بسم الله الرحمن الرحیم

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهاده‌ها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه
گاوازنگ - زنجان

بررسی روش‌های قیمت‌گذاری مشتقات اعتباری از نوع تعهدات بدهی تضمین‌شده

پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد

منیره عطارعباسی

استاد راهنما: **دکتر علی فروش باستانی**

مهر ۱۳۹۱

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

تقدیم به دو اسطوره‌ی زندگی‌ام:

پدر و مادر عزیزم

که آزاداندیشی، ایستادگی و بلندپروازی

را به من آموختند.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

چکیده

مشتقات اعتباری در سال‌های اخیر، معامله و مدیریت ریسک اعتباری را به کلی دگرگون ساخته و به یک ابزار بسیار مهم برای انتقال و پوشش این نوع ریسک تبدیل شده‌اند. سوآپ‌های نکول اعتباری (CDS) و تعهدات بدهی تضمین‌شده (CDO)، از جمله پرکاربردترین مشتقات اعتباری هستند که قیمت‌گذاری آنها از مسائل چالش‌برانگیز روز در حوزه‌ی ریاضیات مالی به شمار می‌رود. در میان رویکردهای مطرح برای قیمت‌گذاری CDOها، مدل تک عاملی کاپولای گاوسی، عمدتاً بدلیل کارایی محاسباتی‌اش، به عنوان روش استاندارد بازار شناخته شده است. ولی با گذشت زمان، این واقعیت بر همگان آشکار شده است که این مدل قادر به توصیف قیمت‌های مشاهده شده برای برش‌های مختلف بر روی یک سبد از دارایی‌ها نیست. در این پایان‌نامه سعی بر این است که ابتدا نوع خاصی از تعهدات بدهی تضمین شده به نام تعهد بدهی تضمین شده‌ی ترکیبی و همچنین روش استاندارد قیمت‌گذاری این قرارداد و نیز مشکلات آن معرفی گردد. سپس دو مورد از تعمیم‌های این روش یعنی مدل $\mathcal{NIG}$ و یک مدل جدید مبتنی بر مفهوم کاپولای آمیخته، که از یک توزیع آمیخته‌ی متشکل از توزیع $\mathcal{NIG}$ و توزیع نرمال استاندارد بهره می‌گیرد و مدل $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ نام دارد، از منظر عددی و روش شبیه‌سازی مونت کارلو مورد بررسی قرار گیرند. در انتها به مبحث بومی‌سازی این نوع قرارداد و استفاده‌ی عملی از آن در بازارهای مالی داخلی پرداخته خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: *ریسک نکول، مشتقات اعتباری، تعهد بدهی تضمین شده، همبستگی نکول، کاپولای عاملی، فرض تقریب سبد وسیع همگن، مدل $\mathcal{NIG}$، مدل $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$.*

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

فهرست

چکیده . . . . . چهار

پیش‌گفتار ۱

۱ مفاهیم اولیه **۴**

۱.۱ ریسک و انواع آن ۴

۲.۱ مدل‌های برآورد ریسک اعتباری ۸

۱.۲.۱ روش‌های برآورد ریسک اعتباری تسهیلات (مشتریان) به صورت انفرادی ۹

۲.۲.۱ روش‌های برآورد ریسک اعتباری سبد تسهیلات ۱۰

۳.۲.۱ مدل‌بندی ریسک اعتباری سبد ۱۲

۳.۱ مشتقات اعتباری ۱۶

۱.۳.۱ وام ۱۶

۲.۳.۱ اوراق قرضه ۱۷

۳.۳.۱ تعریف و تقسیم‌بندی کلی مشتقات اعتباری ۲۰

۴.۳.۱ ضرورت وجود بازار مشتقات اعتباری ۲۳

۵.۳.۱ ریسک‌های مرتبط با مشتقات اعتباری ۲۴

۶.۳.۱ مشتقات اعتباری تک اسمی ۲۶

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۷.۳.۱ مشتقات اعتباری چند اسمی ۳۱
۴.۱ مشتقات اعتباری چند اسمی مبتنی بر توریق ۳۲
۱.۴.۱ تعریف و کارکرد ۳۲
۲.۴.۱ مزایای بازار قراردادهای مبتنی بر توریق ۳۳
۳.۴.۱ ریسک‌های بازار قراردادهای مبتنی بر توریق ۳۵

۲ معرفی و مدل‌سازی کلی تعهدات بدهی تضمین‌شده‌ی ترکیبی ۳۶

۱.۲ تعهدات بدهی تضمین‌شده (CDO) ۳۶
۲.۲ ساختار CDO ۳۷
۳.۲ انواع CDO ۳۸
۱.۳.۲ CDOهای ترازنامه‌ای و CDOهای آربیتراژی ۳۸
۲.۳.۲ CDOهای فروش واقعی و CDOهای ترکیبی ۳۹
۳.۳.۲ CDOهای وجوه نقد و CDOهای مبتنی بر ارزش بازار ۴۰
۴.۲ مدل کردن مشتقات اعتباری تک اسمی با مدل‌های شدت ۴۰
۱.۴.۲ مدل نکول شدت ۴۱
۵.۲ ارزشیابی CDS تک اسمی ۴۴
۶.۲ چارچوب کلی ارزشیابی CDO ترکیبی ۴۶

۳ مدل تک عاملی کاپولای گاوسی ۵۰

۱.۳ معرفی ۵۰
۲.۳ توزیع ضرر سبد وسیع همگن تحت مدل تک عاملی کاپولای گاوسی ۵۲
۳.۳ توزیع ضرر سبد وسیع همگن تحت یک مدل کاپولای تک عاملی کلی ۵۶
۴.۳ فرم تحلیلی امید ریاضی ضرر برش تحت مدل واسیچک ۵۷
۵.۳ امید ریاضی ضرر برش سبد با فرض بازیافت ناصفر ۵۸

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۱.۵.۳ الگوریتم تغییرات اسپرد یک برش CDO ترکیبی نسبت به تغییرات پارامتر همبستگی تحت مدل کاپولای گاوسی ۵۹
۶.۳ لبخند همبستگی ۶۱
۷.۳ مروری بر تعمیم‌های مدل واسیچک ۶۴
۱.۷.۳ سبد متناهی ناهمگن ۶۵
۲.۷.۳ استفاده از کاپولاهای غیر گاوسی ۶۷
۳.۷.۳ عوامل تصادفی بیشتر در مدل ۶۸

۴ مدل $\mathcal{NIG}$ و مدل $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ ۶۹
۱.۴ مدل $\mathcal{NIG}$ ۶۹
۱.۱.۴ دو ویژگی اساسی توزیع $\mathcal{NIG}$: ناوردائی مقیاسی و ناوردائی تحت پیچش ۷۳
۲.۱.۴ مدل تک عاملی کاپولای $\mathcal{NIG}$ ۷۳
۳.۱.۴ قیمت‌گذاری CDO تحت مدل تک عاملی کاپولای $\mathcal{NIG}$ ۷۷
۴.۱.۴ الگوریتم تغییرات اسپرد برش‌های یک CDO ترکیبی نسبت به تغییرات پارامترهای مدل ۷۸
۲.۴ مدل $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ ۸۳
۱.۲.۴ مدل تک عاملی کاپولای $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ ۸۳
۳.۴ نتیجه‌گیری ۸۶

۵ مطالعاتی پیرامون بومی‌سازی قرارداد تعهدات بدهی تضمین شده ۸۹
۱.۵ ادبیات و مبانی فقهی ۹۰
۱.۱.۵ عقود مورد استفاده در بانکداری بدون ربا ۹۰
۲.۱.۵ بررسی فقهی قرارداد تعهد بدهی تضمین شده ۹۲
۳.۱.۵ بررسی فقهی رابطه‌ی بین بانک و SPV ۹۳

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۴.۱.۵ بررسی فقهی رابطه‌ی SPV و دارندگان اوراق ۹۳
۵.۱.۵ نتیجه‌گیری ۹۶

آ پیوست **۹۹**

آ.۱ **اثبات گزاره‌ی ۱.۶.۲** ۹۹
آ.۲ **اثبات گزاره‌ی ۲.۲.۳** ۱۰۰
آ.۳ **اثبات لم ۱.۴.۳** ۱۰۱
آ.۴ **اثبات لم ۴.۱.۴** ۱۰۳
آ.۵ **اثبات لم ۵.۱.۴** ۱۰۵
آ.۶ **اثبات دو ویژگی اساسی توزیع $\mathcal{NIG}$** ۱۰۶
واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۱۱۲
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۱۱۹

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

لیست تصاویر

۱.۱ مدل ساختاری بلک-شولز-مرتون ۱۳

۲.۱ ساختار ابتدایی یک مشتقه‌ی اعتباری ۲۱

۳.۱ ساختار کلی یک قرارداد سوآپ نکول اعتباری ۲۷

۴.۱ ساختار کلی یک قرارداد اختیار نکول اعتباری ۲۹

۵.۱ ساختار کلی یک قرارداد سوآپ بازده کامل ۳۰

۱.۲ پرداخت‌های Premium و Protection برشی از CDO ۴۶

۱.۳ تغییرات اسپرد برش‌های مؤخر و میانی CDO ترکیبی نسبت به تغییرات پارامتر همبستگی تحت مدل کاپولای گاوسی ۶۰

۲.۳ لبخند همبستگی ۶۲

۱.۴ تابع چگالی توزیع گاوسی معکوس به ازای مقادیر مختلف پارامترها ۷۱

۲.۴ تغییرات اسپرد برای برش ٪۳-٪۶ . . . . . ۸۱

۳.۴ تغییرات اسپرد برای برش ٪۶-٪۹ . . . . . ۸۱

۴.۴ تغییرات اسپرد برای برش ٪۹-٪۱۲ . . . . . ۸۲

۵.۴ تغییرات اسپرد برای برش ٪۱۲-٪۲۲ . . . . . ۸۲

۶.۴ شبیه سازی اسپرد برای برش ٪۳-٪۶ تحت مدل $\mathcal{MG}-\mathcal{NIG}$ ۸۴

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۷.۴ شبیه سازی اسپرد برای برش ٪۶-٪۹ تحت مدل $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ ۸۵

۸.۴ شبیه سازی اسپرد برای برش ٪۹-٪۱۲ تحت مدل $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ ۸۵

۱.۵ اوراق منتشره به عنوان قرارداد بیمه ۹۵

۲.۵ اوراق منتشره به عنوان قرارداد اجاره و غیره به شرط ضمان ۹۶

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

پیش‌گفتار

«سلاح‌های کشتار جمعی مالی» اصطلاحی است که وارن بافت[۱] در یک سخنرانی بسیار جالب در سال ۲۰۰۳[۲] در مورد مشتقات اعتباری به کار برد. از یک سو انتقادات بی‌شماری که از جانب افراد مختلف در سال‌های اخیر متوجه مشتقات اعتباری بوده است و از سوی دیگر، بحران‌های بازارهای اعتباری در سال‌های اخیر، می‌تواند گواه درخوری برای صحت و اعتبار چنین دیدگاه‌هایی باشد. اما واقعیت این است که مشتقات، وقتی به درستی به کار گرفته شوند، می‌توانند بسیار کارآمد عمل کنند. بدون آن‌ها، شرکت‌ها نخواهند توانست خود را از حرکت‌های غیرقابل پیش‌بینی مسیر قیمت نفت، نرخ ارز و غیره مصون سازند. پس، آنچه که این ابزار مالی سودمند را از کارآمدی باز می‌دارد و موجب می‌شود به دلیل بحران مالی جهانی اخیر مورد نکوهش قرار گیرد، چیست؟

دانشگاهیان بر این باورند که مشکل مشتقات، در به‌کارگیری گسترده‌ی روش‌های نادرست قیمت‌گذاری آن‌هاست. لذا چندی است در جستجوی روشی مناسب و صحیح برای قیمت‌گذاری این ابزارهای مالی هستند. مسئله‌ی اساسی در ارزشیابی مشتقات اعتباری که بر روی سبدی از دارایی‌های قابل نکول تنظیم می‌شوند، بحث همبستگی نکول در سبد است. از طرفی ارزشیابی قراردادهای مبتنی بر همبستگی نکول، فرآیند پیچیده‌ای است و به یک تحلیل کمی ریسک می‌انجامد. به این معنی که توزیع ضرر سبد در افق‌های زمانی مختلف می‌بایست محاسبه شود [۶]. لذا بخش اصلی ارزشیابی قراردادهای مبتنی بر همبستگی نکول یافتن تابع توزیع توأم زمان نکول دارایی‌های موجود در سبد، با فرض توزیع‌های حاشیه‌ای معلوم است. یک رویکرد برای مدل کردن نکول‌های هم‌بسته (زمان‌های نکول) بر مبنای تعمیمی چند متغیره از فرآیند کاکس[۳] است که برای اولین بار توسط لاندو[۴] [۱۴] معرفی شد. این

---

۱ Warren Buffet

۲ February 21, 2003, “Berkshire Hathaway Inc., Annual Report 2002”

۳ Cox Process

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

روش، مدل‌هایی چون مدل کاپولای گاوسی را نتیجه می‌دهد که جهت قیمت‌گذاری مشتقات اعتباری نخستین بار توسط لی[۱] [۱۷،۱۶] به کار گرفته شده است. از طرف دیگر، مدل‌های عاملی همواره به طور گسترده‌ای برای یافتن توزیع ضرر سبد مورد استفاده قرار گرفته‌اند. واسیچک[۲] [۲۷] متوجه شد که مدل تک عاملی گاوسی به چارچوب محاسباتی تحلیلی در یافتن توزیع ضرر منجر می‌شود. سپس، در عرصه‌ی اعتباری، فرای[۳]، مک نیل[۴] و نیفلر[۵] [۹] ترکیبی از کاپولا و مدل‌های عاملی را به کار گرفتند که ایده‌ی اصلی آن، استقلال رویدادهای اعتباری در سبد، مشروط بر عاملی مشترک است. این فرض چهارچوبی نیمه تحلیلی برای محاسبات فراهم نمود که در واقع دلیل اصلی محبوبیت مدل کاپولای گاوسی در میان فعالان بازارهای اعتباری است. علی‌رغم فراگیر شدن این مدل، با گذشت زمان، ایرادهایی اساسی به آن وارد شده است که مهم‌ترین آن‌ها پدیده‌ی لبخند همبستگی[۶] است. یکی از راه‌حلی پیشنهادی، استفاده از کاپولاهای غیر گاوسی چون مارشال-اولکین [۲]، Student-t [۲۲]، Double-t [۱۰]، $\mathcal{NIG}$ [۱۳] و خانواده‌ی کاپولاهای ارشمیدسی [۲۳] است. در این پایان نامه، قیمت‌گذاری پرکاربردترین نوع از مشتقات اعتباری چند اسمی یعنی CDO ترکیبی تحت مدل تک عاملی کاپولای $\mathcal{NIG}$ و $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ بررسی می‌گردد.

قرارداد تعهد بدهی تضمین شده CDO، راهی است برای انتشار اوراق بهاداری با ویژگی‌های ریسکی گوناگون که مبتنی بر سبدی از قراردادهای بدهی مثل اوراق قرضه، وام‌ها، رهن‌های تجاری، مسکونی و غیره است. در واقع CDOها از طریق یک فرآیند توریق، اوراق بهاداری از جنس سهام و بدهی منتشر

---

۴ Lando

۱ Li

۲ Vasicek

۳ Frey

۴ McNeil

۵ Nyfeler

۶ Correlation Smile

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

می‌کنند که این اوراق بر حسب وقوع رویدادهای اعتباری و زمان بازپرداخت‌ها اصطلاحاً برش‌بندی می‌شوند. برش‌ها اغلب به انواع برش سهام یا مؤخر، برش‌های میانی و برش مقدم دسته‌بندی می‌شوند. برش سهام، نازل‌ترین برش در ساختار سرمایه‌ی CDO محسوب می‌شود و قبل از هر برش دیگر متحمل ضرر حاصل از دیرکرد در پرداخت‌ها و ضرر اعتباری در سبد می‌شود. اما هنگام توزیع دریافتی‌ها این برش آخرین اولویت را دارد و هر آنچه را که از عایدات نقدی باقی مانده است، دریافت می‌کند. ضرر بیشتر در سبد به ترتیب، برش‌های بعدی را با توجه به میزان ریسکی بودنشان تحت تأثیر قرار می‌دهد. در یک قرارداد CDO ترکیبی، به طور خاص، به جای خریدن اوراق قرضه و وام‌ها برای تشکیل دادن سبد پشتوانه‌ی قرارداد، سرمایه‌گذارانِ این قرارداد مالی از طریق وارد شدن در یک قرارداد سوآپ نکول اعتباری، در معرض ریسک اعتباری قرار می‌گیرند. سوآپ نکول اعتباری (CDS) یک قرارداد دو طرفه است که در آن، عرضه‌کننده‌ی CDS تا زمان سررسید قرارداد یا تا زمانی که نکول اتفاق افتد، به صورت دوره‌ای (معمولاً فصلی) مبلغی را به خریدار CDS پرداخت می‌نماید. خریدار CDS یا فروشنده‌ی حمایت، مبلغی را پرداخت نمی‌نماید، مگر در صورتی‌که یک رویداد اعتباری اتفاق بیافتد که در این صورت فروشنده‌ی حمایت می‌بایست به جبران خسارت بپردازد. در این پایان‌نامه به روش‌های قیمت‌گذاری CDO ترکیبی بر مبنای مدل‌های عاملی به ویژه مدل تک عاملی کاپولای گاوسی و تعمیم‌های آن می‌پردازیم. به طور دقیق‌تر، در فصل اول به موضوع ریسک، انواع آن، مدل‌های برآورد نوع خاصی از ریسک به نام ریسک اعتباری، که در این پایان نامه مرکز توجه است، معرفی دسته‌ی خاصی از قراردادهای اعتباری یعنی مشتقات اعتباری و در آخر به آشنایی با مشتقات اعتباری چند اسمی مبتنی بر توریق می‌پردازیم. در فصل دوم، تعهدات بدهی تضمین شده‌ی ترکیبی را معرفی می‌کنیم. در فصل سوم، مدل استاندارد بازار برای قیمت‌گذاری این قرارداد، فرض سبد وسیع همگن و ایراد اساسی مدل مزبور را بیان می‌کنیم و به تلاش‌های صورت گرفته در جهت بهبود این مدل اشاره می‌کنیم. در فصل چهارم دو تعمیم از این مدل را به طور دقیق‌تر معرفی کرده و آن‌ها را در چهارچوب عددی بررسی می‌کنیم. در فصل آخر به بحث بومی‌سازی قرارداد CDO و مطابقت آن با فقه اسلامی خواهیم پرداخت.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادده‌ها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

فصل اول

مفاهیم اولیه

این فصل به معرفی برخی از مفاهیم پایه‌ای مورد نیاز در این پایان‌نامه اختصاص دارد که شامل چهار بخش است. در بخش اول به تعریف ریسک و انواع آن اشاره کرده و در بخش دوم مدل‌های برآورد ریسک اعتباری را معرفی می‌کنیم. در بخش سوم به معرفی کلی مشتقات اعتباری، بازارها و ریسک‌های پیش روی سرمایه‌گذاران این دسته از قراردادها می‌پردازیم و بالاخره در بخش چهارم، یک دسته از مشتقات اعتباری که یک نمونه از آن‌ها در این پایان‌نامه مورد بررسی قرار گرفته، یعنی مشتقات اعتباری چند اسمی مبتنی بر توریق، بازار آن‌ها و ریسک‌های مرتبط با آن‌ها را معرفی می‌کنیم.

۱.۱ ریسک و انواع آن

عدم اطمینان محیطی و رقابت روز افزون، به ویژه در سال‌های اخیر، بانک‌ها و مؤسسه‌های مالی را با چالش‌های متعددی مواجه ساخته و آن‌ها را ناگزیر از بکارگیری رویکردهای نوین مدیریتی نموده است. شناسایی و مدیریت ریسک یکی از این رویکردهاست که اخیراً برای تقویت و ارتقای اثربخشی

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

عملکرد نهادهای مالی مورد توجه قرار گرفته است. مفهوم مدیریت ریسک بر سنجش ریسک و نیز اتخاذ راهبردهایی برای کنترل آن، دلالت دارد. بطورکلی در ادبیات مالی، عدم اطمینان یا عدم قطعیت درمورد دریافت عایدات آتی، ریسک نامیده می‌شود. این عدم اطمینان از عوامل متعددی از جمله چرخه‌های تجاری، اوضاع سیاسی، تورم و غیره تأثیر می‌پذیرد. تعریف‌های این بخش از سایت دایره‌المعارف مالی و پایان نامه‌ی مجتبی شاکری [۳۱]و پایان‌نامه‌ی شهاب نانکلی [۳۳] استخراج شده است.

تاکنون انواع گوناگونی برای ریسک ارائه شده است که از میان آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

ریسک بازار[۱]: ریسک بازار در اثر نوسانات قیمت دارایی‌ها در بازار ایجاد می‌شود. اشخاص حقیقی و حقوقی دارایی‌های خود را به صورت‌های مختلف مانند پول نقد، سهام، اوراق قرضه، مسکن، طلا و سایر دارایی‌های با ارزش نگهداری می‌کنند. تمام این دارایی‌ها در معرض تغییرات قیمت قرار دارند و این نوسانات قیمت، عامل اصلی ایجاد ریسک بازار هستند.

ریسک نوسان نرخ ارز[۲]: ریسک نرخ ارز، زیر مجموعه‌ی ریسک بازار است که به دلیل تغییرات نرخ ارز روی می‌دهد. اهمیت این ریسک هنگامی افزایش می‌یابد که بخش قابل توجهی از سبد شرکت، متشکل از یک ارز و یا ارزهای گوناگون (سبد ارزی)، متأثر از وضعیت بازار باشد. حالت دیگری که باعث ایجاد ریسک نرخ ارز می‌شود هنگامی روی می‌دهد که بانک، مبادلات ارزی قابل توجهی داشته باشد و یا اینکه سپرده‌های ارزی دریافت نموده و همچنین تسهیلات ارزی پرداخت نماید.

ریسک اعتباری[۳]: ریسک اعتباری ریسکی است که از نکول[۴]/قصور طرف قرارداد ناشی می‌شود. به بیان کلی‌تر، ریسکی است که از رویدادی اعتباری[۵] به وجود می‌آید. این رویداد اعتباری ممکن است

---

۱ Market Risk

۲ Exchange Rate Risk

۳ Credit Risk

۴ Default

۵ Credit Event

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

کاهش ارزش بازاری قراداد مالی به دلیل نزول کیفیت اعتباری[۱] شخص متعهد در قرارداد (وام‌گیرنده) یا نکول شخص متعهد در قرارداد[۲] و یا موارد دیگر باشد. در هر صورت، ریسک اعتباری افراد سه مشخصه‌ی زیر را شامل می‌شود:

- احتمال نکول[۳]: احتمال اینکه وام‌گیرنده در عمل به تعهداتش ناتوان باشد.
- نرخ بازیافت[۴]: کسری از ارزش اسمی قرارداد که در صورت وقوع نکول قابل بازیافت می‌باشد.
- گذر اعتباری[۵]: تغییر در رتبه‌ی اعتباری یکی از طرفین قرارداد.

چناچه با یک ابزار مالی وابسته به بیش از یک شخص حقوقی یا با سبدی از تسهیلات سر و کار داشته باشیم، جهت برآورد ریسک اعتباری می‌بایست موارد دیگری علاوه بر آنچه که در بالا اشاره شد، مورد محاسبه قرار گیرد. از جمله:

- همبستگی نکول یا رتبه‌ی اعتباری در سبد[۶]: درجه‌ی همبستگی بین نکول یا رتبه‌ی اعتباری افراد یا مؤسسه‌های مالی.
- سهم ریسک و تمرکز اعتباری[۷]: سهم یک قرارداد مالی در سبدی از انواع قراردادها بر ریسک کلی سبد.

---

۱ Credit Quality Deterioration

۲ که نکول به‌معنی عدم توانایی شخص در عمل به تعهداتش است.

۳ Default Probability

۴ Recovery Rate

۵ Credit Migration

۶ Default and Credit Quality Correlation

۷ Risk Contribution and Credit Concentration

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

ریسک عملیاتی[1]: ریسک عملیاتی عموماً ناشی از اشتباهات انسانی یا اتفاقات و خطاهای تکنیکی است. این ریسک شامل تقلب (موقعیتی که معامله‌گرها اطلاعات غلط می‌دهند)، اشتباهات مدیریتی و نقص در کنترل می‌شود. خطای تکنیکی ممکن است ناشی از نقص در اطلاعات، پردازش اشتباه معاملات، سیستم‌های جابه‌جایی یا به طور کلی هر مشکل دیگری باشد که در سطح سازمان روی می‌دهد.

ریسک قانونی[2]: ریسک قانونی زمانی مطرح می‌شود که یک معامله از نظر قانونی قابل انجام نباشد. یا می‌تواند ناشی از تغییرات در قوانین باشد. ریسک قانونی در کل با ریسک اعتباری مرتبط است زیرا طرفین معامله در صورت زیان در یک معامله به دنبال بستر قانونی برای زیر سؤال بردن اعتبار معامله می‌گردند.

ریسک نقدینگی[3]: ریسک نقدینگی، دارای دو گونه‌ی «ریسک نقدینگی دارایی» و «ریسک نقدینگی تأمین مالی» است.

۱. **ریسک نقدینگی دارایی** که با نام «ریسک نقدینگی بازار محصول» هم شناخته می‌شود، زمانی ظاهر می‌شود که معامله با قیمت پیش‌بینی‌شده (به دلیل تغییر وضعیت بازار) قابل انجام نباشد. این ریسک در بین گونه‌های دارایی‌ها و در زمان، وابسته به شرایط بازار تغییر می‌کند. بعضی دارایی‌ها مانند ارزهای اصلی یا اوراق قرضه، بازارهای عمیقی دارند و در اغلب مواقع به راحتی با نوسان کمی در قیمت، نقد می‌شوند اما این امر در مورد همه دارایی‌ها صادق نیست.

۲. **ریسک نقدینگی تأمین مالی** که «ریسک جریان وجه نقد» هم نامیده می‌شود، به عدم توانایی در پرداخت تعهدات برمی‌گردد. این موضوع مخصوصاً برای سبدهایی که متوازن شده‌اند و متعهد به پرداخت حاشیه‌ی سود به طلب‌کاران هستند، معضل مهمی است. در واقع اگر ذخیره‌ی وجه

---

[1] Operational Risk

[2] Legal risk

[3] Liquidity risk

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

نقد کافی نباشد، ممکن است در شرایط سقوط ارزش بازار، نیاز به پرداخت وجه نقد وجود داشته باشد که منجر به نقد کردن اجباری سبد با قیمت پایین می‌شود. این چرخه‌ی ضررها که با حاشیه‌ی سود تعهدشده شدیدتر می‌شود، گاهی به مارپیچ مرگ تعبیر می‌شود.

ریسک نرخ بهره[۱]: در کشورهایی که نرخ بهره تابع عرضه و تقاضای سرمایه است، این عامل می‌تواند بر حسب شرایط اعتباری در اقتصاد جامعه افزایش یا کاهش یابد. این نرخ تابع سیاست‌های مالی و پولی دولت است. بطوریکه در زمان افزایش حجم پول و اعتبارات، نرخ بهره کاهش می‌یابد. با افزایش نرخ بهره، تقاضا برای اوراق بهادار کاهش می‌یابد و در نتیجه قیمت آن‌ها نیز پایین می‌آید. لذا، نرخ بهره معمولا با قیمت اوراق قرضه و سهام رابطه‌ای معکوس دارد.

ریسک کاهش قدرت خرید یا ریسک تورم[۲]: سرمایه‌گذار به امید عایدات آتی سرمایه‌گذاری می‌کند. اگر در فاصله‌ی سرمایه‌گذاری و بازدهی، تورم وجود داشته باشد، این تورم باعث می‌شود عایدات آتی از قدرت خرید کمتری برخوردار شود. به خطر ناشی از کاهش ارزش سرمایه به دلیل تورم، ریسک تورم می‌گویند.

در این پایان‌نامه که بر قیمت‌گذاری مشتقات اعتباری تمرکز دارد، با ریسک اعتباری سر و کار خواهیم داشت.

۲.۱ مدل‌های برآورد ریسک اعتباری

چنانکه پیش‌تر اشاره شد، توسعه‌ی روز افزون کسب و کار و تجارت در دنیای کنونی، گسترش مراودات مالی را به دنبال داشته و اتخاذ رویکردهای نوین را برای مؤسسات مالی اجتناب‌ناپذیر ساخته است. از جمله مهم‌ترین این رویکردها مدیریت ریسک اعتباری می‌باشد. از آنجا که منابع پولی زیادی در

---

[۱] Interest Rate Risk

[۲] Inflation Risk

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

نهادهای پولی و اعتباری (بانک‌ها، مؤسسه‌های مالی-اعتباری، شرکت‌های لیزینگ و ...) در قالب اعتبار به متقاضیان تسهیلات داده می‌شود، تداوم فعالیت آن‌ها در گرو باز پس گرفتن این اعتبارات می‌باشد و لذا بررسی وضعیت اعتباری متقاضیان می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. برآورد ریسک اعتباری را می‌توان در دو سطح انجام داد:

۱. **بررسی تسهیلات (مشتریان) به صورت انفرادی** که متناظر با تحلیل انفرادی ریسک اوراق بهادار است. برآورد ریسک اعتباری یک مشتری با محاسبه‌ی احتمال نکول[۱]، نرخ بازیافت[۲]، زیان ناشی از نکول[۳] و مانده در نکول[۴] صورت می‌گیرد.

۲. **بررسی ریسک اعتباری سبد تسهیلات** که معادل تحلیل ریسک سبد اوراق بهادار است. برای برآورد ریسک اعتباری سبد، علاوه بر عوامل ریسک فردی باید همبستگی نکول را نیز محاسبه نماییم.

۱.۲.۱ روش‌های برآورد ریسک اعتباری تسهیلات (مشتریان) به صورت انفرادی

ارزیابی توان بازپرداخت مشتریان اعتباری به صورت انفرادی و محاسبه‌ی احتمال عدم بازپرداخت اعتبارات دریافتی آن‌ها را **اعتبارسنجی**[۵] گویند. مدل‌های اعتبارسنجی به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند:

مدل‌های اعتبارسنجی پارامتری:

- مدل احتمال خطی[۶]

---

۱ Default Probability

۲ Recovery Rate

۳ Loss Given Default

۴ Exposure at Default

۵ Credit Scoring

۶ Linear Probability Model

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

- مدل‌های پروبیت و لوجیت [۱]
- مدل‌های مبتنی بر تحلیل ممیزی [۲]

مدل‌های اعتبارسنجی ناپارامتری :

- مدل‌های نزدیک‌ترین همسایگی[۳]
- فرآیند سلسله مراتب تحلیلی[۴]
- سیستم‌های خبره[۵]
- شبکه‌های عصبی مصنوعی[۶]

۲.۲.۱ روش‌های برآورد ریسک اعتباری سبد تسهیلات

معروف‌ترین روش‌های سنجش ریسک اعتباری عبارتند از [۵]:

۱. CreditMetrics و KMV

این دو مدل پرکاربرد در صنعت، مبتنی بر یک مدل‌سازی کارا به نام مدل‌های عاملی[۷] هستند و هر دوی آن‌ها از این ایده بهره می‌گیرند که هر بنگاه دارای یک فرآیند ارزش دارایی است، بطوریکه نکول و بقای آن به ارزش دارایی‌ها در یک افق زمانی معین بستگی دارد. اگر ارزش دارایی‌ها از

---

۱ Probit and Logit Models

۲ Discrimination Analysis Models

۳ Nearest Neighbour Models

۴ Analytical Hierarchy Process

۵ Expert Systems

۶ Artificial Neural Networks

۷ Factor Models

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

یک حد آستانه‌ی مشخصی به نام «نقطه‌ی نکول[۱]» بر حسب تعریف‌های KMV، کمتر باشد، آنگاه این بنگاه دچار نکول شده است. اما اگر ارزش دارایی‌ها از این مقدار آستانه بیشتر باشد، بنگاه نکول نکرده است. در این حالت، این دو مدل از نوع برنولی هستند [۲۰].

۲. CreditRisk+

CreditRisk+ یک مدل ریسک اعتباری است که توسط مؤسسه‌ی سرمایه‌گذاری (CSFP)[۲] طراحی و توسعه یافته است [۷]. این مدل کمابیش مبتنی بر رویکرد کلی ریاضی بیمه است. به همین دلیل، آن را در دسته‌بندی مدل‌های بیمه[۳] قرار می‌دهند. این مدل نمونه‌ای از مدل‌های پوآسون آمیخته[۴] است و سعی می‌کند بر مبنای داده‌های گذشته، ضرر مورد انتظار وام‌ها و توزیع احتمال این ضررها را تخمین بزنند.

۳. CreditPortfolioView (CPV)

این مدل در سال ۱۹۹۷ توسط ویلسون[۵] [۲۸،۲۷] معرفی شد. CPV یک مدل سبد مبتنی بر رتبه‌بندی اعتباری است که دلالت بر همبستگی احتمال‌های نکول و احتمال‌های گذر[۶] در چرخه‌ی اقتصادی[۷] دارد. به تبع آن احتمال‌های نکول و ماتریس‌های تغییر رتبه، تحت تأثیر نوسانات تصادفی[۸] خواهند بود.

---

۱ Default Point

۲ Credit Suisse Financial Products

۳ Actuarial Models

۴ Poisson Mixture Models

۵ Wilson

۶ Migration Probabilities

۷ Economic Cycle

۸ Random Fluctuations

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۳.۲.۱ مدل‌بندی ریسک اعتباری سبد

از آنجا که موضوع بحث این پایان‌نامه قیمت‌گذاری مشتقات اعتباری است و ساختار این قراردادها ماهیتاً سبدی از تسهیلات است، در این بخش دسته‌بندی روش‌های برآورد ریسک اعتباری سبد تسهیلات را از دیدگاه ریاضی بیان می‌کنیم. بطور کلی این روش‌ها به سه دسته‌ی مدل‌های ساختاری[۱]، مدل‌های تقلیل‌یافته[۲] و مدل‌های رتبه‌بندی اعتباری[۳] تقسیم می‌شوند [۸].

