

## کاربرد نظریه تحلیل بقا در مدیریت ریسک اعتباری دریافت‌کنندگان تسهیلات؛

### مطالعه موردی بانک مسکن

حامد کرانی\*، مولود آقایی‌پور\*\*

#### چکیده

امروزه یکی از اساسی‌ترین مباحث مدیریت ریسک بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری، مدیریت ریسک اعتباری است. در این پژوهش، روش‌های تحلیل بقا را برای مدل‌سازی ریسک اعتباری برحسب تابع توزیع شرطی زمان نکول، به کار می‌بریم. در این راستا، از دو روش مختلف بر حسب تابع توزیع شرطی زمان نکول استفاده می‌کنیم. نخستین رویکرد، براساس مدل خطرهای متناسب کاکس و دومین رویکرد، بر اساس برآوردگر حد حاصل‌ضربی تعمیم‌یافته فراهم می‌شود. به‌عنوان یک کار عملی، پرتفوی اعتباری جعاله بانک مسکن را در نظر گرفته و احتمال‌های نکول آن را براساس دو روش پیش‌گفته برآورد می‌کنیم. سرانجام یک مقایسه بین دو رویکرد را با استفاده از روش ROC انجام می‌دهیم. یافته‌های هر دو مدل در این پژوهش، اعمال سیاست‌های کنترلی در ابتدای دوره بازپرداخت تسهیلات را پیشنهاد می‌دهد؛ چرا که بیشترین احتمال نکول را وام‌هایی با طول عمر مشاهده شده (در این مقاله، منظور از طول عمر مشاهده شده تسهیلات زمان تا نکول دریافت‌کننده تسهیلات و یا زمان سانسور است) کمتر از ۵ ماه دارند. از دیگر پیشنهادهایی که نتایج این پژوهش عنوان می‌کند، در ارتباط با استفاده بانک از رتبه‌بندی یا امتیاز اعتباری است؛ چرا که علاوه بر نحوه مدیریت صحیح تخصیص تسهیلات به مشتریان، استفاده از امتیاز اعتباری به‌عنوان یک متغیر تبیینی باعث کاراتر و دقیق‌تر شدن برآوردهای احتمال نکول خواهد شد.

واژگان کلیدی: ریسک اعتباری، احتمال نکول، بال II، تابع بقا شرطی، برآوردگر حد حاصل‌ضربی تعمیم‌یافته، روش ROC.

طبقه‌بندی JEL: C14، C24، C52، E58.

\* h.korany8807@gmail.com

\*\* moloudaghaiipoor@gmail.com

\* کارشناس ارشد آماربیمه دانشگاه شهید بهشتی

\*\* کارشناس ارشد آماربیمه دانشگاه شهید بهشتی

## ۱. مقدمه

امروزه فعالیت بانک‌ها، مؤسسات مالی و اعتباری و هر مؤسسه مالی دیگری در حوزه‌های مختلف از جمله اعطای تسهیلات، سرمایه‌گذاری، صدور انواع اوراق قرضه، گشایش انواع اعتبارات اسنادی و یا به بیان دیگر، هر مؤسسه‌ای که اقدام به ایفای نقش در بازارهای پول و سرمایه می‌کند، در معرض ریسک‌های خاص این‌گونه فعالیت‌ها قرار دارد، به‌همین دلیل، یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های بانک‌ها و مؤسسات مرتبط دیگر، تلاش در جهت کنترل و مدیریت این ریسک‌هاست. بانک‌ها با انواع متنوعی از ریسک‌ها روبه‌رو هستند، که یکی از مهم‌ترین آنها ریسک اعتباری است. به‌همین دلیل، محاسبه احتمال نکول<sup>۱</sup> برای دریافت‌کننده‌های تسهیلات اعتباری، وام‌ها و کارت‌های اعتباری یکی از مسائل اصلی است، که باید به‌وسیله آنها نظارت شود. هنگامی که دریافت‌کننده‌های تسهیلات<sup>۲</sup> تعهداتشان را پرداخت نکنند، نکول، حاصل شده و ریسک چنین موقعیتی، ریسک اعتباری نامیده می‌شود که موضوع تحقیقات، از میانه قرن اخیر بوده است. اهمیت ریسک اعتباری که قسمتی از تحلیل ریسک مالی است، در توافقنامه بال (بال II) چاپ شده در سال ۱۹۹۹ و تجدیدنظر شده در سال ۲۰۰۴ به‌وسیله کمیته سرپرستی بانکی بال کاملاً مشخص است. این توافقنامه شامل سه رکن است، که یک چارچوب نظری عمومی را با یک رویه ضمانت‌گونه به‌صورت کمترین سرمایه مورد نیاز با عنوان قید آماري برای ورشکستگی<sup>۳</sup> تعیین می‌کنند.

رکن I از توافقنامه جدید، پارامترهایی که بعضی نقش‌ها را در ریسک اعتباری برای یک شرکت مالی بازی می‌کنند، از قبیل احتمال نکول، ارزش در معرض نکول<sup>۴</sup> و زیان حاصل از نکول<sup>۵</sup> را بیان می‌کند. از روش‌هایی که مبتنی بر محاسبه پارامترهای ریسک اعتباری هستند، می‌توان برای محاسبه پارامترهای ریسک اعتباری و به‌طور خاص برای محاسبه احتمال نکول استفاده کرد. اینها روش‌هایی

- 
1. Probability of Default (PD)
  2. Consumers
  3. Statistical Provision for Insolvency
  4. Exposition at Default
  5. Loss Given Default

استاندارد و بر پایه رتبه‌بندی داخلی<sup>۱</sup> بوده و شرکت‌های اعتباری از آنها برای بررسی صلاحیت مدل‌های اعتباری‌شان استفاده کرده و با کمک برآوردهای آنها رهنمودهای کمیته بال را اجرایی می‌کنند.

از نخستین کارهایی که در ارتباط با مدل‌های ریسک اعتباری انجام شده است، می‌توان به مدل نمره‌دهی چند متغیره آلتمن<sup>۲</sup> اشاره کرد، که به مدل نمره Z نیز معروف است. این مدل که یک مدل تحلیل ممیزی است، با استفاده از مقادیر نسبت‌های مالی مهم، می‌کوشد تا شرکت‌هایی را که با ورشکستگی مالی مواجه هستند، از شرکت‌هایی که دچار این وضعیت نیستند، متمایز کند. با توجه به این که عدم بازپرداخت وام عمدتاً مربوط به شرکت‌هایی است که در آینده دچار ورشکستگی مالی خواهند شد، بنابراین، پیش‌بینی ریسک اعتباری با استفاده از این مدل امکان‌پذیر است. امروزه رویکردها و جنبه‌های فکری فراوانی برای مدل‌بندی ریسک اعتباری با استفاده از احتمال نکول وجود دارند که توان پیش‌بینی بهتری را از مدل تشخیصی آلتمن برای ما فراهم می‌کنند.

هدف اصلی در این پژوهش، معرفی روش دیگری برای مدل‌بندی ریسک اعتباری است که توسط کائو<sup>۳</sup> و همکاران معرفی شد. در این پژوهش به‌طور ویژه بر روی برآورد احتمال نکول برای دریافت‌کننده‌های تسهیلات اعتباری با استفاده از روش‌های تحلیل بقا<sup>۴</sup> متمرکز می‌شویم. در ارتباط با روش‌های تحلیل بقا می‌توان گفت که ایده استفاده از روش‌های تحلیل بقا برای مدل‌بندی ریسک اعتباری به‌وسیله نارین<sup>۵</sup> شروع شد و در ادامه کارلینگ<sup>۶</sup> و همکاران، مالک و توماس<sup>۷</sup>، در ارتباط با ریسک اعتباری دریافت‌کننده‌های تسهیلات و بابا و گوکو<sup>۸</sup> در ارتباط با صندوق‌های تأمین سرمایه‌گذاری<sup>۹</sup> آن را توسعه دادند.

