبدیل بگذارد.

در لحظه تبدیل، سرمایه‌گذار یک CoCo قابل تبدیل، C_r سهم دریافت می‌کند که ارزش بازار آن با S^* نشان داده می‌شود (سهم دریافتی، ارزش فعلی سهام بانک را نشان می‌دهد که سرمایه‌گذار با تبدیل CoCo آن را به دست می‌آورد).

^۱ پرداخت‌های کوپن معمولاً به صورت دوره‌ای انجام می‌شوند و نشان‌دهنده سودی است که سرمایه‌گذاران از سرمایه‌گذاری خود در اوراق قرضه یا بدهی‌های مشابه دریافت می‌کنند. ارزش اسمی، مبلغی است که در سررسید به دارندگان اوراق قرضه پرداخت می‌شود و معمولاً به عنوان مبنای محاسبه سود کوپن استفاده می‌شود.

^۲ Recovery Rate

^۳ Conversion Price

$$L = N - C_p S^* \rightarrow L = N \left(1 - \frac{S^*}{C_p} \right) \quad (12)$$

در این فرمول S^* نشان دهنده ارزش بازار سهام دریافتی بعد از تبدیل و C_p قیمت تبدیل است. برای CoCoهای کاهشی^۱، زیان برابر با کسری از میزان اسمی است.^۲

احتمال تحریک تریگر پیچیده ترین جزء در قیمت گذاری اوراق است، و به طور قابل ملاحظه ای چالش برانگیزترین وظیفه در قیمت گذاری CoCo را دارد.

یکی از روش ها برای حل این مشکل ارتباط دادن تحریک CoCo با رویداد کاهش قیمت سهم به زیر سطح مرزی S^* است. این سطح معادل قیمت سهم در زمانی است که اوراق قرضه CoCo تحریک می شود و به آن سطح تحریک^۳ گفته می شود؛ بنابراین یک رویداد تحریک در ترازنامه با یک رویداد برای سطح قیمت سهم جایگزین می شود. در این راستا، برای یافتن احتمال عبور از سطح تحریک از مدل بلک-شولز^۴ با استفاده از معادله زمان خروج اول^۵ محاسبه استفاده می شود، برای این اساس فرض می شود:

$$\partial S_t = \mu S_t \partial t + \sigma S_t \partial W_t \rightarrow \int_0^t \frac{1}{S_t} \partial S_t = \int_0^t \mu \partial t + \sigma \int_0^t \partial W_t \quad (13)$$

که در آن ∂S_t تغییرات قیمت در زمان μ ، نرخ بازدهی و میانگین نرخ رشد قیمت دارایی را نشان می دهد. σ نوسان میزان تغییرات تصادفی قیمت را نشان می دهد و W_t حرکت براونی استاندارد را که فرایندی تصادفی با میانگین صفر و واریانس متناسب با زمان است. معادله ۱۳ معادله ای انتگرالی است و چون شامل جملات تصادفی است، معادله را معادله انتگرالی تصادفی می گوئیم. حال به بررسی جواب این معادله دیفرانسیلی انتگرالی می پردازیم تا رابطه قیمت در طول زمان T را به دست آوریم. بدین منظور، به صورت زیر عمل می کنیم.

با فرض $W_0 = 0$ که از خواص حرکت براونی هندسی است، پس:

¹ Writedown CoCo

^۲ اوراق CoCo کاهشی به محض بروز شرایط نامساعد مالی، به طور خودکار مقداری از ارزش اسمی خود را از دست می دهند. این کاهش می تواند به دلایلی؛ مانند ورشکستگی یا مشکلات مالی بانک های صادرکننده اتفاق بیفتد.

³ Implied Trigger Level

⁴ Black-Scholes model

⁵ First Exit Time Equation

$$\int_0^T \frac{1}{S_t} \partial S_t = \int_0^T \mu \partial t + \sigma \int_0^T \partial W_t = \mu T + \sigma W_T \quad (14)$$

برای محاسبه انتگرال سمت چپ، از فرمول ایتو^۱ استفاده می‌کنیم. برای این کار تابع

$$Y_t = g(t, x) = \ln(x) \quad (15)$$

را برای $x > 0$ تعریف می‌کنیم. پس:

$$dY_t = d(\ln S_t) = \frac{1}{S_t} dS_t + \frac{1}{2} \left(-\frac{1}{S_t^2} \right) (dS_t)^2 \quad (16)$$

حال $(dS_t)^2$ را بنا بر خواص گفته‌شده در بالا، برای فرایند حرکت براونی هندسی به صورت زیر محاسبه می‌کنیم (نیسی و سلمانی قرائی، ۱۴۰۲):^۲

$$(dS_t)^2 = (\mu S_t dt + \sigma S_t dW_t)^2 = \sigma^2 S_t^2 dt \quad (17)$$

شایان ذکر است، بنا به خواص حرکت براونی هندسی، $dt \cdot dt = dt \cdot dW_t = 0$ و $dW_t \cdot dW_t = dt$ است. لذا به دست می‌آوریم:

$$\frac{dS_t}{S_t} = d(\ln S_t) + \frac{1}{2} \sigma^2 dt \quad (18)$$

با انتگرال‌گیری از رابطه اخیر در بازه $[0, T]$ خواهیم داشت:

$$\int_0^T \frac{dS_t}{S_t} = \int_0^T d(\ln S_t) + \frac{1}{2} \int_0^T \sigma^2 dt = \ln S_T - \ln S_0 + \frac{1}{2} \sigma^2 T = \ln \frac{S_T}{S_0} + \frac{1}{2} \sigma^2 T \quad (19)$$

در نهایت با قراردادن این انتگرال در رابطه

$$\int_0^T \frac{dS_t}{S_t} = \int_0^T \mu dt + \int_0^T \sigma dW_t = \mu T + \sigma W_T \quad (20)$$

به معادله ۱۶ می‌رسیم:

^۱ فرمول ایتو (Ito Processes) بر اساس حرکت براونی یا فرایند وینر ساخته شده و به‌طور پیوسته تغییر می‌کند. در فرایند تصادفی ایتو، تغییرات در هر لحظه زمانی به دو بخش تقسیم می‌شود: یک بخش روند (drift) که تغییرات متوسط و قابل‌پیش‌بینی را نشان می‌دهد، و یک بخش تصادفی (volatility) که نوسانات غیرقابل‌پیش‌بینی و تصادفی را مدل‌سازی می‌کند. این مدل‌ها به‌طور گسترده در مدل‌سازی قیمت‌گذاری دارایی‌ها، تحلیل ریسک مالی و سایر پدیده‌های اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

^۲ برای مطالعه بیشتر رجوع کنید به نیسی، ع.، و سلمانی قرائی، ک. (۱۴۰۲). مهندسی مالی و مدل‌سازی بازارها با رویکرد نرم‌افزار MATLAB (چاپ سوم). انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی.

$$Ln \frac{S_T}{S_0} + \frac{1}{2} \sigma^2 T = \mu T + \sigma W_T \quad (21)$$

به عبارت دیگر:

$$Ln \frac{S_T}{S_0} = \left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) T + \sigma W_T \quad (22)$$

در نتیجه داریم:

$$S_T = S_0 \exp \left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T + \sigma W_T \right) \quad (23)$$

رابطه ۲۳ جواب معادله ۱۳ در بازه $[0, T]$ است. از آنجاکه $W_T \sim N(0, T)$ است، پس می توان گفت $\log(S_T)$ توزیع نرمال با میانگین $\log(S_0) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T$ و واریانس $\sigma^2 T$ است:

$$\log(S_T) = \log(S_0) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T + \sigma W_T \rightarrow \log(S_T) \sim N \left(\log(S_0) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T, \sigma^2 T \right) \quad (24)$$

از آنجاکه $S_T > 0$ است، می توان از هر دو طرف لگاریتم گرفت:

$$P(S_T < S^*) = P(\log(S_T) < \log(S^*)) \quad (25)$$

در این صورت برای تبدیل توزیع به توزیع نرمال استاندارد $N(0, T)$ ، عبارت زیر را استفاده می کنیم:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{\log(S_T) - \left(\log(S_0) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T \right)}{\sigma \sqrt{T}} \sim N(0, 1) \\ P(\log(S_T) < \log(S^*)) &= P \left(Z < \frac{\log(S_T) - \left(\log(S_0) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T \right)}{\sigma \sqrt{T}} \right) \rightarrow \\ P(S_T < S^*) &= P \left(Z < \frac{\log(S_T) - \left(\log(S_0) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T \right)}{\sigma \sqrt{T}} \right) \end{aligned} \quad (26)$$