مدل‌های ساختاری

مدل‌های ساختاری برای اولین بار توسط بلک[۴] و شولز[۵] [۴] و مرتون[۶] [۲۱] مطرح شدند. در این مدل‌ها که نکول به صورت یک عامل درون‌زا تعریف می‌شود، فرض بر این است که ارزش دارایی‌های یک بنگاه در یک فرآیند پخش لوگ-نرمال به شکل زیر صدق می‌کند:

$$\frac{dA_t}{A_t} = (\mu - \gamma)dt + \sigma dB_t, \qquad (۱.۱)$$

که در آن μ نرخ میانگین بازده دارایی[۷]، γ نرخ عایدات نقدی نسبی[۸]، σ تلاطم دارایی[۹] و B یک حرکت براونی[۱۰] استاندارد می‌باشد. همچنین سهام بنگاه به صورت یک اختیار خرید بر ارزش دارایی بنگاه، با

---

۱ Structural Models

۲ Reduced Form Models

۳ Credit Rating

۴ Fischer Black

۵ Myron Scholes

۶ Robert C. Merton

۷ Mean Rate of Return

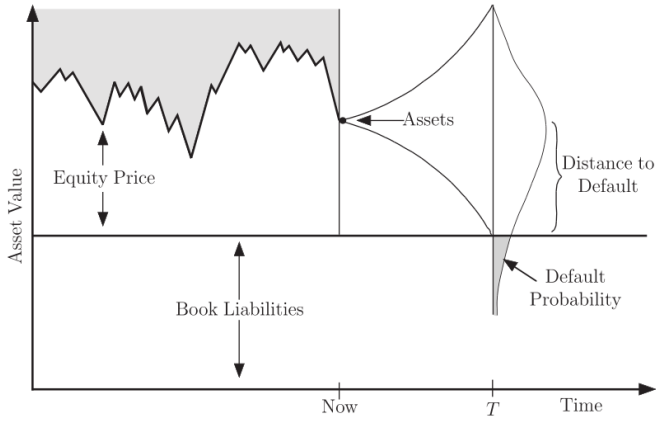
۸ Proprtional Cash Payout Rate

۹ Asset Volatility

۱۰ Standard Brownian Motion

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

قیمت اعمالی[۱] معادل با ارزش اسمی بدهی بنگاه فرض می‌شود. در این صورت، ارزش سهام بنگاه را می‌توان با استفاده از فرمول بلک ـ شولز ـ مرتون به دست آورد؛ لذا، مقدار بدهی بنگاه برابر با تفاضل ارزش اختیار (سهام) و ارزش اولیه‌ی دارایی می‌باشد. ارزیابی احتمال نکول در این مدل از طریق محاسبه‌ی فاصله تا نکول[۲] میسر است. در شکل زیر می‌توان شمائی از عملکرد کلی مدل ساختاری بلک–شولز–مرتون را مشاهده نمود.



شکل ۱.۱: مدل ساختاری بلک–شولز–مرتون

از تعمیم‌های آن می‌توان به مدل بلک ـ کاکس اشاره کرد که در آن، نکول زمانی اتفاق می‌افتد که ارزش دارایی‌ها برای نخستین بار از یک مقدار آستانه کمتر شود. مدل‌های CreditMetrics و KMV در این دسته می‌باشند. مدل‌های ساختاری توانایی پیش‌بینی گذر اعتباری را دارند.

مدل‌های تقلیل‌یافته

اولین کسانی که مدل‌های تقلیل‌یافته را معرفی کردند، رابرت جارو[۳] و استوارت ام. ترن بال[۴] [۱۲]

---

۱ Strike Price

۲ Distance to Default

۳ Robert Jarrow

۴ Stuart M. Turnbull

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

بودند. بسیاری از مدل‌های احتمال نکول، مبتنی بر مفهوم شدت[۱] وقوع نکول هستند. در این مدل‌ها که «مدل‌های شدت» یا «مدل‌های تقلیل‌یافته» نامیده می‌شوند، تعریفی که برای نکول ارائه می‌شود عبارت است از اولین پیشامد یک فرآیند پوآسون با نرخ λ، که مفروضات زیر نیز در آن در نظر گرفته می‌شوند:

۱. احتمال بقاء[۲] برای t سال، دارای توزیع نمایی است و مقدارش برابر است با $p(t) = \exp(-\lambda t)$.

۲. زمان مورد انتظار تا نکول برابر است با $\frac{۱}{\lambda}$.

۳. احتمال وقوع نکول در یک بازه‌ی زمانی به طول Δ، مشروط بر اینکه تا شروع این بازه نکول رخ نداده باشد، تقریباً برابر است با $\Delta\lambda$.

در این مدل‌ها فرض بر این است که نکول‌ها به طور مستقل در طول زمان اتفاق می‌افتند و این باعث می‌شود زمان نکول در این مدل‌ها برخلاف مدل‌های ساختاری غیر قابل پیش‌بینی باشد یا بنا به ادبیات تصادفی، غیر قابل دسترسی[۳] باشد.

فرض مهم دیگر این است که شدت نکول در طول زمان برای مشتریان مختلف مقدار یکسانی دارد. در انواع تعمیم‌یافته‌ی مدل‌های تقلیل‌یافته، مقدار شدت وابسته به زمان و گاهی تصادفی در نظر گرفته می‌شود. از جمله:

- مدل‌های شدت CIR[۴]
- مدل‌های شدت آفین[۵]

---

۱ Intensity

۲ Survival Probablity

۳ Inaccessible

۴ CIR Intensity Models

۵ Affine Intensity Models

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

- مدل‌های نرخ آتی نکول HJM[1]

مدل‌های +CreditRisk و CreditPortfolioView جزو این دسته هستند [۳۱].

مدل‌های رتبه‌بندی اعتباری

این دسته از مدل‌ها در سال‌های اخیر نسبت به دو دسته‌ی قبلی سهم کمتری از تحقیقات در حوزه‌ی ریسک اعتباری را به خود اختصاص داده‌اند. لذا به شرح مختصری از تحقیقات مهم در این زمینه بسنده می‌کنیم. مدل رتبه‌بندی اعتباری را برای اولین بار ادوارد ال. آلتمن[2] [۱] معرفی کرد. به این ترتیب که با بررسی صورت‌های مالی شرکت‌ها، متغیرهای تأثیرگذار بر نکول را شناسایی کرد و با استفاده از یک ترکیب خطی این متغیرها به هر شرکت یک امتیاز اعتباری[3] تخصیص داد. سپس این امتیاز اعتباری با استفاده از توابع توزیع تجمعی نرمال و لوجستیک به احتمال نکول تبدیل شد. مدل‌های پروبیت و لوجیت که در بالا به آن‌ها اشاره شد نیز بر اساس این روش و در واقع تعمیمی از آن می‌باشند [۳۳].

در این پایان‌نامه با مدل عاملی تقلیل‌یافته که ترکیبی از مدل‌های ساختاری و تقلیل‌یافته است، سر و کار خواهیم داشت. در این مدل، احتمال نکول از طریق یک مدل تقلیل‌یافته به دست می‌آید و همبستگی احتمال نکول‌ها توسط مدل‌های ساختاری ارزیابی می‌شود. ایده‌ی اصلی این مدل این است که نرخ مخاطره[4] از یک مدل ساختاری متأثر از یک یا چند متغیر پنهان تبعیت می‌کند و نکول زمانی اتفاق می‌افتد که متغیر پنهان از آستانه‌ی بخصوصی کمتر شود. این متغیر پنهان می‌تواند نرخ بازده شرکت یا ارزش دارایی‌های آن باشد. در بخش بعدی، مشتقات اعتباری را که از قراردادهای پرکاربرد در بازارهای اعتباری هستند، معرفی می‌کنیم.

---

[1] HJM Forward Default Rate Models

[2] Edward L. Altman

[3] Credit Score

[4] Hazard Rate

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۳.۱ مشتقات اعتباری

پیش از آنکه در این بخش به معرفی مشتقات اعتباری بپردازیم، وام[۱] و ورق قرضه[۲] را که به نوعی در مدیریت ریسک اعتباری نقش دارند، معرفی می‌کنیم. این دو، ابزارهای مالی قدیمی مرتبط با ریسک اعتباری هستند که اغلب به عنوان دارایی پایه در قراردادهای مشتقه‌ی اعتباری مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا بیان ویژگی‌های مهم این دو قرارداد و ریسک‌های مربوط به آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد [۲۵].

۱.۳.۱ وام

وام قراردادی است که بین دو یا چند نفر وام‌گیرنده مثل شرکت‌های تعاونی و وام‌دهنده که عموماً بانک است، منعقد می‌شود. در ابتدایی‌ترین حالت، طرفین قرارداد چنین توافق می‌کنند که وام‌دهنده مبلغی را که ما با نام ارزش اسمی قرارداد می‌شناسیم، به وام‌گیرنده قرض دهد و در ازاء آن، وام‌گیرنده ملزم به پرداخت اصل وام در تاریخ سررسید قرارداد است. علاوه بر این، وام‌گیرنده می‌بایست در تاریخ‌های از پیش تعیین شده یک سری پرداخت‌ها به عنوان سود به وام‌دهنده انجام دهد. وام یک قرارداد خصوصی است و می‌تواند به روش‌های گوناگون تنظیم شود. بطور مثال، وام‌دهنده می‌تواند اصل وام را یک‌جا، یا در نسبت‌هایی از قبل تعیین شده و یا در قالب یک خط اعتباری[۳] به وام‌گیرنده بپردازد. عمدتاً گزینه‌های زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- بطور یک‌جا و در زمان سررسید قرارداد[۴]

---

۱ Loan

۲ Bond

۳ Credit Line

۴ Bullet Repayment

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

- به صورت اقساطی، همراه با پرداخت‌های سود بر اساس آنچه در دوره‌ی پیشین از اصل وام باقی مانده است.[۱]

- به صورت اقساطی، با مقدار ثابت که شامل بازپرداخت اصل وام و بهره‌ی وام می‌باشد.[۲]

یک ویژگی اساسی دیگر وام‌ها، نوع نرخ بهره‌ی آن‌هاست که می‌تواند نرخ بهره‌ی ثابت یا شناور باشد. وام‌ها را می‌توان بر اساس وضعیت اعتباری وام‌گیرنده، به دو دسته‌ی قابل نکول یا ریسکی و غیر قابل نکول یا غیر ریسکی تقسیم کرد.

طرفین قرارداد وام علاوه بر ریسک اعتباری، در معرض ریسک‌های دیگری نیز هستند که ریسک نرخ بهره، ریسک ارز و ریسک تورم مهم‌ترین آن‌ها به شمار می‌آیند.

وام قدیمی‌ترین ابزار پرداخت پول است و همچنان یک منبع تأمین مالی مهم محسوب می‌شود. اما از آنجا که قراردادهای وام استاندارد شده نیستند، معامله‌ی یک قرارداد وام دشوار یا غیرممکن است. برعکس، اوراق قرضه، معامله‌ی بدهی را برای سرمایه‌گذارها میسر می‌سازند.

۲.۳.۱ اوراق قرضه

یک ورق قرضه در واقع شکل تغییر یافته‌ای از وام است. هنگام عرضه‌ی یک ورق قرضه، مالک ورق قرضه[۳] یا وام‌دهنده[۴] ورق را از عرضه‌کننده‌ی ورق[۵] یا وام‌گیرنده[۶] با یک مقدار اصلی[۷] معین خریداری

---

۱ Amortisable Loan

۲ Annuity Loan

۳ Bond Holder

۴ Lender

۵ Issuer

۶ Borrower

۷ Principal Amount

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

می‌کند. مفهوم مقدار اصلی، معادل با مفهوم ارزش اسمی در قرارداد وام است و محاسبه‌ی سود پرداختی بر مبنای آن صورت می‌گیرد. با عرضه‌ی اوراق قرضه، وام‌گیرنده متعهد می‌شود تا مبلغی معادل ارزش اسمی ورق قرضه در تاریخ سررسید و همچنین سود یا کوپن‌های مربوطه را در تاریخ‌های پرداختی مقرر (مثلاً سالیانه یا شش ماهه) به مالک ورق قرضه پرداخت نماید.

اوراق قرضه را نیز مانند وام‌ها می‌توان به دو دسته‌ی قابل نکول یا ریسکی و غیرقابل نکول یا غیر ریسکی تقسیم کرد. اگر عرضه‌کننده‌ی ورق قرضه نکول کند، خسارت زیادی متوجه سرمایه‌گذار خواهد بود. به این صورت که سرمایه‌گذار تنها بخش قابل بازیابی از ارزش اسمی ورق قرضه را به دست خواهد آورد. برخلاف اوراق قرضه‌ی ریسکی، نوع غیر ریسکی این اوراق، حتماً کوپن‌ها و ارزش اسمی ورق قرضه را کامل و در موعد مقرر پرداخت می‌نماید.

انواع گوناگونی از اوراق قرضه برحسب چگونگی پرداخت کوپن‌ها وجود دارد:

- اوراق قرضه با کوپن ثابت[۱]
- اوراق قرضه بدون کوپن[۲]
- اوراق قرضه با نرخ شناور[۳]

علاوه براین‌ها، اوراق قرضه‌ای وجود دارند که ماهیتاً از ویژگی‌های اختیار برخوردار هستند. اوراق قرضه‌ی قابل تبدیل[۴]، که می‌توانند به سهام تبدیل شوند، از این نوع هستند. به‌عنوان مثال دیگر، ورق قرضه‌ی برگشت‌پذیر[۵] را می‌توان نام برد که دارنده‌ی آن این اختیار را دارد که در صورت تمایل، اوراق را با یک قیمت از پیش تعیین شده به عرضه‌کننده پس دهد.

---

۱ Fixed-Coupon Bonds

۲ Zero-Coupon Bonds

۳ Floating Rate Notes (FRN)

۴ Convertible Bonds

۵ Callable Bonds

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

ریسک‌هایی که دارندگان اوراق قرضه را تهدید می‌کنند، مشابه ریسک‌هایی است که پیش‌تر برای قرارداد وام بیان کردیم. علاوه بر ریسک اعتباری، ریسک نرخ بهره، ریسک ارز، ریسک تورم و ریسک نقدینگی نیز طرفین قراردادهای اوراق قرضه را در معرض خطر قرار می‌دهند.

تفاوت اساسی اوراق قرضه با وام‌ها در قابل معامله بودن اوراق است که مزیت‌های زیر را به دنبال دارد:

- قابل دسترس بودن بازار برای تعداد خیلی بیشتری از سرمایه‌گذارها
- امکان سرمایه‌گذاری‌های کوچک
- عدم نیاز به نگه‌داشتن سرمایه تا زمان سررسید قرارداد
- استاندارد بالاتر داشتن نسبت به وام‌ها
- عملکرد اطلاعاتی قیمت‌های اوراق قرضه[1]

عرضه‌ی اوراق قرضه تنها برای نهادهای خاصی از جمله دولت‌ها، شرکت‌ها، بانک‌ها و شرکت‌های با هدف خاص[2] و غیره مجاز است. از طرفی تهیه و عرضه‌ی اوراق قرضه فرآیندی زمان‌بر است و برخلاف وام به منابع تأمین مالی خیلی بیشتری نیاز دارد. لذا عرضه‌ی اوراق قرضه تنها برای مقادیر زیاد مقرون به صرفه می‌باشد.

برخلاف دارندگان سهام، صاحبان اوراق قرضه مالک بخشی از مؤسسه‌ی عرضه‌کننده‌ی اوراق نیستند، بلکه نسبت به آن مؤسسه نقش قرض‌دهنده را بازی می‌کنند.

با وجود اینکه بازارهای اوراق، سهم قابل توجهی در انتقال و تجارت ریسک اعتباری دارند، این بازارها به تنهایی پاسخگوی تمایل روزافزون سرمایه‌گذاران و بانک‌ها به خرید و فروش اوراق با درآمد ثابت نیستند. اساساً اوراق قرضه بر مبنای نیازهای عرضه‌کننده تنظیم و عرضه می‌شوند و از سوی دیگر،

---

[1] به این معنی که تخمین بازار از ریسک اعتباری قرض‌دهنده را منعکس می‌کنند.

[2] Special Purpose Vehicles

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

اوراق قرضه‌ی دولتی[۱] و اوراق قرضه‌ی خارجی[۲] بخش عمده‌ی بازار اوراق قرضه را تشکیل می‌دهند، لذا امکان کمی برای سرمایه‌گذارها جهت شرکت در قراردادهای اوراق قرضه‌ی شرکتی[۳] وجود دارد. به‌طور کلی وسعت بازار اوراق قرضه با توجه به وسعت کل دنیای ریسک اعتباری نسبتاً کم است و این امر منجر به ریسک نقدشوندگی می‌شود. افزایش تمایل به معامله‌ی ریسک اعتباری و نیز کاستی‌های بازار اوراق قرضه در نهایت به ابداع مشتقات اعتباری[۴] انجامید. در بخش بعد به معرفی کلی آن‌ها می‌پردازیم.

۳.۳.۱ تعریف و تقسیم‌بندی کلی مشتقات اعتباری

مشتقه[۵] قراردادی مالی است که ارزش آن در زمان سررسید[۶] به قیمت یک یا چند کالای پایه[۷] وابسته است و هدف از طراحی این ابزار، مدیریت و انتقال یک سری از ریسک‌ها از جمله ریسک اعتباری، ریسک نرخ ارز و غیره بوده است. برای یک مشتقه‌ی اعتباری، کالای پایه بایستی یک ابزار مالی مرتبط با ریسک اعتباری باشد. مشتقه‌ی اعتباری یک قرارداد دوطرفه است که امکان مطالعه‌ی مجزای ریسک اعتباری مربوط به یک دارایی پایه‌ی حساس به ریسک اعتباری را فراهم می‌سازد. شکل ۲.۱ ساختار ابتدایی یک مشتقه‌ی اعتباری را نشان می‌دهد.

---

۱ Government Debt

۲ Sovereign Debt

۳ Corporate Bonds

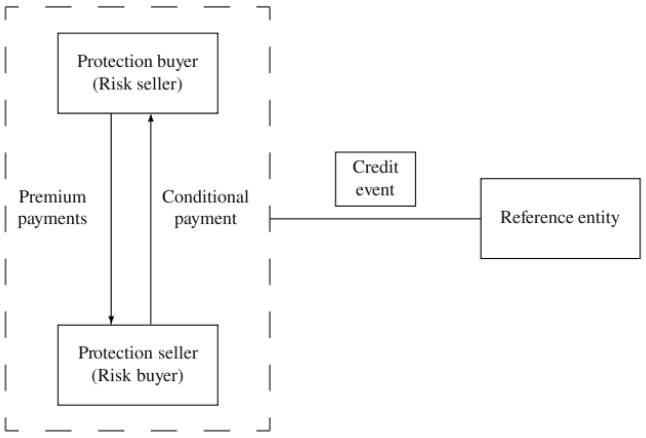
۴ Credit Derivatives

۵ Derivative

۶ Maturity

۷ Underlying Asset

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.



شکل ۲.۱: ساختار ابتدایی یک مشتقه‌ی اعتباری

طرفین قرارداد، خریدار حمایت[۱] (فروشنده‌ی ریسک)[۲] و فروشنده‌ی حمایت[۳] (خریدار ریسک)[۴] نامیده می‌شوند. در طول مدت قرارداد، خریدار حمایت پرداخت‌های صرف[۵] را به صورت دوره‌ای به فروشنده‌ی حمایت می‌پردازد. در مقابل، فروشنده‌ی حمایت بایستی مبلغی را مشروط بر وقوع یک رویداد اعتباری در طول مدت قرارداد به خریدار حمایت پرداخت نماید[۶]. رویداد اعتباری می‌تواند ورشکستگی[۷]، تقلیل کیفیت اعتباری[۸] یا تغییراتی در اسپرد اعتباری[۹] باشد. قرارداد یا در زمان سررسید و یا در صورت وقوع یک رویداد اعتباری خاتمه می‌یابد. علاوه بر پرداخت مشروط، یک مشتقه‌ی اعتباری می‌تواند فروشنده‌ی حمایت را به پرداخت‌های دیگر نیز ملزم نماید.

---

۱ Protection Buyer

۲ Risk Seller

۳ Protection Seller

۴ Risk Buyer

۵ Premium Payments

۶ Contingent Payment

۷ Bankruptcy

۸ Deterioration of Credit Quality

۹ Credit Spread

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

انواع گوناگونی برای مشتقات اعتباری بر مبنای نوع پوشش ریسک اعتباری وجود دارد. دسته‌بندی مشتقات اعتباری بر این مبنا را می‌توان در جدول ۱.۱ مشاهده کرد.

جدول ۱.۱: تقسیم‌بندی مشتقات اعتباری با توجه به ریسکی که پوشش می‌دهند.

ریسک	ریسک نکول	ریسک اسپرد اعتباری	ریسک کامل
مشتقات اعتباری	سوآپ نکول اعتباری اختیار نکول اعتباری سوآپ نکول سبد سوآپ mامین نکول	سوآپ اسپرد اعتباری اختیار اسپرد اعتباری	سوآپ بازده کامل

به‌عنوان مثال سوآپ بازده کامل[۱]، ریسک مربوط به یک ورق قرضه را به تمامی منتقل می‌کند. مشتقات اعتباری را می‌توان با توجه به ویژگی‌های دیگرشان نیز تقسیم بندی نمود. این مشتقات بر اساس تعداد دارایی‌هایی که در سبد پایه قرار می‌گیرد، به دو دسته تقسیم می‌شوند: مشتقات اعتباری تک اسمی[۲] و مشتقات اعتباری چند اسمی[۳]. همچنین می‌توان تقسیم‌بندی را بر مبنای تأمین یا عدم تأمین مالی قرارداد نیز انجام داد. وقتی وارد یک قرارداد مشتقه‌ی اعتباری که تأمین مالی شده است می‌شویم، در ابتدا فروشنده‌ی حمایت، مبلغی معادل با ارزش اسمی قرارداد به طرف مقابل می‌پردازد و در زمان سررسید همان مبلغ را با کسری به میزان نکول شده، باز پس می‌گیرد. در حالی‌که برای مشتقات اعتباری که تأمین مالی نمی‌شوند، در ابتدای قرارداد مبلغی پرداخت نمی‌شود و در صورت وقوع نکول، فروشنده‌ی حمایت ملزم به جبران زیان است. جدول ۲.۱ تقسیم‌بندی مشتقات اعتباری بر این مبنا را نشان می‌دهد.

[۱] Total Return Swap (TRS)

[۲] Single-name Credit Derivatives

[۳] Multi-name Credit Derivatives

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

جدول ۲.۱: تقسیم‌بندی مشتقات اعتباری بر حسب تأمین یا عدم تأمین مالی و تعداد دارایی‌های سبد پشتوانه.

با بودجه‌ی اولیه/تأمین‌شده	بدون بودجه‌ی اولیه/تأمین‌نشده	
	سوآپ نکول اعتباری اختیار نکول اعتباری اختیار اسپرد اعتباری سوآپ بازده کامل	تک اسمی
	سوآپ نکول اعتباری سبد سوآپ nامین نکول	چند اسمی
تعهد بدهی تضمین شده‌ی وجوه نقد	تعهد بدهی تضمین شده‌ی تصنعی	چند اسمی و مبتنی بر توریق

۴.۳.۱ ضرورت وجود بازار مشتقات اعتباری

مؤسسه‌های مالی از فعالان مهم بازارهای مشتقات اعتباری که موجبات رشد چشمگیر آن‌ها را فراهم کرده است، به شمار می‌روند. بانک‌ها از طریق این بازارها می‌توانند سرمایه‌ی اقتصادی[۱] و سرمایه‌ی قانونی[۲]خود را کاهش دهند. از طرفی، استفاده از قراردادهای مشتقه جهت کاهش ریسک اعتباری، به لحاظ مسائل مالیاتی به مراتب بهتر از تبدیل کردن وام‌ها به اوراق بهادار است. علاوه بر این، مشتقات دارای هزینه‌های قرارداد پایین‌تری هستند و این امر باعث می‌شود ارتباط بانک‌ها با مشتریانشان حفظ شود. همچنین این ابزار مالی مدیریت ریسک بانک‌ها را بهبود می‌بخشد و به تنوع‌بخشی در سبد کمک می‌کند. بانک‌ها حتی با فعالیت در بازار مشتقات به عنوان فروشنده‌ی حمایت نیز می‌توانند اهداف مدیریت سبد خود را اعم از توزیع یا افزایش ثمر[۳] محقق سازند.

دلایل مختلفی برای سرمایه‌گذاری در مشتقات اعتباری وجود دارد. وارد شدن در مشتقات اعتباری به عنوان خریدار حمایت، نه تنها برای شرکت‌های تعاونی تضمینی در برابر نکول خریداران و حامیان

---

۱ Economic Capital

۲ Regulatory Capital

۳ Yield

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

است، بلکه قرار گرفتن در این موقعیت، به نوعی فروش عاریتی[1] اوراق قرضه (به ویژه اوراق قرضه‌ی شرکتی) برای مواقعی که بیم آن رود که رتبه‌ی اعتباری یک عرضه‌کننده در حال کاهش است و به دنبال آن قیمت ورق قرضه افت خواهد کرد، به حساب می‌آید.

از طرف دیگر، یک سرمایه‌گذار با وارد شدن در قرارداد مشتقه‌ی اعتباری به عنوان فروشنده‌ی حمایت، می‌تواند به نحو مؤثری از ریسک اعتباری خود جهت کسب درآمد بهره بگیرد. به‌ویژه این امر در مورد آن دسته از مشتقات اعتباری صادق است که در ابتدا تأمین مالی نمی‌شوند. این نوع سرمایه‌گذاری، جایگزین مناسبی برای خرید اوراق قرضه‌ای است که هزینه‌ی خرید آن‌ها بیشتر از سودی است که عاید سرمایه‌گذارشان می‌شود.

مزیت دیگر استفاده از مشتقات اعتباری، جدا ساختن ریسک اعتباری از سایر ریسک‌های مرتبط با قرارداد است. به این ترتیب می‌توان ریسک‌های اعتباری اختصاصی برای دستیابی به هدف‌های خاص بازارهای مالی در قالب قراردادهای خاص طراحی و عرضه کرد.

۵.۳.۱ ریسک‌های مرتبط با مشتقات اعتباری

علاوه بر ریسک اعتباری، خریدار و فروشنده‌ی حمایت در مشتقات اعتباری، می‌بایست با ریسک‌های مختلف دیگر نیز دست و پنجه نرم کنند. این ریسک‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود: ریسک‌های در سطح قرارداد و ریسک‌های در سطح بازار.

ریسک‌های در سطح قرارداد

ریسک طرف قرارداد[2]: ریسک اینکه یکی از طرفین قرارداد قادر به عمل به تعهدات خویش نباشد.

---

[1] Short Selling

[2] Counterparty Risk

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

ریسک پایه[۱]: ریسک یک زیان قابل توجه ناشی از پوشش ریسک[۲] نامناسب در سبد، مثل پوشش ریسک اعتباری یک مؤسسه‌ی مرجع[۳] در سبد با مؤسسه‌ی مرجع هم‌بسته.

ریسک قانونی: ریسک ضرر ناشی از اینکه شرایط قرارداد به روشنی بیان نشده باشد و یا ضرر ناشی از اتفاقات غیرقابل پیش‌بینی آینده است. با وجود اینکه انجمن بین‌المللی سوآپ‌ها و مشتقات[۴]، استانداردهای قراردادهای مشتقه را روز به روز بهبود می‌بخشد، همچنان نمی‌توان از ریسک قانونی به طور کامل صرف‌نظر نمود.

ریسک عملیاتی: به ریسک ضرر قابل توجه یا سود غیر واقعی ناشی از نقص در شالوده‌ی فنی یا اشکال در روندهای درونی شرکت یا افراد و یا اتفاقات خارجی اطلاق می‌شود.

ریسک مدل[۵]: ریسک ضرر ناشی از محاسبه‌ی اشتباه ارزش یک قرارداد است که از بکارگیری مدل اشتباه برای قیمت‌گذاری یا پارامترهای ناصحیح مدل ناشی می‌شود.

ریسک‌های در سطح بازار

ریسک نقدینگی: ریسک اینکه معامله در حجم بالا، تأثیر بد بر قیمت‌ها بگذارد و یا ریسک کم‌رونق شدن بازار.

ریسک تمرکز بالای بازار[۶]: این یعنی معامله‌ی مشتقات اعتباری فقط برای تعداد محدودی از فعالان بازار میسر و مجاز است.

ریسک قیمت‌گذاری ناصحیح سیستماتیک[۷]: مدل‌های قیمت‌گذاری مشتقات اعتباری در ابتدای مسیر

---

۱ Basis Risk

۲ Hedge

۳ Reference Entity

۴ International Swaps and Derivatives Association (ISDA)

۵ Model Risk

۶ High Market Concentration Risk

۷ Systematic Mispricing

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

پیشرفت قرار دارند و هنوز یک مدل کلی قیمت‌گذاری که از طرف همه پذیرفته شده باشد، وجود ندارد. مدل‌های موجود تنها بخشی از پیچیدگی‌های ابزارهای مالی وابسته به سبد را منعکس می‌کنند که همین مسئله منجر به مشکلاتی چون دست کم گرفتن[۱] ریسک واقعی شده است.

ریسک‌های دیگری چون ریسک نمایندگی[۲]، ریسک آربیتراژ قانونی[۳] و ریسک عدم شفافیت بازار[۴] نیز در این دسته قرار می‌گیرند.

۶.۳.۱ مشتقات اعتباری تک اسمی[۵]

در این بخش، کارکرد دسته‌ی خاصی از مشتقات اعتباری را بیان می‌کنیم. مشتقات اعتباری تک اسمی، ریسک اعتباری دارایی یا مؤسسه‌ی مرجع را از یک طرف قرارداد به طرف دیگر منتقل می‌کنند. مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از سوآپ نکول اعتباری[۶](CDS)، اختیار نکول اعتباری[۷] و سوآپ بازده کامل[۸] .

سوآپ نکول اعتباری

سوآپ نکول اعتباری (CDS) قراردادی دو جانبه است که در آن خریدار حمایت (خریدار CDS) به طور دوره‌ای (معمولاً فصلی) مبلغ ثابتی را تحت عنوان صرف CDS[۹] که معمولاً بر حسب bps[۱۰]

---

۱ Underestimation

۲ Agency Risk

۳ Regulatory Arbitrage

۴ Market Intransparency

۵ Single Name Credit Derivatives

۶ Credit Default Swap

۷ Credit Default Option

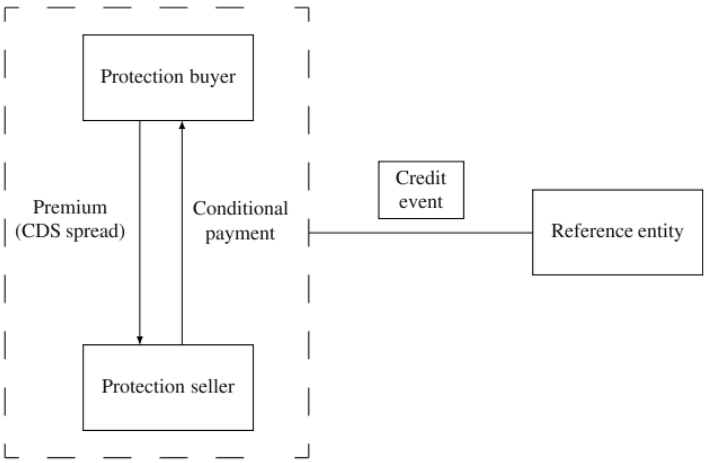
۸ Total Return Swap (TRS)

۹ CDS Premium

۱۰ Basis Points: هر ٪۱ تغییر برابر با ۱۰۰ bps است و برای نشان دادن میزان تغییرات مفاهیم مالی از جمله: نرخ‌های بهره، شاخص‌های سهام و اوراق بهادار با درآمد ثابت به کار گرفته می‌شود. مثلاً وقتی ثمر یک ورق قرضه از ٪۵ به ٪۵/۵

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

و ارزش اسمی محاسبه می‌شود، تا زمان سررسید قرارداد به فروشنده‌ی حمایت می‌پردازد. در مقابل، خریدار یک مبلغ را مشروط بر وقوع رویدادی اعتباری برای مؤسسه‌ی مرجع، از فروشنده‌ی حمایت دریافت می‌نماید. شکل ۳.۱ کارکرد کلی یک CDS را نشان می‌دهد.



شکل ۳.۱: ساختار کلی یک قرارداد سوآپ نکول اعتباری

متداول‌ترین زمان‌های سررسید برای این قرارداد، ۳ سال، ۵ سال و ۱۰ سال است و این در حالی است که زمان سررسید یک قرارداد CDS لزوماً با زمان سررسید قرارداد مربوط به مؤسسه‌ی مرجع آن یکسان نیست.

رویداد اعتباری در قراردادهای CDS می‌تواند شامل ورشکستگی، ناتوانی در پرداخت[۱]، تغییر ساختار بدهی[۲] و موارد دیگر باشد.

برای قراردادهای CDS در صورتی‌که نکول اتفاق افتد دو نوع تسویه[۳] وجود دارد: **نقدی**[۴] که بیشتر

می‌رسد، می‌توان گفت bps ۵۰ افزایش داشته است.