- 
1. Internal Ratings Based
  2. Altman .(1968).
  3. Cao .(2009).
  4. Survival Analysis
  5. Narain .(1992).
  6. Carling .(1998).
  7. Malik & Thomas .(2006).
  8. Baba & Goko .(2006).
  9. Hedge Funds

در این پژوهش یک ایده اصلی برای برآورد احتمال نکول به دو روش مختلف مدل خطرهای متناسب کاکس و یک مدل ناپارامتری<sup>۱</sup> پیشنهاد می‌دهیم. در ادامه به کمک روش ROC<sup>۲</sup>، صحت آنها را با یکدیگر مقایسه می‌کنیم. تابع بقای شرطی مورد استفاده برای مدل‌بندی ریسک اعتباری، چشم‌انداز جدیدی برای مطالعه نکول می‌گشاید. بنابراین ریسک نکول را به‌وسیله توزیع شرطی متغیر تصادفی زمان نکول T وقتی که بردار متغیر تبیینی X را داریم، اندازه‌گیری می‌کنیم. چون در مطالعه متغیر زمان نکول T، به مواردی هم‌چون فسخ پیش‌بینی نشده وام و زمان پایان دوره مورد مطالعه پیش از رسیدن وام به نکول مواجه می‌شویم، این متغیر به‌طور کامل قابل مشاهده نیست، که در چنین حالتی چشم‌پوشی می‌شود. بنابراین، با استفاده از روش‌های تحلیل بقا که در چنین مواقعی ابزار طبیعی برای استفاده هستند، به مطالعه زمان نکول خواهیم پرداخت.

در این پژوهش، ابتدا به تعاریف و مفاهیم پایه‌ای رویکرد تحلیل بقا و روش ROC می‌پردازیم و جزئیات این روش‌ها را ارائه می‌دهیم. سپس، به روش تحقیق و نحوه ورود روش‌های تحلیل بقا در مدل‌بندی ریسک اعتباری اشاره کرده و بعضی از توابع شرطی تحلیل بقا مورد استفاده را بیان می‌کنیم؛ در ادامه به نحوه برآورد احتمال نکول در مدل خطرهای متناسب کاکس و مدل ناپارامتری می‌پردازیم. همچنین، در یک کار عملی، برآورد احتمال نکول یک پرتفوی واقعی از داده‌های تسهیلات اعطایی بانک مسکن به دریافت‌کننده‌های تسهیلات، بر اساس دو روش یادشده را ارائه کرده و صحت برآوردهای احتمال نکول به‌دست آمده را به کمک روش ROC با یکدیگر مقایسه خواهیم کرد.

## ۲. مفاهیم نظری

ریسک مربوط به زیان‌های ناشی از عدم بازپرداخت یا بازپرداخت با تأخیر اصل یا فرع وام از سوی مشتری را ریسک اعتباری می‌گویند. همان‌طور که از تعریف ریسک اعتباری مشخص است، بازپرداخت با تأخیر وام از سوی دریافت‌کننده تسهیلات به این ریسک منجر می‌شود، چنانچه این تأخیر بیش از ۹۰ روز شود، از آن به‌عنوان نکول یاد کرده و احتمال این پیشامد را احتمال نکول می‌نامیم. در این

---

1. Non-Parametric Model (NPM)  
2. Receiver Operating Characteristic (ROC)

پژوهش، به دنبال برآورد احتمال نکول هستیم که به صورت پیش گفته تعریف شده و این کار را به کمک فن‌های تحلیل بقا انجام خواهیم داد که در ادامه به طور کامل به آن خواهیم پرداخت.

## ۲-۱. تحلیل بقا

تحلیل آماری داده‌های طول عمر نقش مهمی در علوم گوناگون از جمله، پزشکی، اپیدمی، زیست‌شناسی، جمعیت‌شناسی، اقتصاد و مهندسی ایفا می‌کند. از این رو در سه دهه اخیر، تحلیل آماری این داده‌ها توسط مطالعات متعددی که در زمینه‌های گوناگون انجام شده، گسترش یافته و عنوان تحلیل بقا را به خود اختصاص داده است.

به طور معمول داده‌های بقا با ویژگی‌های سانسور و برش همراه هستند. مشاهدات سانسور شده، تنها جزئی از اطلاعات مورد نظر درباره متغیر تصادفی در مطالعه را دربردارند، در نتیجه، پژوهشگر را ملزم به استفاده از روش‌های تحلیلی‌ای می‌سازند که قادر به ترکیب مفاهیم سانسور و برش در داده‌ها باشند. سانسور زمانی اتفاق می‌افتد که بدانیم برخی طول عمرها، فقط در بازه‌های خاص مشاهده شده‌اند. از انواع مختلف سانسور می‌توان به سانسور از راست اشاره کرد. در واقع، زمان بقای  $T$  از راست سانسور شده نامیده می‌شود، اگر تنها بدانیم که  $T$ ، از یک زمان مشاهده شده مشخص (با عنوان زمان سانسور) بزرگتر است. این امر ممکن است به دلیل پایان افق زمانی مورد مطالعه و یا تسویه پیش از موعد وام توسط دریافت‌کننده تسهیلات رخ دهد.

تحلیل بقا یا تحلیل داده‌های شکست فنی آماری است که در آن متغیر پاسخ، زمان  $T$  است که از یک مبدأ زمانی خوش تعریف تا وقوع یک پیشامد معین (نقطه پایان) در نظر گرفته می‌شود؛ سپس، این متغیر توسط تابع بقا و تابع خطر تحلیل می‌شود. فن‌های تحلیل بقا، زمان انتظار تا وقوع یک پیشامد معین را با استفاده از متغیرهای توضیحی (تبیینی)، مدل و پیش‌بینی می‌کنند و به این ترتیب به پرسش‌هایی از قبیل، چند درصد از افراد جامعه پس از عبور از سن معینی زنده می‌مانند؟ افراد با چه نرخ فوتی می‌کنند؟ و پرسش‌های دیگر، پاسخ می‌دهند.

## ۲-۱-۱. مفاهیم پایه‌ای در تحلیل بقا

## الف) تابع بقا

تابع بقا یک کمیت پایه‌ای است که برای توصیف پدیده زمان تا وقوع پیشامد به کار گرفته می‌شود. احتمال زنده بودن یک آزمودنی پس از زمان  $t$  (تجربه پیشامد پس از زمان  $t$ ) از طریق تابع بقا و توسط:

$$S(t) = p(T)t = \int_t^{\infty} f(x)dx \quad (1)$$

محاسبه می‌شود.

