به کار گیری مدل زنجیره های مارکوف گسسته جهت پیش بینی رفتار پرتفوی وام بانک ها

سید کاظم ابراهیمی[۱] * ، راحله لعله ئی[۲]

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله:۱۳۹۳/۰۳/۰۵

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۰۲

واژگان کلیدی:

پرتفوی اعتباری بانک ، فرآیندهای تصادفی ، زنجیره مارکوف گسسته.

چکیده

هدف اصلی تمام بانک های تجاری جمع آوری پس- اندازهای افراد حقیقی حقوقی و تخصیص آن ها به صورت تسهیلات به شرکت های صنعتی ، خدماتی تولیدی است . عدم بازپرداخت تسهیلات از جانب این مشتریان ، بانک ها را دچار مشکلات عدیده ای از جمله ناتوانی در بازپرداخت وام های بانک مرکزی ، بیشتر شدن مقدار تسهیلات از مقدار بازپرداختی های مشتریان و عدم توانایی اعطای تسهیلات می کند . با افزایش مطالبات معوق[۳] و تأخیر در بازپرداخت وام ها ضرورت تخصیص بهینه تسهیلات و بررسی رفتار پرتفوی اعتباری بانک ها ، بیش از پیش نمایان می شود . از این رو در پژوهش حاضر به مدل سازی پیش بینی رفتار پرتفوی وام بانکی با استفاده از زنجیره های مارکوف با حالت (وضعیت) های محدود[۴] پرداخته شد . مدل مارکوف پیشنهادی ، دارای سه حالت (وضعیت)[۵] مشخص برای وام هاست که عبارتند از (۱) وام فعال یا زنده[۶] (۲) وام با تأخیر یک تا سه ماهه در بازپرداخت[۷] (۳) وام معوق . ماتریس انتقال بین حالت های مختلف ، توسط اطلاعات تاریخی از پرتفوی وام مسکن بانک ملی به دست آمد و سپس پیش بینی از تعدادپرداخت های به موقع ، تأخیر در بازپرداخت و عدم بازپرداخت برای پرتفوی مشخصی از تسهیلات اعطائی ، انجام گردید . نتایج به دست آمده حاکی از آن است که مدل مارکوف پیشنهادی با دقت خوبی توانایی پیش بینی رفتار پرتفوی اعتباری بانک را داراست .

۱- مقدمه

مسأله " پیش بینی " همواره یکی از موضوعات مهم و اساسی در تمامی حوزه های مرتبط با برنامه ریزی بوده است که در حوزه علم اقتصاد و خصوصاً اقتصاد مالی ارتباط تنگاتنگی با موضوع "ریسک"[8] در سرمایه- گذاری و مدیریت آن دارد [۱] . با توجه به اینکه اغلب بحران ها در صنعت بانکداری در نتیجه عدم بازپرداخت اصل و بهره پولی است که به عنوان تسهیلات به مشتریان پرداخت می شود.

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: kebrahimi@semnan.ac.ir

۱. استاد یار گروه حسابداری ، دانشگاه سمنان

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی –گرایش مالی ، دانشگاه سمنان

[3] Outstanding Debt
[4] Finite State Markov Chain
[5] State
[6] Active Loan
[7] Delinquent
[8] Risk

از این رو بسیاری از مؤسسات مالی به خصوص بانک ها نیاز مبرم به مدل‌هایی دارند که در ارزیابی و پیش بینی ضرر بالقوه پرتفوی وام آن‌ها و همچنین رتبه‌بندی مشتریان جهت بهبود فرآیند اعتباردهی به مدیران کمک کند . مدیران مؤسسات مالی و بانک ها با دسترسی به مدلی که به خوبی بتواند رفتار پرتفوی اعتباری آن ها را پیش بینی کند ، می توانند با دقت و اطمینان بیشتری ذخایر عادی و مطالبات مشکوک الوصول[9] خود را تعیین کرده و در نتیجه با مازاد ذخیره که موجب راکد ماندن سرمایه می شود ، یا کمبود ذخیره که می تواند بانک را با بحران روبرو کند ، مواجه نشوند . بر همین اساس سرمایه گذاران نیز با توجه به مطلوبیتی که سرمایه گذاری بدون ریسک برای آن‌ها دارد ، طبعاً تمایل به سرمایه گذاری در بانک هایی دارند که خطر مواجه شدن آن با بحران کمتر باشد [۲].

مدل‌های پیش‌بینی ضرر ناشی از عدم بازپرداخت اعتبارات واگذار شده[10] ، به ۵ دسته عمده زیر تقسیم می‌شوند[۵] :

۱. مدل های امتیازی[11]
۲. مدل های ماتریسی[12]
۳. مدل های رول ریت[13]
۴. زنجیره های مارکوف[14]
۵. مدل های زمانی[15]

ارزیابی و بررسی رفتار پرتفوی اعتباری به این معناست که در پایان یک دوره مالی مشخص چه میزان از ارزش تسهیلات اعتباری بازپرداخت به موقع داشته اند ، چه میزان از تسهیلات با تأخیر بازپرداخت شده اند و از همه مهم تر چه ارزشی از پرتفوی سوخت شده یا به عبارتی تحت عنوان مطالبات معوق محسوب می شود.