از آنجاکه به دنبال محاسبه احتمال زیر هستیم:

$$P(\log(S_T) < \log(S^*)) = P\left(\frac{\log(S_T) - (\log(S_0) + (\mu - \frac{\sigma^2}{2})T)}{\sigma\sqrt{T}} < \frac{\log(S^*) - (\log(S_0) + (\mu - \frac{\sigma^2}{2})T)}{\sigma\sqrt{T}}\right) \quad (27)$$

برای محاسبه $\varphi = P(Z < x)$ ، از تابع توزیع تجمعی (CDF) توزیع نرمال استاندارد استفاده می‌کنیم که در آن φ تابع CDF نرمال استاندارد است. براین اساس و باتوجه به خاصیت تابع توزیع نرمال داریم:

$$P_T^* = \varphi\left(\frac{\log(\frac{S^*}{S}) - \mu T}{\sigma\sqrt{T}}\right) + \left(\frac{S^*}{S}\right)^{\frac{2\mu}{\sigma^2}} \varphi\left(\frac{\log(\frac{S^*}{S}) + \mu T}{\sigma\sqrt{T}}\right) \rightarrow \mu = \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (28)$$

که در آن نرخ بهره بدون ریسک r سود تقسیمی q قیمت فعلی سهم S و پارامتر نوسان σ و تابع چگالی نرمال به صورت زیر $\varphi(x) = \text{Probability}(X \leq x)$ قابل تعریف است. این موضوع نشان‌دهنده احتمالی است که یک متغیر تصادفی نرمال استاندارد X مقداری کمتر از x بگیرد. بزرگ‌ترین نقص روش مشتقات اعتباری این است که خسارات مالی ناشی از حذف در جریان کوپن به طور کامل در نظر گرفته نمی‌شود، بنابراین رویکرد مشتقات اعتباری بیشتر به عنوان قاعده‌ای کلی در نظر گرفته می‌شود.

توجه داشته باشید که فعال‌سازی تریگر با یک سطح خاص CET1 تعریف یا بر اساس تصمیم یک نهاد ناظر تعیین می‌شود. از آنجا که این مکانیزم‌های تحریک به سختی مدل‌سازی یا حتی کمی‌سازی می‌شوند، ما تحریک را به چهارچوب قیمت سهام منتقل می‌کنیم. فرض می‌شود که رویداد رسیدن به یک نسبت حسابداری معادل با کاهش قیمت سهم برای اولین بار زیر S^* است. بنابراین ما وجود یک سطح قیمت سهم مرزی S^* را فرض می‌کنیم، به طوری که لحظه‌ای که نسبت CET1 نتواند بالای سطح حداقلی تحریک باقی بماند، با کاهش قیمت سهم به زیر S^* هم‌زمان می‌شود. این سطح به ارزش سهم پایه در لحظه‌ای مربوط می‌شود که اوراق قرضه به تبدیل یا کاهش ارزش می‌رسد.

در نتیجه، تحت چهارچوب قیمت سهام، اوراق قرضه CoCo می‌تواند به چندین ابزار مشتقه مختلف تقسیم شود. در ابتدا، اوراق قرضه CoCo مانند اوراق قرضه شرکتی استاندارد (غیرقابل نکول) رفتار می‌کند که دارنده آن در زمان‌های منظم t_i کوپن‌های c_i را به همراه اصل N در سررسید T دریافت می‌کند. با این حال، این اوراق قرضه در صورتی که سطح سهام به زیر سطح مرزی S^* کاهش یابد، باید از اعتبار ساقط شود.

این عنصر اول یک اوراق قرضه شرکتی با کوپن صفر^۱ (ZC) است. عنصر دوم (Cpn) مجموعه ای از گزینه های Binary-Down-and-Out (BDO) است^۲. گزینه های BDO در صورتی که قیمت سهام زیر مقدار معین برود، هیچ پرداختی ندارند. گزینه های BDO در ساختار CoCo دارای سررسیدهای t_i برای هر کوپن c_i هستند. قیمت نظری تحت مدل بلک-شولز برای CoCo که به طور کامل از اعتبار ساقط شده و بعد از T سال منقضی می شود، به صورت زیر است:

$$P = ZC + Cpn + Recovery Value \quad (29)$$

براین اساس، گزینه های BDO که به توزیع نرمال استاندارد وابسته اند، تحت عنوان X, Y به صورت زیر محاسبه می شوند:

$$X = \frac{\log\left(\frac{S}{S^*}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, Y = \frac{\log\left(\frac{S}{S^*}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

از این رو، $\varphi(x_1 - \sigma\sqrt{T})$ نشان دهنده احتمال افزایش قیمت سهم از سطح تعیین شده و $\varphi(y_1 - \sigma\sqrt{T})$ احتمال ریزش قیمت سهم از سطح تعیین شده است و $\left(\frac{S^*}{S}\right)^{2(\lambda-1)}$ نیز نشان دهنده احتمال کاهش قیمت سهم به زیر قیمت تعیین شده است. براین اساس داریم:

^۱ اوراق قرضه صفر کوپن Zero-Coupon Bond - ZC: این نوع اوراق قرضه هیچ گونه پرداخت کوپنی در مدت سرمایه گذاری ندارد و به جای آن در زمان سررسید، مبلغ اصلی معروف به ارزش اسمی را پرداخت می کند. در این سیاق، ZC در مواقعی که دارنده آن مبلغی را در زمان سررسید دریافت نمی کند، دارای اهمیت است؛ چراکه همواره به عنوان کالایی بدون جریان نقدی در نظر گرفته می شود.

^۲ گزینه های Binary Down-and-Out (BDO) نوعی گزینه های عجیب اند که ویژگی های گزینه های باینری را با موانع ترکیب می کنند. در این نوع گزینه، اگر قیمت دارایی پایه در طول دوره معین به زیر سطح خاصی (محدودیت) سقوط کند، گزینه از اعتبار ساقط می شود و دیگر قابل استفاده نیست. اگر قیمت در زمان انقضا بالای این محدودیت باقی بماند، پرداخت معینی (معمولاً یک مبلغ ثابت) به دارنده گزینه تعلق می گیرد، در غیر این صورت گزینه بی ارزش می شود. گزینه های BDO معمولاً با حق بیمه کمتری نسبت به گزینه های باینری استاندارد ارائه می شوند و می توانند به عنوان ابزاری برای مدیریت ریسک در بازارهای پرنوسان مورد استفاده قرار گیرند.

$$\begin{aligned}
 ZC &= N \exp(-rT) \times \left[\varphi(X - \sigma\sqrt{T}) - \left(\frac{S^*}{S}\right)^{2(\lambda-1)} \varphi(Y - \sigma\sqrt{T}) \right] \rightarrow \\
 ZC &= N \exp(-rT) \times \left[\varphi\left(\frac{\log\left(\frac{S^*}{S}\right)}{\sigma\sqrt{T}} + \lambda\sigma\sqrt{T} - \sigma\sqrt{T}\right) - \right. \\
 &\quad \left. \left(\frac{S^*}{S}\right)^{(2\lambda-2)} \varphi\left(\frac{\log\left(\frac{S^*}{S}\right)}{\sigma\sqrt{T}} + \lambda\sigma\sqrt{T} - \sigma\sqrt{T}\right) \right] \quad (30)
 \end{aligned}$$

به‌طور مشابه، گزینه‌های BDO تحت عنوان x_i, y_i به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$\begin{aligned}
 x_i &= \frac{\log\left(\frac{S}{S^*}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)t_i}{\sigma\sqrt{t_i}}, y_i = \frac{\log\left(\frac{S}{S^*}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t_i}{\sigma\sqrt{t_i}} \\
 CPN &= \sum_{i=1}^k c_i \exp(-rt_i) \times \left[\varphi(x_i - \sigma\sqrt{t_i}) - \left(\frac{S^*}{S}\right)^{(2\lambda-2)} \varphi(y_i - \sigma\sqrt{t_i}) \right] \rightarrow \\
 CPN &= \sum_{i=1}^k c_i \exp(-rt_i) \times \left[\varphi\left(\frac{\log\left(\frac{S^*}{S}\right)}{\sigma\sqrt{t_i}} + \lambda\sigma\sqrt{t_i} - \sigma\sqrt{t_i}\right) - \right. \\
 &\quad \left. \left(\frac{S^*}{S}\right)^{(2\lambda-2)} \varphi\left(\frac{\log\left(\frac{S^*}{S}\right)}{\sigma\sqrt{t_i}} + \lambda\sigma\sqrt{t_i} - \sigma\sqrt{t_i}\right) \right] \quad (31)
 \end{aligned}$$