## ب) تابع خطر

یکی دیگر از کمیت‌های بنیادی در تحلیل بقا تابع خطر است، از این تابع با عناوین مختلفی مانند نرخ شکست شرطی در قابلیت اعتماد، نیروی مرگ و میر در جمعیت‌شناسی، تابع شدت در فرایندهای تصادفی، نرخ شکست ویژه یک گروه سنی در اپیدمی و یا به زبان ساده نرخ خطر یاد می‌شود. تابع خطر به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{p(t \leq T < t + \Delta t \mid T \geq t)}{\Delta t} \quad (2)$$

کمیت مهم دیگر در حوزه تحلیل بقا، تابع خطر تجمعی  $H(t)$  است که از طریق رابطه:

$$H(t) = \int_0^t h(x)dx = -\ln[S(t)] \quad (3)$$

محاسبه می‌شود. بنابراین، برای طول عمرهای پیوسته خواهیم داشت:

$$S(t) = \exp[-H(t)] = \exp\left[-\int_0^t h(x)dx\right] \quad (4)$$

## ۲-۱-۲. معرفی مدل‌های مورد استفاده در تحلیل بقا

الف) مدل خطرهای متناسب<sup>۱</sup>

مدل خطر متناسب کاکس که از معروف‌ترین مدل‌های تحلیل بقاست، نرخ خطر برای دو گروه افراد بر اساس اینکه متغیر تبیینی داده شده در آن گروه حضور دارد یا خیر را مقایسه می‌کند. در مدل کاکس فرض می‌شود که تأثیر متغیرهای تبیینی در طول زمان ثابت است، بنابراین، نسبت نرخ خطر بین دو گروه نیز ثابت می‌ماند. برای مثال، اگر نرخ مرگ مبتلایان به بیماری سرطان فردای روز ابتلا دو برابر افراد سالم باشد، طبق فرض مدل خطر متناسب کاکس این نرخ بیست سال بعد نیز همین مقدار است. در نتیجه، نرخ خطر در هر نقطه‌ای از زمان برای هر فرد با متغیرهای تبیینی تابعی از متغیرهای تبیینی ضرب در یک نرخ خطر پایه‌ای است. بنابراین، نرخ خطر به صورت زیر مدل می‌شود:<sup>۲</sup>

$$h(t|X) = h_0(t) c(\beta^T X) \quad (5)$$

## ب) مدل ناپارامتری

در این زیربخش ابتدا مروری بر برآورد کاپلن‌مه‌یر (حد حاصل ضربی)، سپس، به نحوه استفاده خود از این برآوردگر اشاره خواهیم کرد. فرض کنید که  $n$  حجم نمونه یا تعداد زمان‌های بقا شامل کامل یا سانسور شده باشد، این زمان‌های بقا را به ترتیب افزایشی  $t_{(1)} b t_{(2)} b \dots b t_{(n)}$  مرتب می‌کنیم، پس:

$$\hat{S}(t) = \prod_{t_{(r)} b t} \frac{n-r}{n-r+1} \quad (6)$$

که  $r$  عدد صحیح مثبت، نشان‌دهنده تعداد زمان‌های بقای سانسور نشده‌ای بوده که  $t_{(r)} b t$  است. مقادیر  $r$  اگر هیچ مشاهده سانسور شده‌ای نباشد، همه متوالی هستند. آنچه که در این پژوهش استفاده

## 1. Proportional Hazard Model (PHM)

۲. برای توضیحات بیشتر در خصوص رویکرد تحلیل بقا به مدل‌بندی ریسک اعتباری دریافت‌کنندگان تسهیلات کرانی (۱۳۹۰) مراجعه کنید.

می‌کنیم، عملاً همان برآورد حد حاصل‌ضربی تعمیم‌یافته<sup>۱</sup> یا تابع بقای شرطی بارن<sup>۲</sup> است. این روش زمان‌های بقا را به کمک متغیرهای تبیینی پیش‌بینی می‌کند. به‌این صورت که وزن‌هایی متأثر از متغیرهای تبیینی را در نظر گرفته و آنها را در برآورد حد حاصل‌ضربی اعمال می‌کند.

## ۲-۲. روش ROC

استفاده از مدل‌های رده‌بندی کننده اعتباری به‌وسیله مؤسسات مالی و اعتباری و بانک‌ها به‌طور روزافزونی، افزایش یافته است. با این افزایش، این نیاز واقعاً احساس می‌شود، که این مؤسسات ارزش اقتصادی و صحت پیش‌بینی این مدل‌ها را بررسی کنند؛ از این رو در ادامه تلاش خواهیم کرد که روش ROC (مشخصه عملیاتی گیرنده) را که برای مقایسه صحت پیش‌بینی هر دو مدل به آن نیاز داریم، معرفی کنیم. مشخصه عملیاتی گیرنده، فنی آماری است، که در رشته‌های فراوانی از قبیل پزشکی، زیست‌شناسی و علوم مهندسی کاربرد دارد. از نخستین کاربردهای آن می‌توان به کشف سیگنال‌های مشخصه یا ویژه در جنگ جهانی دوم اشاره کرد، که به‌همین علت، با این عنوان نام‌گذاری شده است. کلمه مشخصه به مشخصه‌های رفتاری رده‌بندی کننده اشاره دارد. مدل‌های رده‌بندی کننده، مدلی هستند که براساس یک نمره یا امتیاز یک جامعه را به دو رده مثبت و منفی رده‌بندی می‌کنند. به‌طور مثال در ارزیابی، دریافت کننده تسهیلات اعتباری این که هر دریافت کننده تسهیلات احتمالاً نکول دارد، یا احتمالاً نکول ندارد، رده‌بندی می‌شوند.

- **تعریف روش ROC (کرزانوسکی):**<sup>۳</sup> مشخصه عملیاتی گیرنده یک خم است، که نرخ مثبت درست، در برابر نرخ مثبت نادرست را به‌وسیله یک آستانه<sup>۴</sup> رده‌بندی کننده  $t$  در یک سیستم رده‌بندی کننده به نمایش می‌گذارد.

---

1. Generalized Product-limit estimator  
 2. Beran .(1981).  
 3. Krzanowski .(2009).  
 4. Threshold



فرض کنید که  $t$  مقدار آستانه‌ای در یک سیستم رده‌بندی کننده باشد، اگر نمره رده‌بندی کننده یک شخص  $s$  بیشتر از  $t$  باشد، به جامعه  $P$  نسبت داده شده و در غیر این صورت به جامعه  $N$  نسبت داده خواهد شد. در این صورت در عمل ۴ حالت می‌تواند اتفاق بیفتد:

۱. احتمال این که یک شخص از جامعه  $P$  به طور درستی رده‌بندی شده باشد. یعنی اگر شخص عضو جامعه  $P$  است، سیستم رده‌بندی کننده نیز آن را به درستی به جامعه  $P$  نسبت دهد.

$$TP = p(s) \mid P,$$

۲. احتمال این که یک شخص از جامعه  $P$  به طور نادرستی رده‌بندی شده باشد. یعنی اگر شخص عضو جامعه  $P$  است، سیستم رده‌بندی کننده آن را به نادرستی به جامعه  $N$  نسبت دهد.

$$FP = p(s) \mid N,$$

۳. احتمال این که یک شخص از جامعه  $N$  به طور درستی رده‌بندی شده باشد.

$$TN = p(s \leq t \mid N),$$

۴. احتمال این که یک شخص از جامعه  $N$  به طور نادرستی رده‌بندی شده باشد.

$$FN = p(s \leq t \mid P),$$

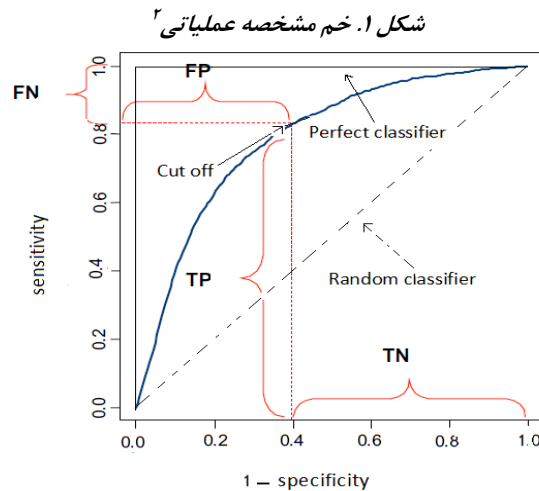
تغییرات  $t$  و ارزیابی همه ۴ کمیت پیش گفته به طور آشکاری اطلاعات کاملی در ارزیابی عملکرد رده‌بندی کننده می‌دهد؛ اما چون  $TP + FN = 1$  و  $FP + TN = 1$  تمام اطلاعات را نیاز نداریم. همان طور که در تعریف ROC اشاره شد، مشخصه عملیاتی گیرنده خمی است، که نرخ مثبت درست در برابر نرخ مثبت نادرست را نشان می‌دهد.