لازم به ذکر است که تا به حال تحقیقات بسیاری در زمینه رتبه بندی اعتباری[16] مشتریان انجام شده است و مدل‌های بسیاری از قبیل روش‌های آماری ، هوش مصنوعی[17] و سیستم های خبره در این زمینه به کار برده شده اند. اما تعداد تحقیقات در زمینه بررسی رفتار پرتفوی وام محدودتر است و در نتیجه لزوم تحقیقات بیشتر را توجیه می‌کند . همان طور که ذکر شد ، یکی از روش های پیش بینی ضرر اعتباردهی ، استفاده از مدل های زنجیره مارکوف است . علاوه بر کار تئوریک که کیم و سانتومرو[18] در سال ۱۹۹۳ انجام دادند ، تحقیقات بسیار کم و انگشت شماری در زمینه استفاده از زنجیره های مارکوف برای پیش بینی رفتار پرتفوی اعتباری مؤسسات مالی و اعتباری از قبیل بانک ها انجام شده است.

در این پژوهش ، برای تجزیه و تحلیل پرتفوی اعتباری وام مسکن از مدل زنجیره های مارکوف استفاده می کنیم . هدف ما در این مقاله پیش بینی ضررهای وام دهی ، تأخیرها و پرداخت های به موقع یک پرتفوی وام پس از پایان دوره مالی یک ساله است . برای این منظور سه حالت وام فعال (جاری) ، وام دارای تأخیر و وام معوق را تعریف می کنیم که ارزش پولی متوسط هر یک از این سه حالت در پرتفوی ، در انتهای دوره مالی به ترتیب پیش بینی از پرداخت های به موقع ، تأخیرها و ضرر ناشی از اعتباردهی را فراهم می کند.

۲- پیشینه تحقیق

مدل زنجیره های مارکوف یک روش آماری بر مبنای اطلاعات گذشته است و در امر پیش بینی ضرر (تعداد وام های معوق) و تأخیرهای پرتفوی وام و همچنین رتبه بندی مشتریان می‌تواند به‌کار گرفته شود. سایرت[19] [۶] اولین کسی بود که مدل‌های آماری را جهت مدیریت ریسک اعتباری به کار برد . وی از مدل زنجیره‌های مارکوف و توسط یک ماتریس انتقال ثابت ، نرخ نکول و ضرر محتمل

[9] Doubtful Debt
[10] Loan Loss Reserves Models
[11] Scorecard Models
[12] Matrix model
[13] Roll Rates Models
[14] Markovian chains
[15] Vintage Models
[16] Credit Rating
[17] Artifitial Intelligence
[18] Kim & Santomero
[19] Cyert etal

را در حین معاملات اعتباری به دست آورد . تحقیق انجام شده توسط وی ، تحقیقات تئوریک در زمینه کاربرد زنجیره های مارکوف در تجارت معاملات و دریافتی‌های اعتباری را ارائه داد که البته تنها بهبودهای بسیار کمی را نسبت به تحقیقات پیشین ، در برداشتند . فریدمن[20] [۷] مناسب بودن سه مدل بررسی رفتار بازپرداخت مشتریان را بررسی کرد . این سه مدل شامل (۱) . زنجیره مارکوف غیر ثابت[21] (۲) . زنجیره مارکوف ثابت (۳) . مدل حرکت و ثبات[22] است. وی در پی یافتن این امر بود که آیا داده هایی که برای ساخت ماتریس انتقال استفاده شده اند فرضیه ثابت بودن و همگن بودن احتمالات انتقال را برآورده می کند یا خیر ؟ کیم و سانتومرو [۸] دو مدل زنجیره مارکوف برای پیش بینی ضرر وام دهی تحت فرضیات مختلف طراحی کردند . آن ها به این نکته توجه کردند که در صورتی که بانک افزایش بزرگی در تعداد وام‌های دارای تأخیر یا معوق خود مشاهده کند این موضوع می تواند به دو دلیل عمده (۱) . افزایش به دلیل در نظر گرفتن تابع توزیع ثابت (۲) . افزایش نشان دهنده اطلاعات جدیدی است که ما را ملزم می کند از توزیع جدید و پر ریسک تری نسبت به تابع توزیع قبل استفاده کنیم . در هر دو این تحقیقات انجام شده نشان داده شد که این دو فرض در مدل های زنجیره مارکوف معرفی شده برآورده نمی شود . این دو محقق در طی یافته های خود به این نتیجه رسیدند که برآورده شدن این دو فرض یکی از بزرگترین موانع در به کارگیری زنجیره های مارکوف جهت بررسی رفتار اعتباری است . زیپکین[23] [۹] یک مدل تحلیلی توسط زنجیره های مارکوف به صورت جانشینی برای روش " شبیه سازی احتمالی جزئی "[24] به منظور بررسی نرخ بازگشت اوراق بهادار پشتیبان وام های مسکن[25] طراحی کرد . جارو و همکاران[26] [۱۰] اولین کسانی بودند که مدل زنجیره های مارکوف پیوسته را معرفی نمودند . آن ها در مدل زنجیره های مارکوف خود نکول را وضعیتی جاذب فرض کردند و زمان نکول را نخستین زمانی فرض کردند که زنجیره پیوسته مارکوف به این وضعیت جاذب برسد . در مدل آن‌ها ، برای تغییرات کیفیت اعتباری ، احتمال‌های ثابتی در نظر گرفته می شود که با استفاده از ماتریس های گذار اعتبار تاریخی تخمین زده می شوند.