ارزش بازگشتی، که با R نشان داده می‌شود، برای یک CoCo که به‌طور کامل از اعتبار ساقط شده، برابر با صفر است. برای یک CoCo که به‌صورت جزئی از اعتبار ساقط شده، نرخ بازگشت در آگهی انتشار CoCo ذکر شده است. در صورت تبدیل CoCo، سرمایه‌گذار در زمان وقوع تحریک مقدار مشخصی سهام دریافت می‌کند. تعداد سهام براساس نسبت تبدیل Cr مشخص می‌شود. بنابراین، این بخش می‌تواند به‌عنوان گزینه‌های «down-and-in» مدل‌سازی شود که در زمان ضربه فعال می‌شوند.^۱ درنتیجه، برای یک CoCo در حال تبدیل، یک ارزش بازگشتی غیرصفر R نیز وجود دارد. در این حالت، به‌طور مشابه گزینه‌های BDO تحت عنوان a و b به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند:

^۱ در مواردی که اوراق بدهی قابل تبدیل به سهام (CoCo) فعال می‌شوند، سرمایه‌گذار در زمان وقوع یک محرک مشخص (مثل کاهش شدید قیمت یا ورشکستگی) مقدار معینی از سهام را دریافت می‌کند. نسبت تبدیل (Cr) تعیین می‌کند که هر سرمایه‌گذار چه تعداد سهم دریافت می‌کند. به عبارت دیگر، این بخش می‌تواند به‌عنوان گزینه‌های «down-and-in» مدل‌سازی شود. رگزینه‌های «down-and-in» فقط در صورتی فعال می‌شوند که قیمت دارایی پایه به زیر یک سطح مشخص برسد. در این حالت، فعال‌سازی CoCo به منزله ورود به یک وضعیت بحرانی است که در آن سرمایه‌گذار به‌جای دریافت وجه نقد، با تبدیل بدهی به سهام مواجه می‌شود. این مدل‌سازی به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا بهتر ریسک‌ها و پاداش‌های احتمالی ناشی از تبدیل را درک کنند و به برنامه‌ریزی برای مدیریت پرتفو کمک می‌کند.

$$a = (\lambda - 1), b = \sqrt{(\lambda - 1)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}}$$

از این رو، $(a + b)$ اثرات مثبت ناشی از نوسانات و قیمت بازار بر ارزش بازگشتی و $(a - b)$ اثرات منفی ناشی از نوسانات و قیمت بازار بر ارزش بازگشتی است. بر این اساس داریم:

$$\begin{aligned} \text{Recovery Value} &= C_r \times S^* \left[\left(\frac{S^*}{S} \right)^{(a+b)} \varphi(z) + \left(\frac{S^*}{S} \right)^{(a-b)} \varphi(z - 2b\sigma\sqrt{T}) \right] \rightarrow \\ \text{Recovery Value} &= C_r \times S^* \left[\left(\frac{S^*}{S} \right)^{(\lambda-1) + \sqrt{(\lambda-1)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}}} \varphi \left(\frac{\log \left(\frac{S^*}{S} \right)}{\sigma\sqrt{T}} + \right. \right. \\ &\quad \left. \left(\sqrt{(\lambda-1)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \right) \sigma\sqrt{T} \right) + \left(\frac{S^*}{S} \right)^{(\lambda-1) - \left(\sqrt{(\lambda-1)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \right)} \varphi \left(\frac{\log \left(\frac{S^*}{S} \right)}{\sigma\sqrt{T}} + \right. \\ &\quad \left. \left. \left(\sqrt{(\lambda-1)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \right) \sigma\sqrt{T} - 2 \left(\sqrt{(\lambda-1)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \right) \sigma\sqrt{T} \right) \right] \quad (32) \end{aligned}$$

سطح تحریک S^* می تواند از قیمت بازار CoCo استنتاج شود. همچنین، ارزش یک CoCo جدید نیز می تواند براساس قیمت بازار یک CoCo مشابه تعیین شود که در حال حاضر منتشر شده است. می توان سطح مرزی ضمنی اوراق قرضه CoCo موجود را از قیمت بازار آن استخراج کرده و از همان سطح مرزی قیمت سهام در قیمت گذاری CoCo جدید استفاده کرد. باید توجه داشته باشید که اگر یک بانک دارای چندین اوراق قرضه CoCo باشد که همه آنها از همان محرک حسابداری استفاده می کنند، این اوراق باید دارای همان سطح محرک ضمنی S^* باشند. به این ترتیب، می توان CoCo های بالاتر از حد یا کمتر از حد ارزش گذاری شده را شناسایی کرد. برای مثال، فرض کنید سطح تحریک ضمنی یک CoCo بالاتر از سایر CoCo ها با محرک حسابداری مشابه و از یک ناشر یکسان است. این بدان معنی است که قیمت بازار آن CoCo فرض می کند این CoCo قبل از سایر CoCo ها فعال خواهد شد که ممکن نیست. بنابراین، این CoCo زیر ارزش گذاری شده است.

علاوه بر بحث در مورد ارزش بازگشتی برای یک CoCo با قابلیت تبدیل، مانع دیگری که وجود دارد، عدم دانش در مورد پارامتر نوسان σ است. یک رویکرد برای یافتن تخمینی از σ

توسط جی.پی. مورگان^۱ (۱۹۹۹) پیشنهاد شده است.^۲ یک روش تجربی برای یافتن تخمینی از σ می‌تواند بر اساس سطح خاصی از قرارداد سوآپ نکول اعتباری (CDS) باشد.^۳ براین اساس، یک قرارداد CDS با ارزش بازگشتی صفر به عنوان گزینه فروش عمیق خارج از پول (OTM)^۴ در نظر گرفته می‌شود.^۵ به این ترتیب، می‌توانیم پارامتر نوسان ضمنی را پیدا کنیم که در آن گزینه فروش OTM با اسپردهای بازار CDS با ارزش بازگشتی صفر مطابقت

JP Morgan^۱

^۲ رویکرد پیشنهادی جی.پی. مورگان به تحلیلگران کمک می‌کند تا با استفاده از داده‌های موجود در بازار، تخمینی از نوسان به دست آورند. این رویکرد به‌ویژه در مواقعی که گزینه‌ها دارای زمان سررسید طولانی و قیمت‌های اعمال پایین هستند، کاربرد دارد رویکرد جی.پی. مورگان بدین صورت است:

۱. **استفاده از تاریخچه قیمت:** این روش معمولاً شامل تحلیل تاریخچه قیمت دارایی‌های مشابه یا خود CoCo است تا نوسانات تاریخی محاسبه شوند. با استفاده از داده‌های گذشته، می‌توان نوسانات متوسط را تخمین زد.

۲. **مدل‌های پیش‌بینی:** همچنین ممکن است از مدل‌های پیش‌بینی؛ مانند مدل‌های GARCH برای تخمین نوسانات آینده استفاده شود. این روش‌ها می‌توانند به تحلیل تأثیر تغییرات قیمت بر نوسان کمک کنند.

۳. **بازارهای مالی و احساسات سرمایه‌گذاران:** گاهی اوقات، بر اساس داده‌های بازار و احساسات سرمایه‌گذاران، می‌توان نوسانات موردانتظار را تخمین زد. این شامل استفاده از گزینه‌های بازار برای ارزیابی ریسک و نوسانات پیش‌بینی شده می‌شود.

۴. **تحلیل سناریو:** همچنین می‌توان با استفاده از سناریوهای مختلف و شبیه‌سازی‌های مونت کارلو، نوسانات احتمالی تحت سناریوهای متعددی را بررسی و تحلیل کرد.

نوسانات یکی از پارامترهای کلیدی در قیمت‌گذاری ابزارهای مالی پیچیده مانند CoCo است و تخمین صحیح آن می‌تواند به تصمیم‌گیری بهتر در مدیریت ریسک و سرمایه‌گذاری کمک کند.

^۳ یک روش تجربی برای تخمین نوسانات (σ) بر اساس سطوح قراردادهای سوآپ نکول اعتباری (CDS) است. قیمت‌ها و اسپردهای CDS برای یک دارایی خاص اطلاعات مهمی درباره پیش‌بینی‌های بازار نسبت به ریسک نکول آن دارایی ارائه می‌دهند و معمولاً نشان‌دهنده نوسانات موردانتظار نیز هستند. با استفاده از اسپرد CDS، می‌توان نوسانات ضمنی را تخمین زد؛ زیرا افزایش اسپرد به معنای ریسک‌های بیشتری و پیش‌بینی نوسانات بالاتر است. این تخمین می‌تواند با استفاده از مدل‌های ریاضی برای ارتباط اسپرد CDS با نوسانات انجام شود و تحلیل داده‌های گذشته CDS و نوسانات به کشف الگوها و روابط کمک می‌کند، که به سرمایه‌گذاران و مدیران ریسک در ارزیابی و تصمیم‌گیری مالی دقیق‌تر کمک می‌کند.