نسبت  $\frac{TP}{TP + FN}$  حساسیت<sup>۱</sup> و نسبت  $\frac{TN}{TN + FP}$  ویژگی<sup>۲</sup> نامیده می‌شود، چنانچه یک رده‌بندی کننده دارای  $TP = 1$  و  $TN = 1$  باشد، از آن به عنوان یک رده‌بندی کننده ایده‌آل نام می‌بریم

1. Sensitivity

2. Specificity

که به هیچ وجه مرتکب خطا نشده و همیشه دارای مقدار حساسیت و ویژگی یک است. از ترسیم کمیت‌های یادشده در برابر یکدیگر یک خم نتیجه می‌شود که از آن به‌عنوان مساحت تحت خم<sup>۱</sup> نام می‌بریم که بیشترین مقدار آن یک است که در حالت رده‌بندی کننده کامل اتفاق می‌افتد و در حالت رده‌بندی کننده تصادفی مقدار ۰/۵ را اختیار می‌کند. بدیهی است، برای عملکرد خوب سیستم‌های رده‌بندی به نرخ درست بالا و نرخ نادرست پایین نیاز داریم. شکل ۱، تمام کمیت‌های یادشده را توجیه می‌کند.



### ۳. روش تحقیق

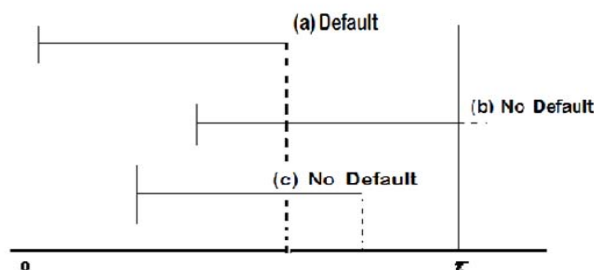
در این بخش، ابتدا به چگونگی ورود تحلیل بقا در مدل بندی ریسک اعتباری اشاره کرده و بعضی از توابع شرطی تحلیل بقا مورد استفاده را بیان می‌کنیم. همچنین، توضیح می‌دهیم آنها چطور می‌توانند در تحلیل ریسک اعتباری استفاده شوند. سپس، به چگونگی برآورد احتمال نکول در پرتفوی دریافت‌کنندگان تسهیلات و به تصریح نحوه استفاده مدل‌های خطر متناسب کاکس و ناپارامتری می‌پردازیم.

1. Area Under Curve (AUC)

2. Stein .(2004).

## ۳-۱. تحلیل بقای شرطی در ریسک اعتباری

استفاده از فن‌های تحلیل بقا در مطالعه ریسک اعتباری و به‌طور ویژه در مدل احتمال نکول را می‌توان در شکل ۲، توجیه کرد. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود، هنگامی که یک شرکت اعتباری طول عمر یک وام را بررسی می‌کند، در عمل ممکن است ۳ حالت پیش بیاید. فرض می‌کنیم که فاصله  $[0, \tau]$  افق زمانی مورد مطالعه باشد. مورد (a) نشان می‌دهد که یک وام پیش از نقطه پایانی زمان مطالعه ( $\tau$ ) دارای نکول بوده است. در چنین موردی طول عمر وام  $T$ ، که زمان نکول وام است، یک متغیر قابل مشاهده است. موارد (b) و (c) موقعیت‌های مختلفی را نشان می‌دهند، در هر دوی آنها امکان این که زمان ورود به نکول را بلافاصله مشاهده کنیم، میسر نیست که این نبود اطلاعات، به‌علت همان از راست سانسور شدن است.

شکل ۲. زمان نکول در ریسک اعتباری دریافت‌کننده تسهیلات<sup>۱</sup>

مورد b همان زمان شروع وام تا پایان مطالعه بوده، در صورتی که مورد c به علت یک فسخ احتمالی پیش‌بینی نشده و یا این که پایان وام پیش از نکول است. اطلاعات قابل استفاده در مدل احتمال نکول یک نمونه  $n$  تایی از متغیرهای تصادفی مستقل و هم‌توزیع  $\{(Y_1, X_1, \delta_1), \dots, (Y_n, X_n, \delta_n)\}$  از بردار تصادفی  $\{Y, X, \delta\}$  که  $Y = \min\{T, C\}$  سررسید یا طول عمر مشاهده شده،  $T$  زمان نکول،  $C$  زمان پایان مطالعه و یا فسخ احتمالی پیش‌بینی نشده وام،

۱. کائو و همکاران. (۲۰۰۹).

$\delta = I(T \leq C)$  نشانگر نکول (سانسور نشدن) و  $X$  بردار متغیر تبیینی است. با توجه به مطالب پیشین، این امکان وجود دارد که توزیع شرطی متغیر تصادفی  $T$  را با استفاده از رابطه‌های متعارف تحلیل بقا به طور کامل مشخص کرد. بنابراین، تابع بقای شرطی  $S(t|x)$ ، نرخ خطر شرطی  $h(t|x)$ ، تابع خطر تجمعی شرطی  $H(t|x)$  و تابع توزیع تجمعی شرطی  $F(t|x)$  را در ادامه می‌آوریم.

$$S(t|x) = p(T > t | X = x) = \int_t^{\infty} f(u|x) du$$

$$h(t|x) = \lim_{\Delta t \rightarrow \infty} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t, X = x)}{\Delta t} = \frac{f(t|x)}{S(t|x)}$$

$$H(t|x) = \int_0^t h(u|x) du = \int_0^t \frac{f(u|x)}{S(u|x)} du$$

$$F(t|x) = 1 - S(t|x)$$

$$S(t|x) = e^{-H(t|x)}$$

### ۳-۲. احتمال نکول در پرتفوی دریافت‌کننده تسهیلات

در نوشته‌های مختص تحلیل ریسک اعتباری، نشریه‌های زیادی روی مدل‌بندی ریسک اعتباری پرتفوی دریافت‌کننده تسهیلات یا پرتفوی‌های اعتباری شخصی وجود ندارد. بیشتر پژوهش‌های مرتبط با اندازه‌گیری ریسک اعتباری، به وسیله همان مدل‌بندی احتمال نکول در پرتفوی‌های کوچک، متوسط و بزرگ شرکت‌ها و یا حتی برای شرکت‌های مالی انجام شده است. با این وجود، چند استثنا هم در کارهای کارلینگ و همکاران (۱۹۹۸)، استپانوا<sup>۱</sup> و توماس (۲۰۰۲) و مالک و توماس (۲۰۰۶) وجود دارند که طول عمر یک وام را با یک مدل رگرسیون نیمه پارامتری و یا به طور ویژه با مدل خطرهای

متناسب کاکس مدل بندی کرده اند. در ادامه، دو رویکرد مختلف مدل احتمال نکول را با استفاده از تحلیل بقای شرطی بیان می کنیم.