[۱] Failure to Pay

[۲] Restructuring of Debt

[۳] Settlement

[۴] In Cash

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

در اروپا متداول است و **فیزیکی**[۱] که در ایالات متحده آمریکا رایج است. تسویه بطور فیزیکی به این معنی است که در صورت وقوع نکول، خریدار حمایت ملزم به انتقال دارایی مرجع با کسر ارزش فعلی دارایی به فروشنده‌ی حمایت است. اما برای مواقعی که تسویه از نوع نقدی است هنگام وقوع نکول، فروشنده‌ی حمایت بایستی مبلغی معادل با اختلاف ارزش اسمی[۲] دارایی مرجع با ارزش بازاری[۳] آن[۴] را به‌صورت نقدی به خریدار حمایت پرداخت نماید.

به قراردادهای CDS می‌توان به شکل یک قرارداد بیمه نگاه کرد. اما سه تفاوت اساسی میان این دو قرارداد را نباید فراموش کرد:

۱. دامنه‌ی مفهوم رویداد اعتباری که منجر به جبران خسارت توسط فروشنده‌ی حمایت می‌شود، در مشتقات اعتباری گسترده‌تر است.

۲. خریدار حمایت در یک قرارداد مشتقه‌ی اعتباری، نیاز به اثبات اینکه واقعاً متحمل ضرر شده است ندارد.

۳. تفاوت آخر این است که برای مشتقات اعتباری یک منبع استاندارد برای مستند سازی[۵] قراردادها وجود دارد که باعث سهولت معامله و افزایش بازار آن‌ها می‌شود.

همچنین می‌توان قراردادهای CDS را به صورتی تنظیم نمود که در ابتدا با تأمین مالی[۶] همراه باشند. به این ترتیب که فروشنده‌ی حمایت (سرمایه‌گذار) یک ورق قرضه با نرخ شناور می‌خرد که دارای کوپن

---

۱ Physically

۲ Par Value

۳ Market Value

۴ ارزش دارایی مرجع که بر حسب نرخ بازیافت محاسبه شده است.

۵ Documentation

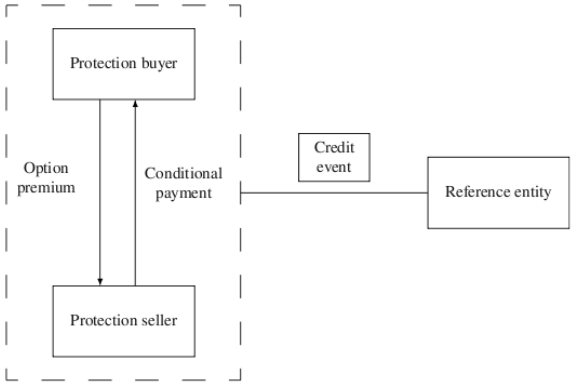
۶ Funded

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

لیبور[1] سه ماهه بعلاوه‌ی اسپرد ثابت CDS فصلی است. اگر هیچ رویداد اعتباری‌ای رخ ندهد کوپن تا زمان سررسید پرداخت می‌شود. سپس سرمایه‌گذار مبلغی معادل با ارزش اسمی ورق قرضه با نرخ شناور را دریافت می‌نماید. اما اگر یک رویداد اعتباری به وقوع بپیوندد، فروشنده‌ی حمایت ارزش قابل بازیافت را دریافت می‌کند و قرارداد خاتمه می‌یابد.

اختیار نکول اعتباری

قرارداد اختیار نکول اعتباری بسیار شبیه به سوآپ نکول اعتباری است. تفاوت اساسی بین آن دو در این است که خریدار حمایت در یک قرارداد اختیار نکول اعتباری پرداخت‌های دوره‌ای ندارد. بلکه یک هزینه‌ی اولیه[2] یا صرف اختیار[3] می‌پردازد. کارکرد یک قرارداد معمول اختیار نکول اعتباری در شکل ۴.۱ نمایش داده شده است.



شکل ۴.۱: ساختار کلی یک قرارداد اختیار نکول اعتباری

سوآپ بازده کامل

یک قرارداد سوآپ بازده کامل (TRS)، قراردادی دوجانبه بین دریافت‌کننده‌ی تمامی بازده (فروشنده‌ی

---

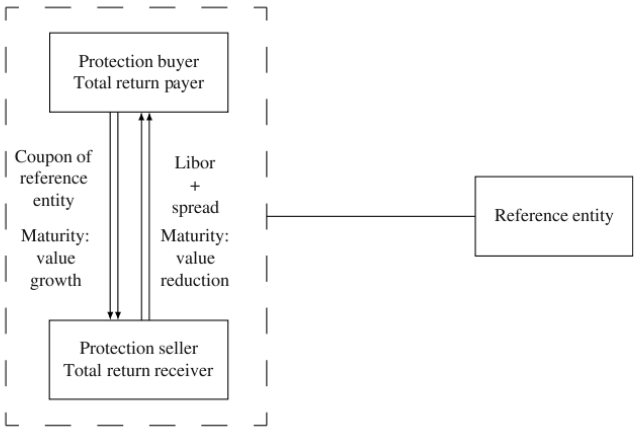
[1] LIBOR

[2] Upfront Fee

[3] Option Premium

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

حمایت) و پرداخت‌کننده‌ی بازده (خریدار حمایت) است. فروشنده‌ی حمایت تمامی جریان‌های نقدی مربوط به دارایی مرجع را بی آنکه مالکیت آن را داشته باشد، دریافت می‌کند. در مقابل، خریدار حمایت نیز پرداخت‌های دوره‌ای که بر حسب لیبور و ارزش اسمی قرارداد محاسبه می‌شوند، به اضافه‌ی یک اسپرد ثابت بر مبنای همان ارزش اسمی دریافت می‌کند. ساختار ابتدایی یک قرارداد سوآپ بازده کامل در شکل ۵.۱ نشان داده شده است.



شکل ۵.۱: ساختار کلی یک قرارداد سوآپ بازده کامل

یک قرارداد TRS می‌تواند به دو طریق خاتمه یابد: یا مؤسسه‌ی مرجع دچار نکول می‌شود و یا زمان سررسید فرا می‌رسد. اگر نکول رخ ندهد، اختلاف بین ارزش بازاری دارایی مرجع در زمان شروع و زمان سررسید قرارداد محاسبه می‌شود. اگر مقدار این اختلاف مثبت باشد، دریافت‌کننده‌ی بازده کامل مبلغی معادل با این اختلاف به دست می‌آورد. در غیر این صورت، او مجبور به پرداخت همین مبلغ به دهنده‌ی بازده کامل است.

قراردادهای TRS انواع مختلفی دارند. یک نوع از این قراردادها وابسته به بیش از یک دارایی مرجع است و دارایی‌های مرجع قرارداد را سبدی از دارایی‌ها یا شاخص اوراق قرضه تشکیل می‌دهند. در نوع دیگر، پرداخت‌کننده‌ی بازده کامل ممکن است پرداخت‌های شناور بر حسب لیبور را کسب نکند و فقط پرداخت‌های ثابت را دریافت نماید.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۷.۳.۱ مشتقات اعتباری چند اسمی

سوآپ K -امین نکول[۱]

سوآپ نکول سبد[۲]، نوعی مشتقه‌ی اعتباری است که در مقایسه با یک سوآپ نکول اعتباری تک اسمی، بر روی سبدی با بیش از یک دارایی مرجع بسته می‌شود. سوآپ نکول سبد یک قرارداد دوجانبه است که خریدار حمایت در آن اسپرد سوآپ[۳] را به صورت دوره‌ای در طول مدت قرارداد به فروشنده‌ی حمایت می‌پردازد و در ازاء آن یک مبلغ پرداختی مشروط بر اینکه K-امین نکول برای یکی از n دارایی مرجع اتفاق بیافتد، دریافت می‌کند. متداول‌ترین قرارداد در این دسته، سوآپ اولین نکول[۴](FtD Swaps) است. قراردادهای سوآپ نکول سبد به‌طور معمول دارای پنج یا ده دارایی مرجع در سبدشان هستند. یک قرارداد سوآپ نکول سبد می‌تواند به دو طریق منقضی شود: زمانی که K-امین نکول در سبد قرارداد اتفاق افتد و یا هنگامی که زمان سررسید قرارداد فرا رسد. اگر K-امین نکول روی دهد، فروشنده‌ی حمایت می‌بایست مابه‌التفاوت ارزش اسمی آخرین دارایی نکول شده و ارزش قابل بازیافت آن را بپردازد. طرفین قرارداد می‌توانند به صورت توافقی یکی از دو شکل نقدی یا فیزیکی را برای تسویه انتخاب کنند.

---

۱ K'th-to-Default Swap

۲ Basket Default Swap

۳ Swap Spread

۴ First to Default Swap

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۴.۱ مشتقات اعتباری چند اسمی مبتنی بر توریق[۱]

۱.۴.۱ تعریف و کارکرد

توریق در واقع تبدیل سبدی از دارایی‌ها به اوراق بهادار قابل معامله است. در ابتدایی‌ترین حالت، توریق فرآیندی است که طی آن دارایی‌های در معرض ریسک اعتباری در یک سبد جمع می‌شوند و به یک شرکت با هدف خاص (SPV)[۲] فروخته می‌شوند. سپس SPV در بازار پول یا سرمایه سرمایه‌گذاری می‌کند. به این صورت که اوراق بهادار قابل معامله‌ای به نام اوراق بهادار با پشتیبانی دارایی[۳](ABS) منتشر می‌نماید.

یک مشخصه‌ی بارز ABSها مستقل بودن ارزش اعتباری بانک از ارزش اعتباری ABS است. از آنجا که هر SPV منحصراً برای یک قرارداد خاص به وجود می‌آید، عوامل دیگری غیر از ارزش اعتباری سبد دارایی نمی‌تواند ریسک ABS را تحت تأثیر قرار دهد. سرمایه‌گذارهای این حوزه تمام درآمدهای حاصل از سبد دارایی بجز هزینه‌های خدماتی را دریافت می‌کنند. لذا وضعیت ریسک و بازده به عملکرد سبد دارایی‌ها وابسته است.

بطور کلی، ABSها در کلاس‌های ریسک مختلفی به نام برش[۴] عرضه می‌شوند. برای اینکه این اوراق بهادار قابل معامله در بازار سرمایه باشند، لازم است برش‌ها توسط یک شرکت رتبه‌بندی[۵]، رتبه‌بندی شوند. شرکت رتبه‌بندی به‌طور مرتب ریسک برش‌ها را برآورد می‌کند و در صورت نیاز، رتبه‌ی برش را تغییر می‌دهد.

---

۱ Securitization-Based Multi Name Credit Derivatives

۲ بایستی مستقل از شرکتی که خواهان اعمال توریق بر سبد دارایی‌هاست و دور از ورشکستگی باشد.

۳ (ABS) Asset-Backed Securities

۴ Tranche

۵ Rating Agency

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

اوراق بهادار با پشتوانه‌ی رهنی[۱] (MBS) قراردادهایی هستند که سبد پشتوانه‌ی آن‌ها املاک است. در صورتی‌که این املاک به شخص حقیقی تعلق گیرد، قرارداد از نوع اوراق بهادار با پشتوانه‌ی رهنی مسکونی[۲] خواهد بود و چنانچه به شرکتی تعلق گیرد، از نوع اوراق بهادار با پشتوانه‌ی رهنی تجاری[۳] خواهد بود. ABSها با سبدی از انواع گوناگون بدهی (به‌غیر از رهن‌های مسکونی) تضمین می‌شوند. تعهدات بدهی تضمین‌شده[۴] (CDO) دسته‌ای از قراردادهای مبتنی بر توریق هستند که سبد دارایی آن‌ها از انواع قراردادهای در معرض ریسک اعتباری تشکیل می‌شود. زیرمجموعه‌ای از CDOها که وام‌ها نقش پشتوانه را برایشان بازی می‌کنند، تعهدات وامی تضمین‌شده[۵] (CLO) نام دارند. زیرمجموعه‌ی دیگر از این دسته، تعهدات ورقه‌ای تضمین‌شده[۶] (CBO) هستند که سبدشان متشکل از اوراق قرضه است.

در این پایان‌نامه به معرفی روش‌های قیمت‌گذاری نوع خاصی از تعهدات بدهی تضمین‌شده، با عنوان تعهدات بدهی تضمین‌شده‌ی ترکیبی[۷] خواهیم پرداخت.

۲.۴.۱ مزایای بازار قراردادهای مبتنی بر توریق

در این بخش، انگیزه‌های سرمایه‌گذارها برای شرکت در قراردادهای مبتنی بر توریق را بیان می‌کنیم. عوامل مختلفی باعث می‌شوند تا بانک‌ها مکانیسم توریق را مورد توجه قرار دارند. یک دلیل عمده،

---

۱ Mortgage-Backed Securities

۲ Residential Mortgage-Backed Securities

۳ Commercial Mortgage-Backed Securities

۴ Collateralized Debt Obligations

۵ Collateralized Loan Obligations

۶ Collateralized Bond Obligations

۷ Synthetic Collateralized Debt Obligation

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

مدیریت ریسک و تنوع‌بخشی[1] است. بانک‌ها از توریق جهت تنظیم مجدد سبد وام‌های خود بهره می‌گیرند، بخصوص اگر مشکلاتی چون تمرکز بالای ریسک اعتباری در یک منطقه یا صنعت خاص در سبد مشاهده شود. چنین مشکلاتی را می‌توان از طریق اعمال توریق بر بخشی از سبد، یا با سرمایه‌گذاری در قراردادهایی مبتنی بر توریق که بر منطقه یا صنعت دیگری تمرکز دارد، کاهش داد. انگیزه‌ی مهم دیگر، کاهش سرمایه‌ی قانونی و اقتصادی است.

هر چند، از نظر بانک‌ها فرآیند توریق مشکلاتی نیز به همراه دارد. این مکانیسم ممکن است محدودیت‌هایی چون موافقت یا مخالفت قرض‌کننده‌ها را داشته باشد، که این خود رابطه‌ی بین بانک و مشتری را مورد تهدید قرار می‌دهد. از طرفی کاهش سرمایه‌ی اقتصادی و قانونی بانک ممکن است محدود باشد، چون اغلب بخش عمده‌ی برش سهام را بانک‌ها در اختیار دارند. لذا، تنها درصد کمی از ریسک اعتباری منتقل می‌شود. به‌عنوان آخرین نکته توریق ممکن است بنا به نحوه‌ی سازماندهی سبد و مراحل قانونی مورد نیاز، فرآیندی زمان‌بر و پرهزینه باشد.

برای سرمایه‌گذارها نیز دلایل متعددی برای اینکه جذب بازارهای قراردادهای مبتنی بر توریق شوند، وجود دارد. با توریق سبدی از دارایی‌های مالی و عرضه‌ی آن‌ها در قالب برش‌های مختلف، ریسک اعتباری از تعهد مرجع اولیه[2] تفکیک می‌شود و به سرمایه‌گذارهای برش‌های مختلف با توجه به ریسک گریزیشان منتقل می‌شود. پیش از بحران مالی جهانی اخیر، سرمایه‌گذارها سودهای زیاد قراردادهای مبتنی بر توریق را به سودهای حاصل از مشتقات اعتباری سنتی با همان رتبه‌بندی ترجیح می‌دادند. همچنین قراردادهای مبتنی بر توریق، این امکان را برای سرمایه‌گذارها فراهم می‌کنند که با اضافه کردن ریسک اعتباری به سبدشان به آن تنوع بخشند.

---

[1] Diversification

[2] Original Obligation

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۳.۴.۱ ریسک‌های بازار قراردادهای مبتنی بر توریق

در این بخش، ریسک‌هایی را که ناشی از (و همراه با) توریق هستند معرفی می‌کنیم. این ریسک‌ها شبیه ریسک‌های مربوط به مشتقات اعتباری سنتی هستند. در اینجا نیز می‌توان ریسک‌ها را به دو دسته‌ی ریسک‌های در سطح قرارداد و ریسک‌های در سطح بازار تقسیم‌بندی کرد. همانند مشتقات اعتباری قدیمی، ریسک طرفین قرارداد در قراردادهای مبتنی بر توریق نیز لحاظ می‌شود.

چندین واقعیت دلالت بر وجود ریسک قانونی در این حوزه از قراردادهای مالی دارد که یکی از آن دلایل این است که برای به انجام رسانیدن فرآیند توریق، یک مؤسسه‌ی مالی بایستی جوانب مختلف چون نظارت قانونی و مالیات را در نظر بگیرد.

در فرآیند توریق، بیش از یک شخص یا ارگان دخیل هستند. این امر موجب می‌شود احتمال زیان‌های قابل توجه ناشی از ریسک عملیاتی بالا رود.

از منظر SPV ممکن است ریسک نقدینگی ظاهر شود. به این ترتیب که زمان دریافت درآمدها با زمان پرداخت بدهی‌ها مطابقت نداشته باشد. این امر، ریسک پیش‌پرداخت[۱] را نیز ممکن است پیش بیاورد. این ریسک در صورتی اتفاق می‌افتد که وام‌گیرنده از حق خود برای لغو کردن قرارداد استفاده کند و بازپرداخت وام را پیش از موعد مقرر (زمان سررسید) انجام دهد. در این صورت، سرمایه‌گذارها سود مربوطه را از دست می‌دهند.

در سطح بازار، ریسک نقدینگی برای سرمایه‌گذار وقتی پیش می‌آید که سرمایه‌گذار قادر به معامله‌ی ورق قرضه‌ی توریق شده در هر زمان دلخواه نباشد.

تعاریف ریسک بازار و ریسک نرخ بهره در قراردادهای مبتنی بر توریق، مطابق است با آنچه که پیش‌تر در مورد مشتقات اعتباری قدیمی ذکر شد.

---

[۱] Prepayment Risk

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

فصل دوم

معرفی و مدل‌سازی کلی تعهدات بدهی تضمین‌شده‌ی ترکیبی

در این فصل ابتدا با کلیات قراردادهای تعهدات بدهی تضمین شده آشنا می‌شویم. سپس با تمرکز بر تعهد بدهی تضمین شده‌ی ترکیبی، نحوه‌ی قیمت‌گذاری آن را بیان می‌کنیم.

۱.۲ تعهدات بدهی تضمین‌شده (CDO)

همانطور که پیش‌تر اشاره شد، CDO یکی از مهمترین انواع مشتقات اعتباری است که در آن، یک شرکت با هدف خاص (SPV) تشکیل می‌شود و سپس این شرکت به پشتوانه‌ی سبدی از دارایی‌های قابل نکول، اوراق بهادار منتشر می‌کند. سبد پشتوانه این اوراق می‌تواند ترکیبی از انواع دارایی‌های مالی اعم از وام‌ها، اوراق قرضه، سایر مشتقات اعتباری و یا متشکل از تنها یک نوع از این دارایی‌ها باشد.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۲.۲ ساختار CDO

در یک CDO سبدی از انواع قراردادها (اوراق قرضه، وام‌های رهنی تجاری، وام‌های رهنی مسکونی، سوآپ نکول اعتباری و غیره) داریم که اوراق بهاداری بر مبنای آن‌ها تنظیم و عرضه می‌شوند. در واقع دسته‌بندی دارایی‌های موجود در سبد، در قالب برش‌هایی از جنس اوراق بهادار انجام می‌گیرد. برش‌ها به ترتیب با عناوین **برش سهام**[۱] یا **برش مؤخر**[۲]، **برش‌های میانی**[۳] و **برش مقدم**[۴] معرفی می‌شوند. این برش‌ها بر حسب تقدم یا تأخر در نکول و زمان‌بندی بازپرداخت‌ها اولویت‌بندی می‌شوند. برش سهام پایین‌ترین جایگاه را در ساختار سرمایه‌ی CDO دارد و اولین دیرکرد در بازپرداخت‌ها و زیان اعتباری، دارندگان این برش را در معرض خطر قرار می‌دهد. لذا ریسکی‌ترین برش در CDO برش سهام است. در صورتی‌که زیان کل سبد بیش از نسبت در نظر گرفته شده برای این برش باشد، این بار برش‌های میانی ملزم به جبران خسارت هستند و این روند تا برش مقدم ادامه می‌یابد. واضح است که برش مقدم کمترین ریسک اعتباری را در میان برش‌های CDO داراست. برش سهام معمولاً توسط خود عرضه‌کننده‌ی CDO مدیریت می‌شود. یک دلیل این است که برای این برش ریسکی اغلب به اندازه‌ی کافی تقاضا وجود ندارد.

بازپرداخت‌ها مطابق با **اصل آبشار**[۵] انجام می‌پذیرد. هنگام پرداخت سود به سرمایه‌گذارها برش مقدم از اولویت برخوردار است. سپس نوبت به برش‌های میانی می‌رسد و در نهایت برش سهام (برش مؤخر) هر آنچه را که از سود باقی مانده است، دریافت می‌کند.

---

۱ Equity Tranche

۲ Junior Tranche

۳ Mezzanine Tranches

۴ Senior Tranche

۵ Waterfall Principle

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

به طور کلی، یك برش با نقطه‌ی حد پایین[۱] K_L و نقطه‌ی حد بالا[۲] K_U مشخص می‌شود. خریداران برش $[K_L, K_U]$، متعهد می‌شوند تمام زیان‌هایی را که حداقل K_L درصد و حداکثر K_U درصد از ارزش اولیه‌ی سبد باشند، جبران کنند. برش‌بندی، این امکان را برای سرمایه‌گذاران فراهم کرده است که مطابق با ریسک‌پذیری خود وارد قرارداد شوند و به این وسیله، دارنده‌ی هر برش قادر است میزان تعهد خود را به $K_U - K_L$ درصد از ارزش اولیه‌ی سبد محدود کند.

۳.۲ انواع CDO

در این بخش به بیان تقسیم‌بندی CDOها از سه دیدگاه می‌پردازیم. همانطور که قبلاً نیز گفته شد، CDOها ابزارهای مالی حاصل از فرآیند توریق هستند که ریسک اعتباری سبد پشتوانه را در برش‌هایی با ویژگی‌های ریسک و بازده متفاوت پخش می‌کنند و سپس در بازار عرضه می‌شوند. سه دیدگاه مورد نظر برای تقسیم‌بندی تعهدات بدهی تضمین شده عبارتند از: انگیزه‌ی انتشار، سبد پشتوانه و نحوه‌ی تأمین مالی سبد پشتوانه [۱۸].

۱.۳.۲ CDOهای ترازنامه‌ای[۳] و CDOهای آربیتراژی[۴]

CDOهای ترازنامه‌ای و به دلایل مختلف منتشر می‌شوند. این دلایل ممکن است کاهش سرمایه، مدیریت ریسک یا مختصرسازی[۵] ترازنامه باشد. این نوع از CDOها عمدتاً برای CLOها کاربرد دارد.

---

۱ Attachment Point

۲ Detachment Point

۳ Balance Sheet CDOs

۴ Arbitrage CDOs

۵ Reduction

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

CDOهای آربیتراژی بطور عمومی توسط بانک‌های سرمایه یا مدیران دارایی منتشر می‌شود که به دنبال کسب سود ناشی از اختلاف قیمت بین قیمت بازاری سبد پشتوانه و قیمت ریسک همان سبد در یک چهارچوب توریقی هستند.

۲.۳.۲ CDOهای فروش واقعی[۱] و CDOهای ترکیبی

دارایی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سبد پشتوانه، یا اینکه چگونه افراد در تعهدات بدهی تضمین شده در معرض ریسک اعتباری قرار بگیرند، منجر به دسته‌بندی این قراردادها به دو نوع **فروش واقعی** و **ترکیبی** می‌شود.

- CDOهای فروش واقعی، سبد پشتوانه‌ای متشکل از دارایی‌های مالی چون وام‌ها، اوراق قرضه، MBSها، ABSها یا حتی CDOهای دیگر دارند.
- CDOهای ترکیبی برای درگیر کردن افراد با ریسک اعتباری، از مشتقات اعتباری (CDS) در سبد پشتوانه‌ی خود بهره می‌گیرند. خود این CDOها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱. **تأمین شده/با بودجه‌ی اولیه**[۲]: برای این نوع از CDOهای ترکیبی، بخش پشتوانه از دارایی‌های ریسکی مجزا بوده و با سرمایه‌گذاری در اوراق بهادار غیر ریسکی کوپن‌دار تشکیل می‌شود. به این ترتیب، در این CDOها بدون نیاز به داشتن سبد وام یا اوراق قرضه، رویه‌ای مشابه با آنچه که در CDOهای وجوه نقد برای پرداخت‌ها اتخاذ می‌شود، خواهیم داشت.

۲. **تأمین نشده/بدون بودجه‌ی اولیه**[۳]: در این نوع، نیازی به تأمین بودجه در ابتدای کار نیست. بلکه سرمایه‌گذار در هنگام وقوع نکول در برش خود، متعهد به جبران ضرر است.

---

۱ True Sale CDOs

۲ Funded

۳ Unfunded

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۳.۳.۲ CDOهای وجوه نقد[۱] و CDOهای مبتنی بر ارزش بازار[۲]

- CDOهای وجوه نقد، قراردادهایی هستند که در آن‌ها پرداخت سود به سرمایه‌گذارها تضمینی است و این سود از طریق وجوه نقدی حاصل از دارایی‌های موجود در سبد پشتوانه تأمین می‌شوند. این ساختار معمولاً در قراردادهای غیرپویا[۳] با سبدی مشخص از وام‌ها یا اوراق قرضه به کار گرفته می‌شود.
- CDOهای مبتنی بر ارزش بازار، ساختارهایی پویا[۴] هستند که ریسک اعتباری سبد در آنها توسط یک مدیر سبد، بطور مداوم مدیریت می‌شود. تلاش مدیر در راستای بهینه کردن بازده سبد پشتوانه به وسیله‌ی معاملاتی است که بر روی دارایی‌های سبد انجام می‌دهد. لذا به دنبال فرصت‌هایی است که از طریق تغییرات قیمت بازاری دارایی‌ها سود برده، بازده سبد را افزایش دهد. در ساختارهای این‌چنینی، سرمایه‌گذار علاوه بر ریسک اعتباری در معرض ریسک استراتژی مدیریت سبد نیز است.

در این پایان‌نامه به معرفی و بررسی روش‌های قیمت‌گذاری قرارداد تعهد بدهی تضمین شده‌ی ترکیبی مبتنی بر روش‌های عاملی تقلیل‌یافته خواهیم پرداخت.

۴.۲ مدل کردن مشتقات اعتباری تک اسمی با مدل‌های شدت

در این بخش به معرفی مدل شدت می‌پردازیم. از این مدل برای محاسبه‌ی ضرر مورد انتظار در زمان‌های پرداخت اسپرد و با توجه به ارزش اسمی قرارداد استفاده می‌کنیم. سپس، فرمول‌های ارزشیابی CDS

---

۱ Cash Flow CDOs

۲ Market Value CDOs

۳ Static Transactions

۴ Dynamic Structures or Managed Structures

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

تک اسمی مبتنی بر مدل شدت را ارائه می‌کنیم.

۱.۴.۲ مدل نکول شدت

مدل‌های نکول شدت، احتمال‌های نکول را به طرز بسیار ساده و مستقل از سایر عوامل بازار مدل می‌کنند. این مدل‌ها که جزو مدل‌های تقلیل‌یافته محسوب می‌شوند، برخلاف مدل‌های ساختاری، نکول را به اطلاعات بنیادی شرکت نسبت نمی‌دهند، بلکه نکول در این مدل بر اساس یک سری اتفاقات خارجی در زمان‌های نامعلوم τ روی می‌دهد. مدل‌های تقلیل‌یافته طبیعت تصادفی نکول را به صورت وقوع نکول در طول زمان و با استفاده از فرآیند پوآسون بیان می‌کنند. در ادامه ابتدا توزیع پوآسون و توزیع نمایی را تعریف می‌کنیم و سپس به معرفی فرآیند پوآسون و بالاخره مدل نکول شدت می‌پردازیم.

تعریف ۴.۱.۲. توزیع پوآسون

متغیر تصادفی X دارای توزیع پوآسون با پارامتر مثبت λ $(X \sim \mathcal{P}(\lambda))$ است هرگاه:

$$\mathbb{Q}[X = x] = \exp(-\lambda)\frac{\lambda^x}{x!}, x \in \mathbb{N}_\circ, \qquad (۱.۲)$$

پس $\mathbb{Q}[X \leq x]$ برابر خواهد بود با:

$$\mathbb{Q}[X \leqslant x] = \sum_{i=\circ}^{x} \exp(-\lambda)\frac{\lambda^i}{i!}.$$

میانگین و واریانس این متغیر تصادفی عبارتند از:

$$\mathbb{E}[X] = \lambda, \mathbb{V}[X] = \lambda.$$

تعریف ۴.۲.۲. توزیع نمایی

متغیر تصادفی X دارای توزیع نمایی با پارامتر مثبت λ $(X \sim Exp(\lambda))$، است هرگاه:

$$f(x) = \lambda \exp(-\lambda x),\ x \geqslant \circ.$$

و تابع توزیع متناظر برابر است با:

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

$$F(x) = ۱ - \exp(-\lambda x),\ x \geqslant ۰. \qquad (۲.۲)$$

همینطور، میانگین و واریانس متغیر تصادفی با این توزیع عبارتند از:

$$\mathbb{E}(x) = \frac{۱}{\lambda}, \mathbb{V}(x) = \frac{۱}{\lambda^۲}.$$

اکنون فرآیند شمارشی[۱] و سپس فرآیند پوآسون را تعریف کرده و ویژگی‌هایشان را بیان می‌کنیم.

تعریف ۴.۳.۲. فرآیند شمارشی

فرآیند تصادفی $X = X(t)_{t\geq ۰}$ یک فرآیند شمارشی نامیده می‌شود اگر مسیرهای نمونه‌ی آن از راست پیوسته و دارای حد چپ[۲] باشند و دنباله‌ای از متغیرهای تصادفی $T_۰ = ۰, T_۱, T_۲, ...$ وجود داشته باشند که به‌طور تقریباً حتمی[۳] به بینهایت میل کنند و داشته باشیم:

$$X(t) = \sum_{k=۱}^{\infty} I_{(T_k \leqslant t)}. \qquad (۳.۲)$$

یک فرآیند پوآسون همگن حالت خاصی از فرآیند شمارشی است.

تعریف ۴.۴.۲. فرآیند پوآسون

یک فرآیند تصادفی $X = X(t)_{t\geq ۰}$ فرآیند پوآسون همگن با شدت $\lambda > ۰$ نامیده می‌شود در صورتی که دارای ویژگی‌های زیر باشد:

۱. X یک فرآیند شمارشی است.

۲. $X(۰) = ۰$ تقریباً حتمی.

۳. X نموهای مستقل و پایدار دارد.

۴. $X(t) \sim \mathcal{P}(t\lambda)$.

---

[۱] Counting Process

[۲] Cadlag: Continue à Droite, Limite à Gauche

[۳] Almost Surely

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

در یک فضای مدل‌بندی ریسک اعتباری، $\mathbb{Q}[X_t = x]$ معادل با احتمال دقیقاً x نکول در یک بازه‌ی زمانی t ساله است. متعاقباً میانگین و واریانس یک فرآیند پوآسون عبارتند از:

$$\mathbb{E}(X) = \lambda t, \mathbb{V}(X) = \lambda t.$$

احتمال غیر شرطی عدم نکول (**احتمال بقاء**[1]) در یک بازه‌ی زمانی t ساله را می‌توان به آسانی و به ازای $x = ۰$ در (۱.۲) به دست آورد :

$$\mathbb{Q}[X_t = ۰] = \exp(-\lambda t). \qquad (۴.۲)$$

همچنین می‌توان احتمال غیر شرطی دقیقاً یک نکول در یک بازه‌ی زمانی t ساله را با فرض $x = ۱$ در (۱.۲) محاسبه کرد:

$$\mathbb{Q}[X_t = ۱] = \lambda t. \exp(-\lambda t). \qquad (۵.۲)$$

در قیمت‌گذاری مشتقات اعتباری، زمان مورد انتظار برای اولین نکول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. فرض کنید τ یک متغیر تصادفی پیوسته با تابع توزیع $Q(t)$ باشد که زمان اولین نکول را نشان می‌دهد. برای $Q(t)$ داریم:

$$Q(t) = \begin{cases} \mathbb{Q}[\tau \leqslant t] = ۱ - \mathbb{Q}[\tau > t], & t \geq ۰ \text{ اگر} \\ ۰, & t < ۰ \text{ اگر .} \end{cases}$$

قابل ذکر است که $\mathbb{Q}[\tau > t]$ احتمال عدم نکول تا زمان t است که با (۴.۲) برابر است. لذا، برای $t \geq ۰$ داریم:

$$Q(t) = ۱ - \exp(-\lambda t). \qquad (۶.۲)$$

رابطه‌ی اخیر را می‌توان به عنوان احتمال غیر شرطی اولین نکول تا قبل یا در زمان t تعبیر نمود. تابع چگالی احتمال τ به شکل زیر تعریف می‌شود:

[1] Survival Probability

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

$$q(t) := \frac{\partial Q(t)}{\partial t} = \lambda \exp(-\lambda t)\cdot \qquad (۷.۲)$$

پس زمان اولین نکول دارای توزیع نمایی است، در حالیکه خود نکول‌ها از فرآیند پوآسون تبعیت می‌کنند. احتمال بقاء تا زمان t برابر است با:

$$\mathbb{Q}[\tau > t] = \exp(-\lambda t), t \geq ۰\cdot \qquad (۸.۲)$$

نرخ شدت λ را می‌توان به حالت‌های وابسته به زمان و تصادفی نیز تعمیم داد.