^۴ out-the-money

^۵ قرارداد CDS و گزینه فروش OTM: تحلیل CDS به عنوان یک گزینه فروش عمیق خارج از پول نشان‌دهنده این است که در شرایطی که احتمال بازگشت به حالت عادی وجود ندارد، این قرارداد می‌تواند به عنوان ابزاری برای ارزیابی ریسک استفاده شود. این مشابهت به تحلیلگران کمک می‌کند تا نوسان ضمنی را بر اساس اسپردهای CDS تعیین کنند.

داشته باشد. بنابراین، در این رویکرد از اسپردهای CDS به عنوان ورودی برای یافتن پارامتر ناشناخته در مدل قیمت گذاری استفاده می شود.

ساده ترین مدل بدون دخالت هیچ مدلی برای قیمت سهام، مدل نوسان ضمنی CET1 است. با وجود اینکه ارزش نسبت CET1 تنها به صورت سه ماهه مشخص می شود، در این حالت این نسبت به عنوان یک حرکت هندسی براونی پیوسته^۱ بدون هیچ نوع انحراف (drift) مدل سازی می شود^۲. این مدل با نام مدل بلک^۳ نیز شناخته می شود:

$$\begin{aligned} \frac{dCETL_t}{CETL_t} &= \sigma_{CETL} dW_t \\ P_T^* &= \varphi \left(\frac{\log\left(\frac{Trigger}{CET1}\right) - \mu T}{\sigma_{CETL} \sqrt{T}} \right) + \left(\frac{Trigger}{CET1} \right)^{-1} \varphi \left(\frac{\log\left(\frac{Trigger}{CET1}\right) + \mu T}{\sigma_{CETL} \sqrt{T}} \right) \rightarrow \\ P_T^* &= \varphi \left(\frac{\log\left(\frac{Trigger}{CET1}\right) - \frac{\sigma_{CET1}^2 T}{2}}{\sigma_{CETL} \sqrt{T}} \right) + \left(\frac{Trigger}{CET1} \right)^{-1} \varphi \left(\frac{\log\left(\frac{Trigger}{CET1}\right) + \frac{\sigma_{CET1}^2 T}{2}}{\sigma_{CETL} \sqrt{T}} \right) \end{aligned} \quad (33)$$

معادله فوق مشابه معادله زمان خروج اول است. پیش تر، مدل قیمت سهام زمانی تشریح شد که زیر سطح تحریک قیمت سهام می افتد. در اینجا، این معادله احتمال اینکه نسبت CET1 در طول دوره بین امروز و انقضای اوراق قرضه در T سال آینده به سطح تحریک حسابداری برسد ارائه می شود. با لحاظ فاصله تحریک $D = \frac{CET1}{Trigger}$ ^۴ داریم:

$$P_T^* = 1 - \varphi \left(\frac{\log(D) + \mu T}{\sigma_{CETL} \sqrt{T}} \right) + D \varphi \left(\frac{\log(D) - \mu T}{\sigma_{CETL} \sqrt{T}} \right) \quad (34)$$

$$CS_{CoCo,T} = -\frac{\log(1-P_T^*)}{T} \times (1 - Recovery Value_{CoCo}) \quad (35)$$

با $Recovery Value_{CoCo}$ به عنوان نسبت بهبودی پس از یک واقعه تحریک مشخص است. معادله فوق یک گسترش از روش مشتقات اعتباری است. بزرگ ترین مانع عدم دانش

^۱ geometric brownian motion

^۲ مدل سازی نسبت CET1 به عنوان یک حرکت هندسی براونی نشان دهنده این است که نرخ تغییرات این نسبت به صورت تصادفی و با نوسانات خاصی تغییر می کند. در این مدل، فرض بر این است که تغییرات در این نسبت تحت تأثیر عوامل تصادفی و نوسان های طبیعی بازار قرار دارد.

^۳ black's model

^۴ فاصله تحریک D : فاصله تحریک به تفاوت بین نسبت CET1 فعلی و سطح تحریک اشاره دارد. این پارامتر به تحلیلگران کمک می کند تا درک بهتری از ریسک های مربوط به تغییرات نسبت CET1 و تأثیر آن بر قیمت اوراق قرضه CoCo داشته باشند.

درمورد نسبت بهبودی و سطح نوسان نسبت CET1 است. درمورد یک اوراق قرضه CoCo با کسر ارزش $Recovery Value_{CoCo} = 0$ ^۱، باز هم نیاز داریم مقدار را برای تعیین ارزش CoCo تعیین کنیم. با این حال، روش جالب دیگر این است که از قیمت‌های بازار CoCo می‌توانیم مدل را برای یافتن سطح نوسان ضمنی نسبت CET1 به کار ببریم. در اینجا، به CoCo همچون نوعی ابزار مشتق با سطح CET1 به عنوان دارایی پایه نگاه می‌کنیم. از قیمت‌های بازار CoCo، نوسان ضمنی CET1 مرتبط را به گونه‌ای استنباط می‌کنیم که قیمت مدل ما با قیمت بازار مطابقت داشته باشد. مدلی پیشرفته‌تر در همین راستا می‌تواند از روش مشتقات سهام استخراج شود که در آن اگر سطح CET1 زیر تحریک ($D < 1$) بیفتد گزینه‌های خاص از بین می‌روند. قیمت نظری یک CoCo با کسر کامل و انقضایش T سال از اکنون، به صورت زیر است (که در آن k تعداد کل کوپن‌هاست):

$$\begin{aligned}
 P &= ZC + Cpn \\
 ZC &= N \exp(-rT) \times (1 - P_T^*) \rightarrow \\
 ZC &= N \exp(-rT) \times \left(\varphi\left(\frac{\log(D) + \mu T}{\sigma_{CET1}\sqrt{T}}\right) - D\varphi\left(\frac{\log(D) - \mu T}{\sigma_{CET1}\sqrt{T}}\right) \right) \\
 CPN &= \sum_{i=1}^k c_i \exp(-rt_i) \times [\varphi(x_i - \sigma_{CET1}\sqrt{t_i}) - D\varphi(y_i - \sigma_{CET1}\sqrt{t_i})] \rightarrow \\
 CPN &= \sum_{i=1}^k c_i \exp(-rt_i) \times \left[\varphi\left(\left(\frac{\log(D)}{\sigma_{CET1}\sqrt{T}} + \frac{\sigma_{CET1}^2\sqrt{t_i}}{2}\right) - \sigma_{CET1}\sqrt{t_i}\right) - \right. \\
 &\quad \left. D\varphi\left(\left(-\frac{\log(D)}{\sigma_{CET1}\sqrt{T}} + \frac{\sigma_{CET1}^2\sqrt{t_i}}{2}\right) - \sigma_{CET1}\sqrt{t_i}\right) \right] \quad (36)
 \end{aligned}$$

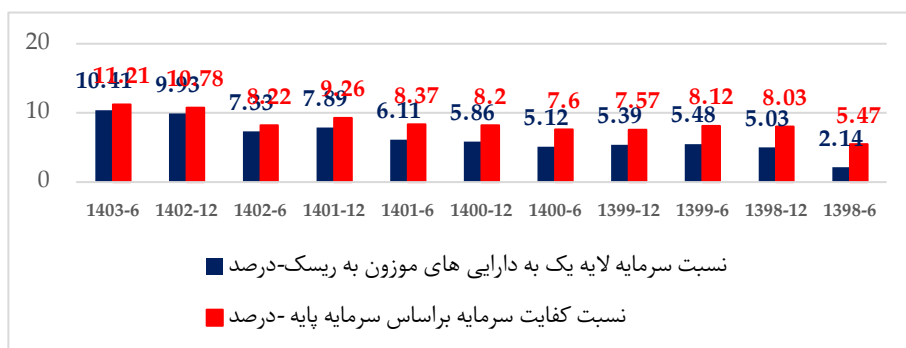
همان‌طور که در بالا ذکر شد، مزیت معادلات فوق در این است که از ارزش یک اوراق قرضه CoCo، یا صرف ریسک می‌توان σ_{CET1} را تعیین کرد. این نوسان ضمنی نسبت CET1 است و نظر بازار را درمورد دینامیک‌های^۲ نسبت CET1 منعکس می‌کند.