الف) مدل خطرهای متناسب کاکس که برآوردگر تابع بقا در این حالت با حل معادلات درستنمایی

جزئی در مدل رگرسیون کاکس به دست می آید و  $PD^{PHM}$  را به ما می دهد.

ب) با استفاده از برآوردگر تابع توزیع شرطی ناپارامتری برن، که برآوردگر ناپارامتری احتمال نکول

$PD^{NPM}$  را به ما می دهد.

از توافقنامه بال II می دانیم که مدل های ریسک اعتباری، برای اندازه گیری احتمال نکول در

افق زمانی  $t + b$  از زمان سررسید  $t$  استفاده می شوند. برای مقدار  $b$  معمولاً مقدار  $b = 12$  (ماه) در

نظر گرفته می شود. بنابراین، احتمال نکول را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$PD(t|x) = p(t \leq T < t + b | T \geq t, X = x) \quad (7)$$

$$= \frac{p(T < t + b | X = x) - p(T \leq t | X = x)}{p(T \geq t | X = x)}$$

$$= \frac{F(t + b | x) - F(t | x)}{1 - F(t | x)}$$

$$= 1 - \frac{S(t + b | x)}{S(t | x)}$$

که  $t$  طول عمر مشاهده شده برای وام و  $x$  مقدار بردار متغیر تبیینی  $X$  برای آن وام است.

## ۳-۳. تصریح مدل‌ها

## ۳-۳-۱. مدل خطرهای متناسب

در این زیربخش یک رویکرد نیمه پارامتری برای مطالعه احتمال نکول را ارائه می‌دهیم. در اینجا از همان رویکرد خطرهای متناسب کاکس در مدل تابع بقای شرطی  $s(t|x)$  استفاده می‌کنیم. آنچه در اینجا کلیدی است، همان برآورد تابع خطر شرطی تجمعی  $H(t|x)$  با استفاده از بیشترین درستنمایی است. در اینجا هدف، همان ساختن یک مدل شرطی برای  $PD(t|x)$  فردی است که بر حسب  $H(t|x)$  تعریف می‌شود. برای برآورد  $PD^{PHM}$  عبارات مورد نیاز نظریه رگرسیون کاکس را در اینجا می‌آوریم. برآورد تابع نرخ خطر شرطی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\hat{h}(t|x) = \hat{h}_0(t) \exp(x^T \beta)$$

که  $\hat{h}_0(t)$  برآوردگر تابع نرخ خطر پایه  $h_0(t)$  و  $\beta$  برآوردگر بردار پارامتر  $\beta$  است. بنابراین، در مدل خطر متناسب فرض شده، برآورد احتمال نکول را به صورت زیر می‌نویسیم:

$$PD^{PHM}(t|x) = \frac{\hat{F}_{\beta}(t+b|x) - \hat{F}_{\beta}(t|x)}{1 - \hat{F}_{\beta}(t|x)} = 1 - \frac{\hat{S}_{\beta}(t+b|x)}{\hat{S}_{\beta}(t|x)} \quad (۸)$$

که:

$$1 - \hat{F}_{\beta}(t|x) = \hat{S}_{\beta}(t|x) = \exp(-\hat{H}(t|x))$$

روش برآورد در این مدل شامل دو مرحله است، در مرحله اول تابع تجمعی خطر

پایه  $H_0(t)$  به صورت زیر برآورد می‌شود:

$$\hat{H}_0(t) = \frac{\sum_{i=1}^n I\{Y_i \leq t, \delta_i = 1\}}{\sum_{j=1}^n I\{Y_j > Y_i\}}$$

سپس، پارامتر  $\beta$  به صورت زیر برآورد می‌شود:

$$\hat{\beta}^{PHM} = \arg \beta \max L(\beta)$$

که تابع درست‌نمایی جزئی به صورت زیر است:

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^n \left( \frac{\exp(x_i^T \beta)}{\sum_{j=1}^n I\{Y_j > Y_i\} \exp(x_j^T \beta)} \right)$$

بنابراین، برآوردگر تابع خطر تجمعی شرطی را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\hat{H}(t|x) = \int_0^t \hat{h}(s|x) ds = \exp(x^T \hat{\beta}^{PHM}) \hat{H}_0(t).$$

### ۳-۲-۳. مدل ناپارامتری

در این روش نخست، برآوردگر ناپارامتری تابع توزیع شرطی را به دست می‌آوریم. گوییم این برآوردگر

برای  $\hat{S}_h(t|x)$  به دست آوردن برآوردگر  $PD(t|x)$  استفاده شده و آن را  $PD^{NPM}(t|x)$  برای مقادیر دلخواه  $X$  و  $t$  می‌نامیم. چون یک نمونه از داده‌های از راست سانسور شده برای توزیع طول عمر یک وام داریم، همان طور که پیشتر نیز گفته شد، از برآوردگر پیشنهاد شده توسط برن (۱۹۸۱) برای تابع بقای شرطی  $T$ ، وقتی  $X = x$  را داریم، استفاده می‌کنیم:

$$\hat{S}_h(t|x) = \prod_{i=1}^n \left( 1 - \frac{I\{Y_i \leq t, \delta_i = 1\} B_{ni}(x)}{1 - \sum_{j=1}^n I\{Y_j \leq t\} B_{nj}(x)} \right)$$

که  $Y_i$  طول عمر مشاهده شده  $i$ -امین وام،  $\delta_i$  نکول مشاهده شده  $i$ -امین وام (سانسور نشده)،  $X_i$  همان بردار متغیرهای تبیینی برای  $i$ -امین وام و  $B_{ni}(x)$  وزن ناپارامتری نادریا<sup>۱</sup>-واتسون<sup>۲</sup> است:

$$B_{ni}(x) = \frac{K((x - X_i)/h)}{\sum_{j=1}^n K((x - X_j)/h)}, \quad 1 \leq i \leq n,$$

که  $K$  تابع هسته و  $h = h_n > 0$  پارامتر پهنای باند<sup>۳</sup> است. در عمل، از نزدیک‌ترین  $k$  همسایه برای پارامتر پهنای باند که به صورت زیر تعریف شده است، استفاده می‌کنیم:

$$h = h^{KNN}(x) = d(x, X_{[k]})$$

که  $k$  یک عدد صحیح ثابت بوده و  $d(x, X_{[k]})$  فاصله  $k$  امین آماره مرتب از  $x$  تا  $X_i$  های سانسور نشده است.

در برآورد احتمال نکول در زمان  $T$  وقتی که بردار متغیر تبیینی  $x$  را داریم، مقدار نظری تابع

بقای شرطی را به وسیله برآوردگر  $\hat{S}_h$  جایگذاری می‌کنیم:

$$PD^{NPM}(t|x) = \frac{\hat{F}_h(t+b|x) - \hat{F}_h(t|x)}{1 - \hat{F}_h(t|x)} = 1 - \frac{\hat{S}_h(t+b|x)}{\hat{S}_h(t|x)} \quad (۹)$$

- 
1. Nadaraya
  2. Watson
  3. Bandwidth



#### ۴. نتایج تجربی

در این بخش، روش‌های برآورد احتمال نکول در بخش پیشین را در یک پرتفوی واقعی به کار خواهیم برد. هدف ما در اینجا نشان دادن نتایج به دست آمده از کاربرد دو مدل پیشین در برآورد احتمال نکول در یک نمونه از وام‌های دریافت‌کنندگان تسهیلات است. به‌همین‌منظور یک مقایسه تجربی بین مدل‌ها از طریق آمار توصیفی و نمودارهای احتمال نکول خواهیم داشت. سپس، در ادامه به کمک روش مشخصه عملیاتی‌گیرنده صحت برآوردهای احتمال نکول به دست آمده هر دو روش در پرتفوی واقعی را بررسی می‌کنیم. در تمام این موارد، نمودارها براساس اصول کمیته بال، یعنی همان دوره پیش‌بینی یک‌ساله خواهد بود.