۵.۲ ارزشیابی CDS تک اسمی

از آنجا که سبد پشتوانه‌ی CDO ترکیبی از CDS تشکیل شده است، ابتدا به قیمت‌گذاری این قرارداد می‌پردازیم. فرض می‌کنیم در قرارداد CDS شرایط زیر حاکم باشد:

- $t_۱ < ... < t_n = T$ زمان‌های پرداخت اسپرد را نشان دهند و T زمان سررسید باشد.
- $t_۰$ $(t_۰ < t_۱)$ زمان ارزشیابی است. فرض بر این است که این تاریخ زودتر از تاریخ انعقاد قرارداد نیست. بعبارت دیگر این قرارداد یک قرارداد CDS پیش‌رو[۱] نیست.
- پرداخت صرف CDS در انتهای هر دوره انجام می‌گیرد. یعنی، برای دوره‌ي $t_{k-۱}$ تا t_k صرف CDS در t_k پرداخت می‌شود.
- ارزش اسمی قرارداد برابر با ۱ فرض می‌شود.
- اسپرد سالانه[۲] را که مبنای محاسبه‌ی مقادیر صرف CDS است با s نشان می‌دهیم.

---

[۱] Forward CDS

[۲] Annual Spread

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

- طبق آنچه که در بخش پیش بیان شد، $S(t_۰,t)=\exp\left(-\int_{t_۰}^{t}\lambda(s)ds\right)=\exp\left(-\lambda(t-t_۰)\right)$ احتمال بقاء از $t_۰$ تا t است.

- $B(t_۰,t_i)$ عامل تنزیل[۱] است. همچنین نرخ بازیافت را با R نشان می‌دهیم.

با این مفروضات، PremiumLeg قرارداد CDS چنین محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned}&\text{PremiumLegCDS}(t_۰,(t_i)_{i=۱,\dots,n},s,\lambda)\\&=\sum_{i=۱}^{n}\Delta t_i.s.S(t_۰,t_i).B(t_۰,t_i)\\&=\sum_{i=۱}^{n}\Delta t_i.s.\exp\left(-\lambda(t_i-t_۰)\right).B(t_۰,t_i)\end{aligned}$$

که در آن $\Delta t_i=t_i-t_{i-۱}$.

پرداخت حمایت بلافاصله پس از هر نکول انجام می‌گیرد. اما برای اجتناب از انتگرال‌گیری، فرض می‌کنیم که حمایت تنها در زمان‌های t_i پرداخت می‌شود. مبلغ پرداختی معادل حمایت با احتمال وقوع نکول در دوره‌ی زمانی قبل، در زمان t_i برابر با $(۱-R)$ است. لذا ارزش ProtectionLeg[۲] قرارداد به شکل زیر است:

$$\begin{aligned}&\text{ProtectionLegCDS}(t_۰,(t_i)_{i=۱,\dots,n},R,\lambda)\\&=\int_{t_۰}^{t_n}(۱-R)B(t_۰,s)d(۱-S(t_۰,s))\qquad(۹.۲)\\&=\sum_{i=۱}^{n}(۱-R)(S(t_۰,t_{i-۱})-S(t_۰,t_i)).B(t_۰,t_i)\\&=\sum_{i=۱}^{n}(۱-R)(\exp\left(-\lambda(t_{i-۱}-t_۰)\right)-\exp\left(-\lambda(t_i-t_۰)\right)).B(t_۰,t_i)\cdot\end{aligned}$$

---

[۱] Discount Factor

[۲] ProtectionLeg در زمان t_k برابر است با زیان کل (از ابتدا تا کنون) برشی که در طول مدت دوره‌ی قبل دچار نکول شده است.

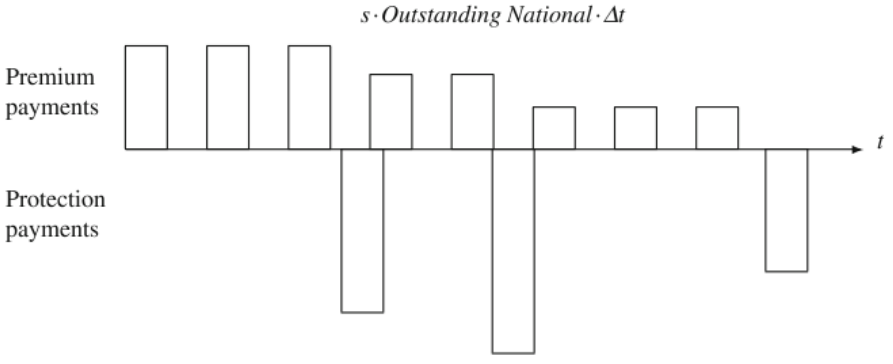
دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

لذا، ارزش CDS از منظر فروشنده‌ی حمایت برابر خواهد بود با:

$$\begin{aligned}&\mathrm{PVCDS}(t_0, (t_i)_{i=1,\dots,n}, s, R, \lambda)\\ &= \mathrm{PremiumLegCDS}(\mathrm{t}_0, (t_i)_{i=1,\dots,n}, s, \lambda) \qquad (10.2)\\ &-\mathrm{ProtectionLegCDS}(t_0, (t_i)_{i=1,\dots,n}, R, \lambda)\end{aligned}$$

۶.۲ چارچوب کلی ارزشیابی CDO ترکیبی

در این بخش چارچوب اولیه‌ی قیمت‌گذاری CDOهای ترکیبی را بیان می‌کنیم. برای این منظور یک CDO ترکیبی را با سبد پشتوانه‌ای متشکل از سوآپ نکول اعتباری در نظر می‌گیریم. فروشنده‌ی حمایت در برشی از یک CDO ترکیبی از خریدار حمایت، پرداخت‌های اسپرد را به طور مرتب (معمولاً فصلی) دریافت می‌کند. در ازاء این دریافتی، فروشنده‌ی حمایت در صورت وقوع نکول در برش مربوط به خود متعهد به جبران ضرر است. در شکل ۱.۲ مفهوم پرداخت‌های Premium و Protection برای برشی از CDO نشان داده شده است.



شکل ۱.۲: پرداخت‌های Premium و Protection برشی از CDO

اساساً قیمت‌گذاری یک برش CDO ترکیبی که بازه‌ی K_1 تا K_2 ($0 \le K_1 < K_2 \le 1$)، را پوشش

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

می‌دهد، کاملاً منطبق بر روش قیمت‌گذاری سوآپ نکول اعتباری است. فرض کنیم

$$t_1 < \cdots < t_n = T \qquad (۱۱.۲)$$

تاریخ‌های پرداخت اسپرد را نشان دهد و T زمان سررسید CDO ترکیبی بوده و t_0 $(t_0 < t_1)$ هم زمان قیمت‌گذاری قرارداد باشد. همچنین برای سادگی فرض می‌کنیم در هر دوره (انتهای دوره) پرداخت صرف با توجه به ارزش اسمی قرارداد در آن لحظه صورت می‌پذیرد.

در ادامه، نمادگذاری‌های زیر را بکار می‌گیریم:

- اسپرد سالانه را با s نشان می‌دهیم.
- $L^R_{(K_1,K_2)}(t)$ نشان‌دهنده‌ی ضرر برش (K_1, K_2) تا زمان t است. بازیافت‌ها نیز در محاسبه‌ی ضرر لحاظ شده است.
- نرخ بهره $r(t)$ مستقل از ضرر برش در نظر گرفته می‌شود.

با فرض اندازه‌ی ریسک-خنثی $\mathbb{Q}$، امید ریاضی ضرر برش $\mathbb{E}_{\mathbb{Q}}[L^R_{(K_1,K_2)}(t)]$ را با $EL^R_{(K_1,K_2)}(t)$ و عامل تنزیل $\mathbb{E}_{\mathbb{Q}}[\exp - \int_{t_0}^{t_i} r(u)du]$ را با $B(t_0, t_i)$ نشان می‌دهیم.

ارزش PremiumLeg[1] برش معادل است با ارزش فعلی پرداخت‌های اسپرد مورد انتظار:

$$\begin{aligned}\text{PremiumLeg} &= \sum_{i=1}^{n} \Delta t_i.s.\mathbb{E}_{\mathbb{Q}}\left[(1 - L^R_{(K_1,K_2)}(t_i)) \exp - \int_{t_0}^{t_i} r(u)du\right] \\ &= \sum_{i=1}^{n} \Delta t_i.s.\left(1 - EL^R_{(K_1,K_2)}(t_i)\right).B(t_0, t_i) \qquad (۱۲.۲)\end{aligned}$$

که در آن $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$.

همانطور که در بخش ارزشیابی CDS تک اسمی گفتیم، برای اجتناب از انتگرال‌گیری، زمان‌های

[1] PremiumLeg به صورت ارزش فعلی پرداخت‌های صرف مورد انتظار از جانب خریدار حمایت محاسبه می‌شود.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

پرداخت حمایت را گسسته و برابر با زمان‌های پرداخت اسپرد در نظر می‌گیریم. لذا ProtectionLeg برش به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned}\text{ProtectionLeg} &= \mathbb{E}_{\mathbb{Q}}\left[\int_{t_0}^{t_n} \exp -\int_{t_0}^{s} r(u)du dL^R_{(K_1,K_2)}(s)\right] \\ &\approx \sum_{i=1}^{n} \mathbb{E}_{\mathbb{Q}}\left[\exp -\int_{t_0}^{t_i} r(u)du\left(L^R_{(K_1,K_2)}(t_i) - L^R_{(K_1,K_2)}(t_{i-1})\right)\right] \\ &= \sum_{i=1}^{n}\left(EL^R_{(K_1,K_2)}(t_i) - EL^R_{(K_1,K_2)}(t_{i-1})\right).B(t_0,t_i). \qquad (۱۳.۲)\end{aligned}$$

ویژگی مهم CDOها این است که هنگام انتشار برش‌ها اسپرد برش به اندازه‌ای است که PremiumLeg و ProtectionLeg در آن لحظه دارای ارزش یکسان باشند و این امر به ما کمک می‌کند بتوانیم اسپرد یک CDO ترکیبی را محاسبه کنیم:

$$s = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(EL^R_{(K_1,K_2)}(t_i) - EL^R_{(K_1,K_2)}(t_{i-1})\right).B(t_0,t_i)}{\sum_{i=1}^{n}\Delta t_i.s.\left(1 - EL^R_{(K_1,K_2)}(t_i)\right).B(t_0,t_i)}. \qquad (۱۴.۲)$$

رابطه‌های بدست آمده‌ی اخیر بوضوح بیانگر این هستند که برای قیمت‌گذاری CDO دانستن توزیع ضرر یک برش یا کل سبد الزامی است.

با فرض ضرر سبد $L_{\text{portfolio}}(t)$ معلوم، ضرر برش درصدی متناظر برابر خواهد بود با:

$$L^R_{(K_1,K_2)}(t) = \frac{\left(\min\left(L^R_{\text{portfolio}}(t), K_2\right) - K_1\right)^+}{K_2 - K_1}. \qquad (۱۵.۲)$$

فرض کنید توزیع گسسته‌ی ضرر سبد تا زمان t پس از لحاظ کردن بازیافت معلوم باشد و m مقدار ممکن برای آن موجود باشد و $L^{R,k}_{\text{portfolio}}(t) = L^R_{\text{portfolio}}(t)$ با مقادیر احتمال ریسک‌خنثی $F^R_{k=1,\dots,m}(t,k)$. آنگاه برش $(K_1 - K_2)$ متحمل ضرر درصدی برابر با $\dfrac{\left(\min\left(L^{R,k}_{\text{portfolio}}(t), K_2\right) - K_1\right)^+}{K_2 - K_1}$ با احتمال $F^R(t,k)$ خواهد بود و امید ریاضی ضرر برش تا زمان t به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned}EL^R_{(K_1,K_2)}(t) &= \mathbb{E}_{\mathbb{Q}}\left[\frac{\left(\min\left(L^R_{\text{portfolio}}(t), K_2\right) - K_1\right)^+}{K_2 - K_1}\right] \\ &= \frac{1}{K_2 - K_1}\sum_{k=1}^{m}\left(\min\left(L^{R,k}_{\text{portfolio}}(t), K_2\right) - K_1\right)^+ .F^R(t,k). \qquad (۱۶.۲)\end{aligned}$$

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

برای مواردی که تابع توزیع ضرر $F^R(t,x)$ پیوسته است، با فرض اینکه ضرر سبد پس از لحاظ کردن بازیافت‌ها معلوم باشد، ضرر درصدی مورد انتظار $(K_۱ - K_۲)$ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$EL^R_{(K_۱,K_۲)}(t) = \frac{۱}{K_۲ - K_۱} \int_{K_۱}^{۱} \left(\min(x, K_۲) - K_۱\right) dF^R(t,x)\Big). \qquad (۱۷.۲)$$

گزاره ۶.۱.۲. *امید ریاضی ضرر برش را به شکل زیر نیز می‌توان نوشت:*

$$EL^R_{(K_۱,K_۲)}(t) = \frac{۱}{K_۲ - K_۱} \left(\int_{K_۱}^{۱} (x - K_۱) dF^R(t,x) - \int_{K_۲}^{۱} (x - K_۲) dF^R(t,x) \right). \qquad (۱۸.۲)$$

اثبات در پیوست آ.۱ آمده است.

بنابراین مسئله‌ی اساسی در قیمت‌گذاری یک برش CDO پیدا کردن توزیع ضرر سبد پشتوانه است. در فصل بعدی، مدل تک عاملی کاپولای گاوسی برای نکول‌های هم‌بسته را معرفی می‌کنیم. همچنین روش‌های تقریب تحلیلی و نیمه-تحلیلی محاسبه‌ی توزیع ضرر سبد و امید ریاضی ضرر برش را بیان می‌کنیم.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

فصل سوم

مدل تک عاملی کاپولای گاوسی[۱]

۱.۳ معرفی

این بخش را با معرفی مدل تک عاملی کاپولای گاوسی که از معروفترین روش‌های مدل کردن نکول‌های هم‌بسته به شمار می‌رود، آغاز می‌کنیم.

متغیر تصادفی τ_i، زمان مانده تا نکول[۲] شرکت i ام را نشان می‌دهد. برای مدل کردن یک سبد اعتباری، نیاز به پیدا کردن توزیع توأم زمان‌های مانده تا نکول داریم. از آنجا که τ_iها توزیع نمایی دارند و نرمال نیستند، نمی‌توان از یک توزیع چندمتغیره‌ی نرمال برای مدل کردنشان استفاده کرد. راه‌حل پیشنهادی، رویکرد کاپولای گاوسی است که امکان مدل کردن ساختار همبستگی سبد را به‌طور مجزا از توزیع‌های حاشیه‌ای فراهم می‌سازد. این امر از طریق تبدیل صدک به صدک[۳] زمان‌های مانده تا نکول به متغیرهای

---

۱ One Factor Gaussian Copula Model

۲ Time to Default

۳ Percentile-to-Percentile Transformation

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

A_i میسر می‌شود:

$$A_i = \Phi^{-1}(\mathcal{Q}_i(\tau_i)), \qquad (۱.۳)$$

که $\mathcal{Q}_i$ در آن تابع توزیع زمان مانده تا نکول τ_i است و متغیرهای جدید A_i دارای توزیع نرمال استاندارد هستند. اکنون می‌توانیم فرض کنیم توزیع توأم A_iها، $i = 1, ..., m$، توزیع چندمتغیره‌ی نرمال استاندارد با ماتریس همبستگی $\sum$ است. به این ترتیب ساختار همبستگی زمان‌های نکول از طریق ساختار همبستگی متغیرهای جدید تعیین می‌شود. A_i را می‌توان به عنوان بازده دارایی استاندارد شده در نظر گرفت. چرا که بازده دارایی (تقریباً) دارای توزیع نرمال است.

با بکارگیری عامل‌های ریسکی، تعریف و به‌ویژه کالیبراسیون ماتریس همبستگی ساده‌تر می‌شود. لذا به‌جای تعریف همبستگی دو به دو بین A_i و A_j برای هر جفت i و j، می‌توان همبستگی را با استفاده از یک عامل مشترک تعریف کرد.

تعریف ۱.۱.۳. مدل تک عاملی کاپولای گاوسی

سبدی از m ابزار مالی اعتباری را در نظر بگیرید. فرض کنیم بازده دارایی استاندارد برای دارایی i ام تا زمان t به شکل زیر باشد:

$$A_i(t) = a_i M(t) + \sqrt{1 - a_i^2} X_i(t), \qquad (۲.۳)$$

که در آن $M(t)$ و $X_i(t)$، $i = 1, ..., m$، متغیرهای تصادفی نرمال استاندارد مستقل از هم هستند. تحت این مدل کاپولا، متغیر A_i با یک تبدیل صدک به صدک به متغیر τ_i تبدیل می‌شود. لذا دارایی i ام قبل از زمان t نکول می‌کند در صورتی‌که:

$$\Phi(A_i(t)) \leq \mathcal{Q}_i(t), \qquad (۳.۳)$$

یا به‌طور معادل

$$A_i(t) \leq \Phi^{-1}(\mathcal{Q}_i(t)) =: C_i(t), \qquad (۴.۳)$$

که $\mathcal{Q}_i(t)$ در آن احتمال نکول دارایی i ام قبل از زمان t است:

$$\mathcal{Q}_i(t) = \mathbb{Q}[\tau_i \leq t].$$

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

قابل ذکر است که احتمال‌های ریسک-خنثی در این مسئله، از قیمت‌های بازاری ابزارهای مالی اعتباری (مثل اوراق قرضه یا CDO) قابل استنباط هستند.

عامل M را می‌توان عامل بازاری مشترک سیستماتیک[۱] و X_iها را عامل‌های غیرسیستماتیک[۲] یا شرکتی در نظر گرفت. همبستگی بین بازده دارایی‌های i و j برابر با $a_i a_j$ است. مشروط بر عامل M، بازده‌ها از هم مستقل هستند.

بر اساس (۲.۳) مؤسسه‌ی مرجع i ام تا زمان t نکول می‌کند اگر:

$$X_i(t) \leq \frac{C_i(t) - a_i M(t)}{\sqrt{۱ - a_i^۲}}.$$

احتمال نکول تا زمان t، مشروط بر عامل مشترک $M(t)$ برابر است با:

$$p_i(t \mid M) = \Phi\left(\frac{C_i(t) - a_i M(t)}{\sqrt{۱ - a_i^۲}}\right). \qquad (۵.۳)$$

۲.۳ توزیع ضرر سبد وسیع همگن تحت مدل تک عاملی کاپولای گاوسی

مدل واسیچک[۳]، در واقع حالت مجانبی مدل تک عاملی گاوسی است که ایده‌ی اصلی آن تقریب زدن سبد اعتباری توسط یک سبد وسیع همگن مناسب است. با استفاده از یک چهارچوب استقلال شرطی، واسیچک یک فرم تحلیلی حدی برای ضرر سبد ارائه می‌کند.

معرفی فرض سبد وسیع همگن[۴]، امکان حل مسئله‌ی توزیع ضرر سبد و امید ریاضی ضرر برش را در

---

۱ Factor Market Common Systematic

۲ Factors Idiosyncratic

۳ Model Vasicek

۴ Large Homogeneous Portfolio Assumption

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

یک چهارچوب تحلیلی فراهم می‌کند و به این ترتیب از دشواری مسئله کاسته شده و به قیمت‌گذاری CDOهای ترکیبی سرعت می‌بخشد.

تعریف ۲.۱.۳. سبد وسیع همگن(LHP)

سبد وسیع همگن، سبدی است که از تعداد به اندازه‌ی کافی زیاد مؤسسه‌ی مرجع با یک سری ویژگی یکسان به شرح زیر تشکیل شده باشد:

- وزن یکسان در سبد
- احتمال نکول $\mathcal{Q}(t)$ یکسان
- نرخ بازیافت R یکسان
- ضریب همبستگی یکسان a با عامل مشترک بازار

بنا به این فرض، آستانه‌ی نکول $C(t)$ نیز برای تمام مؤسسه‌های مرجع سبد، یکسان خواهد بود و احتمال نکول مشروط بر M برابر خواهد بود با:

$$p(t \mid M) = \Phi\left(\frac{C(t) - aM(t)}{\sqrt{۱ - a^۲}}\right). \qquad (۶.۳)$$

پیش از آنکه تابع توزیع ضرر سبد را با توجه به مفروضات گفته شده به دست آوریم، نتیجه‌ی زیر را بیان می‌کنیم.

گزاره ۲.۲.۳. *برای هر p و x در $[۱, ۰)$ داریم:*

$$\lim_{m\to\infty} \sum_{k=۰}^{\lfloor mx \rfloor} \binom{m}{k} p^k (۱-p)^{m-k} = \begin{cases} ۰, & \text{اگر } x < p, \\ ۱, & \text{اگر } x > p. \end{cases}$$

اثبات در پیوست آ.۲ آمده است.

قضیه ۲.۳.۳. *با فرض بازیافت صفر برای همه‌ی دارایی‌های داخل سبد، توزیع ضرر یک سبد بی‌نهایت وسیع همگن که بازده دارایی در آن در یک مدل تک عاملی کاپولای گاوسی به شکل:*

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

$$A_i(t) = a_i M(t) + \sqrt{۱ - a_i^۲} X_i(t), \tag{۷.۳}$$

صدق می‌کند که در آن $M(t)$ *و* $X_i(t)$*،* $i = ۱, ..., m$ *متغیرهای تصادفی نرمال استاندارد مستقل از هم هستند، به صورت زیر محاسبه می‌شود:*

$$F_\infty(t, x) = \Phi\left(\frac{\sqrt{۱ - a^۲}\Phi^{-۱}(x) - C(t)}{a}\right), \tag{۸.۳}$$

که $x \in [۰, ۱]$ *ضرر درصدی سبد است.*

اثبات. یک سبد همگن متشکل از m مؤسسه‌ی مرجع را در نظر بگیرید. آنگاه ضرر درصدی سبد، مقادیر $\left(\frac{k}{m}\right)_{k=۰,\cdots,m}$ را با احتمال‌های زیر می‌گیرد:

$$\begin{aligned}
&\mathbb{Q}\left[L(t) = \frac{k}{m} \mid M(t)\right] \\
&= \begin{pmatrix} m \\ k \end{pmatrix} p(t \mid M)^k (۱ - p(t \mid M))^{m-k} \\
&= \begin{pmatrix} m \\ k \end{pmatrix} \Phi\left(\frac{C(t) - aM(t)}{\sqrt{۱ - a^۲}}\right)^k \left(۱ - \Phi\left(\frac{C(t) - aM(t)}{\sqrt{۱ - a^۲}}\right)\right)^{m-k}.
\end{aligned} \tag{۹.۳}$$

لذا با توجه به استقلال شرطی و دو حالت محتمل، ضرر دارای توزیع شرطی دوجمله‌ای خواهد بود. پس توزیع غیر شرطی ضرر با انتگرال‌گیری از (۹.۳) با توجه به توزیع عامل مشترک $M(t)$ به دست می‌آید:

$$\mathbb{Q}\left[L(t) = \frac{k}{m}\right] = \int_{-\infty}^{\infty} \begin{pmatrix} m \\ k \end{pmatrix} \Phi\left(\frac{C(t) - au}{\sqrt{۱ - a^۲}}\right)^k \left(۱ - \Phi\left(\frac{C(t) - au}{\sqrt{۱ - a^۲}}\right)\right)^{m-k} d\Phi(u). \tag{۱۰.۳}$$

حال احتمال تجمعی ضرر درصدی سبد وقتی که بیشتر از x ($x \in [۰, ۱]$)، نباشد محاسبه می‌کنیم:

$$F_m(t, x) = \sum_{k=۰}^{\lfloor mx \rfloor} \mathbb{Q}\left[L(t) = \frac{k}{m}\right].$$

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

با جایگزینی $s = \frac{C(t) - au}{\sqrt{۱ - a^۲}}$ خواهیم داشت:

$$u = \frac{C(t) - \sqrt{۱ - a^۲}\,\Phi^{-۱}(s)}{a}$$

و

$$\Phi(u) = \Phi\left(\frac{C(t) - \sqrt{۱ - a^۲}\,\Phi^{-۱}(s)}{a}\right).$$

لذا

$$d\Phi(u) = d\Phi\left(\frac{C(t) - \sqrt{۱ - a^۲}\,\Phi^{-۱}(s)}{a}\right),$$

از آنجا که حدود انتگرالگیری جدید از ۱ تا ۰ است داریم:

$$-\infty \leq u \leq \infty \Leftrightarrow \infty \geq \frac{C(t) - au}{\sqrt{۱ - a^۲}} \geq -\infty \Leftrightarrow ۱ \geq s \geq ۰.$$

سپس با توجه به (۱۰.۳)، برای $F_m(t,x)$ به دست می‌آوریم:

$$F_m(t,x) = -\int_۰^۱ \sum_{k=۰}^{\lfloor mx \rfloor} \binom{m}{k} s^k (۱-s)^{m-k} d\Phi\left(\frac{C(t) - \sqrt{۱ - a^۲}\,\Phi^{-۱}(s)}{a}\right). \quad (۱۱.۳)$$

اگر از رابطه‌ی به دست آمده حد بگیریم، تابع توزیع ضرر یک سبد بی‌نهایت وسیع چنین محاسبه خواهد شد:

$$F_\infty(t,x) = \lim_{m\to\infty}\left[-\int_۰^۱ \sum_{k=۰}^{\lfloor mx \rfloor} \binom{m}{k} s^k (۱-s)^{m-k} d\Phi\left(\frac{C(t) - \sqrt{۱ - a^۲}\,\Phi^{-۱}(s)}{a}\right)\right]. \quad (۱۲.۳)$$

با توجه به اینکه تابع تحت انتگرال کراندار است خواهیم داشت:

$$\sum_{k=۰}^{\lfloor mx \rfloor} \binom{m}{k} s^k (۱-s)^{m-k} \leq \sum_{k=۰}^{m} \binom{m}{k} s^k (۱-s)^{m-k} = ۱ \quad (۱۳.۳)$$

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

و همگرایی نقطه‌به نقطه‌ی آن به دست می‌آید و با توجه به لم موجود در پیوست آ در [۲۳] حد از انتگرال عبور می‌کند. پس با استفاده از گزاره‌ی ۱.۲.۳ تابع توزیع تجمعی ضرر یک سبد وسیع را به شکل زیر به دست می‌آوریم:

$$F_\infty(t,x) = -\int_{\circ}^{x} d\Phi\left(\frac{C(t)-\sqrt{1-a^2}\,\Phi^{-1}(s)}{a}\right)$$
$$= -\Phi\left(\frac{C(t)-\sqrt{1-a^2}\,\Phi^{-1}(x)}{a}\right) + 1\circ \qquad (۱۴.۳)$$

با توجه به تقارن توزیع گاوسی، رابطه‌ی اخیر را به شکل زیر نیز می‌توان نوشت:

$$F_\infty(t,x) = \left(\frac{\sqrt{1-a^2}\,\Phi^{-1}(x)-C(t)}{a}\right). \qquad (۱۵.۳)$$

□

رابطه‌ی اخیر به توزیع واسیچک معروف است.

۳.۳ توزیع ضرر سبد وسیع همگن تحت یک مدل کاپولای تک عاملی کلی

عبارت تحلیلی به دست آمده برای تابع توزیع سبد وسیع همگن، تحت مدل کاپولای تک عاملی گاوسی، دستاورد اصلی این دسته از مدل‌های تحلیلی برای مشتقات اعتباری مبتنی بر سبد است. اما این نتیجه برای توزیع‌های غیر گاوسی نیز معتبر است. لذا در این بخش تعمیم مدل مذکور را بیان می‌کنیم.

قضیه ۳.۱.۳. *یک سبد وسیع همگن نامتناهی را در نظر بگیرید، بطوریکه بازده دارایی در آن از مدل کاپولای تک عاملی تبعیت کند:*

$$A_i(t) = aM(t) + \sqrt{1-a^2}X_i(t)\circ \qquad (۱۶.۳)$$

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

حال اگر $F_M(t,x)$ تابع توزیع $M(t)$، $F_X(t,x)$ تابع توزیع $X_i(t)$ و $F_A(t,x)$ تابع توزیع $A_i(t)$ باشد و $M(t)$ و $X_i(t)$ از هم مستقل باشند و بعلاوه برای سادگی فرض کنیم نرخ بازیافت برای همه‌ی دارایی‌های سبد برابر با صفر باشد، آنگاه توزیع ضرر سبد عبارت است از:

$$F_\infty(t,x) = ۱ - F_M\left(t, \frac{C(t) - \sqrt{۱-a^۲}F_X^{-۱}(t,x)}{a}\right), \qquad (۱۷.۳)$$

که در آن $x \in [۰,۱]$ ضرر درصدی سبد، $C(t) = F_A^{-۱}(t,\mathcal{Q}(t))$ و $\mathcal{Q}(t)$ احتمال ریسک- خنثی نکول یک دارایی در سبد است.

اثبات دقیقاً مشابه با حالتی است که کاپولای گاوسی در مدل به کار گرفته شود. با این تفاوت که تابع‌های توزیع، کلی و غیرگاوسی هستند.

۴.۳ فرم تحلیلی امید ریاضی ضرر برش تحت مدل واسیچک

در مدل واسیچک، حل تحلیلی انتگرال‌های رابطه‌ی (۱۸.۲) میسر است.

لم ۴.۱.۳. *در مدل واسیچک، امید ریاضی ضرر برش میانی $(K_۱,K_۲)$ با فرض بازیافت صفر در زمان t برابر است با:*

$$EL_{(K_۱,K_۲)}(t) = \frac{\Phi_۲(-\Phi^{-۱}(K_۱), C(t), \rho) - \Phi_۲(-\Phi^{-۱}(K_۲), C(t), \rho)}{K_۲ - K_۱},$$

که $\Phi_۲$ در آن تابع توزیع نرمال دو متغیره است و همینطور ماتریس کوواریانس عبارت است از:

$$\rho = \begin{pmatrix} ۱ & -\sqrt{۱-a^۲} \\ -\sqrt{۱-a^۲} & ۱ \end{pmatrix}.$$

اثبات در پیوست آ.۳ آمده است.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۵.۳ امید ریاضی ضرر برش سبد با فرض بازیافت ناصفر

اکنون باز می‌گردیم به سبد وسیع همگن با نرخ بازیافت ناصفر. برای $x \in [۰, ۱]$ که بیانگر درصدی از دارایی‌هاست که دچار نکول شده‌اند، ضرر سبد معادل با $(۱ - R)x$ است. آنگاه ضرر برش مقدم با نقطه‌ی حد پایین K برابر است با:

$$[(۱ - R)x - K]^+.$$

لذا امید ریاضی ضرر برش $(K, ۱)$ به صورت زیر است:

$$\begin{aligned}\int_۰^۱ [(۱-R)x-K]^+ dF_\infty(t,x) &= \int_{\frac{K}{۱-R}}^۱ [(۱-R)x-K] dF_\infty(t,x) \\ &= (۱-R)\int_{\frac{K}{۱-R}}^۱ \left[x - \frac{K}{۱-R}\right] dF_\infty(t,x)\cdot\end{aligned}$$

به این ترتیب کل ضرر برش سهام K تنها در صورتی روی می‌دهد که به میزان $\frac{K}{۱-R}$ دارایی دچار نکول شود.

امید ریاضی ضرر یک برش میانی $(K_۱, K_۲)$ تحت فرض بازیافت غیر صفر و با توجه به گزاره‌ی (۶.۱.۲) برابر خواهد بود با:

$$\begin{aligned}&EL^R_{(K_۱,K_۲)}(t) \\ &= \frac{۱}{K_۲ - K_۱}\left(\int_{\frac{K_۱}{۱-R}}^۱ [(۱-R)x - K_۱] dF_\infty(t,x) - \int_{\frac{K_۲}{۱-R}}^۱ [(۱-R)x - K_۲] dF_\infty(t,x)\right) \\ &= \frac{۱-R}{K_۲ - K_۱}\left(\int_{\frac{K_۱}{۱-R}}^۱ \left[x - \frac{K_۱}{۱-R}\right] dF_\infty(t,x) - \int_{\frac{K_۲}{۱-R}}^۱ \left[x - \frac{K_۲}{۱-R}\right] dF_\infty(t,x)\right) \\ &= EL_{\left(\frac{K_۱}{۱-R}, \frac{K_۲}{۱-R}\right)}(t)\cdot \qquad (۱۸.۳)\end{aligned}$$

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۱.۵.۳ الگوریتم تغییرات اسپرد یک برش CDO ترکیبی نسبت به تغییرات پارامتر همبستگی تحت مدل کاپولای گاوسی

الگوریتم زیر، روشی برای محاسبه‌ی تغییرات اسپرد یک برش CDO ترکیبی نسبت به تغییرات پارامتر همبستگی ارائه می‌دهد.