^۱ $Recovery Value_{CoCo} = 0$ نسبت بهبودی پس از وقوع یک واقعه تحریک، مقدار درصدی از ارزش سرمایه‌گذاری است که سرمایه‌گذاران در صورت وقوع یک بحران مالی می‌توانند به دست آورند. در این باره، بررسی چگونگی تعیین این نسبت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

^۲ این رویکرد به‌ویژه در شرایط بازار ناپایدار یا پرنوسان اهمیت دارد. در این زمان‌ها، انتظار رفتار بازار می‌تواند تأثیر بسزایی بر نوسانات CET1 داشته باشد و بر تصمیم‌های سرمایه‌گذاری و مدیریت ریسک تأثیر بگذارد.

۴ روش شناسی

با الگوبرداری از سگال برای بانک آریون^۱ (۲۰۲۳) به محاسبه قیمت اوراق برای بانک ملت پرداخته می شود. برای این مهم، ابتدا به استخراج نسبت کفایت سرمایه لایه یک و کفایت سرمایه براساس سرمایه پایه در مقاطع شش ماهه از ۱۳۹۸ تا شهریور ۱۴۰۳ پرداخته می شود، که طبق نمودار زیر است:



شکل ۶. سامانه کدال، صورت های مالی بانک ملت در مقاطع شش ماهه شهریور ۱۴۰۳

شکل ۶ نسبت کفایت سرمایه بر اساس سرمایه پایه (نمودار قرمز) و نسبت سرمایه لایه یک به دارایی های موزون به ریسک (نمودار آبی) در بازه های زمانی مختلف از ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳ در تواترهای شش ماهه را نشان می دهد. به طوری که روند نسبت کفایت سرمایه بر اساس سرمایه پایه (قرمز) در طول بازه زمانی مورد بررسی روندی صعودی داشته است. در شهریور ۱۳۹۸، مقدار این نسبت برابر با ۵/۴۷ درصد بوده که کمترین مقدار در این بازه زمانی محسوب می شود. با گذشت زمان و بهبود مدیریت مالی، این نسبت پیوسته افزایش یافته و در شهریور ۱۴۰۳ به ۱۱/۲۱ درصد رسیده است که بالاترین مقدار ثبت شده در این دوره است. این روند صعودی نشان دهنده تلاش بانک ملت برای تقویت سرمایه پایه و بهبود توانایی خود در مدیریت ریسک های مالی است. همچنین، روند نسبت سرمایه لایه یک به دارایی های موزون به ریسک (آبی) نیز روندی مشابه نسبت کفایت سرمایه داشته است. در شهریور ۱۳۹۸، مقدار این نسبت تنها ۲/۱۴ درصد بوده که نشان دهنده ضعف در سرمایه لایه یک است. با این حال، بانک ملت توانست با بهبود ساختار سرمایه خود این نسبت را به طور پیوسته افزایش دهد و

¹ Arion Bank

در شهریور ۱۴۰۳ به ۱۰/۴۱ درصد برساند. این افزایش نشان می‌دهد که بانک ملت توانسته است سرمایه‌لایه یک خود را تقویت کرده و به استانداردهای بالاتری در مدیریت ریسک دست یابد.

در تمام بازه‌های زمانی موردبررسی روند صعودی هر دو نسبت نشان می‌دهد که بانک ملت توانسته است با مدیریت بهتر دارایی‌های پرریسک و افزایش سرمایه، توانایی خود را در پوشش زیان‌های احتمالی تقویت کند. کاهش فاصله بین نسبت کفایت سرمایه و نسبت سرمایه‌لایه یک نشان‌دهنده بهبود هماهنگی میان اجزای مختلف سرمایه است. در صورت انتشار اوراق CoCo توسط بانک ملت، این امر می‌تواند اعتماد سرمایه‌گذاران اوراق CoCo و نهادهای نظارتی را افزایش دهد.

براین‌اساس، با الگوبرداری از سگال برای بانک آریون مفروضات اساسی برای محاسبه قیمت اوراق CoCo برای بانک ملت را به‌صورت زیر در نظر می‌گیریم:

جدول ۱

مفروضات اساسی انتشار اوراق CoCo توسط بانک ملت، یافته‌های تحقیق

Data input		
par value	p.value	100,000
No. Coupon	no	4
trigger level	T*	8.0%
Common Equity Tier 1	CET1	10.4%
Maturity	T	2
recovery rate	Π	0%
min interest rate	r	5%

مفروضات اساسی بدین صورت است که ارزش اسمی اوراق CoCo ۱۰۰,۰۰۰ واحد است که در پایان زمان سررسید به سرمایه‌گذاران بازپرداخت می‌شود. تعداد ۴ کوپن برای پرداخت سود دوره‌ای به سرمایه‌گذاران تعیین شده است که در پایان هر دوره شش‌ماهه پرداخت می‌شود. سطح فعال‌سازی اوراق به سهام ۸ درصد است که نشان‌دهنده حداقل نسبت کفایت سرمایه‌لایه یک (CET1) است که اگر کمتر از این مقدار شود، اوراق CoCo به سهام تبدیل می‌شوند. نسبت کفایت سرمایه‌لایه یک فعلی ۱۰/۴ درصد است که بالاتر از سطح فعال‌سازی قرار دارد و نشان‌دهنده وضعیت مالی مناسب بانک ملت و ریسک پایین اوراق برای خریداران است. مدت زمان سررسید اوراق ۲ سال است و پس از این مدت، بازپرداخت کامل ارزش

اسمی انجام خواهد شد. نرخ بازبایی ۰ درصد بدین معنی است که در صورت تبدیل اوراق به سهام، هیچ مبلغی به سرمایه گذاران بازپرداخت نمی شود. همچنین، حداقل نرخ بهره بدون ریسک ۵ درصد^۱ است که معادل نرخ سود سپرده های سرمایه گذاری کوتاه مدت ابلاغی توسط بانک مرکزی است. نسبت CET1 فعلی در وضعیت مطلوبی قرار دارد که نشان دهنده وضعیت مالی مناسب بانک ملت است و از ریسک پایین اوراق CoCo بانک ملت برای سرمایه گذاران حکایت دارد. براین اساس، قیمت اوراق CoCo را نسبت به نرخ متغیرهای کلیدی (نرخ حداقل نرخ بهره بدون ریسک و نرخ بازبایی) در قالب جدول تحلیل حساسیت زیر مورد واکاوی قرار می دهیم:

جدول ۲

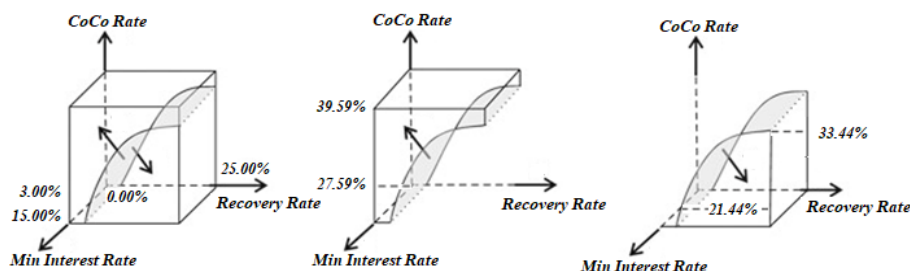
تحلیل حساسیت نرخ اوراق CoCo نسبت به نرخ بهره بدون ریسک و نرخ بازگشت، یافته های تحقیق

Min Interest Rate						CoCo Rate
15%	12%	10%	7%	5%	3%	
39.59%	36.59%	34.59%	31.59%	29.59%	27.59%	0%
38.36%	35.36%	33.36%	30.36%	28.36%	26.36%	5%
37.13%	34.13%	32.13%	29.13%	27.13%	25.13%	10%
35.90%	32.90%	30.90%	27.90%	25.90%	23.90%	15%
34.67%	31.67%	29.67%	26.67%	24.67%	22.67%	20%
33.44%	30.44%	28.44%	25.44%	23.44%	21.44%	25%

جدول ۲ نشان می دهد که چگونه تغییرات در هر یک از متغیرهای نرخ بازبایی و حداقل نرخ بهره بر نرخ نهایی اوراق CoCo تأثیر می گذارد، به طوری که نرخ نهایی اوراق CoCo با افزایش نرخ بازبایی کاهش می یابد؛ البته در صورتی که حداقل نرخ بهره ثابت باشد. این موضوع

^۱ براساس آخرین بخش نامه بانک مرکزی سود سپرده های بانکی در ۱۴۰۳ بدین شرح است: سپرده های کوتاه مدت عادی قابل دریافت از طریق کارت های بانکی با ۵ درصد سود، سپرده های کوتاه مدت ویژه به مدت سه ماه با سود ۱۲ درصدی، سپرده های کوتاه مدت ویژه به مدت شش ماه با سود ۱۷ درصدی، سپرده های بلند مدت یک ساله همراه با سررسید با سود ۲۰/۵ درصدی، سپرده های بلند مدت ۲ ساله همراه با سررسید با سود ۲۱/۵ درصدی، سپرده های بلند مدت ۳ ساله همراه با سررسید با سود ۲۲/۵ درصدی. برای مطالعه بیشتر رجوع کنید به بخش نامه شماره ۰۳/۶۰۷۵۱ مورخ ۱۶ خرداد ماه ۱۴۰۳، در خصوص وظایف هیئت مدیره و کمیته تطبیق در رعایت نرخ سود تسهیلات اعطایی و نرخ سود سپرده های سرمایه گذاری مدت دار.