#### ۴-۱. منابع داده‌ها

داده‌هایی که در این پژوهش احتمال نکول آنها را حساب می‌کنیم، تسهیلات جعاله بانک مسکن است. در اینجا همان تعریف وام‌های سررسید گذشته بانک را به‌صورت نکول آن‌چنان‌که در بخش‌های پیشین تعریف شد، در نظر می‌گیریم. داده‌ها شامل یک نمونه ۳۰۰۰۰ تایی است که به‌صورت نمونه‌گیری تصادفی ساده از کل پرتفوی جعاله بانک مسکن انتخاب شده است، قلمرو مکانی این داده‌ها کل کشور ایران و قلمرو زمانی نیز از فروردین ۱۳۸۴ تا فروردین ۱۳۸۹ است. در مورد علت انتخاب تسهیلات جعاله باید اشاره کنیم که این مسأله به تصمیم مدیران بانک برمی‌گردد و پژوهشگران نقشی در این موضوع نداشته‌اند. البته، با توجه به این موضوع که امکان استفاده از متغیر رتبه یا امتیاز اعتباری در برآورد احتمال نکول بسیار به بهبود نتایج و نیز آزمون خود متغیر امتیاز اعتباری کمک می‌کند. افزون بر این، با توجه به این که هزینه رتبه‌بندی برای وام‌های خرد بسیار زیاد است، شایسته است که در پژوهش‌های آتی این روش در تسهیلات کلان که رتبه‌بندی اعتباری نیز توجیه اقتصادی دارد، مورد استفاده قرار گیرد.

نمونه به‌صورت دو زیر نمونه وام‌های دارای نکول و وام‌های بدون نکول قابل تقسیم است که

متغیرها را به‌صورت زیر در نظر می‌گیریم:

Y: سررسید یا طول عمر مشاهده شده برای هر وام است. در اینجا هنگامی که داده‌ها سانسور نشده هستند سررسید، همان زمان تا نکول T است و در حالت سانسور زمان تا پایان مطالعه (در اینجا همان فروردین ۱۳۸۹ است) زمان تا پایان قانونی وام و یا زمان تا فسخ احتمالی پیش‌بینی نشده وام است. گفتنی است که زمان را برحسب ماه ثبت کرده‌ایم.

X: در اینجا میزان مبلغ تسهیلات دریافتی را برحسب ۱,۰۰۰,۰۰۰ ریال به‌عنوان متغیر تبیینی در نظر می‌گیریم.

δ: نشانگر نکول (سانسور نشده) است که اگر این متغیر مقدار یک را اختیار کند، وام دارای نکول و اگر مقدار صفر را اختیار کند، وام نکولی ندارد.

در جدول ۱، آماره‌های توصیفی برای متغیرهای اصلی و تبیینی هر دو گروه از وام‌ها را ارائه کرده‌ایم.

جدول ۱. آماره‌های توصیفی برای طول عمر وام‌ها و متغیر تبیینی، در وام‌های دارای نکول، وام‌های بدون نکول و مجموع وام‌ها

Sample	Min.	1 <sup>st</sup> .Q.	median	mean	3 <sup>rd</sup> .Q.	Max.
DL maturity(T) X	۱/۰۰۰ ۰/۶	۴/۸۰۷ ۱۱/۰۰۰	۸/۵۹۹ ۱۴/۰۰۰	۱۲/۳۸۵ ۱۲/۷۶۷	۱۶/۲۳۷ ۱۴/۰۰۰	۵۷/۲۸۹ ۷۱/۴۰۰
NDL maturity(C) X	۰/۰۰۰ ۱/۲۵۰	۲۴/۶۱۴ ۲۴/۰۰۰	۳۶/۰۰۰ ۱۴/۰۰۰	۳۲/۶۱۴ ۱۲/۷۵۳	۴۲/۴۸۳ ۱۴/۰۰۰	۵۹/۰۰۰ ۷۰/۰۰۰
AL maturity(Y) X	۰/۰۰۰ ۰/۶۰۰	۶/۷۰۹ ۱۰/۰۰۰	۱۸/۰۶۴ ۱۴/۰۰۰	۲۱/۹۸۶ ۱۲/۷۶۰	۳۶/۱۶۱ ۱۴/۰۰۰	۵۹/۰۰۰ ۷۱/۴۰۰

مأخذ: محاسبات این پژوهش  
توضیح: در تجزیه و تحلیل داده‌ها از دو نرم‌افزار SPSS و R استفاده کرده‌ایم.

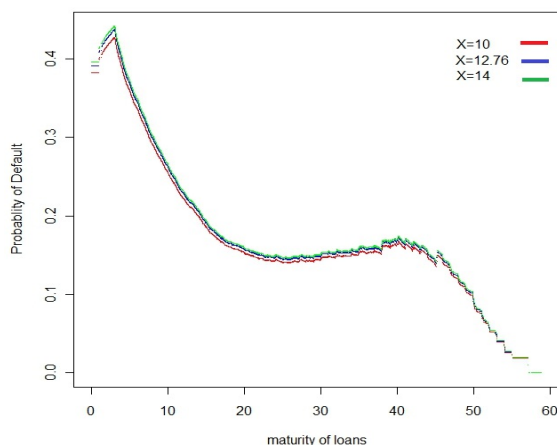
#### ۴-۲. برآورد احتمال نکول داده‌ها

در این بخش، نمودارهای احتمال نکول مربوطه را ارائه خواهیم کرد. نمودارهای این بخش یک توصیف گرافیکی را برای برآوردگرهای پیشنهاد شده در این پژوهش با توجه با رویکرد شرطی مورد استفاده، در ریسک اعتباری دریافت‌کننده تسهیلات، فراهم می‌کنند.

## ۴-۲-۱. مدل خطرهای متناسب

برآورد احتمال نکول، در مدل خطرهای متناسب را در شکل ۳ آورده‌ایم. در این شکل، احتمال نکول را به ازای مقادیر مختلف متغیر تبیینی  $X$  برآورد کرده‌ایم. ملاحظه می‌کنیم که در هر ۳ نمودار بیشترین احتمال نکول به ازای همان مقادیر اولیه سررسید وام‌ها رخ می‌دهد. این بیانگر این است که بیشترین نکول وام‌های بانک مسکن را وام‌هایی با طول عمر کمتر از ۵ ماه دارند، که اگر بانک بتواند راهکاری را برای مراحل اولیه بازپرداخت وام‌ها ارائه دهد، می‌تواند ریسک اعتباری خود را کنترل کند.