اسمیت[27] [۱۱] در پیش بینی عملکرد مالی وام‌های مسکن در تایوان ، نشان داد که مدل مارکوف با احتمالات انتقال غیر ثابت که در آن مواردی از قبیل الگوی پرداخت ، مشخصات وام ، فعالیت های جمعی تجاری در نظر گرفته شده است ، عملکرد بهتری نسبت به احتمالات انتقال ثابت دارد.

استفاده از مدل مارکوف در زمینه پیش بینی رفتار پرتفوی وام در ایران تنها در تحقیقی توسط زنگنه و دیگران [۲] انجام گرفته است . نتایج حاصل از پژوهش آن ها نشان دهنده توانایی خوب مدل مارکوف در پیش بینی وضعیت های بازپرداخت می باشد.

۳- مبانی نظری

۳-۱ تاریخچه و جایگاه ریسک اعتباری در سیستم بانکی

اندازه گیری و درجه بندی ریسک اعتباری برای نخستین بار در سال ۱۹۰۹ توسط جان موری بر روی اوراق قرضه انجام شد ، یکی از قدیمی ترین مؤسساتی که اقدام به رتبه بندی اوراق قرضه نمود ، مؤسسه مودیز است که در سال ۱۹۰۹ تأسیس شد . برخی از محققین در آن زمان متوجه شباهت زیاد اوراق قرضه و تسهیلات اعطایی گردیدند ، از این رو درجه بندی اعتباری یعنی اندازه گیری ریسک عدم

[20] Frydman
[21] Nonstationary Markov Chain Model
[22] Mover – Stayer Model
[23] Zipkin
[24] Elaborate Stochastic Simulation
[25] Mortgage – Backed Securities
[26] Jarrow et al
[27] Smith

پرداخت اصل و بهره (سود) تسهیلات را تحت بررسی قرار دادند [۳].

امروزه حدود ۱۴۰ مؤسسه رتبه بندی اعتباری در دنیا صلاحیت اعتباری شرکت ها و مؤسسات مالی ، اوراق قرضه کشورها ، اوراق بهادار با پشتوانه دارایی ، اوراق تجاری و سهام را تعیین می کنند ، برخی از آن ها بیش از ۱۰۰ سال از تأسیس شان می گذرد . این مؤسسات نظریات خود را در قالب رتبه بندی منتشر می کنند . بانک های غربی از رتبه بندی هایی که توسط مؤسسات رتبه بندی خارج از بانک انجام و به صورت درجه ریسک برای هر شرکت اعلام می شود استفاده می کنند . سه مؤسسه اِس اَند پی[28] ، فیچ[29] و مودیز[30] ، معتبرترین مؤسساتی هستند که در سطح بین المللی ، ریسک اعتباری شرکت های مختلف را اندازه گیری و به صورت درجات مخصوص ارائه می دهند . به دلیل سابقه طولانی و تیم کارشناسی مجرّبی که این مؤسسات در اختیار دارند ، رتبه بندی های آن ها در سطح بین المللی پذیرفته شده و قابل اعتماد است . لذا اکثر مؤسسات اعتباردهنده از جمله بانک ها به منظور ارزیابی خود از آن بهره می برند [۳].

۳-۲ اهداف مدیریت ریسک اعتباری

به طور کلی اهداف مدیریت ریسک اعتباری به شرح زیر می باشد :

- تدوین سیاست های مدیریت پرتفوی اعتباری
- بررسی عملکرد جاری و فرایند اعطای وام
- بررسی کیفیت پرتفوی اعتباری
- مشخص‌نمودن پرتفوهای با عملکرد ضعیف
- تدوین سیاست های مدیریت ریسک اعتباری
- طبقه بندی دارایی ها
- تهیه فرایند تجزیه و تحلیل اعتبار [۳].

۳-۳ ارتباط مدل های ریسک اعتباری با تصمیمات اعتباری

مدل‌های ریسک اعتباری از اهمیت زیادی برخوردار هستند. زیرا بصیرت و دانش لازم را در مورد زیان‌های احتمالی اعطای تسهیلات برآورد و ارائه خواهند نمود . در بازاری که حاشیه سود بانک ها به دلیل تشدید رقابت دائماً در حال کاهش بوده و همواره فشار برای کاهش بیشتر هزینه ها احساس می گردد ، مدل های ریسک اعتباری با پیش بینی زیان های عدم بازپرداخت ، نوعی مزیت نسبی برای وام دهندگان ایجاد خواهد کرد . در مؤسسات بزرگی که با انواع مخاطرات مواجه هستند ، مدل های اعتباری پیش بینی مناسبی از واقعیت را به تصمیم گیرندگان اعتباری ارائه خواهند نمود . مدل‌های ریسک اعتباری با اندازه گیری ریسک می توانند با ایجاد ارتباط منطقی بین ریسک و بازده ، قیمت گذاری مناسبی از دارایی ها را فراهم سازند . از سوی دیگر مدل‌های ریسک اعتباری امکان بهینه سازی ترکیب پرتفوی اعتباری و تعیین سرمایه اقتصادی بانک ها را فراهم می آورند [۱۴].

۳-۴ کاربرد مدل های ریسک اعتباری

روش های مدل سازی ریسک اعتباری باعث شده است که دیدگاه مدیریت ریسک منعطف شود. به همین دلیل این مدل ها می توانند موجب توسعه و پیشرفت فرهنگ کلی اعتبار در بانک ها شوند . نوع مدل‌های انتخابی جهت مدیریت ریسک اعتباری از یک بانک به بانک دیگر تفاوت دارد . یکی از مهم ترین عواملی که بر انتخاب مدل ریسک اعتباری تأثیر می گذارد نوع کاربردی است که از آن مدل انتظار می رود.