الگوریتم ۱ تغییرات اسپرد یک برش CDO ترکیبی نسبت به تغییرات پارامتر همبستگی تحت مدل کاپولای گاوسی

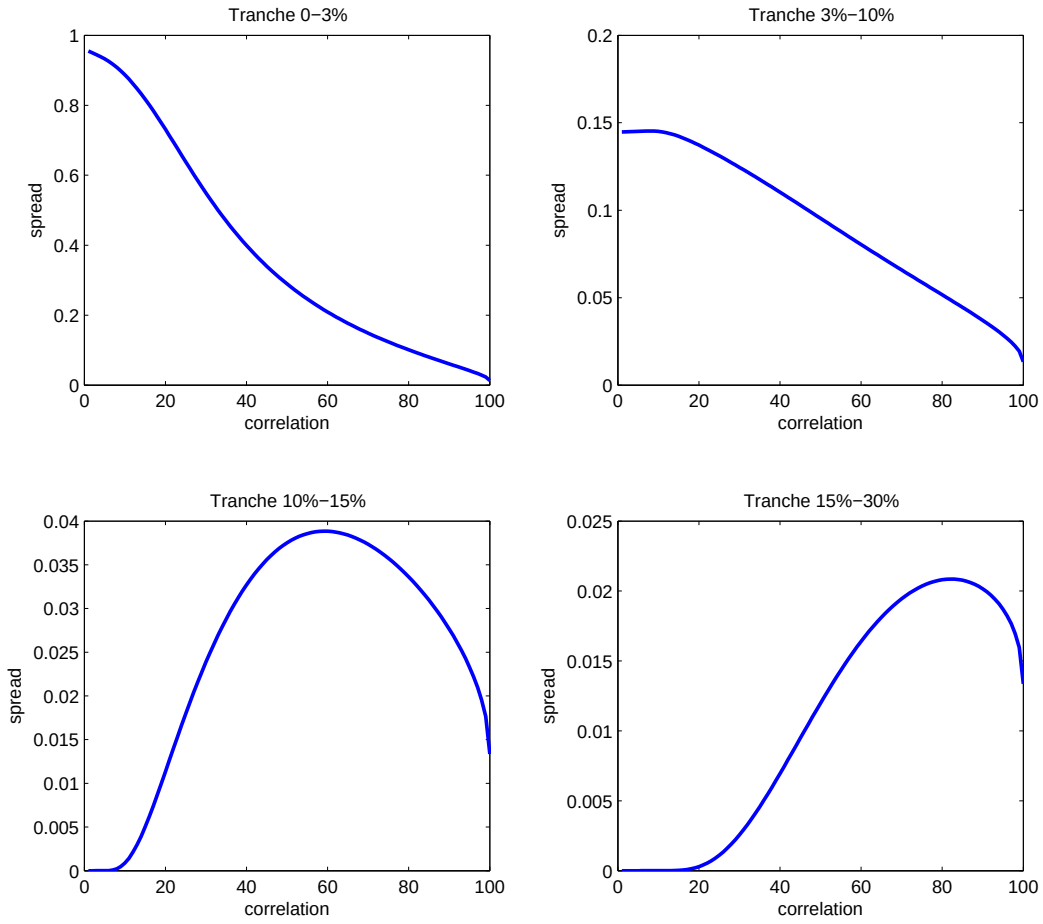
ورودی: TM = زمان سررسید، K_1 = نقطه‌ی حد پائین، K_2 = نقطه‌ی حد بالا، r = نرخ بهره‌ی بدون ریسک، λ = پارامتر شدت در فرآیند پوآسون، Δt = بازه‌ی زمانی بین زمان‌های پرداخت.

خروجی: s = اسپرد برش.

۱: **for** $a = 1$ تا ۱۰۰ **do**
۲: قرار دهید $\rho = [1 \quad -\sqrt{(1-(0/01a)^2)}; -\sqrt{(1-(0/01a)^2)} \quad 1]$
۳: قرار دهید S_1 = مقدار تابع چگالی معکوس نرمال در K_1
۴: قرار دهید S_2 = مقدار تابع چگالی معکوس نرمال در K_2
۵: **for** $i = 1$ تا TM **do**
۶: قرار دهید $Q(i)$ = مقدار تابع توزیع تجمعی دو متغیره‌ی نمایی در $(\Delta t.i, 1/\lambda)$
۷: قرار دهید $C(i)$ = مقدار تابع چگالی معکوس نرمال در $Q(i)$
۸: قرار دهید $EL(i) = 1/(K_2 - K_1)$. (مقدار تابع توزیع تجمعی چند متغیره‌ی نرمال در $([S_1, C(i)], [0], \rho)$ – مقدار آن در $([S_2, C(i)], [0], \rho)$)
۹: قرار دهید $Dis(i) = \exp(-r.\Delta t.i)$
۱۰: قرار دهید PremiumL = PremiumL + $(0/05\Delta t).(1 - EL(i))Dis(i)$ مقدار PremiumLeg در زمان پرداخت i ام.
۱۱: **for end**
۱۲: قرار دهید A = بردار حاصل از تفاضل امید ریاضی هر دو مؤلفه‌ی متوالی از بردار EL
۱۳: قرار دهید ProtectionL = مجموع $(diag(Dis(2 : end))A')$ مقدار ProtectionLeg
۱۴: $s(a)$ = ProtectionL/(PremiumL/0/05)
۱۵: **for end**
۱۶: قرار دهید $a = 1 : 100$
۱۷: $plot(a, s)$ نمودار تغییرات اسپرد s نسبت به تغییرات پارامتر همبستگی a را نمایش دهید.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

نتایج الگوریتم ۱ به ازای مقادیر مختلف پارامتر همبستگی و برای برش‌های میانی در شکل ۱.۳ ارائه شده است.



شکل ۱.۳: تغییرات اسپرد برش‌های مؤخر و میانی CDO ترکیبی نسبت به تغییرات پارامتر همبستگی تحت مدل کاپولای گاوسی

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۶.۳ لبخند همبستگی[۱]

مدل کاپولای گاوسی تک عاملی تحت فرض سبد وسیع همگن به دلیل سهولتی که در محاسبات فراهم می‌کند، سریعاً به یک روش استاندارد در بازار تبدیل شد. اما با گذشت زمان، ایرادهایی اساسی به این مدل وارد شده است.

همانطور که در بخش‌های قبل دیدیم، قیمت یک برش CDO تابعی از همبستگی نکول دارایی‌های سبد پشتوانه است. پیش از آنکه شاخص‌های CDS برش‌بندی شده‌ی استاندارد[۲] در بازار عرضه شوند و از قابلیت نقدشوندگی برخوردار شوند، در محاسبات از همبستگی تاریخی یا همبستگی بازده دارایی استفاده می‌شد. اخیراً از وقتی که قیمت‌های بازاری CDOهای ترکیبی در بازار قابل مشاهده هستند، همبستگی ضمنی[۳] بازار کاربرد بیشتری نسبت به همبستگی‌های مزبور پیدا کرده است.

با برازش مدل کاپولای گاوسی به قیمت‌های بازاری، پدیده‌ای به نام لبخند همبستگی رخ می‌دهد. نحوه‌ی برازش به این صورت است که توزیع‌های حاشیه‌ای نکول، با استفاده از مدل شدت نکول ثابت به دست می‌آید و پارامتر شدت λ برای سبد وسیع همگن، با توجه به اسپرد میانگین CDS تخمین زده می‌شود. با فرض نرخ بازیافت ثابت و اینکه پارامتر همبستگی را طوری در نظر بگیریم که مدل منطبق بر قیمت برش سهام باشد، برش‌های دیگر بر اساس مقدار به‌دست آمده برای همبستگی ارزشیابی می‌شوند. نتیجه حاکی از آن است که مدل کاپولای گاوسی برای برش‌های میانی، قیمتی بیش از قیمت واقعی آن‌ها را نتیجه می‌دهد و برای برش مقدم مقداری کمتر از مقدار واقعی به دست می‌دهد.

این اتفاق بیانگر این است که مدل کاپولای گاوسی قادر به بیان صحیح ساختار همبستگی ضمنی بازار نیست. در واقع این چیزی است که می‌شد انتظارش را داشت. چون مدلی با تنها یک پارامتر همبستگی، بعید به‌نظر می‌رسد بتواند یک ساختار همبستگی دقیقاً منطبق بر ساختار همبستگی سبدی با ۱۲۵ دارایی

---

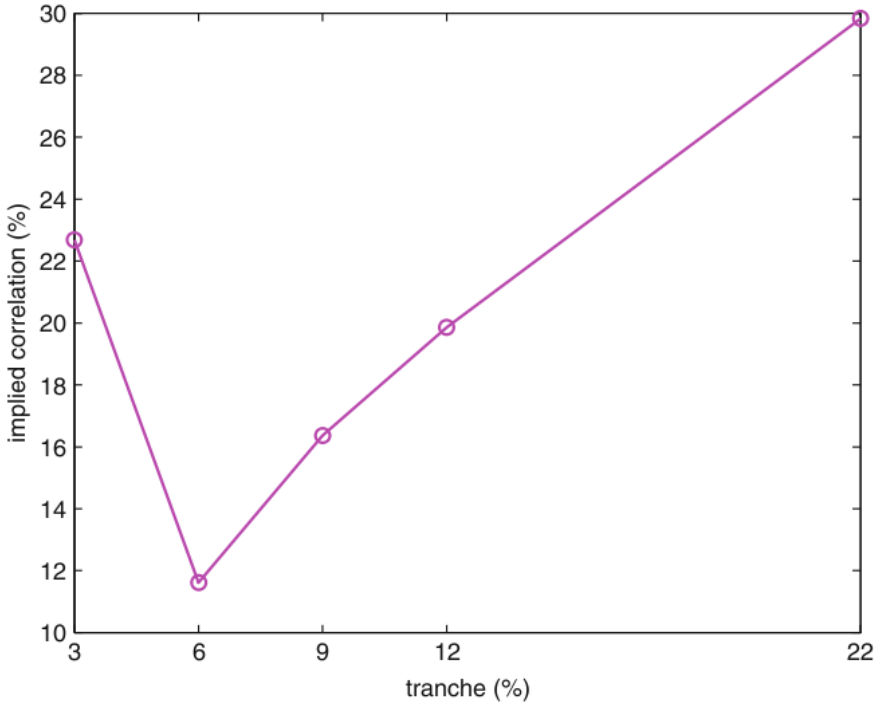
[۱] Correlation Smile

[۲] Standard Tranched CDS Indices

[۳] Implied Correlation

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

مختلف را داشته باشد. شکل ۲.۳ این پدیده را نشان می‌دهد. رهیافت نخست برای حل این مشکل،



شکل ۲.۳: لبخند همبستگی

به دست آوردن همبستگی ضمنی برای تک تک برش‌هاست. به این ترتیب که رابطه‌ی مربوط به ارزش فعلی برش (K_1, K_2) را با توجه به PremiumLeg و ProtectionLeg به دست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} & PV(K_1, K_2, S_{(K_1,K_2)}, a_{(K_1,K_2)}) \\ & = U_{(K_1,K_2)} + \sum_{i=1}^{n} \Delta t_i . S_{(K_1,K_2)} . \left(1 - EL_{K_1,K_2}\right)^R (t_i)\big) . B(t_0, t_i) \\ & - \sum_{i=1}^{n} \left(EL^R_{K_1,K_2}(t_{i-1})\right) . B(t_0, t_i), \end{aligned} \tag{۱۹.۳}$$

که در آن $U_{(K_1,K_2)}$ پرداخت اولیه[1]، $S_{(K_1,K_2)}$ اسپرد بازاری برش و $a_{(K_1,K_2)}$ پارامتر همبستگی برش است. برای به‌دست آوردن همبستگی ضمنی بایستی معادله‌ی زیر را بر حسب $a_{(K_1,K_2)}$ حل کنیم:

$$PV(K_1, K_2, S_{(K_1,K_2)}, a_{(K_1,K_2)}) = 0 \tag{۲۰.۳}$$

[1] Upfront Payment

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

که جواب به دست آمده، برابر با مجذور اندازه‌ی پارامتر همبستگی خواهد بود.

جواب مسئله‌ی اخیر، به آسانی و از طریق یک الگوریتم جستجوی ریشه، قابل محاسبه است. اما ممکن است برای یک برش، دو یا هیچ مقدار همبستگی به دست آید. در مواقعی که دو جواب از حل معادله به دست می‌آید، معمولاً مقدار کوچک‌تر به عنوان جواب صحیح پذیرفته می‌شود. یک مقدار همبستگی خیلی زیاد، چندان واقعی به نظر نمی‌رسد.

علاوه بر اینکه ممکن است بیش از یک جواب برای معادله‌ی گفته شده به دست آید، محاسبه‌ی همبستگی ضمنی از این طریق ایراد دیگری نیز دارد. از آنجا که همبستگی ضمنی یک مقدار دو بعدی و وابسته به حد بالا و حد پائین برش است، هنگام قیمت‌گذاری برش‌هایی با حدود بالا و پائین غیر استاندارد دچار مشکل می‌شویم.

راه‌حل ارائه شده برای این مشکل نیز استفاده از رویکرد همبستگی پایه[۱] است که نخستین بار در سال ۲۰۰۴ توسط لی مک‌گینتی[۲] و همکاران [۱۹] از شرکت جی.پی. مورگان[۳] معرفی شد. ایده‌ی این رویکرد این است که هر برش به مجموعه‌ای از برش‌های پایه[۴] تجزیه می‌شود. به این معنی که داشتن N مقدار از برش (K_1, K_2) معادل با داشتن $\frac{K_2}{K_2 - K_1} N$ از برش $(0, K_1)$ است. به ازای هر برش پایه یک همبستگی پایه وجود دارد. پس ابعاد مسئله به یک بعد تقلیل می‌یابد و پارامتر آن تنها به نقطه‌ی حد بالا و به طور غیر مستقیم نیز به مقادیر برش پائین و همبستگی پایه‌ی پائینی وابسته می‌گردد.

لزوماً فقط ساختار همبستگی سبد نیست که در پدیده‌ی لبخند همبستگی منعکس می‌شود. بسیاری از محققان درصدد توجیه این پدیده با در نظر گرفتن عوامل دیگری چون عرضه و تقاضا هستند. به عنوان مثال، آن‌ها معتقدند که اکثر فعالان بازار بر یک برش خاص متمرکز هستند. بانک‌ها مشتریان همیشگی برش سهام‌هستند، سرمایه‌گذاران خرده‌پا خریداران برش‌های میانی‌اند و شرکت‌های بیمه عمدتاً در برش

---

[۱] Base Correlation Approach

[۲] Lee McGinty

[۳] J.P. Morgan

[۴] Base Tranches: برش پایه در واقع همان برش مؤخر با نقطه‌ی حد پائین صفر است.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

مقدم سرمایه‌گذاری می‌کنند. این امر باعث می‌شود تغییرات چندانی را در نمودار همبستگی ضمنی برش‌ها مشاهده نکنیم.

از آنجا که به دست آوردن همبستگی ضمنی دشوار نیست و مقدار آن برای هر برش به راحتی و بدون نیاز به داشتن اطلاعات مربوط به برش‌های دیگر محاسبه می‌شود، لذا معامله‌ی برش‌ها بر مبنای اسپرد هر برش به سرعت جای خود را به معامله بر مبنای همبستگی ضمنی برش‌ها داد. این، مشابه با اتفاقی است که برای تلاطم ضمنی در بازارهای اوراق مشتقه روی داده است. هرچند تفاوتی اساسی بین این دو وجود دارد و آن این است که در بازار اوراق مشتقه تلاطم ضمنی با استفاده از فرمول بلک-شولز به دست می‌آید. در حالی‌که مدل‌های به کار گرفته شده در بازار CDO یکسان نیستند و در نتیجه مقادیر یکسانی برای همبستگی ضمنی به دست نمی‌دهند. پس در بازار CDO همبستگی ضمنی وابسته به مدل است.

۷.۳ مروری بر تعمیم‌های مدل واسیچک

محاسبه‌ی توزیع ضرر سبد برای افق‌های زمانی مختلف، مسئله‌ی اساسی قیمت‌گذاری CDOهای ترکیبی است. از طرفی در صورتی‌که ساختار همبستگی خیلی کلی در نظر گرفته شود، می‌بایست تکنیک‌های هزینه‌بر شبیه‌سازی مونت‌کارلو به کار گرفته شود. اما مفهوم استقلال شرطی به ساده‌سازی قابل توجهی در مسئله انجامید. به این صورت که با فرض استقلال نکول‌های دارایی‌های موجود در سبد از هم‌دیگر مشروط بر یک عامل بازاری مشترک، محاسبه‌ی توزیع ضرر سبد به ازای افق‌های زمانی مختلف به مراتب آسان‌تر می‌شود.

همینطور یک ساده‌سازی دیگر با عنوان فرض سبد وسیع همگن در نظر گرفته شد. به این معنی که تقریب سبد اعتباری واقعی با سبدی متشکل از بی‌شمار دارایی با وزن یکسان (ساختار احتمال نکول یکسان، نرخ‌های بازیافت یکسان و همبستگی یکسان با عامل مشترک) میسر باشد. با این فرض، روابط

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

فرم بسته برای قیمت‌گذاری برش‌های CDO ترکیبی به دست آمد. اما همچنان یک مشکل اساسی حل نشده باقی ماند و آن لبخند همبستگی است.

از سال ۲۰۰۴ محققان زیادی در تلاش برای حل این مشکل هستند و بسیاری در صدد تعمیم مدل معروف واسیچک یا مدل تک عاملی کاپولای گاوسی به‌منظور دست‌یابی به نتایج بهتر بوده‌اند. اکثر تعمیم‌ها حذف یا تغییر یک یا بیش از یک فرض در مدل واسیچک است. سه رویکرد عمده برای تعمیم این مدل وجود دارد:

- سبد متناهی ناهمگن[۱]
- استفاده از کاپولاهای غیر گاوسی
- در نظر گرفتن عوامل تصادفی بیشتر در مدل

در این پایان‌نامه، رویکرد دوم مورد توجه است که در فصل بعدی تعمیم مدل واسیچک را با استفاده از دو کاپولای غیر گاوسی $\mathcal{NIG}$[۲] و $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ بررسی می‌کنیم. در ادامه، سه ایده‌ی نامبرده را به طور اجمالی شرح می‌دهیم.

۱.۷.۳ سبد متناهی ناهمگن

فرض سبد وسیع همگن در مدل واسیچک در واقع تا حد زیادی غیر واقعی است. بسیاری از محققان ترجیح می‌دهند این فرض را نادیده بگیرند و مدل کاپولای گاوسی را طبق تعریف ۱.۱.۳ به کار بگیرند. یک سبد متناهی ناهمگن، سبدی از m ابزار مالی-اعتباری است که هر یک جداگانه دارای ویژگی‌های زیر هستند:

- وزن w_i

---

[۱] Heterogeneous Finite Portfolio

[۲] Normal Inverse Gaussian Factor Copula Model

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

- احتمال نکول $\mathcal{Q}_i(t)$
- نرخ بازیافت R_i
- همبستگی با عامل مشترک a_i

این فرضیات در مقایسه با فرض سبد وسیع همگن بسیار واقع‌گرایانه‌تر است. هرچند در این حالت، توزیع ضرر سبد به صورت تحلیلی به دست نمی‌آید و در نتیجه سرعت قیمت‌گذاری CDO کمتر از زمانی است که مدل واسیچک به کار گرفته می‌شود. با این حال، مدل عاملی باعث می‌شود تکنیک‌های محاسباتی نیمه تحلیلی، ما را از شبیه‌سازی هزینه‌بر مونت‌کارلو بی‌نیاز سازد. دو رهیافت مطرح در این حوزه عبارتند از:

- روش محدوده‌های احتمال[۱]: روش عددی بازگشتی برای محاسبه‌ی توزیع ضرر سبد متناهی ناهمگن تحت مدل تک عاملی کاپولای گاوسی به طور هم‌زمان و مستقل از هم توسط [۱۰،۳] معرفی شد و روش محدوده‌های احتمال نام گرفت.

  ضرر درصدی سبد هنگام نکول دارایی i ام برابر با $w_i(۱ - R_i)$ است. احتمال نکول شرطی دارایی i ام قبل از زمان t مشروط بر عامل بازاری مشترک نیز به شکل زیر است:

$$p_i(t|M) = \Phi\left(\frac{C_i(t) - a_i M(t)}{\sqrt{۱ - a^۲}}\right). \qquad (۲۱.۳)$$

  در این روش هدف این است که پس از آنکه بازه‌های $[۰, b_۰)$، $(b_۰, b_۱)$، ... و $[b_{K-۱}, \infty)$ برای توزیع ضرر در نظر گرفته شد، بایستی احتمال اینکه ضرر کل در k امین بازه به ازای $k = ۰, ..., K$، بیافتد را محاسبه کنیم.

[۱] Probability Bucketing Approach

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

- تبدیل سریع فوریه[۱]: لورنت[۲] و گرگوری[۳] [۱۵] روش دیگری برای محاسبه‌ی توزیع ضرر سبد متناهی ناهمگن مبتنی بر تبدیل سریع فوریه ارائه کردند که ایده‌ی اصلی آن محاسبه‌ی تابع مشخصه‌ی ضرر سبد است.

۲.۷.۳ استفاده از کاپولاهای غیر گاوسی

برخی محققان پدیده‌ی لبخند همبستگی را نتیجه‌ی مقدار صفر وابستگی در دم[۴] کاپولای گاوسی می‌دانند و لذا روش‌های مختلفی را برای افزایش وابستگی در دم در مدل واسیچک ارائه کرده‌اند. معروف‌ترین آن‌ها، بکارگیری کاپولایی است که وابستگی در دم بیشتری داشته باشد. به عنوان مثال می‌توان کاپولای مارشال-اولکین[۵]، کاپولای $Student-t$، کاپولای $Double-t$، کاپولای $\mathcal{NIG}$، کاپولای $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ [۲۸] و دسته‌ی کاپولاهای ارشمیدسی[۶] را نام برد.

---

۱ Fast Fourier Transform

۲ Laurent

۳ Gregory

۴ Tail Dependence

۵ Marshall-Olkin

۶ Archimedean Copulas

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۳.۷.۳ عوامل تصادفی بیشتر در مدل

رویکرد سوم جهت بهبود کارکرد مدل واسیچک، افزودن عوامل تصادفی بیشتر به مدل است. اندرسن[۱] و سیدنیوس[۲] [۲] مدل کاپولای گاوسی را به مدلی با نرخ بازیافت تصادفی تعمیم دادند. هال[۳] و همکاران [۱۱] این مدل را به مدلی با همبستگی تصادفی تعمیم دادند. ترینح[۴] و همکاران [۲۵] نیز ایده‌ی پرش‌های سیستماتیک و غیر سیستماتیک در نکول را ارائه کردند.

---

۱ Andersen

۲ Sidenius

۳ Hull

۴ Trinh

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

فصل چهارم

مدل $\mathcal{NIG}$ و مدل $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$

در این فصل به معرفی دو مورد از تعمیم‌های مدل تک عاملی کاپولای گاوسی که مبتنی بر استفاده از کاپولای غیر گاوسی هستند، می‌پردازیم.

۱.۴ مدل $\mathcal{NIG}$

در فصل قبل دیدیم که یک توزیع با دم کلفت[۱] عامل‌ها در مدل کاپولای تک عاملی، می‌تواند مشکل لبخند همبستگی مدل کاپولای گاوسی را حل کند. لذا به نظر می‌رسد یک توزیع با دم کلفت که مشابه با توزیع Student-t، اما ناوردا تحت پیچش[۲] است، می‌تواند هزینه‌ی محاسباتی را به طور قابل توجهی کاهش دهد چرا که در مسئله‌هایی چون تخصیص دارایی سبد بهینه (دارای برش‌های CDO) که در آن برش‌های CDO در هر سناریو و در هر گام زمانی مجدداً قیمت‌گذاری می‌شوند، زمان محاسباتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و استفاده از چنین توزیعی ضروری به نظر می‌رسد.

[۱] Heavy Tailed Distribution

[۲] Convolution

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

مدلی که می‌خواهیم در این فصل به آن بپردازیم، مبتنی بر توزیع گاوسی معکوس نرمال است که برای اولین بار توسط کلمانوا[۱]، اشمیت[۲] و وارنر[۳] [۱۳] در سال ۲۰۰۵ معرفی شده است. این توزیع یک توزیع آمیخته، متشکل از توزیع گاوسی معکوس و توزیع نرمال است. در ادامه به معرفی توزیع گاوسی معکوس و سپس توزیع گاوسی معکوس نرمال می‌پردازیم.

تعریف ۱.۱.۴. توزیع گاوسی معکوس

یک متغیر تصادفی نامنفی X دارای توزیع گاوسی معکوس با پارامترهای $\alpha > ۰$ و $\beta > ۰$ است، هرگاه تابع چگالی آن به شکل زیر باشد:

$$f_{\mathcal{IG}}(x;\alpha,\beta)=\begin{cases}\dfrac{\alpha}{\sqrt{۲\pi\beta}}x^{-\frac{۳}{۲}}\exp\left(-\dfrac{(\alpha-\beta x)^{۲}}{۲\beta x}\right), & x>۰ \quad \text{اگر}\\ ۰, & x\le p \quad \text{اگر}\end{cases}$$

تابع توزیع متناظر برابر خواهد بود با:

$$F_{\mathcal{IG}}(x;\alpha,\beta)=\begin{cases}\dfrac{\alpha}{\sqrt{۲\pi\beta}}\int_{۰}^{x} z^{-\frac{۳}{۲}}\exp\left(-\dfrac{(\alpha-\beta z)^{۲}}{۲\beta z}\right)dz, & x>۰ \quad \text{اگر}\\ ۰, & x\le p \quad \text{اگر}.\end{cases}$$

در اینصورت می‌نویسیم: $X\sim\mathcal{IG}(\alpha,\beta)$.

شکل تابع چگالی این توزیع در صفحه بعدی نمایش داده شده است.

لم ۱.۲.۴. *گشتاورهای مرکزی استاندارد برای یک متغیر تصادفی با توزیع گاوسی معکوس،* $X\sim\mathcal{IG}(\alpha,\beta)$*، عبارتند از:*

$$\mathbb{E}(X)=\frac{\alpha}{\beta},$$

$$\mathbb{V}(X)=\mathbb{E}\left((X-\mathbb{E}(X))^{۲}\right)=\frac{\alpha}{\beta^{۲}},$$

---

[۱] Anna Kalemanova

[۲] Bernd Schmid

[۳] Ralf Warner

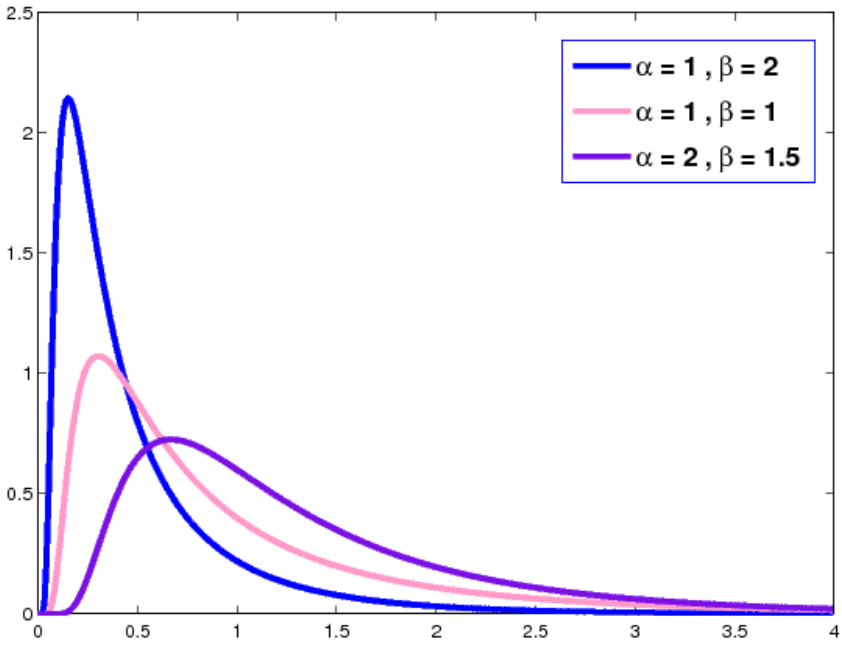
دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

$$\mathbb{S}(X) = \mathbb{E}\left(\left(\frac{X - \mathbb{E}(X)}{\sqrt{\mathbb{V}(X)}}\right)^{۳}\right) = \frac{۳}{\sqrt{\alpha}},$$

$$\mathbb{K}(X) = \mathbb{E}\left(\left(\frac{X - \mathbb{E}(X)}{\sqrt{\mathbb{V}(X)}}\right)^{۴}\right) = ۳ + \frac{۱۵}{\alpha}.$$

که پارامترهای μ و λ به صورت $\mu = \alpha/\beta$ و $\lambda = \alpha^{۲}/\beta$ در نظر گرفته شده است.

برای اثبات به [۱۳] مراجعه شود.



شکل ۱.۴ : تابع چگالی توزیع گاوسی معکوس به ازای مقادیر مختلف پارامترها

تعریف ۱.۳.۴ . توزیع گاوسی معکوس نرمال

متغیر تصادفی X دارای توزیع گاوسی معکوس نرمال ($\mathcal{NIG}$) با پارامترهای α، β، μ و δ است، هرگاه:

$$X|Y = y \sim \mathcal{N}(\mu + \beta y, y)$$

$$Y \sim \mathcal{IG}(\delta\gamma, \gamma^{۲}), \quad \gamma := \sqrt{\alpha^{۲} - \beta^{۲}},$$

که در آن پارامترها به صورت زیر هستند: $\delta > ۰$ و $۰ \leq |\beta| < \alpha$.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

پس می‌توان نوشت $X \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu, \delta)$ و تابع‌های چگالی و توزیع احتمال $f_{\mathcal{NIG}}(x; \alpha, \beta, \mu, \delta)$ و $F_{\mathcal{NIG}}(x; \alpha, \beta, \mu, \delta)$ را به ترتیب به صورت زیر خواهیم داشت:

$$f_{\mathcal{NIG}}(x; \alpha, \beta, \mu, \delta) = \int_{۰}^{\infty} f_{\mathcal{N}}(x; \mu + \beta y, y).f_{\mathcal{IG}}(y; \delta\gamma, \gamma^{۲})dy, \qquad (۱.۴)$$

$$F_{\mathcal{NIG}}(x; \alpha, \beta, \mu, \delta) = \int_{-\infty}^{x}\int_{۰}^{\infty} f_{\mathcal{N}}(t; \mu + \beta y, y).f_{\mathcal{IG}}(y; \delta\gamma, \gamma^{۲})dydt, \qquad (۲.۴)$$

که در آن $f_{\mathcal{N}}(x; \mu + \sigma^{۲})$ تابع چگالی توزیع گاوسی به شکل زیر است:

$$f_{\mathcal{N}}(x; \mu, \sigma^{۲}) = \frac{۱}{\sqrt{۲\pi\sigma^{۲}}}. \exp\left(-\frac{(x-\mu)^{۲}}{۲\sigma^{۲}}\right).$$

لم ۱.۴.۴. *تابع چگالی متغیر تصادفی $X \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta)$ را به شکل زیر نیز می‌توان نوشت:*

$$f_{\mathcal{NIG}}(x; \alpha, \beta, \mu, \delta) = \frac{\delta\alpha. \exp\left(\delta\gamma + \beta(x-\mu)\right)}{\pi.\sqrt{\delta^{۲} + (x-\mu)^{۲}}} K_{۱}\left(\alpha\sqrt{\delta^{۲} + (x-\mu)^{۲}}\right),$$

که در آن $K_{۱}(w) = \frac{۱}{۲}\int_{۰}^{\infty} \exp\left(-\frac{۱}{۲}w(t + t^{-۱})\right) dt$ تابع بسل تعدیل شده‌ی نوع سوم[۱] بوده و $\gamma := \sqrt{\alpha^{۲} - \beta^{۲}}$ است.

اثبات لم در پیوست آ.۴ آمده است.

برخلاف تابع چگالی $\mathcal{NIG}$ که کاملاً پیچیده است، تابع مولد گشتاورش فرم ساده‌ای دارد.

لم ۱.۵.۴. *تابع مولد گشتاور متغیر تصادفی $X \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu, \delta)$ عبارت است از:*

$$M_X(t) = \exp(\mu t)\frac{\exp\left(\delta\sqrt{\alpha^{۲} - \beta^{۲}}\right)}{\exp\left(\delta\sqrt{\alpha^{۲} - (\beta + t)^{۲}}\right)}. \qquad (۳.۴)$$

برای اثبات به لم آ.۵ مراجعه شود.

لم ۱.۶.۴. *گشتاورهای مرکزی (میانگین، واریانس، چولگی و کشیدگی) برای $X \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu, \delta)$ به ترتیب به صورت زیر هستند:*

$$\mathbb{E}(X) = \mu + \delta\frac{\beta}{\gamma},$$

[۱] Modified Bessel Function of the Third Type

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

$$\mathbb{V}(X) = \delta\frac{\alpha^{۲}}{\gamma^{۳}},$$
$$\mathbb{S}(X) = ۳\frac{\beta}{\alpha.\sqrt{\delta\gamma}},$$
$$\mathbb{K}(X) = ۳ + ۳\left(۱ + ۴\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^{۲}\right)\frac{۱}{\delta\gamma}.$$

مقادیر به دست آمده برای گشتاورهای مرکزی در این لم، از لم ۱.۵.۴ نتیجه می‌شوند.

۱.۱.۴ دو ویژگی اساسی توزیع $\mathcal{NIG}$: ناوردائی مقیاسی[۱] و ناوردائی تحت پیچش

(الف) ناوردائی مقیاسی: برای یک متغیر تصادفی $X \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu, \delta)$ و یک اسکالر c، cX دارای توزیع $\mathcal{NIG}$ به صورت زیر است:

$$cX \sim \mathcal{NIG}\left(\frac{\alpha}{c}, \frac{\beta}{c}, c\mu, c\delta\right). \qquad (۴.۴)$$

(ب) ناوردائی تحت پیچش: مجموع $X \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu_{۱}, \delta_{۱})$ و $Y \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu_{۲}, \delta_{۲})$ که مستقل از هم هستند نیز دارای توزیع $\mathcal{NIG}$ به شکل زیر است:

$$X + Y \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu_{۱} + \mu_{۲}, \delta_{۱} + \delta_{۲}). \qquad (۵.۴)$$

اثبات این دو ویژگی در پیوست آ.۶ ارائه شده است.