شکل ۳.  $PD$  به کمک روش مدل خطرهای متناسب در یک سال آتی به ازای مقادیر ۱۴ و ۱۲/۷۶ و ۱۰  $X$



نکته مهم در مورد شکل ۳، این است که اگر افق زمانی مورد بررسی خود را به ۳ قسمت تقسیم کنیم، خواهیم دید که در یک‌سوم اول، به غیر از ابتدای راه که روندی صعودی را احتمال نکول طی می‌کند، در ادامه راه احتمال نکول روند نزولی اکیدی را دنبال کرده و بیشترین احتمال نکول هم در این ۲۰ ماه اول نسبت به بقیه اتفاق می‌افتد. این در حالی است که در یک‌سوم دوم، روندی تقریباً صعودی داریم که در چهلمین ماه به یکی از دو نقطه بیشترین می‌رسد، ولی در یک‌سوم پایانی باز روندی نزولی داریم؛ در این ارتباط در مورد یک‌سوم پایانی باید گفت که به ازای سررسیدهای بیشتر از ۴۸ ماه برای محاسبه احتمال نکول، از مقدار احتمال بقای همان ماه ۱۴۸م استفاده کرده‌ایم، به همین دلیل،

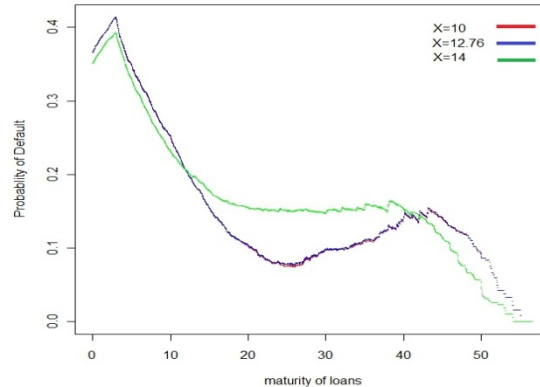
درستی نتایج در ۱۲ ماه پایانی چندان قابل اتکا نیست. بنابراین، افق زمانی ۵ ساله را انتخاب کردیم که بتوانیم احتمال‌های نکول دقیق‌تری برای سررسیدهای بیشتری داشته باشیم.

همچنین، در شکل ۳ می‌توان مشاهده کرد که به ازای مقادیر مختلف متغیر تبیینی، تقریباً اختلاف معناداری در برآورد احتمال نکول مشاهده نمی‌شود. می‌توان گفت این امر به دلیل همان متغیر تبیینی است که در اختیار داریم، در صورتی که بتوانیم احتمال نکول را به ازای مقادیر مختلف امتیاز اعتباری برآورد کنیم، می‌توانیم نتایج بهتری در برآورد احتمال نکول و نیز در ارتباط با صحت کارکرد امتیازی اعتباری به دست آوریم. در بخش انتهایی در رابطه با صحت نتایج به دست آمده از روش خطرهای متناسب، بحث خواهیم کرد.

#### ۲-۲-۴. مدل ناپارامتری

شکل ۴ نتایج به دست آمده برای برآورد احتمال نکول را به کمک مدل ناپارامتری نمایش می‌دهد. نمودارهای این روش هم به نتایج به دست آمده به وسیله رویکرد پیشین صحت گذاشته و وادار می‌شویم، به همان صحبت اولیه خود تأکید کرده که بیشترین احتمال نکول در همان مراحل اولیه بازپرداخت وام‌ها پیش می‌آید و اینکه بانک برای کنترل ریسک باید راهکارهای لازم را در نظر بگیرد.

شکل ۴.  $PD$  به کمک روش مدل ناپارامتری در یک سال آتی به ازای مقادیر ۱۰، ۱۲/۷۶ و ۱۴  $X$



گفتنی است که در این روش هم تنها به ازای مقدار  $X = 14$  در وام‌هایی با طول عمر بیشتر از ۱۲ تا ۴۱ ماه احتمال نکول اختلاف معناداری را نشان می‌دهد و به ازای مقادیر دیگر، اختلاف معناداری مشاهده نمی‌شود که علت این موضوع را پیشتر توضیح دادیم. در پایان این زیربخش، خلاصه‌ای از نتایج به دست آمده برای برآورد احتمال نکول را به کمک آمار توصیفی، برای هر دو روش در قالب جدول ۲، آورده‌ایم.

جدول ۲. آماره‌های توصیفی برای برآورد احتمال نکول برای هر سه روش خطرهای متناسب و ناپارامتری

Model	Min.	1 <sup>st</sup> .Q.	median	mean	3 <sup>rd</sup> .Q.	Max.	
PHM	$x = 10$	۰/۰۰۰	۰/۱۴۴۲	۰/۱۵۳۸	۰/۱۸۹۵	۰/۲۱۰۵	۰/۴۲۷۳
	$x = 12/76$	۰/۰۰۰	۰/۱۴۸۳	۰/۱۵۸۳	۰/۱۹۴۷	۰/۲۱۶۴	۰/۴۳۷۲
	$x = 14$	۰/۰۰۰	۰/۱۵۰۲	۰/۱۶۰۳	۰/۱۹۷۰	۰/۲۱۹۱	۰/۴۴۱۷
NPM	$x = 10$	۰/۰۰۰	۰/۰۸۸۷	۰/۱۲۰۶	۰/۱۴۸۷	۰/۱۵۸۸	۰/۴۱۳۴
	$x = 12/76$	۰/۰۰۰	۰/۰۹۰۵	۰/۱۱۹۷	۰/۱۵۱۱	۰/۱۷۰۴	۰/۴۱۳۶
	$x = 14$	۰/۰۰۰	۰/۱۲۴۰	۰/۱۵۲۱	۰/۱۶۰۸	۰/۱۸۰۱	۰/۳۹۲۱

مأخذ: محاسبات این پژوهش

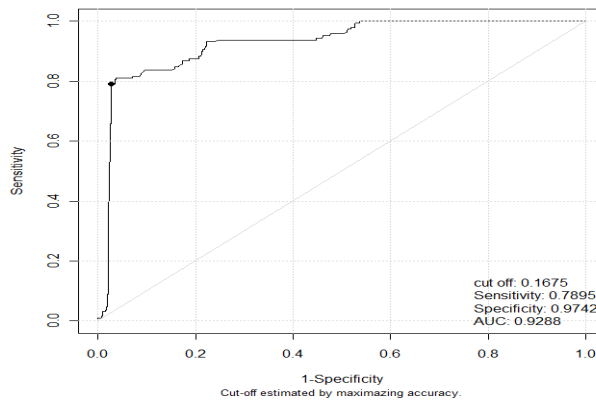
#### ۳-۴. مقایسه بین روش‌های مختلف برآورد احتمال نکول

در مورد صحت پیش‌بینی مدل‌های مطرح شده در این پژوهش به یک معیار پیش‌بینی نیاز داریم. پس از بررسی‌های بسیار بهترین معیار را روش ROC مشاهده کردیم. این ابزار در متون مالی بسیار پرکاربرد است، چنانکه افرادی هم‌چون توماس (۲۰۰۰)، اشتاین (۲۰۰۵)، بلوچلینگر<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۶)، انگلمن<sup>۲</sup> (۲۰۰۶)، کائو و همکاران (۲۰۰۹) و دیگران از آن، در این زمینه استفاده کرده‌اند. برای انجام مقایسه، ابتدا نمونه خود به حجم ۳۰۰۰۰ را به دو زیر نمونه آموزشی<sup>۳</sup> به حجم ۲۴۰۰۰ و نمونه آزمون<sup>۴</sup> ۶۰۰۰ تقسیم کردیم. برآوردهای احتمال نکول به دست آمده از هر دو روش در نمونه آموزشی را در نمونه آزمون به کار می‌بریم. گفتنی است که انتخاب این دو نمونه به تصادف انجام شده است. برای انجام کار آن دسته از وام‌هایی را از نمونه آزمون را که در زمان  $t = 10$  هنوز