۳-۵ مدل های ریسک پرتفوی اعتباری

برخی از معروف ترین این مدل ها عبارتند از :

- +Credit Risk
- Credit Portfolio Vie

[28] Standard & Poors
[29] Fitch
[30] Moody's

- Credit Metrics
- KMV

۳-۵-۱ مدل های ریسک پرتفوی اعتباری

در اوایل دهه ۱۹۹۰ گروه* CFSB[31] اقدام به توسعه و بکارگیری روش های جدید مدیریت ریسک نمود . در سال ۱۹۹۳ این گروه با استفاده از تخصص های موجود و توسعه بیشتر و جدید تر ابزارهای مدیریت ، پروژه مهمی را با هدف مدرن کردن مدیریت ریسک اعتباری به اجرا درآورد و بالاخره در دسامبر ۱۹۹۶ مدل Credit Risk+ را به عنوان چارچوبی برای مدیریت ریسک اعتباری معرفی نمود[۳] .

بخش های موجود در توسعه مدیریت ریسک اعتباری عبارتند از :

- مدل سازی ریسک اعتباری براساس پرتفوی
- پیش بینی ریسک اعتباری در پرتفوی
- مدیریت فعال پرتفوی
- استفاده از اوراق مشتقه اعتباری جهت مدیریت ریسک اعتباری
- روش های پیچیده تخصیص سرمایه که براساس آن می توان ریسک اقتصادی را شناسایی نمود [۳].

مدل Credit Risk + به تمامی این بخش ها و ارتباط میان آن ها مربوط می شود . با استفاده از این مدل می- توان ریسک های اعتباری موجود در شرکت ها ، وام های خُرد ، اوراق مشتقه و اوراق قرضه تجاری را شناسایی نمود [۳].

این مدل در مدیریت ریسک اعتباری می تواند کلیه جوانب موجود در ریسک از مدل سازی کمّی تا توسعه روش های علمی مدیریتی را مورد بررسی قرار دهد . علاوه بر استقرار تکنیک های مدیریت ریسک اعتباری نظیر محدودیت های تک تک متعهدان و محدودیت های متمرکز ، این مدل نیازهای جدید برای کنترل ریسک اعتباری را منعکس می نماید و در موارد زیر مورد استفاده قرار می گیرد [۳].

- در پرتفوی بیمه و تکنیک های تحلیلی مورد استفاده در آن
- محاسبه سرمایه اقتصادی جهت پوشش ریسک اعتباری
- در روش شناسی مدل سازی ریسک اعتباری جهت انجام پیش بینی های لازم و ابزارهای تعیین تنوع و تمرکز پرتفوی .

با استفاده از این مدل ، ریسک اعتباری عدم بازپرداخت پرتفوی مدل سازی شده و اطلاعات مربوط به اندازه و زمان سررسید ، کیفیت اعتباری و ریسک سیستماتیک وام گیرنده مورد ملاحظه قرار می گیرد . در واقع این مدل با استفاده از روش های آماری ریسک عدم بازپرداخت اعتباری را محاسبه نموده و بر همین اساس هیچ گونه فرضی در مورد علت عدم بازپرداخت تعهدات در آن وجود ندارد . این روش بسیار شبیه به مدیریت ریسک بازار است زیرا در روش مدیریت ریسک بازار نیز هیچ تلاشی در زمینه مدل سازی علت تغییرات قیمت بازار صورت نمی گیرد [۳].

این مدل از تکنیک های ریاضی مرسوم در مدل سازی توزیع زیان در صنعت بیمه استفاده می نماید . هیچ فرضی دربارهٔ علل نکول وجود ندارد . برخلاف روش سنجش اعتباری که ریسک تغییر رتبه اعتباری و ریسک نکول را در نظر می گیرد ، این مدل تنها عوامل نکول ریسک اعتباری پرتفوی را مورد توجه قرار می دهد [۳].

در این روش در صورت جمع نرخ های نکول هر دارایی ، نرخ نکول پرتفوی محاسبه می شود . از سوی دیگر حاصل جمع انحراف معیار هر دارایی ، انحراف معیار نرخ نکول پرتفوی را ایجاد می نماید [۳].

مدل Credit Risk+برای مدل سازی نکول همزمان دارایی های موجود در یک پرتفوی ، به جای استفاده از همبستگی نکول ، از انحراف معیار دارایی ها استفاده می- نماید [۳].

[31]Credit Suisse Financial Products

از آنجا که این مدل تنها ریسک نکول را بیان می کند ، فقط دو حالت محتمل در پایان دوره وجود دارد : نکول و عدم نکول [۳].

۲-۵-۳ مدل Credit Portfolio View

Credit Portfolio View یک مدل چند عاملی است که به منظور شبیه سازی توزیع احتمال نکول توأم و احتمال های تغییر رتبه برای طبقه های اعتباری در صنایع مختلف و برای هر کشور ، با توجه به عوامل کلان اقتصادی استفاده می شود . این مدل ، عوامل اقتصادی همچون نرخ بیکاری ، نرخ رشد تولید ناخالص داخلی (GDP) ، نرخ های بهره بلند مدت ، نرخ های ارز ، هزینه های دولت و نرخ پس انداز کل را در نظر می گیرد . مبنای این مدل آن است که احتمال های نکول و تغییر رتبه اعتباری ، وابسته به وضعیت اقتصاد است . هنگامی که اقتصاد در وضعیت بدی باشد ، احتمال های نکول و کاهش رتبه ، افزایش می یابد و عکس این حالت در شرایط مطلوب اقتصادی اتفاق می افتد . به عبارت دیگر ، چرخه های اعتباری از چرخه های تجاری پیروی می کند [۴].