کاملاً منطقی است؛ زیرا نرخ بازبایی بالاتر به معنای کاهش ریسک برای دارندگان اوراق CoCo است. به عبارت دیگر، اگر دارندگان اوراق CoCo در صورت تبدیل اوراق به سهام بتوانند درصد بیشتری از سرمایه خود را بازبایی کنند، نیاز کمتری به دریافت بازده بالاتر دارند. برای مثال، اگر حداقل نرخ بهره ۷ درصد باشد، نرخ اوراق CoCo برای نرخ بازبایی ۰ درصد برابر با ۳۱/۵۹ درصد است؛ اما با افزایش نرخ بازبایی به ۱۰ درصد نرخ CoCo به ۲۹/۱۳ درصد کاهش می‌یابد. این روند نشان می‌دهد که هر افزایش ۵ درصدی در نرخ بازبایی می‌تواند نرخ اوراق CoCo را به‌طور متوسط حدود ۱/۲۲ درصد تا ۱/۴۶ درصد کاهش دهد. حداقل نرخ بهره نیز تأثیر مهمی بر نرخ اوراق CoCo دارد. با افزایش حداقل نرخ بهره، نرخ اوراق CoCo نیز افزایش می‌یابد، حتی اگر نرخ بازبایی ثابت باشد. این افزایش به دلیل تأثیر مستقیم حداقل نرخ بهره بر بازده نهایی اوراق CoCo است که سرمایه‌گذاران انتظار دارند. برای مثال، اگر نرخ بازبایی ۱۰ درصد باشد، نرخ اوراق CoCo برای حداقل نرخ بهره ۳ درصد برابر با ۲۵/۱۳ درصد است؛ اما با افزایش حداقل نرخ بهره به ۱۵ درصد نرخ اوراق CoCo به ۳۷/۱۳ درصد می‌رسد. این نشان می‌دهد که هر افزایش ۲ درصدی در حداقل نرخ بهره، نرخ CoCo را به‌طور متوسط حدود ۲٪ افزایش می‌دهد. دامنه نرخ‌های اوراق CoCo نیز اهمیت بسیاری دارد. بالاترین نرخ اوراق CoCo در جدول برابر با ۳۹/۵۹ درصد است که در شرایطی با نرخ بازبایی ۰ درصد و حداقل نرخ بهره ۱۵ درصد مشاهده می‌شود. از سوی دیگر، پایین‌ترین نرخ اوراق CoCo برابر با ۲۱/۴۴ درصد است که در شرایطی با نرخ بازبایی ۲۵ درصد و حداقل نرخ بهره ۳ درصد رخ می‌دهد. این اختلاف ۱۸/۱۵ درصد نشان‌دهنده تأثیر این دو متغیر بر نرخ اوراق CoCo است.



شکل ۷. تأثیر حداقل نرخ بهره و نرخ بازبایی بر نرخ اوراق CoCo. منبع: یافته‌های تحقیق

جدول و نمودارهای سه‌بعدی ارائه‌شده در شکل ۷ ارتباط میان نرخ اوراق CoCo، حداقل نرخ بهره، و نرخ بازبایی را به‌صورت دقیق نمایش می‌دهند. محور عمودی نرخ اوراق CoCo

را به عنوان متغیر وابسته نمایش داده می دهد که مقدار آن بین $21/44$ درصد تا $39/59$ درصد متغیر است. این نرخ نشان دهنده میزان بازدهی مورد انتظار سرمایه گذاران است. محور افقی حداقل نرخ بهره را نشان می دهد که از 3 درصد تا 15 درصد تغییر می کند و بیانگر پایین ترین نرخ بهره قابل اعمال در شرایط مختلف است. محور عمق نرخ بازبایی را نشان می دهد که از 0 درصد تا 25 درصد متغیر بوده و بیانگر درصدی از سرمایه گذاری است که در صورت تبدیل اوراق به سهام، قابل بازبایی است. به طور کلی، نمودار سمت چپ نشان دهنده سطحی است که در آن نرخ اوراق CoCo با افزایش همزمان حداقل نرخ بهره و نرخ بازبایی افزایش می یابد. در گوشه پایین-چپ نمودار، نرخ CoCo برابر با $27/59$ درصد است (حداقل نرخ بهره = 3 درصد، نرخ بازبایی = 0 درصد و با افزایش این متغیرها به $33/44$ درصد در گوشه بالا-راست (حداقل نرخ بهره = 15 درصد، نرخ بازبایی = 25 درصد) می رسد. این نمودار نشان می دهد که نرخ اوراق CoCo نسبت به تغییرات حداقل نرخ بهره حساس تر است؛ زیرا شیب سطح در جهت محور X بیشتر است. از طرف دیگر، افزایش نرخ بازبایی تأثیری خطی و یکنواخت بر نرخ اوراق CoCo دارد که در انحناي ملایم سطح مشاهده می شود. علاوه بر آن، نمودار میانی نشان دهنده سطحی است که به طور خاص بر بیشترین نرخ اوراق CoCo تمرکز دارد که برابر با $39/59$ درصد است و زمانی رخ می دهد که حداقل نرخ بهره 15 درصد و نرخ بازبایی 0 درصد باشد.

انحناي سطح در این نمودار نشان می دهد که با افزایش نرخ بازبایی، نرخ اوراق CoCo کاهش می یابد؛ حتی در شرایطی که حداقل نرخ بهره بالا باشد. این نمودار یک معامله (Trade-off) را بین نرخ بازبایی و نرخ اوراق CoCo نشان می دهد. هرچه نرخ بازبایی بالاتر باشد، نرخ اوراق CoCo کاهش می یابد؛ حتی اگر حداقل نرخ بهره ثابت بماند. همچنین، نمودار سمت راست بر کمترین نرخ اوراق CoCo تمرکز دارد که $21/44$ درصد است و زمانی رخ می دهد که حداقل نرخ بهره 3 درصد و نرخ بازبایی 25 درصد باشد. سطح این نمودار نسبت به نمودارهای دیگر شیب کمتری دارد که نشان می دهد در نرخ های بهره پایین، نرخ CoCo به تغییرات نرخ بازبایی حساسیت کمتری دارد. این نمودار بخش هایی از جدول را نشان می دهد که در آن هم حداقل نرخ بهره و هم نرخ بازبایی در پایین ترین مقادیر خود قرار دارند.

به طور کلی، شیب تندتر در جهت محور X نشان می دهد که نرخ اوراق CoCo به تغییرات حداقل نرخ بهره حساسیت بیشتری دارد. از سوی دیگر، تغییرات نرخ بازبایی تأثیری یکنواخت و ملایم بر نرخ اوراق CoCo دارد که این موضوع در انحناي صاف محور Y در نمودارها مشخص است. در واقع، این نمودارها از دید مالی پیامدهای مهمی دارند. نرخ اوراق

CoCo بالاتر معمولاً نشان‌دهنده ریسک بیشتر است؛ زیرا سرمایه‌گذاران برای پذیرش ریسک، بازدهی بیشتری طلب می‌کنند. از سوی دیگر، نرخ بازبایی بالاتر نشان‌دهنده کاهش ریسک است و به کاهش نرخ اوراق CoCo منجر می‌شود. افزایش حداقل نرخ بهره نیز به‌طور مستقیم نرخ CoCo را افزایش می‌دهد؛ زیرا نرخ‌های بهره بالاتر معمولاً به بازدهی بیشتری نیاز دارند. این نمودارها به بانک ملت کمک می‌کنند تا ساختار اوراق CoCo را بهینه کنند. با تنظیم نرخ بازبایی و حداقل نرخ بهره، می‌توان به نرخ CoCo مطلوبی دست یافت که هم برای سرمایه‌گذاران جذاب باشد و هم ریسک مالی را مدیریت کند. درنهایت، این تحلیل‌ها در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری و مدیریت ریسک نقشی کلیدی ایفا می‌کنند.