۲.۱.۴ مدل تک عاملی کاپولای $\mathcal{NIG}$

حال که توزیع $\mathcal{NIG}$ را شناختیم، می‌توانیم مدل تک عاملی کاپولای تعریف شده بر اساس این توزیع، جهت مدل کردن نکول‌های همبسته و همینطور روابط نیمه تحلیلی برای یک سبد وسیع همگن CDO تحت این مدل را معرفی نمائیم. از آنجا که ویژگی دوم توزیع $\mathcal{NIG}$ یعنی ناوردائی تحت پیچش برای

[۱] Scaling

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

هر دو متغیر تصادفی دلخواه با این توزیع برقرار نیست، لازم است پارامترهای M و X_i را به گونه‌ای در نظر بگیریم که A_i نیز دارای توزیع $\mathcal{NIG}$ باشد. ابتدا توزیع‌های دو پارامتر را به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

$$M \sim \mathcal{NIG}(\alpha_1, \beta_1, \mu_1, \delta_1), \qquad X_i \sim \mathcal{NIG}(\alpha_2, \beta_2, \mu_2, \delta_2).$$

با اعمال ویژگی اول توزیع $\mathcal{NIG}$ خواهیم داشت:

$$aM \sim \mathcal{NIG}(\frac{\alpha_1}{a}, \frac{\beta_1}{a}, a\mu_1, a\delta_1), \tag{۶.۴}$$

$$\sqrt{1-a^2}X_i \sim \mathcal{NIG}(\frac{\alpha_2}{\sqrt{1-a^2}}, \frac{\beta_2}{\sqrt{1-a^2}}, \sqrt{1-a^2}\mu_1, \sqrt{1-a^2}\delta_2). \tag{۷.۴}$$

حال برای آنکه ویژگی دوم توزیع $\mathcal{NIG}$، برای عبارت $aM + \sqrt{1-a^2}X_i$ برقرار باشد، دو پارامتر اول در (۶.۴) و (۷.۴) باید برابر باشند:

$$\frac{\alpha_1}{a} = \frac{\alpha_2}{\sqrt{1-a^2}}, \frac{\beta_1}{a} = \frac{\beta_2}{\sqrt{1-a^2}}.$$

از آنجا که M عامل مشترک بازار است، نباید به پارامتر همبستگی سبد a وابسته باشد. فرض می‌کنیم که

$$\alpha_1 = \alpha, \quad \beta_1 = \beta, \quad \alpha_2 = \frac{\sqrt{1-a_2}}{a}\alpha, \quad \beta_2 = \frac{\sqrt{1-a_2}}{a}\beta.$$

به این ترتیب متغیر تصادفی $A_i = aM + \sqrt{1-a_2}X_i$ به‌ازای همه‌ی مقادیر پارامترهای μ_1، μ_2، δ_1 و δ_2 دارای توزیع $\mathcal{NIG}$ به صورت زیر است:

$$A_i \sim \mathcal{NIG}\left(\frac{\alpha}{\beta}, \frac{\beta}{\alpha}, a\mu_1 + \sqrt{1-a^2}\mu_2, a\delta_1 + \sqrt{1-a^2}\delta_2\right).$$

بعلاوه پارامترهای سوم و چهارم را طوری انتخاب می‌کنیم که توزیع‌های احتمال هر دو عامل، استاندارد شود[1]. با استفاده از لم ۱.۶.۴ برای M داریم:

$$\mu_1 + \delta_1\frac{\beta}{\gamma} = 0, \ \delta_1\frac{\alpha^2}{\gamma^3} = 1, \ \gamma = \sqrt{\alpha^2 - \beta^2},$$

[1] توزیع با میانگین صفر و واریانس یک داشته باشند.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

و برای X_i داریم:

$$\mu_۲ + \delta_۲\frac{\beta_۲}{\gamma_۲} = ۰,\ \ \delta_۲\frac{\alpha_۲^۲}{\gamma_۲^۳} = ۱,\ \gamma_۲ = \sqrt{\alpha_۲^۲ - \beta_۲^۲}.$$

با حل این دستگاه معادلات، جواب‌های زیر به‌دست می‌آید:

$$\mu_۱ = -\frac{\beta\gamma^۲}{\alpha^۲},\ \delta_۱ = \frac{\gamma^۳}{\alpha^۲},\ \mu_۲ = -\frac{\sqrt{۱-a^۲}}{a}\frac{\beta\gamma^۲}{\alpha^۲},\ \delta_۲ = \frac{\sqrt{۱-a^۲}}{a}\frac{\gamma^۳}{\alpha^۲}$$

که در آن $\gamma = \sqrt{\alpha^۲ - \beta^۲}$. آنگاه توزیع A_i به صورت زیر خواهد بود:

$$A_i \sim \mathcal{NIG}\left(\frac{\alpha}{a}, \frac{\beta}{a}, -\frac{۱}{a}\frac{\beta\gamma^۲}{\alpha^۲}, \frac{۱}{a}\frac{\gamma^۳}{\alpha^۲}\right).$$

می‌توان به آسانی مشاهده کرد که توزیع دارای میانگین صفر و واریانس یک است:

$$\mathbb{E}(A_i) = -\frac{۱}{a}\frac{\beta\gamma^۲}{\alpha^۲} + \frac{۱}{a}\frac{\gamma^۳}{\alpha^۲}\frac{\frac{\beta}{a}}{\frac{۱}{a}\gamma} = ۰,$$

$$\mathbb{V}(A_i) = \frac{۱}{a}\frac{\gamma^۳}{\alpha^۲}\frac{\frac{\alpha^۲}{a_۲}}{\frac{۱}{a^۳}\gamma^۳} = ۱۰$$

اکنون می‌توانیم مدل تک عاملی کاپولای $\mathcal{NIG}$ را در قالب یک تعریف معرفی نمائیم.

تعریف ۱.۷.۴. مدل تک عاملی کاپولای $\mathcal{NIG}$

یک سبد وسیع همگن با m ابزار مالی را در نظر بگیرید. فرض کنیم بازده استاندارد شده‌ی دارایی تا زمان t برای ابزار مالی i ام در سبد یعنی $A_i(t)$ به صورت زیر باشد:

$$A_i(t) = aM(t) + \sqrt{۱-a^۲}X_i(t),$$

که در آن

$$M(t) \sim \mathcal{NIG}\left(\alpha, \beta, -\frac{\beta\gamma^۲}{\alpha^۲}, \frac{\gamma^۳}{\alpha^۲}\right)$$

و

$$X_i(t) \sim \mathcal{NIG}\left(\frac{\sqrt{۱-a^۲}}{a}\alpha, \frac{\sqrt{۱-a^۲}}{a}\beta, -\frac{\sqrt{۱-a^۲}}{a}\frac{\beta\gamma^۲}{\alpha^۲}, \frac{\sqrt{۱-a^۲}}{a}\frac{\gamma^۳}{\alpha^۲}\right)$$

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

همینطور $\gamma = \sqrt{\alpha^۲ - \beta^۲}$ است.

تحت این مدل کاپولا، متغیر $A_i(t)$ با یک تبدیل صدک-به-صدک به زمان نکول t_i برای مؤسسه‌ی مرجع i ام نگاشته می‌شود. مؤسسه‌ی مرجع i تا زمان t نکول می‌کند اگر:

$$F_{\mathcal{NIG}(۱/a)}(A_i(t)) \leq \mathcal{Q}(t) \tag{۸.۴}$$

به‌طور معادل

$$A_i(t) \leq F^{-۱}_{\mathcal{NIG}(۱/a)}(\mathcal{Q}(t)) =: C(t) \tag{۹.۴}$$

که $\mathcal{Q}(t)$ در آن احتمال ریسک-خنثی نکول دارایی‌های موجود در سبد تا زمان t است.

حال می‌توانیم روابط نیمه تحلیلی قیمت‌گذاری CDO تحت مدل تک عاملی کاپولای $\mathcal{NIG}$ را بیان کنیم.

گزاره ۱.۸.۴. *یک سبد وسیع همگن نامتناهی را در نظر بگیرید که بازده دارایی در آن از مدل تک عاملی کاپولای $\mathcal{NIG}$ تبعیت کند. آنگاه توزیع ضرر سبد قبل از اعمال بازیافت در محاسبات برابر خواهد بود با:*

$$F_\infty(t,x) = ۱ - F_{\mathcal{NIG}(۱)}\left(\frac{F^{-۱}_{\mathcal{NIG}(\frac{۱}{a})}(\mathcal{Q}(t)) - \sqrt{۱-a^۲}F^{-۱}_{\mathcal{NIG}(z)}(x)}{a}\right) \tag{۱۰.۴}$$

که در آن x متعلق به بازه‌ی $[۰,۱]$ و $z = \dfrac{\sqrt{۱-a^۲}}{a}$ است.

اثبات. با توجه به دو ویژگی اساسی توزیع $\mathcal{NIG}$، توزیع A_i برابر است با:

$$A_i \sim \mathcal{NIG}\left(\frac{\alpha}{a}, \frac{\beta}{a}, -\frac{۱}{a}\frac{\beta\gamma^۲}{\alpha^۲}, \frac{۱}{a}\frac{\gamma^۳}{\alpha^۲}\right)$$

به این ترتیب رابطه‌ی (۷.۴) برای توزیع ضرر سبد بلافاصله از قضیه ۱.۳.۳ نتیجه می‌شود. □

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۳.۱.۴ قیمت‌گذاری CDO تحت مدل تک عاملی کاپولای $\mathcal{NIG}$

اگر تعریف F_∞ را برای گزاره‌ی ۱.۶.۲ به کار بریم، عبارت زیر به دست می‌آید:

$$El_{(K_1,K_2)}(t) = \frac{1}{K_2 - K_1}\int_{K_1}^{K_2}(x-K_1)dF_\infty(t,x) + (1 - F_\infty(t,K_2))\cdot \qquad (۱۱.۴)$$

برای محاسبه‌ی انتگرال نیاز به تابع چگالی ضرر سبد داریم. با این فرض که $z = \frac{\sqrt{1-a^2}}{a}$ باشد می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} f_\infty(t,x) &= \frac{dF_\infty(t,x)}{dx} \\ &= -f_{\mathcal{NIG}(1)}\left(\frac{F^{-1}_{\mathcal{NIG}(\frac{1}{a})}(\mathcal{Q}(t)) - \sqrt{1-a^2}F^{-1}_{\mathcal{NIG}(z)}(x)}{a}\right) \\ &\quad \cdot(-z)\frac{dF^{-1}_{\mathcal{NIG}(z)}(x)}{dx} \\ &= z\,\frac{f_{\mathcal{NIG}(1)}\left(\frac{F^{-1}_{\mathcal{NIG}(\frac{1}{a})}(\mathcal{Q}(t)) - \sqrt{1-a^2}F^{-1}_{\mathcal{NIG}(z)}(x)}{a}\right)}{f_{\mathcal{NIG}(z)}\left(F^{-1}_{\mathcal{NIG}(z)}(x)\right)}. \end{aligned}$$

انتگرال $\int_{K_1}^{K_2}(x-K_1)f_\infty(t,x)dx$ جواب تحلیلی ندارد و می‌بایست به طور عددی محاسبه شود. از آنجا که وجود معکوس تابع توزیع $\mathcal{NIG}$ محاسبه‌ی این انتگرال را بسیار پرهزینه می‌نماید، بهتر است از یک تغییر متغیر به شکل زیر استفاده کنیم:

$$y = F^{-1}_{\mathcal{NIG}(z)}(x)\cdot$$

در این صورت خواهیم داشت:

$$dy = \frac{dx}{f_{\mathcal{NIG}(z)}\left(F^{-1}_{\mathcal{NIG}(z)}(x)\right)}$$

به همین ترتیب:

$$\int_{K_1}^{K_2}(x-K_1)f_\infty(t,x)dx = \int_{F^{-1}_{\mathcal{NIG}(z)}(K_1)}^{F^{-1}_{\mathcal{NIG}(z)}(K_2)}\left(F_{\mathcal{NIG}(z)}(y) - K_1\right)$$

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

$$\cdot f_{\mathcal{NIG}(1)}\left(\frac{C(t)-\sqrt{1-a^2}y}{a}\right)zdy.$$

عبارت حاصل تنها در کران‌های انتگرال نیاز به محاسبه‌ی تابع توزیع $\mathcal{NIG}$ معکوس دارد و تابع تحت انتگرال تنها یک تابع توزیع $\mathcal{NIG}$ و یک تابع چگالی آن را دارد که محاسبه‌شان به‌مراتب سریع‌تر از محاسبه‌ی تابع توزیع معکوس است.

توزیع $\mathcal{NIG}$ در مقایسه با توزیع گاوسی که دو گشتاور ثابت (کشیدگی صفر و چولگی ۳) دارد با چهار گشتاور معین می‌شود. در گزاره‌ی زیر مقادیر گشتاورهای توزیع $\mathcal{NIG}$ را که در مدل تک عاملی به کار رفته است بیان می‌کنیم.

گزاره ۱.۹.۴. *متغیر تصادفی* $X \sim \mathcal{NIG}(s\alpha, s\beta, -s\frac{\beta\gamma^2}{\alpha^2}, s\frac{\gamma^3}{\alpha^2})$ *دارای گشتاورهای مرکزی زیر است:*

$$\mathbb{E}(X) = 0, \qquad \mathbb{V}(X) = 1$$

$$\mathbb{S}(X) = 3\frac{\beta}{s\gamma^2}, \qquad \mathbb{K}(X) = 3 + 3\left(1 + 4\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^2\right)\frac{\alpha^2}{s^2\gamma^4},$$

که در آن $\gamma = \sqrt{\alpha^2 - \beta^2}$.

۴.۱.۴ الگوریتم تغییرات اسپرد برش‌های یک CDO ترکیبی نسبت به تغییرات پارامترهای مدل

در این بخش الگوریتم تغییرات اسپرد برش‌های یک CDO ترکیبی نسبت به تغییرات پارامترهای مدل $\mathcal{NIG}$ یعنی α، β و پارامتر همبستگی با استفاده از شبیه‌سازی مونت‌کارلو را بیان می‌کنیم. قیمت‌گذاری CDO با استفاده از روش شبیه سازی مونت کارلو شامل تولید مسیرهای نمونه از زمان نکول همبسته است. در این الگوریتم که در محیط MATLAB پیاده‌سازی شده است، ابتدا نمونه‌هایی از زمان‌های نکول را با استفاده از متغیرهای تصادفی با توزیع یکنواخت و بر اساس توزیع $\mathcal{NIG}$ تولید می‌کنیم. پس از به دست آوردن امید ریاضی ضرر برش در هر مسیر با استفاده از ماتریس همبستگی و ماتریس ضرر

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

برای مسیرها و گام‌های زمانی مختلف مقدار PremiumLeg و ProtectionLeg و نیز اسپرد حاصل می‌شود و به این ترتیب می‌توان تغییرات اسپرد یک برش را به ازای مقدیر مختلف پارامترهای توزیع محاسبه و مشاهده نمود.

الگوریتم ۲ تغییرات اسپرد یک برش CDO تصنعی نسبت به تغییرات پارامترهای مدل $\mathcal{NIG}$

ورودی: N = تعداد دارایی‌های موجود در سبد پشتوانه، R = نرخ بازیافت، λ = پارامتر شدت در فرآیند پوآسون، notional= ارزش اسمی هر دارایی در سبد، K_1 = نقطه‌ی حد پائینی، K_2= نقطه‌ی حد بالایی، r=نرخ بهره‌ی بدون ریسک، No=تعداد مسیرهای شبیه سازی، rho=پارامتر همبستگی.

خروجی: Spread = اسپرد برش.

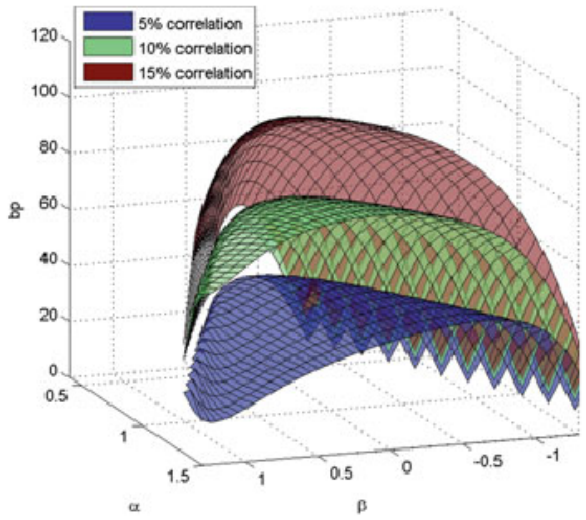
قرار دهید TM =زمان سررسید قرارداد(بر حسب سال).
قرار دهید tstep = زمان‌های پرداخت کوپن (بر حسب سال) .
قرار دهید nn = ارزش اسمی کل.
قرار دهید loss = زیان کل.
قرار دهید T = برداری که مؤلفه‌های آن زمان‌های پرداخت کوپن است.
قرار دهید TCoupon = ماتریس که ستون‌های آن تکرار بردار T است.
قرار دهید discount = عامل تنزیل.
قرار دهید fixedtot = ۰، مقدار اولیه‌ی fixedleg.
قرار دهید floattot = ۰، مقدار اولیه‌ی floatingleg.
for $i = ۱$ تا ۱۰۱ **do**
  قرار دهید $\alpha = ۰/۵ + ۰/۰۱(i - ۱)$
  for $j = ۱$ تا ۱۰۱ **do**
    قرار دهید $\beta = -۰/۵ + ۰/۰۱(j - ۱)$
    if $a < \alpha$ **then**
      قرار دهید $\gamma = \sqrt{\alpha^۲ - \beta^۲}$
      for $i = ۱$ تا TM **do**
        قرار دهید DFT = ماتریس زمان‌های نکول شبیه سازی شده با توزیع $\mathcal{NIG}$
        قرار دهید DFT_1 = مسیر i ام

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

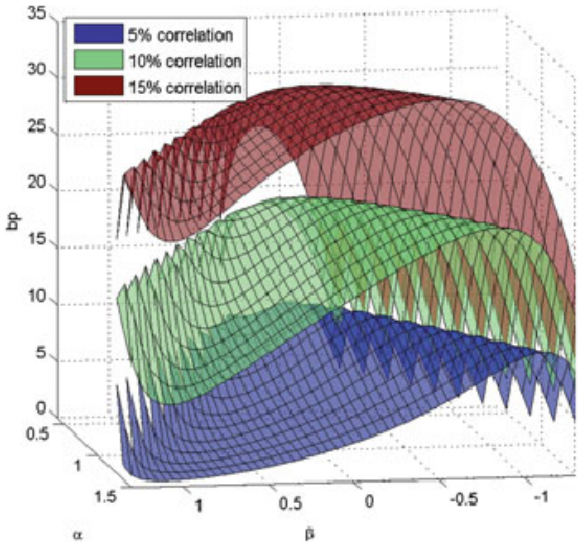
قرار دهید $DFT_{۲}$ = زمان‌های پرداختی برای مسیر i ام
قرار دهید DF = حذف زمان‌های نکول شبیه سازی شده که دیرتر از زمان سررسید قرارداد هستند.
قرار دهید Lmat = ماتریس زیان که حاصلضرب ماتریس DF در اندازه‌ی زیان است.
قرار دهید Tloss = مجموع زیان
قرار دهید Ploss = Tloss/nn زیان درصدی
قرار دهید PlTR = $\max(\text{Ploss}-\text{K}_{۱},۰)-\max(\text{Ploss}-\text{K}_{۲},۰)$ زیان درصدی در برش
قرار دهید tempplos = $\text{PlTR}(۲:end)-\text{PlTR}(۱:end-۱)$
قرار دهید $temp_{۲}$ = nn.tempplos
قرار دهید temp = $\text{nn}.(K_{۲}-K_{۱}-PlTR)$ محاسبه‌ی ارزش اسمی که در سبد باقی مانده
قرار دهید coupon =اندازه‌ی کوپن‌ها
قرار دهید $fl-flows$ = جریان‌های ثابت تنزیل شده
قرار دهید $fx-flows$ = جریان‌های شناور تنزیل شده
قرار دهید Vfloat = جریان‌های شناور کل برای این مسیر
قرار دهید floattot =کل جریان‌های شناور تا الان
قرار دهید Vfixed = جریان‌های ثابت کل برای این مسیر
قرار دهید fixedtot = کل جریان‌های ثابت تا الان
for end
قرار دهید Spread(i,j) = floattot/(fixedtot/c)
else
قرار دهید $j = j+۱$
if end
for end
for end
surf(Spread)

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

در ادامه، نمودارهای تغییرات اسپرد برش‌های میانی نسبت به تغییرات پارامترهای توزیع $\mathcal{NIG}$ نمایش داده شده است.

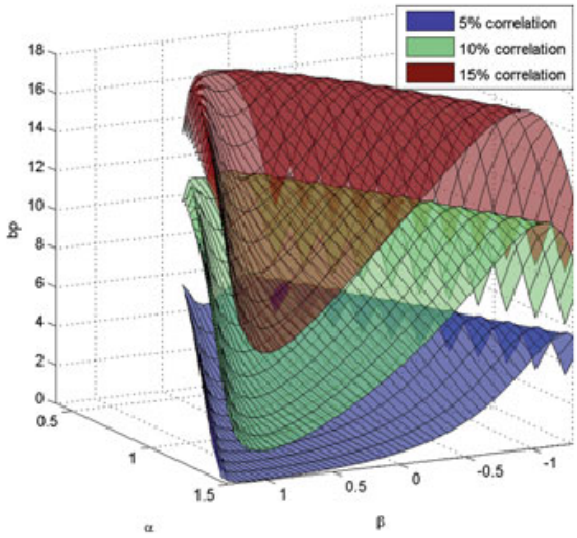


شکل ۲.۴: تغییرات اسپرد برای برش ٪۳-٪۶

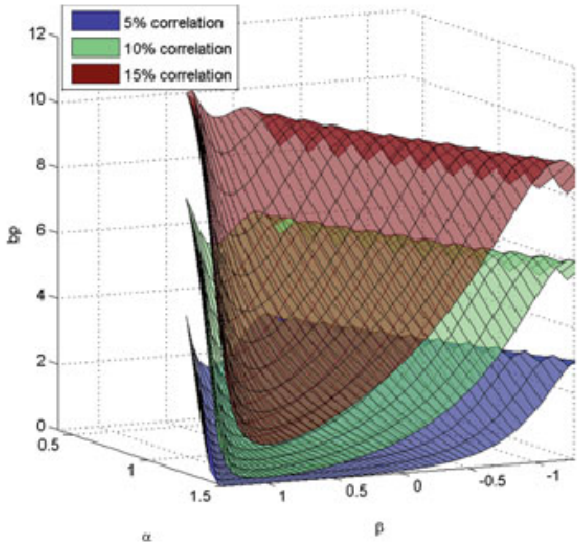


شکل ۳.۴: تغییرات اسپرد برای برش ٪۶-٪۹

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.



شکل ۴.۴: تغییرات اسپرد برای برش ٪۹-٪۱۲



شکل ۵.۴: تغییرات اسپرد برای برش ٪۱۲-٪۲۲

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۲.۴ مدل $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$

در این بخش ابتدا تعریفی از توزیع $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ را که برای اولین بار در سال ۲۰۰۹ توسط یانگ[۱] و همکاران [۲۸] مطرح شده است، بیان و سپس مدل کاپولای تک عاملی تحت این توزیع را معرفی می‌کنیم.

تعریف ۲.۱.۴. توزیع $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$

توزیع $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ یک توزیع آمیخته[۲] متشکل از توزیع گاوسی و توزیع $\mathcal{NIG}$ است. متغیر تصادفی $X \sim \mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$X = \begin{cases} U & \text{با احتمال } ۱-p \\ V & \text{با احتمال } p \end{cases} \qquad (۱۲.۴)$$

که در آن $U \sim \mathcal{NIG}(x;\alpha,\beta,\mu,\delta)$، V یک متغیر تصادفی با توزیع نرمال استاندارد، $p \in (۰,۱)$ احتمال وقوع جزء گاوسی توزیع است و پارامترهای α، β، μ و δ مطابق با آنچه که در تعریف توزیع $\mathcal{NIG}$ آمده است تعریف می‌شوند. تابع چگالی متغیر تصادفی $X \sim \mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}(x;۰,۱;\alpha,\beta,\mu,\delta;p)$ را با توجه به تابع چگالی توزیع $\mathcal{NIG}$ می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$f_{\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}}(x;۰,۱;\alpha,\beta,\mu,\delta;p) = \frac{p}{\sqrt{۲\pi}}\exp\left(-\frac{x^۲}{۲}\right) + (۱-p) f_{\mathcal{NIG}}(x;\alpha,\beta,\mu,\delta). \qquad (۱۳.۴)$$

۱.۲.۴ مدل تک عاملی کاپولای $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$

فرض کنیم بازده دارایی ابزار مالی i ام در سبد یعنی A_i از رابطه‌ی زیر تبعیت کند:

$$A_i = a_i M + \sqrt{۱-a_i^۲}X_i, \qquad i = ۱,...,n, \qquad (۱۴.۴)$$

---

[۱] Yang

[۲] Mixture Distribution

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

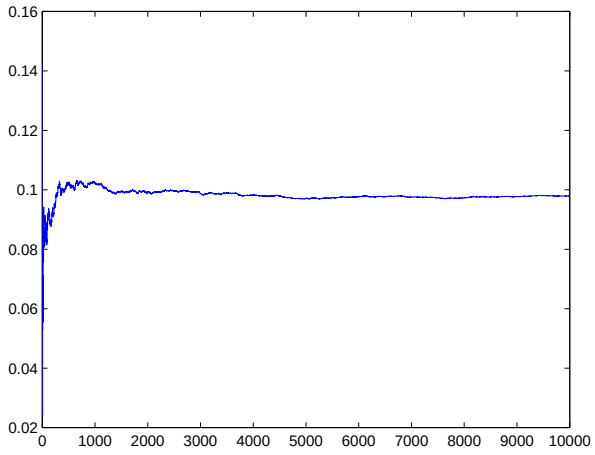
که در آن a_i مقدار ثابتی در بازه‌ی $[۰, ۱]$، M عامل مشترک بازار و X_i عامل غیرسیستماتیک دارایی i ام است. همچنین M و X_i متغیرهای تصادفی مستقل از هم با توزیع‌های زیر باشند:

$$M \sim \mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}(۰, ۱; \alpha, \beta, -\beta\frac{\gamma^۲}{\alpha^۲}\frac{\gamma^۳}{\alpha^۲}; p), \qquad (۱۵.۴)$$

$$X_i \sim \mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}(۰, ۱; \frac{\sqrt{۱-a_i^۲}}{a_i}\alpha, \frac{\sqrt{۱-a_i^۲}}{a_i}\beta, -\frac{\sqrt{۱-a_i^۲}}{a_i}\beta\frac{\gamma^۲}{\alpha^۲}, \frac{\sqrt{۱-a_i^۲}}{a_i}\frac{\gamma^۳}{\alpha^۲}; p),\ i = ۱, ..., n. \qquad (۱۶.۴)$$

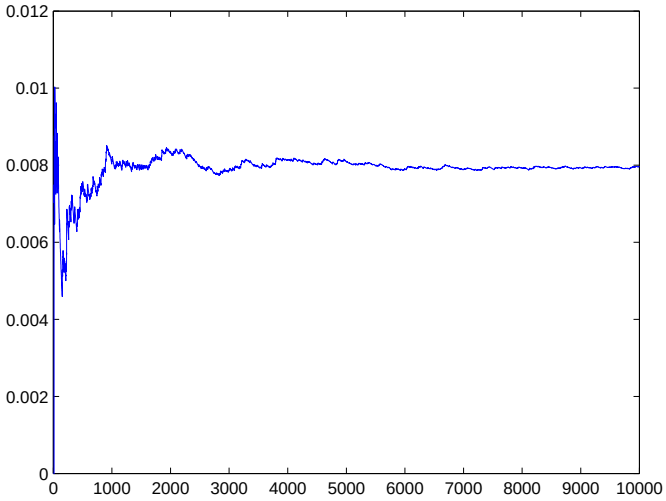
قابل ذکر است که در تعریف این مدل و تعیین تابع‌های توزیع دو عامل سیستماتیک و غیرسیستماتیک، دو ویژگی اساسی توزیع $\mathcal{NIG}$ یعنی ناوردائی مقیاسی و ناوردائی تحت پیچش اعمال شده است. الگوریتم به کار رفته برای این مدل نیز مشابه الگوریتمی است که در بخش پیش برای مدل $\mathcal{NIG}$ داشتیم. با این تفاوت که شبیه سازی زمان‌های نکول تحت این مدل با استفاده از توزیع $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ صورت می‌گیرد که پارامترهای توزیع، مقادیر ثابت دارند. نتایج حاصل از این الگوریتم برای دو برش میانی را می‌توان در ادامه مشاهده نمود. پارامترهای مدل به صورت زیر در نظر گرفته شده‌اند:

$$\alpha = ۱/۲,\ \beta = -۰/۵,\ p = ۰/۲,\ \rho = ۰/۰۵,\ \lambda = ۰/۰۱۵.$$

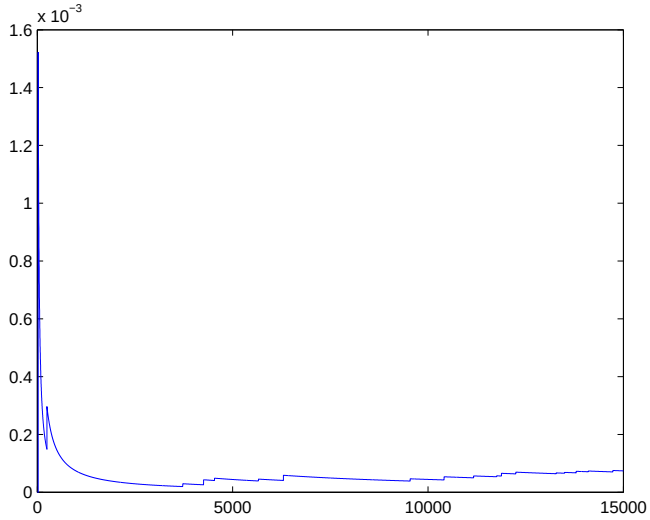


شکل ۶.۴: شبیه سازی اسپرد برای برش ٪۳-٪۶ تحت مدل $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.



شکل ۷.۴: شبیه سازی اسپرد برای برش ٪۶-٪۹ تحت مدل $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$



شکل ۸.۴: شبیه سازی اسپرد برای برش ٪۹-٪۱۲ تحت مدل $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۳.۴ نتیجه‌گیری

در این پایان‌نامه هدف، بررسی روش‌های قیمت‌گذاری نوع خاصی از مشتقات اعتباری به نام تعهدات بدهی تضمین شده بود. در این راستا پس از بستر سازی برای معرفی این قرارداد و بازار آن، مدل‌های قیمت‌گذاری مبتنی بر مدل‌های عاملی و مدل‌های کاپولا مورد بررسی قرار گرفت. مدل تک عاملی کاپولای گاوسی به مدل استاندارد بازار مشتقات اعتباری تبدیل شده است. اما چندی است که محققان به عدم مطابقت این مدل با ویژگی‌های بازار پی برده‌اند. از این رو تلاش‌های متعددی جهت بهبود مدل مذکور صورت گرفته و تا کنون چندین رویکرد ارائه شده است.رویکرد مورد توجه در این پایان‌نامه استفاده از کاپولاهایی غیر گاوسی است که وابستگی در دم بیشتری دارند. از جمله می‌توان مدل‌های $Double-t$، $Student-t$، $Marshall-Olkin$ و $\mathcal{NIG}$ را می‌توان نام برد. در مدل تک عاملی $Double-t$ فرض بر این است که هر دو عامل سیستماتیک و غیر سیستماتیک دارای توزیع $Student-t$ هستند. اما از آنجا که این توزیع تحت پیچش ناوردا نیست، بازده دارایی لزوماً دارای توزیع $Student-t$ نخواهد بود. در نتیجه این مدل از نظر محاسباتی بسار پرهزینه و نیاز به بکارگیری روش‌های عددی زمان‌بر دارد. این در حالی است که در مدل کاپولای $Student-t$، بازده دارایی دارای توزیع $Student-t$ است. اما چون عامل سیستماتیک و غیر سیستماتیک مستقل از هم در نظر گرفته نمی‌شوند، این مدل جزء مدل‌های عاملی محسوب نمی‌شود. مشاهدات نشان می‌دهند نتایج حاصل از این مدل بسیار نزدیک به مدل تک عاملی کاپولای گاوسی است. در این میان خانواده‌ی توزیع‌های $\mathcal{NIG}$ دارای ویژگی‌هایی هستند که آن‌ها را برای محققان عرصه‌ی مالی جذاب می‌سازند. به‌طور کلی این خانواده از توزیع‌ها که زیرمجموعه‌ی توزیع‌های هیپربولیک هستند، وابسته به چهار پارامتر و جزء توزیع‌های با دم کلفت به شمار می‌روند. بعلاوه دارای ویژگی ناوردائی تحت پیچش در شرایط خاصی هستند و لذا تابع توزیع تجمعی، تابع چگالی و تابع معکوس توزیع به آسانی و سریع محاسبه می‌شوند. از این رو به عنوان مدل مورد بررسی در این پایان‌نامه انتخاب گردید و مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصل از روش شبیه سازی مونت کارلو تحت این مدل در فصل چهارم، می‌توان گفت

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

این مدل مطابقت خوبی با داده های بازار دارد. بخش دوم فصل چهارم نیز به مدل جدیدی با عنوان $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ اختصاص یافت. این مدل که از توزیع $\mathcal{NIG}$ بهره گرفته بود به عنوان یک تعمیم مناسب و قابل بررسی برای مدل تک عاملی کاپولای گاوسی در این پایان‌نامه مورد توجه قرار گرفت. در این مورد نیز بر اساس نتایج به دست آمده از روش شبیه سازی مونت کارلو، علی‌رغم اینکه مطالعه‌ی صورت گرفته در این زمینه به اتمام نرسیده است به نظر می‌رسد این مدل از قابلیت خوبی برای قیمت‌گذاری CDO تحت مدل‌های عاملی برخوردار باشد.

برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود:

با توجه به اینکه در طول انجام مطالعات برای این پایان‌نامه، امکان دسترسی به داده‌های واقعی وجود نداشت، روش شبیه سازی مونت کارلو به کار گرفته شد. بهتر است در مراحل بعدی روش‌های قیمت‌گذاری بر اساس داده‌های واقعی مورد بررسی قرار گیرد.

اعمال روش‌های تقلیل واریانس نیز می‌تواند در بهبود نتایج حاصل از روش شبیه سازی مونت کارلو مفید واقع گردد.