در مدل Credit Portfolio View نرخ های نکول تاریخی برای ترکیب های صنعت یا کشور به عنوان تابعی از متغیرهای کلان اقتصادی که توسط کاربر معین می- شود ، توصیف می گردند . داده های تاریخی مربوط به نرخ های نکول (و تغییر رتبه اعتباری) برای برآورد پارامترهای این مدل مورد استفاده قرار می گیرند . به دلیل اتکای مدل به داده های تاریخی ، نرخ های نکول به جای سطح بدهکار ، در صنعت تعیین می شود . در این مدل ، نرخ هلی نکول از طریق حساسیت به یک مجموعه عوامل ریسک سیستماتیک و یک عامل منحصر به فرد یا خاص شرکت استخراج می شود . جدول ۱ ویژگی های اصلی این مدل را بیان می کند [۴].

مدل Credit Portfolio View ، بینش بنیاین را در نظر می گیرد که بر آن اساس نکول ها در سطح اقتصادی مطابق با شرایط اقتصادی کلان افزایش یا کاهش می یابند. این دیدگاه ، مفهوم همبستگی ترتیبی نرخ های نکول را در طی زمان در نظر می گیرد . با توجه به داده ها و تعیین رابطه میان متغیرهای کلان و احتمال های تغییر رتبه یا نکول ، این مدل می تواند ماتریس های تغییر رتبه و نکول مربوط به هر یک از صنایع و یا کشور ها را محاسبه نماید . اگر این داده ها در دسترس باشند ، می- توان مدل Credit Portfolio View را در هر کشور ی و برای بخش های مختلف (مانند بخش های ساختمان ، نهادهای مالی و کشاورزی) و طبقات اعتباری گوناگون که طی چرخه تجاری واکنش متفاوتی دارند ، به کار برد [۴].

جدول ۱ . ویژگی های اصلی Credit Portfolio View

ویژگی	توضیح
واحد تحلیل	بخش های صنعتی یا کشوری
داده های نکول	تخمین تجربی نرخ نکول بخش به عنوان تابعی از متغیرهای کلان اقتصادی نامعین مثل GDP و بیکاری
ساختار همبستگی	منتج از همبستگی میان متغیرهای منتخب کلان اقتصادی و حساسیت های برآورد شده عوامل
محرکه ریسک	مدل میانگین متحرک خود بازگشت با تکامل عوامل کلان اقتصادی مناسب است . تکانه های وارد شده به سیستم ، انحراف از میانگین نرخ های نکول را در سطح بخش مشخص می کند .
توزیع احتمال نرخ نکول	نرمال
افق زمانی	نرخ نکول نهایی سالانه تا سررسید

مدل های Credit Portfolio View براساس این مشاهده تجربی استوارند که احتمال های نکول و تغییر رتبه اعتباری طی زمان تغییر می کند . مدل Credit Portfolio View تنها شکل کارکردی مدل را تبیین می نماید و رهنمودی را در مورد متغیرهای کلان صحیح یا وزن های برآورد شده برای بخش صنعت یا کشور ارائه نمی دهد . به علاوه در شکل کارکردی ، به جز در نقدینه-ترین بخش های بازار

کشورهای توسعه یافته ، بعید است که داده های موجود برای برآورد پارامترهای مورد نیاز مدل کافی باشد [۴]. محدودیت دیگر Credit Portfolio View تعدیل فاقد عمومیت ماتریس انتقال است . معلوم نیست روش پیشنهادی این مدل ، بهتر از یک مدل Bayesian عمل کند که در آن تجدید نظر در احتمال های تغییر رتبه ، مبتنی بر اظهار نظر تخصصی بخش اعتباری بانک و ارزیابی داخلی از وضعیت فعلی چرخه اعتباری است (با معین بودن کیفیت یا رتبه پرتفوی اعتباری بانک) [۴].

۳-۵-۳ مدل Credit Metrics یا مدل سنجش اعتباری

این مدل توسط جی پی مرگان در سال ۱۹۹۷ جهت برآورد ریسک اعتباری ایجاد گردید . رویکرد سنجش اعتباری با توجه به مبحث ساختار سرمایه شرکت بنا نهاده شده است که بیان می کند که شرکت در صورتی نکول می نماید که ارزش دارایی های آن پایین تر از بدهی هایش گردد . بنابراین احتمال نکول به میزان دارایی های مازاد بر بدهی ها و نوسان پذیری دارایی ها بستگی دارد [۳].

طبق تعریف این مدل ، در صورتی که تغییر در ارزش دارایی ها از توزیع نرمال پیروی نماید ، احتمال نکول به این صورت تعریف می شود : احتمال اینکه متغیر نرمال استاندارد پایین تر از مقدار بحرانی قرار گیرد [۳].