۵ نتیجه‌گیری

این پژوهش اهمیت استراتژیک اوراق CoCo را به‌عنوان ابزاری تحول‌آفرین برای مدرن‌سازی بدهی نظام بانکی ایران برای مدیریت ریسک و بهبود ساختار سرمایه بانک‌ها نشان می‌دهد. باید توجه داشت که اوراق CoCo به‌دلیل ویژگی‌های خاص خود؛ مانند قابلیت تبدیل به سهام در شرایط بحرانی، نیازمند استفاده از مدل‌های ریاضی پیشرفته برای تحلیل و قیمت‌گذاری‌اند. براین‌اساس، در این پژوهش سعی شد با استفاده از فرایندهای تصادفی؛ مانند حرکت براونی و حرکت براونی هندسی به مدل‌سازی نوسانات ارزش دارایی‌ها و نسبت سرمایه بانک پرداخته شود. همچنین، از معادلات دیفرانسیل تصادفی برای شبیه‌سازی تغییرات تصادفی در ارزش دارایی‌ها استفاده شد و مدل‌های مشتقات اعتباری نیز برای ارزیابی و قیمت‌گذاری ابزارهای مالی مرتبط با ریسک اعتباری به کار رفتند؛ زیرا این مدل‌ها به تحلیل احتمال نکول و تأثیر آن بر قیمت ابزارهای مالی مانند CoCo کمک می‌کنند. در این راستا، مدل مشتقات اعتباری برای قیمت‌گذاری CoCo از رویکرد مبتنی بر شدت نکول استفاده می‌کند که نرخ وقوع رویداد نکول در بازه زمانی خاصی را مدل‌سازی می‌کند. شدت نکول با استفاده از فرایندهای تصادفی؛ مانند فرایند پواسون تخمین زده می‌شود و به تحلیل احتمال وقوع نکول و تأثیر آن بر ارزش ابزار مالی کمک می‌کند. همچنین، این مدل‌ها با استفاده از فرمول مثلاً اعتباری که شامل سه عنصر اصلی مرتبط با ریسک اعتباری است، به تحلیل ریسک و قیمت‌گذاری CoCo می‌پردازند.

در ادامه، با بهره‌گیری از مفروضات مدل سگال برای بانک آریون به تحلیل داده‌های بانک ملت، قیمت‌گذاری، و رفتار اوراق CoCo پرداخته شد. باتوجه‌به اینکه نسبت‌های کفایت سرمایه لایه یک و سرمایه پایه بانک ملت در بازه زمانی ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳ در تواترهای شش‌ماهه روندی مثبت و صعودی داشته، نرخ بازبایی و حداقل نرخ بهره از متغیرهای کلیدی مؤثر بر

قیمت گذاری اوراق CoCo برای بانک ملت هستند. به طوری که افزایش نرخ بازبایی به کاهش نرخ اوراق منجر می شود و افزایش حداقل نرخ بهره باعث افزایش نرخ این اوراق خواهد شد. این یافته ها نشان می دهد که بانک ملت می تواند در روند بهبود مستمر وضعیت مالی و توانایی بانک در مدیریت ریسک های مالی قرار گیرد و با تنظیم دقیق این متغیرها، ساختار سرمایه خود را با انتشار اوراق CoCo بهینه کند تا هم جذابیت سرمایه گذاری افزایش یابد و هم ریسک های مالی به طور مؤثری مدیریت شوند.

علاوه بر این، کاهش فاصله میان نسبت های کفایت سرمایه و سرمایه لایه یک نشان دهنده توانایی بانک ملت در پوشش زیان های احتمالی و افزایش اعتماد سرمایه گذاران و نهادهای نظارتی به این اوراق است. این امر در صورت انتشار اوراق CoCo توسط بانک ملت به بهبود ساختار مالی بانک و جلب اعتماد بازار کمک می کند.

در نهایت، یافته های این پژوهش بر اهمیت استفاده از مدل های ریاضی پیچیده را در ارزیابی اوراق CoCo تأکید می کند. این مدل ها در شرایط اقتصادی و مالی پیچیده به بانک ها کمک می کنند تا از ابزارهای مالی انعطاف پذیر برای تقویت وضعیت مالی و مدیریت ریسک های پیش بینی نشده استفاده کنند.

همچنین، تحلیل های انجام شده در این تحقیق نشان دهنده اهمیت بالای بهبود هماهنگی میان اجزای مختلف سرمایه بانک ملت است. کاهش فاصله بین نسبت های کفایت سرمایه و سرمایه لایه یک، بیانگر توانایی بانک در پوشش زیان های احتمالی و افزایش اعتماد سرمایه گذاران به اوراق CoCo است. این امر در صورت انتشار اوراق CoCo توسط بانک ملت، اعتماد نهادهای نظارتی و سرمایه گذاران را جلب کرده و به بهبود ساختار مالی بانک کمک می کند.

در آخر، این مدل سازی می تواند همچون ابزاری مهم برای تصمیم گیری های سرمایه گذاری و مدیریت ریسک در بانک ها و مؤسسات مالی استفاده شود. در شرایط اقتصادی و مالی پیچیده، اوراق CoCo به عنوان یک ابزار مالی انعطاف پذیر و کارآمد به بانک ها کمک می کند تا وضعیت مالی خود را تقویت کرده و از ریسک های پیش بینی ناپذیر در بازارهای مالی محافظت کند.

۶ پیشنهادها

پیشنهاد می شود در تحقیقات آینده تأثیر متغیرهای کلان اقتصادی نظیر تورم، نرخ رشد اقتصادی، و سیاست های پولی بر قیمت اوراق CoCo بررسی شود. علاوه بر آن، می توان برای بهتر شدن فرایند قیمت گذاری از مدل های پیشرفته تری؛ نظیر حرکت براونی هندسی همراه با

فرایند اغتشاش، حرکت براونی هندسی همراه با نوسان‌پذیری تصادفی، حرکت براونی هندسی همراه با نرخ بهره تصادفی، یا ترکیبی از این سه حالت استفاده کرد. همچنین، انجام مطالعات تطبیقی میان بانک‌های مختلف به درک عمیق‌تر و جامع‌تری از ویژگی‌های این اوراق در بازارهای مختلف کمک می‌کند. همچنین، پیشنهاد می‌شود بانک مرکزی برای اصلاح ساختار ترازنامه بانک‌ها و افزایش کفایت سرمایه آن‌ها، سازوکارهای فنی لازم برای راه‌اندازی اوراق CoCo را فراهم کند. در این زمینه نیز پیشنهاد می‌شود تا مطالعات آتی به پیش‌نیازهای اجرایی برای پیاده‌سازی این ابزار بر اساس شرایط خاص اقتصاد ایران انجام شود. پیشنهاد می‌شود بانک مرکزی برای دستیابی به اهداف در نظر گرفته شده در مصوبه سیاست احتیاطی کنترل رشد ترازنامه شبکه بانکی، اوراق مذکور را به عنوان طرح مکمل سیاست فوق در نظر بگیرد، به طوری که رشد ترازنامه بانک‌ها را تابعی از میزان انباشت اوراق CoCo در سمت چپ ترازنامه بانک‌ها لحاظ کند. در این صورت، علاوه بر اینکه رشد ترازنامه بانک‌ها محدود می‌شود، به جهت اینکه در سمت چپ ترازنامه بانک‌ها یک بدهی با سررسید طولانی‌تر به وجود آمده است، نقدینگی خلق شده توسط بانک‌ها با کیفیت بیشتری نسبت به قبل به اقتصاد تزریق می‌شود. همچنین، میزان انباشت این اوراق پارامتر مناسبی برای تفکیک عملکرد بانک‌های کارآمد و ناکارآمد از هم است؛ در این صورت به طور خودکار بانک‌های کارآمد که باعث خلق نقدینگی سالم در اقتصاد می‌شوند، همچنان قدرت خلق نقدینگی خود را حفظ می‌کنند، و خلق نقدینگی توسط بانک‌های ناکارآمد محدود می‌شود.