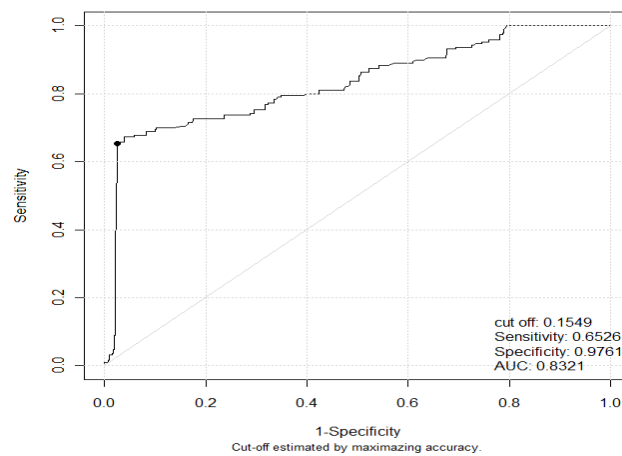
1. Blöchlinger
2. Engelmann
3. Training Sample
4. Test Sample

دارای نکول نشده اند، در نظر می‌گیریم. پس از یک سال (افق زمانی ۱۲ ماه) این نمونه به دو قسمت، نکول شده (سررسید گذشته) و نکول نشده (سررسید نگذشته) قابل تقسیم است. برای بررسی توان تشخیصی دو مدل پیشنهاد شده در این پژوهش احتمال‌های نکول مرتبط با هر روش را در نمونه یادشده در نظر گرفته، خم‌های ROC را محاسبه کرده و در شکل‌های ۵ و ۶ نمایش داده‌ایم.

شکل ۵. خم مشخصه عملیاتی برای برآورد احتمال نکول به روش خطر متناسب



شکل ۶. خم مشخصه عملیاتی برای برآورد احتمال نکول به روش ناپارامتری



همان طور که در شکل های ۵ و ۶ مشاهده می شود، روش خطرهای متناسب بهترین عملکرد را در بین دو روش پیشنهاد شده در این پژوهش دارد؛ چرا که دارای مساحت زیر خمی برابر  $0/9288$  است. در حالی که برای روش ناپارامتری مساحت زیر خمی برابر  $0/8321$  دارد. در پایان این زیربخش در جدول ۳ مساحت تحت منحنی خم مشخصه عملیاتی و فواصل اطمینان را برای هر دو روش آورده ایم.

جدول ۳. مساحت تحت خم های مشخصه عملیاتی هر دو روش برای نمونه آزمون

Model	AUC	confidence ۹۵ % asymptotic interval	
NPM	$0/8321$	$0/7964$	$0/870$
PHM	$0/9288$	$0/907$	$0/951$

مأخذ: محاسبات این پژوهش

##### ۵. نتیجه گیری و ارائه پیشنهادها

در این پژوهش، رویکرد جدیدی را در مدل بندی ریسک اعتباری به کمک روش های تحلیل بقا مطرح کردیم و امیدواریم یافته های این پژوهش، در مدیریت ریسک اعتباری قابل استفاده باشد. در اینجا احتمال نکول را که یکی از پارامترهای با اهمیت از دیدگاه کمیته بال است، به دو روش خطرهای متناسب کاکس و ناپارامتری برآورد کردیم و صحت برآوردهای احتمال نکول هر دو روش را به کمک روش ROC بررسی کردیم. مشاهده کردیم که روش خطرهای متناسب کاکس بهترین عملکرد را ارائه می دهد.

آنچه که در مورد روش مطرح شده در این پژوهش می توان اشاره کرد، این است که اگر بتوانیم از متغیرهای تبیینی مشابه امتیاز یا رتبه اعتباری استفاده کنیم، توانایی این روش ها بیشتر خود را نشان داده و نتایج بهتری خواهیم داشت؛ اما متأسفانه در حال حاضر در بانک های کشور چنین امکانی وجود ندارد، به هر حال امیدواریم که در آینده بانک های کشور چنین امکانی را برای مدیریت ریسک اعتباری خود فراهم آورند. در پایان، چند پیشنهاد را برای بهبود عملکرد بانک مسکن در مدیریت ریسک اعتباری مطرح می کنیم.

۱. همان‌طور که نمودارهای احتمال در هر دو روش نشان دادند، تجدید نظر در نحوه بازپرداخت تسهیلات است؛ چرا که بیشترین احتمال نکول را وام‌هایی با طول عمر کمتر از ۵ ماه دارند، به بیان دیگر، احتمال اینکه وام‌های مورد بررسی در ۵ ماه اول به نکول برسند، بسیار بیشتر از زمان‌های دیگر است؛ بنابراین، تصمیم‌گیران بانک با علم بر این موضوع احتیاج به سیاست‌های کنترلی برای مدیریت ریسک خود در این بازه زمانی دارد.

۲. دومین پیشنهاد در مورد استفاده بانک از رتبه بندی یا امتیاز اعتباری است؛ چرا که علاوه بر نحوه مدیریت صحیح تخصیص تسهیلات به مشتریان از طریق امتیاز اعتباری، استفاده از آن به‌عنوان یک متغیر تبیینی باعث کاراتر و دقیق‌تر شدن برآوردهای احتمال نکول می‌شود.



## منابع

- ۱- کرانی، حامد. (۱۳۹۰). رویکرد تحلیل بقا به مدل‌بندی ریسک اعتباری دریافت‌کنندگان تسهیلات. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی.
- 2- Altman, E. I. (1968). Financial Ratios, Discriminant Analysis, and the Prediction of Corporate Bankruptcy. *Journal of Finance*. Vol. 23, pp 589-61.
- 3- Baba, N. & Goko, H. (2006). Survival Analysis of Hedge Funds. Bank of Japan, Working Papers Series No.06-E-05.
- 4- Basel Committee on Banking Supervision. (2004). International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: a Revised Framework. Bank for International Settlements.
- 5- Beran, R. (1981). Non-Parametric Regression with Randomly Censored Survival Data Unpublished Technical Report. University of California, Berkeley.
- 6- Blöchliger, A. and Leippold, M. (2006). Economic Benefit of Powerful Credit Scoring. *Journal of Banking and Finance*. Vol. 30, pp 851-873
- 7- Cao, R., Vilar, J. M. and Devia, A., (2009). Modeling Consumer Credit Risk via Survival Analysis. *Statistics and Operations Research Transactions*. Vol. 33 (1), pp 3-30.
- 8- Carling, K., Jacobson, T. and Roszbach, K. (1998). Duration of Consumer Loans and Bank Lending Policy: Dormancy Versus Default Risk, Working Paper Series in Economics and Finance No. 280, Stockholm School of Economics.
- 9- Engelmann, B. (2006). Measures of a Rating's Discriminative Power- Applications and Limitations. In: Engelmann, B. and Rauhmeier, R. The

- Basel Risk Parameters: Estimation, Validation, and Stress Testing. New York: Springer.
- 10- Krzanowski, W.J. and Hand, D.J. (2009). Monographs on Statistics and Applied Probability 111: ROC Curves for Continuous Data. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC.
  - 11- Malik, M. and Thomas L. (2006). Modeling Credit Risk of Portfolio of Consumer Loans. University of Southampton, School of Management Working Paper Series No. CORMSIS-07-12.
  - 12- Narain, B. (1992). Survival Analysis and the Credit Granting decision. In: Thomas L., Crook J. N. and Edelman, D. B. (eds.). Credit Scoring and Credit Control. OUP: Oxford, pp 109-121.
  - 13- Stepanova, M. and Thomas, L. (2002). Survival Analysis Methods for Personal Loan Data. Operations Research. Vol 50, pp 277-289.
  - 14- Stein, R. (2005). The Relationship Between Default Prediction and Lending Profits: Integrating the ROC Analysis and Loan Pricing. Journal of Banking and Finance. Vol. 29, pp 1213-1236.