با این اوصاف مدل سنجش اعتباری نه تنها تغییرات ارزش ناشی از نکول را بررسی می نماید بلکه تغییرات ناشی از تغییر نرخ اعتبار را نیز مورد بررسی قرار می دهد . تغییر درجه اعتبار دارایی های موجود در یک پرتفوی به هم وابسته است زیرا ممکن است تغییر ارزش هر یک از آن ها در پاسخ به یک عامل اقتصادی عمومی رخ داده باشد . بنابراین عامل ورودی که جهت تعیین تغییر درجه اعتباری پرتفوی به کار می رود ، همبستگی بین دارایی ها می باشد [۳].

این روش نیازمند توزیع زیان پرتفوی می باشد که جهت محاسبه آن شبیه سازی مونت کارلو[32] به کار گرفته می شود [۳].

مدل سنجش اعتباری مدل نسبتاً خوبی است ، اما یک ضعف عمده دارد ؛ اتکا به احتمال های تغییر رتبه که مبتنی بر متوسط فراوانی های نکول و تغییر رتبه اعتباری هستند . در نتیجه ، دقت محاسبات در این مدل ، بستگی به دو فرض مهم دارد : اول اینکه همه شرکت های دارای رتبه اعتباری مشابه ، نرخ نکول یکسان و منحنی شکاف اعتباری یکسان دارند ، حتی هنگامی که نرخ های بازگشت بین بدهکاران ، متفاوت باشد ، و دوم اینکه نرخ نکول واقعی با نرخ نکول متوسط تاریخی برابر است . تغییرات رتبه اعتباری و کیفیت اعتباری ، یکسان ، و رتبه اعتباری و نرخ های نکول هم ارزند . یعنی رتبه اعتباری با تعدیل نرخ نکول تغییر می کند و بالعکس [۳].

۳-۵-٤ مدل KMV

شرکت KMV که متخصص تحلیل ریسک اعتباری است ، مدلی را برای ارزیابی احتمال های نکول و توزیع احتمال زیان مربوط به نکول و تغییر رتبه ابداع کرده است . در این مدل برای به دست آوردن ارزش دارایی و نوسان پذیری آن ، از رابطه ساختاری بین ارزش بازار سهام و ارزش بازار دارایی های شرکت ، و نیز رابطه بین نوسان پذیری دارایی شرکت و نوسان پذیری سهام آن ، استفاده می شود [۴].

با استفاده از دو مورد فوق می توان « فراوانی نکول مورد انتظار » (EDF) را محاسبه کرد . منظور از EDF ، احتمال نکول برای هر بدهکار براساس الگوی مدل مرتون است . بنابراین احتمال نکول ، تابعی از ساختار سرمایه شرکت ، نوسان پذیری بازده دارایی ها و همچنین ارزش جاری دارایی ها می باشد . EDF ، مختص شرکت است و می تواند بر هر سیستم رتبه بندی برای استخراج رتبه اعتباری متناظر ، منطبق شود. به جای « رتبه ترتیبی[33] » که توسط

[32]Monte Carlo Simulation
[33]Ordinal Ranking

مؤسسات رتبه بندی ، براساس حروف (مانند AAA، AA و ...) انجام می شود ، می توان از EDF برای « رتبه بندی عددی [34] » که براساس ریسک نکول به دست می آید ، استفاده کرد [۴].

بر خلاف مدل Credit Metrics ، مدل KMV به صورت مستقیم به احتمال های تغییر رتبه بر نمی گردد و این احتمال ها در EDF تعبیه شده اند . در واقع هر مقدار EDF ، مرتبط با یک منحنی شکاف اعتباری و رتبه بندی اعتباری ضمنی است [۴].

ریسک اعتباری در مدل KMV ، با تغییرات ارزش دارایی ناشر سرو کار دارد و با معین بودن ساختار سرمایه شرکت و تعیین توزیع احتمال ارزش دارایی ها ، می توان احتمال واقعی نکول را برای هر افق زمانی استخراج کرد [۴].

بهترین کاربرد مدل KMV برای شرکت های سهامی عام است که ارزش سهام آن ها در بازار سهام تعیین می- شود . می توان اطلاعات موجود در قیمت سهام شرکت و ترازنامه آن را به ریسک نکول ضمنی تبدیل کرد [۳].

۳-۶ زنجیره مارکوف در چهارچوب مدل سازی ریسک اعتباری جزئی

برخلاف مدل سازی اعتباری عمده ، پرتفوهای وام خُرد از وام های کوچک افراد ساخته شده اند و در آن ها منابع محدودی برای تجزیه و تحلیل ریسک منحصر به فرد یک وام گیرنده شخصی اختصاص داده شده است . برای استفاده کامل از مقیاس های اقتصادی مرتبط با ارزیابی ریسک ، ابزارهای آماری (امتیازدهی اعتباری) و مدیریت حساب ، وام های خُرد عموماً به بخش هایی گروه بندی شده اند که مشخصات همگنی دارند . هر مؤسسه ای اندکی تفاوت دیدگاه در مورد تقسیم بندی ریسک خود خواهد داشت ، اما اگر داده ها اجازه دهند ، زمانی که مدل سازی ضررهای برآورد شده برای مقرری وام و ضررهای وام دهی[35] و ضررهای غیر منتظره برای سرمایه اقتصادی تخصیص یافته ، به صورت معمول در سطح پرتفوی اجرا شده باشد ، مدل های ریسک اعتباری معمولاً در سطح بخش به کار برده می شوند [۱۵]. چهارچوب مدل سازی اساسی برای پرتفوهای جزئی شامل مدل های امتیازی ، مدل های رول ریت ، مدل های زنجیره مارکوف ، مدل های زمانی و مدل های ماتریسی می باشد.