بررسی رویکرد عوامل تصادفی در مدل‌های موردنظر در این پایان‌نامه می‌تواند روند یافتن روش صحیح قیمت‌گذاری CDO ترکیبی و حتی سایر مشتقات اعتباری را تسریع بخشد.

به نظر می‌رسد استفاده از دیگر توزیع‌های آمیخته که از توزیع‌های با دم کلفت بهره می‌گیرند، نتایج نزدیک به داده‌های واقعی بازار ارائه کند.

مطالعات انجام گرفته در مورد مدل‌های مذکور در این پایان‌نامه در دی ماه ۱۳۹۰ در «دومین همایش ریاضیات و علوم انسانی» در دانشگاه علامه طباطائی و همچنین در فروردین ماه سال جاری در کنفرانس "Fifth International Conference MAF2012, Mathematical and Statistical Methods for Actuarial Sciences and Finance" در انستیتو علوم، ادبیات و هنر ونیز[1] ارائه شده است.

همواره تلاش برای حل مسائل بومی از اهمیت زیادی برخوردار بوده است. از این رو در صدد برآمدیم

[1] Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

بخشی از این پایان‌نامه را جهت نیل به هدف کاهش زیان‌های ناشی از ریسک اعتباری در کشور که امروزه در سیستم بانکداری مشهود است، به بحث بومی‌سازی قرارداد مورد مطالعه در این پایان‌نامه اختصاص دهیم. لذا در فصل بعد به موضوع مطالعاتی پیرامون بومی‌سازی قرارداد CDO می‌پردازیم.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهاده‌ها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

فصل پنجم

مطالعاتی پیرامون بومی‌سازی قرارداد تعهدات بدهی تضمین شده

همانطور که پیش‌تر گفته شد، مشتقات ابزارهای مالی هستند که برای انتقال برخی اشکال ریسک‌ها بین دو یا چند طرف قرارداد در بازارهای مالی کاربرد دارند. تقسیم‌بندی مشتقات بر اساس ریسکی که انتقال می‌دهند عبارتند از: مشتقات اعتباری، مشتقات نرخ ارز، مشتقات کالا، مشتقات سهام و غیره. در این میان مشتقات اعتباری که در پاسخ به نیاز نهادهای مالی و بانک‌ها به تنوع سازی و امکان معامله‌ی ریسک اعتباری در بازارها عرضه شده‌اند، ریسک اعتباری را از یک ریسک غیر نقد شونده به ریسک نقد شونده همچون ریسک بازار تبدیل کرده‌اند. از مزیت‌های اساسی دیگر این ابزارهای مالی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- **ایجاد بازارهای کامل‌تر**: که تقسیم کاراتر ریسک و پایین‌تر بودن هزینه‌های واسطه‌های مالی را به دنبال دارد.
- **پخش ریسک اعتباری**: که باعث کاهش ریسک سیستماتیک می‌شود.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

- **مدیریت کاراتر ریسک اعتباری**

همانطور که می‌دانید در این پایان نامه به تعریف و نحوه‌ی قیمت‌گذاری نوع خاصی از مشتقات اعتباری به نام تعهد بدهی تضمین شده‌ی ترکیبی و روش‌های قیمت‌گذاری آن پرداختیم. در این فصل نیز سعی بر این است که آن را از نقطه نظر مطابقت با دیدگاه فقه اسلامی مورد توجه و بررسی قرار دهیم و پاسخی برای این سئوال بیابیم که آیا با توجه به ساختار تعریف شده برای این قرارداد، آیا امکان استفاده از آن برای کاهش ریسک اعتباری در بانکداری اسلامی وجود دارد یا خیر.

۱.۵ ادبیات و مبانی فقهی

ابواب فقهی به طور کلی به دو دسته‌ی معاملات و عبادات تقسیم می‌شوند. معاملات اموری هستند که صحت آن‌ها به قصد قربت نیاز ندارد. به عبارت دیگر هدف از آن‌ها تنظیم امور دنیوی است. عقود که در زمره‌ی معاملات محسوب می‌گردد، تنظیم‌کننده‌ی روابط بین دو طرف قرارداد است. ارکان اصلی یک عقد، شامل ایجاب و قبول است که لفظ، اشاره و یا فعل طرفین بر آن دلالت می‌کند. همینطور طرفین قرارداد می‌بایست بالغ، عاقل و مختار باشند [۳۲،۳۰].

۱.۱.۵ عقود مورد استفاده در بانکداری بدون ربا

در این بخش چندین قرارداد مورد استفاده در بانکداری اسلامی را که ممکن است با بررسی فقهی قراردادهای تعهدات بدهی تضمین‌شده در ارتباط باشند، معرفی می‌کنیم.

- **مضاربه:** قراردادی است که به موجب آن یکی از طرفین (مالک) عهده دار تأمین سرمایه (نقدی) می‌گردد، با قید این مطلب که طرف دیگر (عامل) با آن تجارت کرده و در سود حاصله هر دوطرف شریک باشند .

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

- **مزارعه:** مزارعه آن است که صاحب زمین، زمین خود را در اختیار زارع بگذارد تا زراعت کند و سهم معینی از حاصل را به مالک دهد.
- **مساقات:** هرگاه کسی درختان میوه‌ی خود را تا مدت معینی به دیگری واگذار کند که در مقابل دریافت سهمی از میوه، باغ او را آبیاری و رسیدگی نماید این معامله را «مساقات» گویند.
- **جعاله:** جعاله عبارت است از تعهد شخص حقیقی یا حقوقی به پرداخت اجرت (جعل) معین در برابر انجام کار معین. شخص متعهد را جاعل و انجام‌دهنده‌ی کار را عامل گویند.
- **اجاره به شرط تملیک:** عقدی است که در آن مستأجر در زمان سررسید قرارداد و در صورت عمل به شرایط مندرج در قرارداد، عین مستأجره را مالک می‌شود.
- **سلف:** قرارداد سلف توافقی است بین دو طرف که خارج از بورس منعقد می شود و برای خرید یا فروش یک دارایی در آینده با قیمت مورد توافق دو طرف هنگام امضاء قرارداد کاربرد دارد و جزء قدیمی‌ترین و ابتدایی‌ترین قراردادهای مشتقه تلقی می شود.
- **قرض:** در قرارداد قرض، قرض‌دهنده مال را به مالکیت قرض‌گیرنده در می‌آورد و در مقابل، قرض‌گیرنده متعهد می‌شود عوض آنچه را که قرض کرده است به قرض‌دهنده برگرداند.
- **بیمه:** طبق ماده‌ی یک قانون بیمه‌ی ایران، بیمه عقدی است که به موجب آن، بیمه‌گر متعهد می‌شود در ازای دریافت وجه یا وجوهی از بیمه‌گذار، در صورت وقوع حادثه‌ای، خسارت وارده بر او را جبران نموده و یا وجهی بپردازد. وجه پرداختی توسط بیمه‌گذار را حق بیمه و آنچه را که بیمه می‌شود، موضوع بیمه می‌نامند.
- **ضمان:** عقدی است که در آن ضامن متعهد می‌شود دین شخصی دیگر (مضمون عنه) را به طلبکارش (مضمون له) بپردازد.
- **وکالت:** طبق ماده‌ی ۶۵۶ قانون مدنی، وکالت عقدی است که به موجب آن یکی از طرفین،

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

طرف دیگر را برای انجام امری نائب خود می‌نماید.

۲.۱.۵ بررسی فقهی قرارداد تعهد بدهی تضمین شده

- **تعهد بدهی تضمین شده‌ی فروش واقعی**

در بانکداری بدون ربا، فرآیند توریق می‌بایست بر مبنای خرید و فروش دین صورت پذیرد. این روند می‌تواند در کاهش ریسک نقدینگی و ریسک اعتباری در نظام بانکداری اسلامی ایران نقش بسزایی داشته باشد. اکثر فقهای متأخر در مورد فروش دین به شخص ثالث توافق نظر دارند. در این نظام مالی می‌توان اوراق بهادار اسلامی‌ای چون صکوک[1] را مورد توریق قرار داد.

در این نوع CDO، بانک مجموعه‌ای از تسهیلات قابل نکول را که به مشتریان عرضه کرده است، به یک شرکت با هدف خاص (SPV) فروخته و SPV نیز به پشتوانه‌ی دارایی‌های موجود، اوراق بهادار منتشر می‌نماید.

- **تعهد بدهی تضمین‌شده‌ی ترکیبی**

همانطور که پیش‌تر اشاره شد، در CDO ترکیبی SPV برای انتقال ریسک اعتباری و همچنین منتفع شدن از تفاوت سود حاصل از فروش سوآپ نکول اعتباری و سود پرداختی به دارندگان اوراق، یک سری اوراق بهادار با قیمت اسمی مشخص منتشر می‌نماید که این اوراق دارای سطوح اولویت متفاوتی بوده و کیفیت اعتباری آن‌ها یکسان نیست و SPV متعهد به پرداخت اصل و سود این اوراق می‌باشد. سپس SPV وجوه حاصل از این اوراق را به همراه سودهای حاصل از فروش سوآپ نکول اعتباری در دارایی‌های بدون ریسک سرمایه گذاری می‌کند که از محل بازده این سرمایه‌گذاری، سود دارندگان اوراق را پرداخت می نماید. بنابراین واضح

[1] صکوک اوراق بهادار اسلامی است که به دلیل درگیر کردن یک دارایی مشخص فیزیکی و به میان آوردن قراردادهایی مانند اجاره و مضاربه، منطبق با قانون بانکداری بدون ربا است. صکوک جمعِ معرب واژه‌ی چک یعنی صک است. از انواع مهم صکوک می‌توان به صکوک اجاره، مضاربه و استصناع اشاره کرد.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

است که دارایی‌های سبد در این شکل ترکیبی، پشتوانه‌ی اوراق بهادار قرار نمی‌گیرند. در اینجا جهت اسلامی و بومی کردن این ابزار مالی، تأیید آن بر مبنای موازین اسلامی الزامی است. باید توجه داشت که در بانکداری اسلامی، وام ماهیت قرض داشته و شرط زیاده بر آن حرام است. همچنین در بانکداری بدون ربا تخصیص منابع و ارائه‌ی تسهیلات به جاي وام هـای ربوی به روش های مختلفی از جمله فروش اقساطی، اجاره به شرط تملیک، سلف، جعاله، خرید دین و... صورت می‌پذیرد. از طرفی در نظام مالی جهانی، اوراق منتشره، اوراق قرضه می‌باشد که ماهیت ربوی دارند؛ بنابراین به‌عنوان جایگزینی برای این اوراق در نظام مالی اسلامی، انواع اوراق اجاره، منفعت، استصناع، مضاربه، مزارعه، مساقات و اوراق مشارکت توصیه می‌گردد.

۳.۱.۵ بررسی فقهی رابطه‌ی بین بانک و SPV

همانطور که اشاره گردید در یک CDO ترکیبی SPV مالک سبد دارایی ها نیست. بلکه در ازاء فروش حمایت (مثل فروش سوآپ نکول اعتباری)، پرداخت های صرف را از خریدار سوآپ نکول اعتباری (بانک) دریافت می‌کند و این جریانات نقدی ثابت تا پایان زمان قرارداد و یا تا زمان وقوع یک رویداد اعتباری ادامه می یابد. بعد از وقوع رویداد اعتباری، فروشنده‌ی سوآپ نکول اعتباری به عنوان فروشنده‌ی حمایت بایستی نسبت به جبران زیان خریدار سوآپ اقدام نماید. در مورد ماهیت فقهی سوآپ نکول اعتباری، بررسی‌هایی انجام گردیده که صحت این ابزار تحت قرارداد بیمه، عقد ضمان و قرارداد جدید تأیید گردیده است.

۴.۱.۵ بررسی فقهی رابطه‌ی SPV و دارندگان اوراق

برای بررسی فقهی اوراق منتشره توسط SPV (رابطه ی دارندگان اوراق با ناشر)، می‌توان دو حالت ذیل را بررسی نمود:

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

- **اوراق منتشره به عنوان قرارداد بیمه به شرط قرض:**

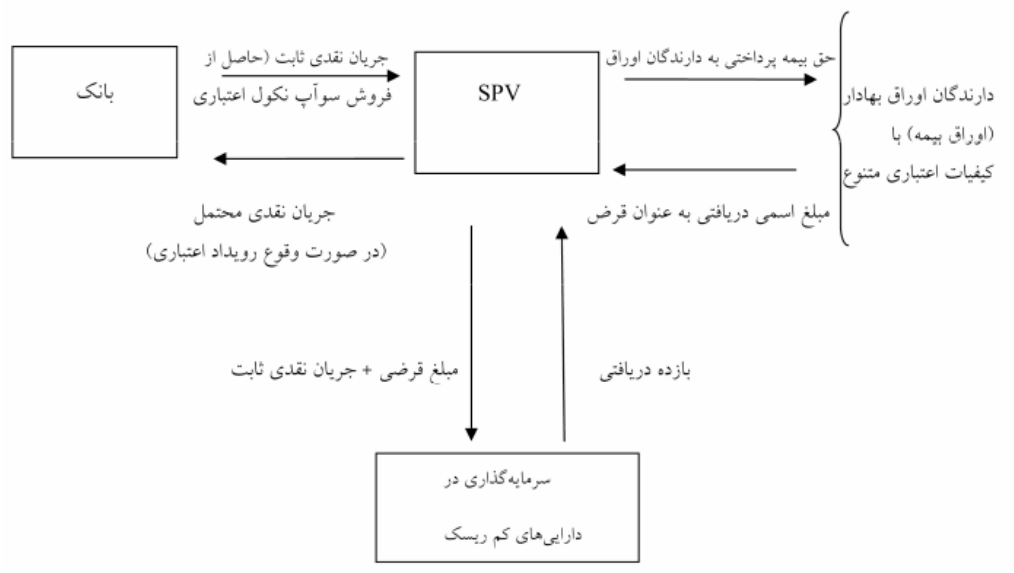
همانطور که در شکل ۱.۵ مشخص است، در این نوع قرارداد، SPV حق بیمه ای را به صورت دوره‌ای به دارندگان اوراق پرداخت می‌نماید و در عوض، دارندگان اوراق متعهد می‌شوند که در صورت بروز نکول در دارایی‌های بانک، میزان زیان را جبران نمایند و در صورت حدوث نکول دارایی‌ها، SPV به دلیل تعهد دارندگان اوراق مبنی بر جبران زیان احتمالی، حق بیمه‌ی آن‌ها را عوض زیان حاصل از نکول دارایی‌ها پرداخت نمی‌نماید. همچنین تحت عقد بیمه، SPV شرط می‌کند که دارنده‌ی اوراق مبلغی را که معادل قیمت اسمی اوراق مشابه در بازار است، به عنوان قرض تا سررسید معین به SPV بدهد که معمولاً سررسید قرض با قرارداد بیمه تطابق دارد. از آن جا که در قرض، مال به تملیک قرض گیرنده در می‌آید، SPV می‌تواند وجوه حاصل از فروش سوآپ نکول اعتباری و قرض دریافتی را در هر جایی که می‌خواهد سرمایه‌گذاری نماید و بخشی از سود حاصل را بابت حق بیمه به دارندگان اوراق پرداخت نماید. شرط مذکور شرایط لازم صحت شرط را -که در کتب فقهی مفصل بحث شده است- دارد.

همانطور که بیان شد در بیمه لازم نیست که مقدار خسارت تعیین شود. بنابراین اگر قرار بر جبران هر مقدار خسارتی بگذارند، صحیح است. در اینجا نیز بسته به کیفیت اعتباری اوراق، میزان زیانی که دارندگان جبران آن را تعهد می‌کنند، متفاوت است.

- **انتشار صکوک ذیل عقود اجاره و غیره به شرط ضمان:**

در این حالت سعی بر این است که متناسب با شرایط و زیرساختهای موجود در کشور، راه‌حل عملی‌تری جهت استفاده از این ابزار مشتقه پیشنهاد گردد. به همین خاطر در این حالت تغییراتی در CDO اعمال می‌شود که در عین این که کارکردهای یک CDO ترکیبی متعارف حفظ می‌گردد، این ابزار را ساده‌تر و عملیاتی‌تر نیز می‌سازد. همانطور که در شکل ۲.۵ ملاحظه می‌گردد، در این حالت SPV به جای اینکه با انتشار سوآپ نکول اعتباری، جبران نکول احتمالی مشتریان بانک را تعهد کند، به ازای دریافت مبلغی به عنوان کارمزد (حق‌الوکاله) از سوی بانک

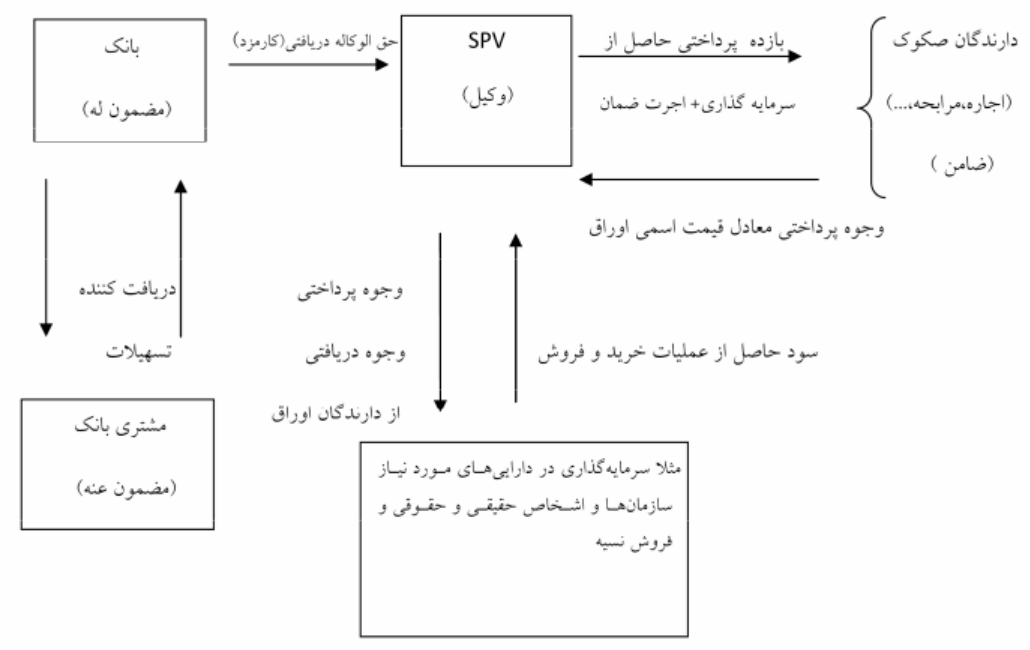
دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهاده‌ها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.



شکل ۱.۵ : اوراق منتشره به عنوان قرارداد بیمه

وکیل می گردد که برای متقاضیان تسهیلات بانک ضامن پیدا کند. SPV برای تأمین مالی اقدام به انتشار اوراقی تحت عقود اجاره، مضاربه، مشارکت یا غیره نموده و وجوه مازاد افراد را جمع آوری کرده و متناسب با نوع اوراق، سرمایه‌گذاری لازم را به عمل آورده و سود حاصل از سرمایه‌گذاری را به دارندگان اوراق می‌دهد. علاوه بر سود اوراق، ناشر (SPV) به نیابت از بانک مبلغی (درصدی) نیز به عنوان اجرت ضمان به دارندگان اوراق داده و در عوض از دارندگان اوراق خواسته می‌شود که جبران نکول احتمالی مشتریان بانک را ضمانت کنند. این عقد ضمان به عنوان شرط ضمن عقد ذیل عقود بیع مرابحه، مضاربه، اجاره و ... قرار می‌گیرد و به خریداران صکوک اعلان می‌گردد. چنین شرطی، شرایط لازم صحت شرط را دارا می‌باشد. SPV علاوه بر بهره بردن از مزایای تأمین مالی از طریق انتشار صکوک، از تفاوت حق‌الوکاله دریافتی از بانک و اجرت پرداختی بابت ضمان نیز منتفع می‌گردد.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.



شکل ۲.۵: اوراق منتشره به عنوان قرارداد اجاره و غیره به شرط ضمان

۵.۱.۵ نتیجه‌گیری

امروزه با توجه به افزایش رو به رشد مطالبات معوق بانکی کشور و فقدان سیستم مدیریت کارای ریسک اعتباری، به نظر می‌رسد فراهم آوردن بستری مناسب جهت عملیاتی شدن مشتقه‌ی اعتباری CDO سبب گردد تا بسیاری از مشکلات اعتباری بانکها و مؤسسات اعتباری برطرف شود. نوع ترکیبی این ابزار به دلیل داشتن خاصیت تأمین مالی و همچنین به دلیل عدم خرید و فروش دین در آن، بر نوع فروش واقعی آن ترجیح دارد.

بر اساس بررسی های فقهی انجام شده، نتیجه این شد که اوراق منتشره بایستی از نوع اوراق بیمه باشند که در این صورت برای توجیه وجه نقدی که SPV از دارندگان اوراق دریافت می‌کند، آن وجه نقد را ذیل عقد قرض دریافت می‌کند (بیمه به شرط قرض). راه حل دوم آن است که اوراق منتشره، اوراق مشارکت و یا انواع صکوک باشد که در این جا نیز برای انتقال ریسک اعتباری بانک، از عقد ضمان

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

استفاده نمودیم. بدین معنی که اوراق در قالب عقد خاصی منتشر گردیده که شرط ضمان نیز ضمن آن عقد خاص لحاظ شده و مانعی برای چنین شرطی وجود ندارد (مثلاً اجاره به شرط ضمان در صکوک اجاره) .

در پایان، ذکر چند نکته ضروری به نظر می‌رسد:

- لازم است ساز و کاری طراحی گردد که مسئله‌ی عدم تقارن اطلاعات و خطر اخلاقی[1] بین ضامن و مضمون له در مورد کیفیت اعتباری مشتریان بانک و تسهیلات ارائه شده مرتفع گردد.
- با توجه به این که در مورد دوم، ضامن بدون اجازه‌ی بدهکار، پرداخت جریان‌های نقدی وی را تعهد کرده است، بنابراین حق رجوع به بدهکار را ندارد. بنابراین لازم است ساز و کاری ارائه شود که امکان مطالبه‌ی وجوه پرداختی از بدهکار توسط بانک یا خود ضامن فراهم گردد. به عنوان یک راهکار، بانک ذیل عقود خود با مشتریان، وکالت در یافتن ضامن را برای آنها شرط می‌کند که در ادامه این وکالت را به SPV می‌سپارد تا او این کار را انجام دهد. در اینصورت مشکل عدم اجازه‌ی ضامن از مضمون عنه و احکام آن مبنی بر عدم حق مراجعه‌ی ضامن به مضمون عنه برطرف می‌شود. در مرحله‌ی بعد که رابطه‌ی بین بانک و SPV مطرح است، از تعهداتی که بانک باید ذیل عقد وکالت بدهد، آن است که ملزم به تعیین صندوقی جهت برگشت بدهی‌های مشتریان نکول کرده شود و مبلغ دریافتی را به SPV و او نیز به دارندگان اوراق بدهد. این تعهد در قالب شرط ضمن عقد (وکالت در ضمان) بلامانع است.
- این امکان وجود دارد که متقاضیان تسهیلات بانکی را رتبه‌بندی اعتباری نموده و ضمانت یا بیمه با توجه به رتبه‌ی اعتباری آنها انجام گیرد. به عنوان مثال فرض کنید که SPV دو یا سه نوع صکوک با کیفیت اعتباری و بازده متنوع منتشر نماید. در این صورت دارندگان اوراق کم کیفیت، ضامن ثلثی از مشتریان بانک می‌شوند که بدحساب‌تر محسوب می‌گردند. دارندگان اوراق با کیفیت متوسط، ضامن ثلث دیگری از مشتریان با رتبه اعتباری متوسط و دارندگان

[1] Moral Hazard

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

اوراق با کیفیت بالا، ضامن آن دسته از مشتریانی می‌شوند کـه دارای رتبه اعتباری بهتری هستند.

- با توجه به ماهیت این ابزار به نظر می‌رسد که ماهیتش به بیمه نزدیک‌تر باشد. ولی چون در کشور، اوراقی به نام اوراق بیمه منتشر نگردیده، برای ساده‌تر و عملیاتی‌تر شـدن ایـن ابزار می‌توان از ابزارهای مالی اسلامی موجود همانند صکوک اجاره و غیره به شـرط ضمان استفاده نمود.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

پیوست آ

پیوست

آ.۱ اثبات گزاره‌ی ۱.۶.۲

گزاره‌ی ۱.۶.۲ امید ریاضی ضرر برش را می‌توان به صورت زیر نیز نوشت:

$$EL_{(K_۱,K_۲)}(t) = \frac{۱}{K_۲ - K_۱}\left(\int_{K_۱}^{۱}(x-K_۱)dF(t,x) - \int_{K_۲}^{۱}(x-K_۲)dF(t,x)\right).$$

اثبات.

$$\begin{aligned}
EL_{(K_۱,K_۲)}(t) &= \frac{۱}{K_۲ - K_۱}\int_{K_۱}^{۱}(\min(x,K_۲)-K_۱)dF(t,x)\\
&= \frac{۱}{K_۲ - K_۱}\left(\int_{K_۱}^{K_۲}(x-K_۱)dF(t,x) + \int_{K_۲}^{۱}(K_۲-K_۱)dF(t,x)\right)\\
&= \frac{۱}{K_۲ - K_۱}\left(\int_{K_۱}^{۱}(x-K_۱)dF(t,x) - \int_{K_۲}^{۱}(x-K_۱)dF(t,x)\right)\\
&\quad + \int_{K_۲}^{۱}(K_۲-K_۱)dF(t,x)\\
&= \frac{۱}{K_۲ - K_۱}\left(\int_{K_۱}^{۱}(x-K_۱)dF(t,x) - \int_{K_۲}^{۱}(x-K_۲)dF(t,x)\right)
\end{aligned}$$

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

□

۲.آ اثبات گزاره‌ی ۲.۲.۳

گزاره‌ی ۲.۲.۳ برای هر p و x در $[۰, ۱)$ داریم:

$$\lim_{m\to\infty} \sum_{k=۰}^{\lfloor mx \rfloor} \left(\begin{array}{c} m \\ k \end{array} \right) p^k (۱-p)^{m-k} = \begin{cases} ۰, & \text{اگر } x < p, \\ ۱, & \text{اگر} x > p. \end{cases}$$

اثبات. فرض کنیم S_m تعداد ۱ها در m آزمایش مستقل برنولی باشد، که در آن ۱ با احتمال p ظاهر می‌شود. آنگاه، بنا به قانون اعداد بزرگ، $\frac{S_m}{m}$ وقتی m به ∞ میل می‌کند به p همگرا است. تابع توزیع $\frac{S_m}{m}$ را در نظر بگیرید:

$$F_m(x) := \mathbb{P}[\frac{S_m}{m} \leq x].$$

از آنجا که همگرایی به‌طور تصادفی، همگرایی در توزیع را نتیجه می‌دهد، $F_m(x) \to F(x)$ وقتی $m \to \infty$، که $F(x)$ تابع توزیع متغیر تصادفی $x_p \equiv p$ است:

$$F(x) := \mathbb{P}[x_p \leq x] = \begin{cases} ۰, & \text{اگر } x < p, \\ ۱, & \text{اگر} x > p. \end{cases}$$

قابل ذکر است که:

$$\begin{aligned} F_m(x) &= \sum_{k=۰}^{m} \left(\begin{array}{c} m \\ k \end{array} \right) p^k (۱-p)^{m-k} \\ &= \sum_{k=۰}^{\lfloor mx \rfloor} \left(\begin{array}{c} m \\ k \end{array} \right) p^k (۱-p)^{m-k}, \end{aligned}$$

که $\lfloor a \rfloor$ در آن نشان‌دهنده‌ی قسمت صحیح a است. □

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهه‌ها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

آ.۳ اثبات لم ۱.۴.۳

لم ۱.۴.۳ در مدل واسیچک، امید ریاضی ضرر برش میانی $(K_۱, K_۲)$ با فرض بازیافت صفر در زمان t برابر است با:

$$EL_{(K_۱,K_۲)}(t) = \frac{\Phi_۲(-\Phi^{-۱}(K_۱), C(t), \rho) - \Phi_۲(-\Phi^{-۱}(K_۲), C(t), \rho)}{K_۲ - K_۱},$$

که $\Phi_۲$ در آن تابع توزیع نرمال دو متغیره است و همینطور ماتریس کوواریانس عبارت است از:

$$\rho = \begin{pmatrix} ۱ & -\sqrt{۱-a^۲} \\ -\sqrt{۱-a^۲} & ۱ \end{pmatrix}.$$

اثبات. با استفاده از انتگرال‌گیری جز به جز داریم:

$$\begin{aligned}\int_K^۱ (x-K)dF(t,x) &= F(t,x)(x-K)\,|_K^۱ - \int_K^۱ F(t,x)dx \\ &= ۱ - K - \int_K^۱ F(t,x)dx \end{aligned} \quad (۱.آ)$$

به همین ترتیب برای تابع $F(t,x) = \Phi\left(\frac{\sqrt{۱-a^۲}\Phi^{-۱}(x) - C(t)}{a}\right)$:

$$\int_K^۱ (x-K)dF(t,x) = (۱-K) - \int_K^۱ \Phi\left(\frac{\sqrt{۱-a^۲}\Phi^{-۱}(x) - C(t)}{a}\right)dx. \quad (۲.آ)$$

(۲.آ) را می‌توان به صورت زیر نیز نوشت:

$$\int_K^۱ (x-K)dF(t,x) = \int_K^۱ \left(۱ - \Phi\left(\frac{\sqrt{۱-a^۲}\Phi^{-۱}(x) - C(t)}{a}\right)\right)dx. \quad (۳.آ)$$

توجه شود که

$$۱ - \Phi\left(\frac{\sqrt{۱-a^۲}\Phi^{-۱}(x) - C(t)}{a}\right) = ۱ - \int_{-\infty}^{\frac{\sqrt{۱-a^۲}\Phi^{-۱}(x) - C(t)}{a}} \frac{۱}{\sqrt{۲\pi}} e^{-\frac{y^۲}{۲}}\,dy$$

$$= \int_{\frac{\sqrt{۱-a^۲}\Phi^{-۱}(x) - C(t)}{a}}^{\infty} \frac{۱}{\sqrt{۲\pi}} e^{-\frac{y^۲}{۲}}\,dy.$$

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

برمی‌گردیم به (آ.۳) و برای سمت راست تساوی داریم:

$$\int_K^{۱} \int_{\frac{\sqrt{۱-a^۲}\Phi^{-۱}(x)-C(t)}{a}}^{\infty} \frac{۱}{\sqrt{۲\pi}} e^{\frac{-y^۲}{۲}} dydx. \qquad (۴.آ)$$

حال با تغییر متغیر $x' = -\Phi^{-۱}(x)$، که معادل است با $X = \Phi(-x')$، نتیجه می‌گیریم:

$$dx = -\Phi'(-x')dx' = -\frac{۱}{\sqrt{۲\pi}} e^{-\frac{x'^۲}{۲}} dx'.$$

حدود انتگرال از $-\Phi^{-۱}(K)$ تا $-\Phi^{-۱}(۱) = -\infty$ است. پس برای (آ.۴) داریم:

$$\int_{-\Phi^{-۱}(K)}^{-\infty} \int_{-\frac{\sqrt{۱-a^۲}x'+C(t)}{a}}^{\infty} \left(-\frac{۱}{\sqrt{۲\pi}} \Phi'(-x') e^{\frac{-y^۲}{۲}} \right) dydx'$$

$$= \int_{-\Phi^{-۱}(K)}^{-\infty} \int_{-\frac{\sqrt{۱-a^۲}x'+C(t)}{a}}^{\infty} \left(-\frac{۱}{۲\pi} e^{-\frac{x'^۲+y^۲}{۲}} \right) dydx'$$

$$= \int_{-\infty}^{-\Phi^{-۱}(K)} \int_{-\frac{\sqrt{۱-a^۲}x'+C(t)}{a}}^{\infty} \frac{۱}{۲\pi} e^{-\frac{x'^۲+y^۲}{۲}} dydx'. \qquad (۵.آ)$$

با تغییر متغیر $y' = -\left(ay + \sqrt{۱-a^۲}x'\right)$ یعنی $y = -\frac{\sqrt{۱-a^۲}x'+y'}{a}$، داریم:

$$dy = -\frac{dy'}{a}$$

و حدود انتگرال به صورت زیر خواهد بود:

از

$$-a\left(-\frac{\sqrt{۱-a^۲}x'+C(t)}{a}\right) - \sqrt{۱-a^۲}x' = C(t)$$

تا

$$-\left(a\infty + \sqrt{۱-a^۲}x'\right) = -\infty.$$

آنگاه (آ.۵) را به صورت زیر می‌توان نوشت:

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

$$\int_{-\infty}^{-\Phi^{-1}(K)} \int_{C(t)}^{-\infty} \left(-\frac{1}{2\pi a} e^{-\frac{x'^2 + \frac{\left(\sqrt{1-a^2}x' + y'\right)^2}{a^2}}{2}} \right) dy'dx'$$

$$\int_{-\infty}^{-\Phi^{-1}(K)} \int_{-\infty}^{C(t)} \frac{1}{2\pi a} e^{-\frac{x'^2 + 2\sqrt{1-a^2}x'y' + y'^2}{2a^2}} dy'dx'. \quad (۶.آ)$$

می‌دانیم که بردار (XY)با توزیع نرمال دو متغیره با ماتریس کوواریانس $\sum = \begin{pmatrix} 1 & \nu \\ \nu & 1 \end{pmatrix}$ تابع توزیعی به شکل زیر دارد:

$$\phi_2(x, y, \sum) = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\nu^2}} e^{-\frac{x^2 - 2\nu xy + y^2}{2(1-\nu^2)}} dydx. \quad (۷.آ)$$

پس تابع تحت انتگرال مضاعف در (آ.۵)، تابع چگالی یک بردار تصادفی $(X'Y')$ با توزیع نرمال دو متغیره است که در آن $\nu = -\sqrt{1-a^2}$ و لذا (آ.۵) به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\int_{-\infty}^{-\Phi^{-1}(K)} \int_{-\infty}^{C(t)} \phi_2(x', y', \rho) dy'dx' = \Phi_2(-\phi_{-1}(K), C(t), \rho) \quad (۸.آ)$$

با ماتریس کوواریانس:

$$\rho = \begin{pmatrix} 1 & -\sqrt{1-a^2} \\ -\sqrt{1-a^2} & 1 \end{pmatrix}.$$

□

آ.۴ اثبات لم ۴.۱.۴

لم ۴.۱.۴ تابع چگالی متغیر تصادفی $X \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta)$ را به شکل زیر نیز می‌توان نوشت:

$$f_{\mathcal{NIG}}(x; \alpha, \beta, \mu, \delta) = \frac{\delta\alpha . \exp\left(\delta\gamma + \beta(x-\mu)\right)}{\pi . \sqrt{\delta^2 + (x-\mu)^2}} K_1\left(\alpha\sqrt{\delta^2 + (x-\mu)^2}\right),$$

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

که در آن $K_{۱}(w) = \frac{۱}{۲}\int_{۰}^{\infty} \exp\left(-\frac{۱}{۲}w(t+t^{-۱})\right) dt$ تابع بسل تعدیل شده‌ی نوع سوم[۱] بوده و $\gamma := \sqrt{\alpha^{۲}-\beta^{۲}}$ است.