فهرست منابع

- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۴۰۰). حداقل الزامات مدیریت ریسک اعتباری در مؤسسات اعتباری. ماده ۱ بخش‌نامه شماره ۱۲۱۹۱۶/۰۰ مورخ ۱۴۰۰/۰۴/۲۶.
- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۴۰۳). وظایف هیئت مدیره و کمیته تطبیق در رعایت نرخ سود تسهیلات اعطایی و نرخ سود سپرده‌های سرمایه‌گذاری مدت‌دار. بخش‌نامه شماره ۰۳/۶۰۷۵۱ مورخ ۱۴۰۳/۰۳/۱۶.
- سلمانی قرائی، ک.، کیخا، م. (۱۴۰۱). ابزار نوین امحای نقدینگی و سالم‌سازی ترازنامه بانک‌ها. نشریه پژوهش‌های پولی-بانکی، (۵۳)، ۴۳۷-۴۷۳.
- کیخا، م. و مهرورز، ا. (۱۴۰۳). عملکرد بانک مرکزی در سیاست‌های کلان احتیاطی و پولی: در سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۳. انتشارات مؤسسه مطبوعاتی بازار پول و ارز.
- مرکز پژوهش‌های مجلس (۱۴۰۳). قانون برنامه پنج‌ساله هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۳-۱۴۰۷) شماره ۸۹۹۲/۹۱۰

- مرکز پژوهش های مجلس (۱۴۰۰). ن/ترازی پنهان در شبکه بانکی ایران (۱۳۰۳-۱۳۹۶): تحلیل چستی و ریشه ها.
- نیسی، ع.، سلمانی قرائی، ک. (۱۴۰۲). مهندسی مالی و مدل سازی بازارها با رویکرد نرم افزار MATLAB (چاپ سوم). تهران: انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی.
- Andersen, H., & Juelsrud, R. E. (2024). Optimal capital adequacy ratios for banks. *Latin American Journal of Central Banking*, 5(2).
- Allen, L., & Golfari, A. (2023). Do CoCos serve the goals of macroprudential supervisors or bank managers? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 84, 101761.
- Bolton, P., Kartasheva, A. & Jiang, W. (2023). The credit Suisse CoCo wipeout: Facts, misperceptions, and lessons for financial regulation. *Swiss Finance Institute Research Paper* No. 23-32
- Bellini, T. (2019). Introduction to Expected Credit Loss Modelling and Validation IFRS 9 and CECL Credit Risk Modelling and Validation a Practical Guide with Examples Worked in R and SAS. Academic Press, pp. 1 -30
- Chang, S. C., & Wang, F. Y. (2024). Two-sided asymmetric information and convertible securities in venture financing. *Economics Letters*, 237, Article 111635.
- De Spiegeleer, J., Schoutens, W., & Van Hulle, C. (2014). The handbook of hybrid securities: Convertible bonds, CoCo bonds, and bail-in (1st Ed.). Wiley.
- Eeghen, P. (2021). Funding money-creating banks: Cash funding, balance sheet funding and the moral hazard of currency elasticity. *International Review of Financial Analysis*, Vol. 76, 101736.
- Fiordelisi, F., Pennacchi, G. & Ricci, O. (2020). Are contingent convertibles going-concern capital? *Journal of Financial Intermediation*, Vol. 43.
- Fungacova, Z., Turk, R. & Weill, L. (2021). High liquidity creation and bank failures. *Journal of Financial Stability*, Vol. 57.
- Goncharenko, R., Ongena, S. & Rauf, A. (2021). The agency of CoCo: Why contingent convertible bonds are not for everyone. *Journal of Financial Intermediation*, Vol. 48, 100882.

- Gupta, A., Wang, R. & Lu, Y. (2021). Addressing systemic risk using contingent convertible debt – A network analysis European. *Journal of Operational Research*, 290(1), pp. 263-277.
- Javadi, S., Li, W., & Nejadmalayeri, A. (2023). Contingent capital conversion under dual asset and equity jump–diffusions. *International Review of Financial Analysis*, 89, 102798.
- Kremer, E. & Tinel, B. (2022). Contingent convertible bonds and macroeconomic stability in a stock-flow consistent model. *Metroeconomica Journal of International Review Economy*, Wiley Online Library, First published 09 May 2022.
- Kremer, E. (2023). Financial innovations and macroeconomic stability: An assessment of contingent convertible bonds (Doctoral dissertation). Université Panthéon-Sorbonne-Paris I; Universität Bielefeld.
- Kund, A. G., & Petras, M. (2023). Can CoCo-bonds mitigate systemic risk? *International Review of Financial Analysis*, Volume 89.
- Kund, A. G., Hertrampf, P., & Neitzert, F. (2023). Bail-in requirements and CoCo bond issuance. *Finance Research Letters*, 53.
- Keister, T., Mitkov, Y. (2023). Allocating losses: Bail-ins, bailouts and bank regulation. *Journal of Economic Theory* Volume 210.
- Leanza, L., Sbuelz, A., & Tarelli, A. (2021). Bail-In vs Bail-Out: Bank resolution and liability structure. *International Review of Financial Analysis*, Volume 73
- Li, F. & Li, P. (2021). Dynamic correlations and spillover effects between CoCo bonds and other financial assets: Evidence from European banking. *Finance Research Letters*, Vol. 38, 101486.
- LI, P. & Guo, Y, & Meng, H. & Huang, L. (2022). The impact of CoCo bonds on banking system's net value, *Finance Research Letters*, Volume 47, and Part B.
- Li, P., Guo, Y. & Meng, H. (2022). The default contagion of contingent convertible bonds in financial network the North American. *Journal of Economics and Finance*, Vol. 60.
- Li, P., Guo, Y. & Meng, H. (2022). The impact of CoCo bonds on banking system's net value. *Finance Research Letters*, 102743.

- Li, S., Gong, D., & Lu, L. (2024). Bail-ins and market discipline: Evidence from China. *International Review of Economics & Finance*, Volume 93.
- Liberadzki, M. & Liberadzki, K. (2019). Contingent convertible bonds, corporate hybrid securities and preferred shares: Instruments, regulation, management. *Palgrave Macmillan*.
- Meng, D., Metzler, A., & Reesor, R. M. (2024). Capital structure models and contingent convertible securities. *Risks*, 12(3), 55.
- Mendes, L. & Leite, R. & Fajardo, J. (2022). Do contingent convertible bonds reduce systemic risk? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money* Volume 78.
- Petras, M. (2022). Increasing profitability through contingent convertible capital: Empirical evidence from European banks. *Global Finance Journal*, 52.
- Segal, M. & Ólafsson, S (2023). Design of a self-adaptive model for leverage, *Finance Research Letters*, Volume 54.
- Segal, M. & Ólafsson, S (2023). Overview of an alternative trigger for DCL, *Finance Research Letters*, Volume 58.
- Segal, M. (2023). Designing capital-ratio triggers for contingent convertibles (Doctoral dissertation). Reykjavík University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
- Spiegeleer, J., Marquet, I. & Schoutens, W. (2018). The risk management of contingent convertible (CoCo) bonds (SpringerBriefs in Finance). Springer, 1st Edition.
- Zhang, S., Xia, X., & Gan, L. (2025). Optimal conversion ratio of contingent capital under issuance constraints. *International Review of Financial Analysis*, 100, 103963.

Journal of Monetary & Banking Research

Vol. 18, No. 64, spring 2025

pages 339-389

Modeling the Pricing of Contingent Convertible Bonds (CoCo): A Case Study of Mellat Bank

mahdi keikha¹Kamran Salmani Qaraei²

Received: 17-Jan-2025

Accepted: 25-May-2025

Abstract

The 2008 financial crisis exposed the structural and regulatory weaknesses of the banking system, leading to the adoption of stricter regulatory frameworks such as Basel III regarding capital adequacy and structural reforms in bank debt. Banks were required to comply with these changes; however, Iranian banks still have a significant gap compared to these standards and continue to face challenges such as low capital adequacy and a traditional debt structure largely dependent on demand deposits. Although this structure had previously met the financial needs of the economy by imposing inflation, its inefficiency in the current inflationary conditions has become increasingly evident, resulting in reduced resilience of the banking system. Therefore, this study aims to improve capital adequacy, diversify the debt structure of Iranian banks, and enhance their resilience to potential crises by mathematically modeling and pricing Contingent Convertible Bonds (CoCo) for Mellat Bank during the period from 2019 to 2024, with semi-annual intervals. In this regard, stochastic processes, such as geometric Brownian motion and credit derivative models, were used to simulate the dynamic behavior of CoCo bonds under different financial conditions by fitting components of the credit triangle. The research findings indicate that issuing CoCo bonds can significantly improve banks' capital adequacy, reduce the transmission of economic shocks, and increase financial stability. Furthermore, sensitivity analysis of

¹ Master's Degree in Economic Planning and Development, Allameh Tabatabaee University, Tehran, Iran; mhdkeikha@gmail.com (Corresponding Author)

² Ph.D. Student of Financial Engineering, Science & Research Branch, Tehran, Iran; kamransalmani64@gmail.com

key variables shows that the recovery rate and the minimum risk-free interest rate are key factors in the pricing of these bonds. This study provides practical solutions for monetary policymakers and Iranian banks to modernize their debt structures and align more closely with international standards by utilizing CoCo bonds, thus improving their resilience to financial crises.

Keywords: Capital Adequacy, Banking Crisis, Basel III Committee

JEL Classification: E42 , E51 , E52 , E58 , G23