۳-۷ مدل زنجیره های مارکوف گسسته [36]

فرایند تصادفی X_n ($n= 0,1,2 , \dots$) ، که فضای حالات آن محدود و یا نا محدود قابل شمارش است ، زنجیره مارکوف ثابت یا همگن از نظر زمان[37] نامیده می شود اگر :

$$P [X_{n+1}= j \mid Xn = i , X_{n-1} = i_{n-1} , \dots , X_0] = i_0$$

$$P [Xn+1 = j \mid Xn = i] = P_{i,j} \qquad (1)$$

به ازای تمام وضعیت ها و برای $n \geq 0$ ، این تعریف به این معناست که احتمال انتقال از یک حالت به حالت دیگر تنها به آخرین اطلاعات گذشته که در مورد فرآیند وجود دارد بستگی دارد . در تحقیق حاضر این فرض کلی در نظر گرفته شده است . بنابراین احتمال اینکه یک وام که در زمان t در حالت i قرار دارد به حالت j برود تنها به موقعیت i بستگی دارد و برابر است با p_{ij} [۱۲] .

۳-۸ ماتریس گذار (احتمال انتقال)

ماتریس احتمال انتقال مرحله اول (p) برای زنجیره مارکوف به صورت یک ماتریس $n \times n$ تعریف می شود که احتمال انتقال از یک حالت به حالت دیگر را در دوره n نشان می‌دهد . با استفاده از این ماتریس یک شخص می‌تواند متوسط زمانی که وام در هر یک از حالات ممکن سپری می کند را به دست آورد .

۳-۹ حالت های سیستم در زنجیره مارکوف

[34] Cardinal Ranking
[35] Allowance For Loan And Lease Losses(ALLL)
[36] Discrete Marcov Chain
[37] Stationary(or time homogeneous) Marcov Chain

۱. اگر وضعیت i از وضعیت j قابل دسترسی باشد ، خواهیم گفت وضعیت j از وضعیت i قابل دسترس است و می نویسیم $i \leftrightarrow j$. در نتیجه می گوئیم این دو موقعیت با یکدیگر تعامل[38] دارند . چنانچه دو وضعیت با یکدیگر تعامل داشته باشند ، در یک کلاس در نظر گرفته می شوند [۱۲] .

۲. یک مجموعه گذرا[39] به مجموعه ای از وضعیت ها گفته می‌شود که تمام وضعیت‌ها در مجموعه با هم تعامل داشته باشند. از طرفی چنانچه از مجموعه خارج شدیم دیگر نتوانیم به مجموعه بر گردیم .

۳. زنجیره مارکوف ، غیر قابل تفکیک[40] نامیده می شود ؛ هرگاه تمام وضعیت ها با یکدیگر تعامل داشته باشند [۱۲] .

۴. یک زنجیره مارکوف با حداقل دو وضعیت ، حداقل دارای یک وضعیت بازگشتی[41] است . بنابراین تمام وضعیت های یک زنجیره مارکوف غیر قابل تفکیک بازگشتی هستند . خاصیت بازگشتی در مقابل خاصیت گذرا قرار دارد و به این معناست که چنانچه از آن وضعیت یا کلاسی که دارای خاصیت بازگشتی است ، خارج شویم دوباره بتوانیم به آن برگردیم .

۵. وضعیت‌های بازگشتی مثبت و غیر متناوب ، وضعیت‌های ارگودیک نامیده می‌شوند . یک مجموعه ارگودیک از وضعیت هایی تشکیل شده است که چنانچه وام به یکی از آن ها برود ، هرگز نمی تواند آن مجموعه را ترک کند . اگر مجموعه ارگودیک تنها شامل یک وضعیت باشد ، این وضعیت ، وضعیت جاذب[42] نامیده می- شود . یک زنجیره مارکوف جاذب نامیده می شود اگر شامل حداقل یک وضعیت جاذب باشد [۱۳] .

۴- روش تحقیق

پژوهش حاضر براساس هدف کاربردی و براساس نحوه گردآوری اطلاعات توصیفی پیمایشی می باشد . قلمرو زمانی انجام پژوهش از ابتدای سال ۱۳۸۸ تا انتهای سال۱۳۸۹ برای ساخت ماتریس انتقال و ابتدای سال ۱۳۹۰ برای انجام پیش بینی می باشد . قلمرو مکانی آن نیز شعب بانک ملی شهرستان شاهرود می باشد . هدف اصلی این پژوهش بررسی توانایی مدل مارکوف پیشنهادی در پیش بینی رفتار پرتفوی اعتباری بانک است . برای رسیدن به هدف اصلی پژوهش ، سؤالات زیر طراحی شده است :

سؤال اول : آیا مدل مارکوف حداقل خطا را در پیش بینی تعداد وام های معوق دارد ؟

سؤال دوم : آیا مدل دارای خاصیت ثبات است ؟ به عبارتی دیگر ؛ آیا احتمالات انتقال وابسته به زمان است یا خیر؟

در راستای پاسخ گویی به سؤال اول ، فرضیه زیر طراحی گردید.

فرضیه اول : مدل مارکوف حداقل خطا را در پیش بینی تعداد وام های معوق دارد .

در راستای پاسخ گویی به سؤال دوم نیز فرضیه زیر طراحی گردید.

فرضیه دوم : مدل دارای خاصیت ثبات نیست .