اثبات. ابتدا روابط مربوط به توابع چگالی توزیع‌های گاوسی و گاوسی معکوس را در (۱.۴) جایگذاری می‌کنیم:

$$
\begin{aligned}
&f_{\mathcal{NIG}}(x;\alpha,\beta,\mu,\delta)\\
&= \int_{۰}^{\infty} f_{\mathcal{N}}(x;\mu+\beta y, y).f_{\mathcal{IG}}(y;\delta\gamma,\gamma^{۲})dy\\
&= \int_{۰}^{\infty} \frac{۱}{\sqrt{۲\pi y}} \exp\left(-\frac{(x-\mu-\beta y)^{۲}}{۲y}\right).y^{-\frac{۳}{۲}} \frac{\delta}{\sqrt{۲\pi}} \exp(\delta\gamma).\exp\left(-\frac{۱}{۲}\left(\frac{\delta^{۲}}{y}+\gamma^{۲}y\right)\right)dy\\
&= \frac{\delta}{۲\pi}\exp(\delta\gamma+\beta(x-\mu)).\int_{۰}^{\infty} y^{-۲}\exp\left(-\frac{۱}{۲}\left(\frac{(x-\mu)^{۲}+\delta^{۲}}{y}+\alpha^{۲}y\right)\right)dy.
\end{aligned}
$$

حال با جایگذاری $y = \frac{\sqrt{\delta^{۲}+(x-\mu)^{۲}}}{\alpha w}$ داریم:

$$
\begin{aligned}
&f_{\mathcal{NIG}}(x;\alpha,\beta,\mu,\delta)\\
&= \frac{\delta}{۲\pi}\exp(\delta\gamma+\beta(x-\mu)).\int_{۰}^{\infty} \frac{\alpha^{۲}w^{۲}}{\delta^{۲}+(x-\mu)^{۲}}\\
&\cdot\exp\left(-\frac{۱}{۲}\left(\frac{\alpha w((x-\mu)^{۲}+\delta^{۲})}{\sqrt{\delta^{۲}+(x-\mu)^{۲}}}+\alpha^{۲}\frac{\sqrt{\delta^{۲}+(x-\mu)^{۲}}}{\alpha w}\right)\right)\frac{\sqrt{\delta^{۲}+(x-\mu)^{۲}}}{\alpha w^{۲}}dw\\
&= \frac{\delta}{۲\pi}\exp(\delta\gamma+\beta(x-\mu)).\int_{۰}^{\infty} \frac{\alpha}{\sqrt{\delta^{۲}+(x-\mu)^{۲}}}\\
&\cdot\exp\left(-\frac{۱}{۲}\left(\alpha\sqrt{\delta^{۲}+(x-\mu)^{۲}}(w+w^{-۱})\right)\right)dw\\
&= \frac{\delta\alpha.\exp(\delta\gamma+\beta(x-\mu))}{\pi.\sqrt{\delta^{۲}+(x-\mu)^{۲}}}K_{۱}\left(\alpha\sqrt{\delta^{۲}+(x-\mu)^{۲}}\right).
\end{aligned}
$$

□

[۱] Modified Bessel Function of the Third Type

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

آ.۵ اثبات لم ۵.۱.۴

لم ۵.۱.۴ تابع مولد گشتاور متغیر تصادفی $X \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu, \delta)$ عبارت است از:

$$M_X(t) = \exp(\mu t) \frac{\exp\left(\delta\sqrt{\alpha^۲ - \beta^۲}\right)}{\exp\left(\delta\sqrt{\alpha^۲ - (\beta + t)^۲}\right)}. \quad (۹.آ)$$

اثبات. می‌دانیم برای هر تابع چگالی f رابطه‌ی زیر برقرار است:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = ۱,$$

برای تابع چگالی $\mathcal{NIG}$ داریم:

$$\begin{aligned} ۱ &= \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\delta\alpha.\exp(\delta\gamma + \beta(x-\mu))}{\pi.\sqrt{\delta^۲ + (x-\mu)^۲}} K_۱\left(\alpha\sqrt{\delta^۲ + (x-\mu)^۲}\right) dx \\ &= \frac{\delta\alpha}{\pi}\exp(\delta\gamma - \beta\mu)\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{K_۱\left(\alpha\sqrt{\delta^۲ + (x-\mu)^۲}\right)e^{\beta x}}{\sqrt{\delta^۲ + (x-\mu)^۲}} dx, \end{aligned}$$

مشاهده می‌شود:

$$\left(\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{K_۱\left(\alpha\sqrt{\delta^۲ + (x-\mu)^۲}\right)e^{\beta x}}{\sqrt{\delta^۲ + (x-\mu)^۲}} dx\right)^{-۱} = \frac{\delta\alpha}{\pi}\exp(\delta\sqrt{\alpha^۲ - \beta^۲} - \beta\mu).$$

حال برای تابع مولد گشتاور داریم:

$$\begin{aligned} M_X(t) &= \mathbb{E}\left[e^{tX}\right] \\ &= \frac{\delta\alpha}{\pi}\exp\left(\delta\sqrt{\alpha^۲ - \beta^۲} - \beta\mu\right)\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{K_۱\left(\alpha\sqrt{\delta^۲ + (x-\mu)^۲}\right)e^{(\beta+t)x}}{\sqrt{\delta^۲ + (x-\mu)^۲}} dx \\ &= \frac{\delta\alpha}{\pi}\exp\left(\delta\sqrt{\alpha^۲ - \beta^۲} - \beta\mu\right)\frac{\pi}{\delta\alpha}\exp\left(-\delta\sqrt{\alpha^۲ - (\beta+t)^۲} + (\beta+t)\mu\right) \\ &= \exp(\mu t)\frac{\exp\left(\delta\sqrt{\alpha^۲ - \beta^۲}\right)}{\exp\left(\delta\sqrt{\alpha^۲ - (\beta+t)^۲}\right)}. \end{aligned}$$

□

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

آ.۶ اثبات دو ویژگی اساسی توزیع $\mathcal{NIG}$

دو ویژگی اساسی توزیع $\mathcal{NIG}$

(الف) ناوردائی مقیاسی: برای یک متغیر تصادفی $X \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu, \delta)$ و یک اسکالر c، cX دارای توزیع $\mathcal{NIG}$ به صورت زیر است:

$$cX \sim \mathcal{NIG}\left(\frac{\alpha}{c}, \frac{\beta}{c}, c\mu, c\delta\right). \qquad (۱۰.آ)$$

(ب) ناوردائی تحت پیچش: مجموع $X \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu_۱, \delta_۱)$ و $Y \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu_۲, \delta_۲)$ که مستقل از هم هستند نیز دارای توزیع $\mathcal{NIG}$ به شکل زیر است:

$$X + Y \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu_۱ + \mu_۲, \delta_۱ + \delta_۲). \qquad (۱۱.آ)$$

اثبات.

(i) با توجه به ویژگی‌های تابع مولد گشتاور می‌دانیم:

$$M_{cX}(t) = M_X(ct).$$

پس، می‌توان نوشت:

$$M_{cX}(t) = \exp(\mu c t)\frac{\exp\left(\delta\sqrt{\alpha^۲ - \beta^۲}\right)}{\exp\left(\delta\sqrt{\alpha^۲ - (\beta + ct)^۲}\right)}$$
$$= \exp(c\mu t)\frac{\exp\left(c\delta\sqrt{(\frac{\alpha}{c})^۲ - \left(\frac{\beta}{c}\right)^۲}\right)}{\exp\left(c\delta\sqrt{\left(\frac{\alpha}{c}\right)^۲ - \left(\frac{\beta}{c} + t\right)^۲}\right)}$$

که در واقع تابع مولد گشتاور $\mathcal{NIG}\left(\frac{\alpha}{c}, \frac{\beta}{c}, c\mu, c\delta\right)$ است.

(ii) بنا به ویژگی‌های تابع مولد گشتاور، برای دو متغیر مستقل از هم X و Y داریم:

$$M_{X+Y}(t) = M_X(t)M_Y(t).$$

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

پس برای $X \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu_1, \delta_1)$ و $Y \sim \mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu_2, \delta_2)$، می‌توان نوشت:

$$
\begin{aligned}
& M_{X+Y}(t) \\
& = \exp(\mu_1 t) \frac{\exp\left(\delta_1 \sqrt{\alpha^2 - \beta^2}\right)}{\exp\left(\delta_1 \sqrt{\alpha^2 - (\beta + t)^2}\right)} \exp(\mu_2 t) \frac{\exp\left(\delta_2 \sqrt{\alpha^2 - \beta^2}\right)}{\exp\left(\delta_2 \sqrt{\alpha^2 - (\beta + t)^2}\right)} \\
& = \exp((\mu_1 + \mu_2) t) \frac{\exp\left((\delta_1 + \delta_2) \sqrt{\alpha^2 - \beta^2}\right)}{\exp\left((\delta_1 + \delta_2) \sqrt{\alpha^2 - (\beta + t)^2}\right)}
\end{aligned}
$$

که در واقع تابع مولد گشتاور $\mathcal{NIG}(\alpha, \beta, \mu_1 + \mu_2, \delta_1 + \delta_2)$ است.

□

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

مراجع

[1] Altman, E. Financial ratios, discriminent analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *Journal of Finance*, 1968.

[2] Andersen, L., Sidenius J. Extensions to the gaussian copula: random recovery and random factor loadings. *Journal of Credit Risk*, pp. 29–70, 2005.

[3] Andersen, L., Sidenius, J., Basu, S. All your hedges in one basket. *Journal of Risk*, pp. 67–72, 2003.

[4] Black, F., Scholes, M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 1973.

[5] Bluhm, C., Overbeck, L., Wagner, C. An Introduction to Credit Risk Modelling. *CRC Press*, 2002.

[6] Burtschell, X., Gregory, J., Laurent, J. P. A comparative analysis of CDO pricing models. *Journal of Derivatives*, pp. 9-37, 2009.

[7] Credit Suisse Financial Products A credit risk management framework. , 1997.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهاده‌ها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

[8] Duffie, D., Singleton, K. J. Credit Risk: Pricing, Measurement, and Management. *Princeton University Press*, 2003.

[9] Frey, R., McNeil, A., Nyfeler, M. Copulas and credit models. *Journal of Risk* pp. 111–113, 2001.

[10] Hull, J., White A. Valuation of a CDO and an n-th to default CDS without a Monte Carlo simulation. *The Journal of Derivatives*, pp. 8–23, 2004.

[11] Hull, J., Predescu, M., White, A. The Valuation of a correlation-dependent credit derivatives using a structural model. *Working Paper*, 2005.

[12] Jarrow, R., Turnbull, S. Pricing options on financial securities subject to default risk. *Journal of Finance*, 1995.

[13] Kalemanova, A., Schmid B. Werner R. The normal inverse Gaussian distribution for synthetic CDO pricing. *The Journal of Derivatives*, pp. 80–93, 2007.

[14] Lando, D. On cox processes and credit risky securities. *Review of Derivatives Research*, pp. 99–120, 1998.

[15] Laurent, L.P., Gregory, J. Basket default swaps, CDO's and factor copulas. *Journal of Risk*, pp. 103–122, 2005.

[16] Li, D.X. The valuation of basket credit derivatives. *CreditMetrics Monitor*, pp. 34–50, 1998.

[17] Li, D.X. On default correlation: a copula approach. *Journal of Fixed Income*, pp. 43–54, 2000.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهاده‌ها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

[18] Lucas, D. CDO handbook. *J.P. Morgan, Global Structured Finance Research*, 2001.

[19] McGinty, L., Beinstein E. Ahluwalia R. Watts M. Introducing base correlation. *J.P. Morgan, Credit Derivatives Strategy*, pp. 1–4, 2004.

[20] McKinsey and Company CreditPortfolioView 2.0. *Technische Dokumentation*, 2001.

[21] Merton, R. On the pricing of corporate debt: the risk structure of interest rates. *The Journal of Finance*, 1974.

[22] O'Kane, D., Schloegl L. An analytical portfolio credit model with tail dependence. *Quantitative Credit Research. Lehman Brothers*, 2003.

[23] Schlösser, A. Pricing And Risk Management of Synthetic CDOs. *Springer*, 2011.

[24] Schoenbucher, P. Taken to the limit: simple and not-so-simple loan loss distributions. *Working paper*, 2000.

[25] Trinh, M., Thompson, R., Devarajan, M. Relative value of CDO tranches: a view through ASTERION. *Quantitative Credit Research. Lehman Brothers*, 2005.

[26] Vasicek, O. The loan loss distribution.. *Working paper, KMV*, 1997.

[27] Wilson, T. Portfolio credit risk, part i. *Journal of Risk*, 1997.

[28] Wilson, T. Portfolio credit risk, part ii. *Journal of Risk*, 1997.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

[29] Yang, R., Qin, X., Chen, T. CDO pricing using single factor $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ copula model with stochastic correlation and random factor loading. of Mathematics Analysis and Applications, pp. 73-80, 2009.

[۳۰] پورمولا، سید محمد هاشم. توحیدی، محمد. احمدی، سعید. بررسی کاربرد مشتقه اعتباری درCDO مدیریت ریسک اعتباری و تأمین مالی از دیدگاه فقه شیعه. *نشریه دانشگاه امام صادق*.

[۳۱] شاکری حسین آباد، مجتبی. مدل‌سازی توزیع ضرر سبد اعتباری با استفاده از متغیرهای پیشگوی کمکی و مفهوم فریلتی. *پایان نامه کارشناسی ارشد*، ۱۳۹۰.

[۳۲] موسویان، سید عباس. موسوی بیوکی، سید محمد مهدی. مدیریت ریسک اعتباری در بانکداری اسلامی از طریق سواپ نکول اعتباری. *فصلنامه علمی پژوهشی اقتصاد اسلامی*، ۱۳۸۸.

[۳۳] نانکلی، شهاب. بررسی مدل‌های عاملی برای محاسبه ریسک اعتباری سبد وام‌ها. *پایان نامه کارشناسی ارشد*، ۱۳۹۰.

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

آربیتراژ قانونی ..... Legal Arbitrage

احتمال بقاء ..... Survival Probability

احتمال نکول ..... Default Probability

اختیار نکول اعتباری ..... Credit Default Option

اختیار اسپرد اعتباری ..... Credit Spread Option

ارزش اسمی ..... Par Value

ارزش بازاری ..... Market Value

از راست پیوسته و دارای حد چپ ..... Cadlag: Continue à Droite, Limite à Gauche

اسپرد اعتباری ..... Credit Spread

اسپرد سالانه ..... Annual Spread

اصل آبشار ..... Waterfall Principle

اعتبارسنجی ..... Credit Scoring

امتیاز اعتباری ..... Credit Score

اوراق با نرخ شناور ..... Floating Rate Note

اوراق بهادار با پشتوانه‌ی رهنی ..... Mortgage-Backed Securities

اوراق بهادار با پشتوانه‌ی رهنی تجاری ..... Commercial Mortgage-Backed Securities

اوراق قرضه با کوپن ثابت ..... Fixed-Coupon Bonds

اوراق قرضه‌ی برگشت‌پذیر ..... Callable Bonds

اوراق قرضه بدون کوپن ..... Zero-Coupon Bonds

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهاده‌ها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

اوراق قرضه‌ی خارجی ..... Sovereign Debt

اوراق قرضه‌ی شرکتی ..... Corporate Bonds

اوراق قرضه‌ی قابل تبدیل ..... Convertible Bonds

بازپرداخت بطور یک‌جا و در زمان سررسید ..... Bullet Payment

برش ..... Tranche

برش مقدم ..... Senior Tranche

برش مؤخر ..... Junior Tranche

برش‌های میانی ..... Mezzanine Tranche

به‌طور فیزیکی/غیر نقدی ..... Physically

پرداخت اولیه ..... Upfront Payment

پرداخت شرطی ..... Contingent Payment

پرداخت‌های صرف ..... Premium Payments

پوشش ریسک ..... Hedge

تأمین شده/با بودجه‌ی اولیه ..... Funded

تأمین نشده/با بودجه‌ی اولیه ..... Unfunded

تبدیل صدک-به-صدک ..... Percentile-to-Percentile Transform

تسویه ..... Settlement

تسویه‌ی نقدی ..... In Cash

تعهد مرجع اولیه ..... Original Obligation

تعهدات بدهی تضمین‌شده ..... Collateralized Debt Obligations

تعهدات بدهی تضمین‌شده‌ی تصنعی ..... Synthetic Collateralized Debt Obligations

تعهدات وامی تضمین‌شده ..... Collateralized Loan Obligations

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

تعهدات ورقه‌ای تضمین‌شده ..... Collateralized Bond Obligations

تغییر ساختار بدهی ..... Restructuring of Debt

تقریباً حتمی ..... Almost Surely

تقلیل کیفیت اعتباری ..... Deterioration of Credit Quality

تلاطم دارایی ..... Asset Volatility

تنوع‌بخشی ..... Diversification

توریق ..... Securitization

توزیع آمیخته ..... Mixture Distribution

توزیع دم‌کلفت ..... Heavy-Tailed Distribution

توزیع گاوسی معکوس ..... Inverse Gaussian Distribution

ثمر ..... Yield

حرکت براونی استاندارد ..... Standard Brownian Motion

خریدار ریسک ..... Risk Buyer

خط اعتباری ..... Credit Line

دارایی پایه ..... Underlying Asset

دست کم گرفتن ..... Underestimate

رتبه‌بندی اعتباری ..... Credit Rating

رویداد اعتباری ..... Credit Event

ریسک بازار ..... Market Risk

ریسک پایه ..... Basis Risk

ریسک پیش‌پرداخت ..... Prepayment Risk

ریسک تمرکز بالای بازار ..... High Market Concentration Risk

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

ریسک طرف قرارداد ..... Counterparty Risk

ریسک عملیاتی ..... Operational Risk

ریسک قانونی ..... Legal Risk

ریسک قیمت‌گذاری ناصحیح سیستماتیک ..... Systematic Mispricing

ریسک کاهش قدرت خرید/ریسک تورم ..... Inflation Risk

ریسک مدل ..... Model Risk

ریسک نرخ بهره ..... Interest Rate Risk

ریسک نقدینگی ..... Liquidity Risk

ریسک نوسان نرخ ارز ..... Exchange Rate Risk

ریسک نمایندگی ..... Agency Risk

زمان مانده تا نکول ..... Time to Default

زیان ناشی از نکول ..... Loss Given Default

سبد متناهی ناهمگن ..... Heterogeneous Finite Portfolio

سررسید ..... Maturity

سرمایه‌ی اقتصادی ..... Economic Capital

سرمایه‌ی قانونی ..... Regulatory Capital

سوآپ اولین نکول ..... First to Default Swap

سوآپ بازده کامل ..... Total Return Swap

سوآپ اسپرد اعتباری ..... Credit Spread Swap

سوآپ نکول اعتباری ..... Credit Default Swap

سوآپ n امین نکول ..... nth to Default Swap

سهم ریسک و تمرکز اعتباری ..... Risk Contribution and Credit Concentration

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

سیستم‌های خبره ..... Expert Systems

شاخص‌های CDS برش‌بندی شده‌ی استاندارد ..... Standard Tranched CDS Indices

شبکه‌های عصبی مصنوعی ..... Artificial Neural networks

شدت ..... Intensity

شرکت با هدف خاص ..... Special Purpose Vehicle

صرف اختیار ..... Option Premium

صرف CDS ..... CDS Premium

عامل بازاری مشترک ..... Common Market Factor

عامل‌های سیستماتیک ..... Systematic Factors

عامل‌های غیر سیستماتیک ..... Idiosyncratic Factors

عدم شفافیت بازار ..... Market Intransparency

عرضه‌کننده‌ی ورق قرضه ..... Issuer

غیر قابل دسترسی ..... Inaccessible

فاصله تا نکول ..... Distance to Default

فرآیند شمارشی ..... Counting Process

فرآیند سلسله مراتب تحلیلی ..... Analytical Hierarchy Process

فرض سبد وسیع همگن ..... Large Homogeneous Portfolio Assumption

فروش عاریتی ..... Short Selling

فروشنده‌ی حمایت ..... Protection Seller

فروشنده‌ی ریسک ..... Risk Seller

قیمت اعمال ..... Strike Price

مقدار اصلی ..... Principal Amount

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

کاپولاهای ارشمیدسی ..... Archimedean Copulas

لبخند همبستگی ..... Correlation Smile

مالک ورق قرضه ..... Bond Holder

مانده در نکول ..... Exposure at Default

مدل احتمال خطی ..... Linear Probability Model

مدل‌های ساختاری ..... Structural Models

مدل‌های شدت آفین ..... Affine Intensity Models

مدل‌های شدت CIR ..... CIR Intensity Models

مدل‌های کاهیده ..... Reduced Form Models

مدل‌های مبتنی بر تحلیل ممیزی ..... Discrimination Analysis Models

مدل‌های نرخ آتی نکول HJM ..... HJM Forward Default rate

مدل‌های نزدیک‌ترین همسایگی ..... Nearest Neighbour Models

مستند سازی ..... Documentation

مشتقات اعتباری ..... Credit Derivatives

مشتقات اعتباری تک اسمی ..... Single Name Credit Derivatives

مشتقات اعتباری مبتنی بر توریق ..... Securitization-Based Credit Derivatives

ناتوانی در پرداخت ..... Failure to Pay

ناوردائی تحت پیچش ..... Convolution

ناوردائی مقیاسی ..... Scaling

نرخ بازده میانگین ..... Mean Rate of Return

نرخ عایدات نقدی نسبی ..... Proportional Cash Payout Rate

نرخ بازیافت ..... Recovery Rate

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

نرخ مخاطره ..... Hazard Rate

نقطه‌ی حد بالا ..... Attachment Point

نقطه‌ی حد پایین ..... Detachment Point

وابستگی در دم ..... Tail Dependence

وام ..... Loan

وام‌دهنده ..... Lender

وام‌گیرنده یا قرض‌گیرنده ..... Borrower

همبستگی ضمنی ..... Implied Correlation

CDO های آربیتراژی ..... Arbitrage CDOs

CDO های ترازنامه‌ای ..... Balance Sheet CDOs

CDO های فروش واقعی ..... True Sale CDOs

CDO های مبتنی بر ارزش بازار ..... Market Value CDOs

CDO های وجوه نقد ..... Cash Flow CDOs

CDS پیش‌رو ..... Forward CDS

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

مدل‌های شدت آفین ..... Affine Intensity Models

ریسک نمایندگی ..... Agency risk

تقریباً حتمی ..... Almost Surely

فرآیند سلسله مراتب تحلیلی ..... Analytical Hierarchy Process

اسپرد سالانه ..... Annual Spread

CDO های آربیتراژی ..... Arbitrage CDOs

کاپولاهای ارشمیدسی ..... Archimedean Copulas

شبکه‌های عصبی مصنوعی ..... Artificial Neural Networks

اوراق قرضه با پشتوانه‌ی دارایی ..... Asset-Backed Securities

تلاطم دارایی ..... Asset Volatility

نقطه‌ی حد بالا ..... Attachment Point

CDO های ترازنامه‌ای ..... Balance Sheet CDOs

ورشکستگی ..... Bankruptcy

ریسک پایه ..... Basis Risk

سوآپ نکول سبد ..... Basket Default Swap

ورق قرضه ..... Bond

مالک ورق قرضه ..... Bond Holder

وام‌گیرنده/ قرض‌گیرنده ..... Borrower

بازپرداخت بطور یک‌جا و در زمان سررسید ..... Bullet Payment

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهاده‌ها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

ورق قرضه‌ی برگشت‌پذیر ..... Callable Bond
از راست پیوسته و دارای حد چپ ..... Cadlag: Continue à Droite, Limite à Gauche
CDO های وجوه نقد ..... Cash Flow CDO
صرف CDS ..... CDS Premium
مدل‌های شدت CIR ..... CIR Intensity Models
تعهدات ورقه‌ای تضمین شده ..... Collateralized Bond Obligations
تعهدات بدهی تضمین شده ..... Collateralized Debt Obligations
تعهدات وامی تضمین شده ..... Collateralized Loan Obligations
اوراق قرضه با پشتوانه‌ی رهنی تجاری ..... Commercial Mortgage-Backed Securities
عامل بازاری مشترک ..... Common Market Factor
پرداخت شرطی ..... Contingent Payment
ورق قرضه‌ی قابل تبدیل ..... Convertible Bond
ناوردائی تحت پیچش ..... Convolution
ورق قرضه‌ی شرکتی ..... Corporate Bond
لبخند هبستگی ..... Correlation Smile
ریسک طرف قرارداد ..... Counterparty Risk
فرآیند شمارشی ..... Counting Process
اختیار نکول اعتباری ..... Credit Default Option
سوآپ نکول اعتباری ..... Credit Default Swap
اختیار اسپرد اعتباری ..... Credit Spread Option
سوآپ اسپرد اعتباری ..... Credit Spread Swap
رویداد اعتباری ..... Credit Event

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

خط اعتباری ..... Credit Line

گذر اعتباری ..... Credit Migration

رتبه‌بندی اعتباری ..... Credit Rating

ریسک اعتباری ..... Credit Risk

امتیاز اعتباری ..... Credit Score

اعتبارسنجی ..... Credit Scoring

اسپرد اعتباری ..... Credit Spread

احتمال نکول ..... Default Probability

نقطه‌ی حد پائین ..... Detachment Point

تقلیل کیفیت اعتباری ..... Deterioration of Credit Quality

مدل‌های مبتنی بر تحلیل ممیزی ..... Discrimination Analysis Models

فاصله تا نکول ..... Distance to Default

مستند سازی ..... Documentation

سرمایه‌ی اقتصادی ..... Economic Capital

برش سهام ..... Equity Tranche

ریسک نوسان نرخ ارز ..... Exchange Rate Risk

سیستم‌های خبره ..... Expert Systems

مانده در نکول ..... Exposure at Default

ناتوانی در پرداخت ..... Failure to Pay

سوآپ اولین نکول ..... First to Default Swap

اوراق قرضه با کوپن ثابت ..... Fixed-Coupon Bonds

اوراق با نرخ شناور ..... Floating Rate Notes

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهاده‌ها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

CDS پیش‌رو ..... Forward CDS

تأمین‌شده/با بودجه‌ی اولیه ..... Funded

نرخ مخاطره ..... Hazard Rate

توزیع دم کلفت ..... Heavy Tailed Distribution

پوشش ریسک ..... Hedge

سبد متناهی ناهمگن ..... Heterogeneous Finite Portfolio

ریسک تمرکز بالای بازار ..... High Market Concentration Risk

مدل‌های نرخ آتی نکول HJM ..... HJM Forward Default Rate Models

عامل‌های غیر سیستماتیک ..... Idiosyncratic Factors

همبستگی ضمنی ..... Implied Correlation

غیر قابل دسترسی ..... Inaccessible

تسویه‌ی نقدی ..... In Cash

ریسک نرخ تورم ..... Inflation Risk

شدت ..... Intensity

ریسک نرخ بهره ..... Interest Rate Risk

توزیع گاوسی معکوس ..... Inverse Gaussian Distribution

عرضه‌کننده ..... Issuer

برش مؤخر ..... Junior Tranche

فرض سبد وسیع همگن ..... Large Homogeneous Portfolio Assumption

ریسک قانونی ..... Legal Risk

وام دهنده ..... Lender

مدل احتمال خطی ..... Linear Probability Model

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهاده‌ها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

ریسک نقدینگی ..... Liquidity Risk

وام ..... Loan

زیان ناشی از نکول ..... Loss Given Default

عدم شفافیت بازار ..... Market Intransparency

ریسک بازار ..... Market Risk

ارزش بازاری ..... Market Value

CDO های مبتنی بر ارزش بازار ..... Market Value CDOs

سررسید ..... Maturity

نرخ بازده میانگین ..... Mean Rate of Return

توزیع آمیخته ..... Mixture Distribution

ریسک مدل ..... Model Risk

اوراق قرضه با پشتوانه‌ی رهنی ..... Mortgage-Backed Securities

مدل نزدیکترین همسایگی ..... Nearest Neighbour Model

سوآپ n امین نکول ..... nth to Default Swap

صرف اختیار ..... Option Premium

ریسک عملیاتی ..... Operational Risk

تعهد مرجع اولیه ..... Original Obligation

ارزش اسمی ..... Par Value

تبدیل صدک-به-صدک ..... Percentile-to-Percentile Transform

بطور فیزیکی یا غیر نقدی ..... Physically

ریسک پیش‌پرداخت ..... Prepayment Risk

پرداخت‌های صرف ..... Premium Payments

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهاده‌ها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

مقدار اصلی ..... Principal Amount

نرخ عایدات نقدی نسبی ..... Proportional Cash Payout Rate

خریدار حمایت ..... Protection Buyer

فروشنده‌ی حمایت ..... Protection Seller

نرخ بازیافت ..... Recovery Rate

مدل‌های کاهیده ..... Reduced Form Models

آربیتراژ قانونی ..... Regulatory Arbitrage

سرمایه‌ی قانونی ..... Regulatory Capital

تغییر ساختار بدهی ..... Restructuring of Debt

خریدار ریسک ..... Risk Buyer

سهم ریسک و تمرکز اعتباری ..... Risk Concentration and Credit Concenteration

فروشنده‌ی ریسک ..... Risk Seller

ناوردائی مقیاسی ..... Scaling

مشتقات اعتباری مبتنی بر توریق ..... Securitization-Based Credit Derivatives

تسویه ..... Settlement

فروش عاریتی ..... Short Selling

مشتقات اعتباری تک اسمی ..... Single Name Credit Derivatives

اوراق قرضه‌ی خارجی ..... Sovereign Debt

شرکت با هدف خاص ..... Special Purpose Vehicle

حرکت براونی هندسی ..... Standard Brownian Motion

شاخص‌های CDS برش‌بندی شده‌ی استاندارد ..... Standard Tranched CDS Indices

قیمت اعمال ..... Strike Price

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهاده‌ها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

مدل‌های ساختاری ..... Structural Models

احتمال نکول ..... Survival Probability

تعهدات بدهی تضمین شده‌ی ترکیبی ..... Synthetic Collateralized Debt Obligations

عامل‌های سیستماتیک ..... Systematic Factors

ریسک قیمت‌گذاری ناصحیح سیستماتیک ..... Systematic Mispricing

وابستگی در دم ..... Tail Dependence

زمان مانده تا نکول ..... Time to Default

سوآپ بازده کامل ..... Total Return Swap

برش ..... Tranche

CDO های فروش واقعی ..... True Sale CDOs

دست کم گرفتن ..... Underestimate

دارایی پایه ..... Underlying Asset

پرداخت اولیه ..... Upfront Payment

اصل آبشار ..... Waterfall Principle

ثمر ..... Yield

اوراق قرضه بدون کوپن ..... Zero-Coupon Bonds

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

Abstract

In recent years, credit derivatives have revolutionized the trading and management of credit risk and have turned into an important tool for transferring and hedging this kind of risk. Credit default swaps (CDSs) and collateralized debt obligations (CDOs) are among the well-known credit derivatives whose pricing poses challenging problems to the financial mathematics literature. Among the most popular approaches to price CDOs, the one factor Gaussian copula model, due mainly to its computational efficiency, has become the market standard for multi-name credit derivatives. However, it has become clear that this standard model is not capable of explaining the observed prices of different tranches on a single basket. In this thesis, at first we will introduce a specific type of CDOs, called synthetic CDO, its standard model of pricing and the model's deficiencies. Then we will explore two extensions of this model, i.e. $\mathcal{NIG}$ model and a novel model based on the mixture copula model, obtained by combining the $\mathcal{NIG}$ distribution with a Gaussian one, called the $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ copula model and compare them in a numerical framework and via the Monte Carlo methods of simulation. At the end we will discuss the possibility of implementing this contract into Islamic banking and in Iran's banking.

Keywords: *default risk, credit derivatives, synthetic CDOs, default correlation, factor copulas, large homogeneous portfolio approximation, $\mathcal{NIG}$ model, $\mathcal{M}_{\mathcal{G}-\mathcal{NIG}}$ model.*

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـــاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

Institute for Advanced Studies in Basic Sciences
Gava Zang, Zanjan, Iran

Investigating the Valuation of Credit Derivatives of Collateralized Debt Obligation Type

Master's Thesis

Monire Atarabasi

Supervisor: Dr.Ali Foroush Bastani

Septamber 2012

دسترسی به این مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فنـاوری اطلاعات ایران (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.