جامعه آماری این پژوهش شامل اطلاعات بازپرداخت کلیه وام های مسکن ارائه شده از ابتدای سال ۱۳۸۸ تا انتهای سال ۱۳۸۹و نیز ابتدای سال ۱۳۹۰ بانک ملی ایران در شعب شهرستان شاهرود می باشد که در طی دوره بررسی جریان دارند و تسویه نشده اند . به علت محدود بودن جامعه آماری از نمونه گیری صرف نظر گردیده است . به این ترتیب

[38] Communicate
[39] Subset Of Transient States
[40] Irreducible
[41] Recurrent
[42] Absorbing State

، به منظور ساخت ماتریس انتقال از اطلاعات بازپرداخت ۲۸۴ وام مسکن و برای انجام پیش بینی از اطلاعات بازپرداخت ۲۹۰ وام مسکن استفاده شده است .

داده‌های این پژوهش مبتنی بر اطلاعات تاریخی شعب بانک ملی است . به علت مدون نبودن این دسته از اطلاعات ، با تهیه فرمی در قالب جداول جداگانه برای هر سال اطلاعات مورد نیاز جمع آوری گردید . مبانی نظری پژوهش نیز از مطالعه کتب فارسی و لاتین ، مقالات ، پایان نامه‌ها ، مجلات تخصصی و جستجو در پایگاه های اینترنتی گردآوری شد.

برای تحلیل و پاسخ گوئی به سؤالات تحقیق از آمار استنباطی استفاده شد . بدین منظور و جهت تجزیه و تحلیل داده ها ، داده های به دست آمده در نرم افزار EXCEL مرتب شده و نسبتهای مورد نظر محاسبه گردید . سپس برای بررسی فرضیه ثبات تحقیق از نرم افزار SPSS استفاده شد . آزمون های آماری مورد استفاده به شرح زیر است.

۱. به منظور تجزیه و تحلیل پرتفوی اعتباری وام مسکن از مدل زنجیره های مارکوف گسسته که روشی آماری است استفاده شد .
۲. به منظور بررسی خطای پیش بینی مدل مارکوف پیشنهادی و عدم وجود تفاوت معنادار بین مقادیر پیش بینی و مشاهده شده از آزمون مقایسه میانگین دو جامعه استفاده شده است .
۳. خاصیت ثبات مدل مارکوف پیشنهادی توسط تست خوبی برازش کای دو بررسی شد.

در پایان نیز مدل طراحی شده بر روی اطلاعات وام مسکن بانک ملی به کار برده شد .

۵- یافته های تحقیق

۵-۱ طراحی مدل

در پژوهش حاضر به منظور پیش بینی رفتار یک پرتفوی وام ، ابتدا یک مدل زنجیره مارکوف گسسته و محدود تعریف می کنیم ؛ به طوری که وضعیت های تعریف شده حالاتی هستند که وام می تواند در ماه های مختلف در آن ها قرار گیرند . گسسته بودن زنجیره مارکوف این است که وام ها ماه به ماه پازپرداخت شده و بنابراین در ابتدای هر ماه است که وضعیت آن ها می تواند تغییر کند . علت محدود بودن فضای حالات نیز این است که وضعیت هایی که یک وام در ابتدای هر ماه می تواند داشته باشد ، مشخص و محدود است . پس از آن احتمالات انتقال بین وضعیت های تعریف شده ، با استفاده از داده های تاریخی تعیین می شود . سپس می توانیم تعداد وام های فعال ، تأخیر دار و معوق را برای پرتفوی وام اعتباری در انتهای دوره زمانی ۱۲ ماهه پیش بینی و با داده های واقعی مقایسه کنیم.

۵-۱-۱ تعیین وضعیت های زنجیره مارکوف

در این پژوهش وضعیت وام جاری شامل وام هایی است که با تأخیر کمتر از ۳۰ روز بازپرداخت شده اند ؛ وام تأخیر دار شامل وام هایی است که با تأخیر ۳- ۱ ماهه بازپرداخت شده اند ؛ و وام معوق وامی است که تأخیری بیش از ۳ ماه در بازپرداخت دارند . ساختار انتقال بین وضعیت های مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است . آخرین وضعیت یا همان وضعیت معوق یک وضعیت جاذب است . اگر یک وام در ماه اول در وضعیت فعال باشد ، در ماه دوم می تواند به وضعیت جاری یا تأخیردار (تأخیر ۱ ماهه) برود ، قابل ذکر است که در زمان ۱ نمی توانیم مستقیم به وضعیت معوق برویم زیرا برای معوق اعلام شدن وام نیاز به بیش از سه ماه تأخیر در بازپرداخت وجود دارد . به عبارت دیگر دو وضعیت جاری و معوق با یکدیگر تعامل و ارتباط ندارند . اگر ما در زمان ۱ در وضعیت جاری باشیم پس از سه ماه ، آن هم با شرط تأخیر پی در پی در بازپرداخت می توانیم به وضعیت معوق برسیم . زیر مجموعه گذرا شامل وضعیت جاری و تأخیر دار است که چنانچه یک وام از این دو وضعیت خارج شود دیگر نمی تواند به این مجموعه از وضعیت ها برگردد . وضعیت معوق نیز یک وضعیت جاذب است ؛ به عبارتی از لحاظ قانونی یک وام زمانی به حالت

نکول [43] می رسد و در آن می ماند که بیش از سه ماه تأخیر در بازپرداخت داشته باشد .

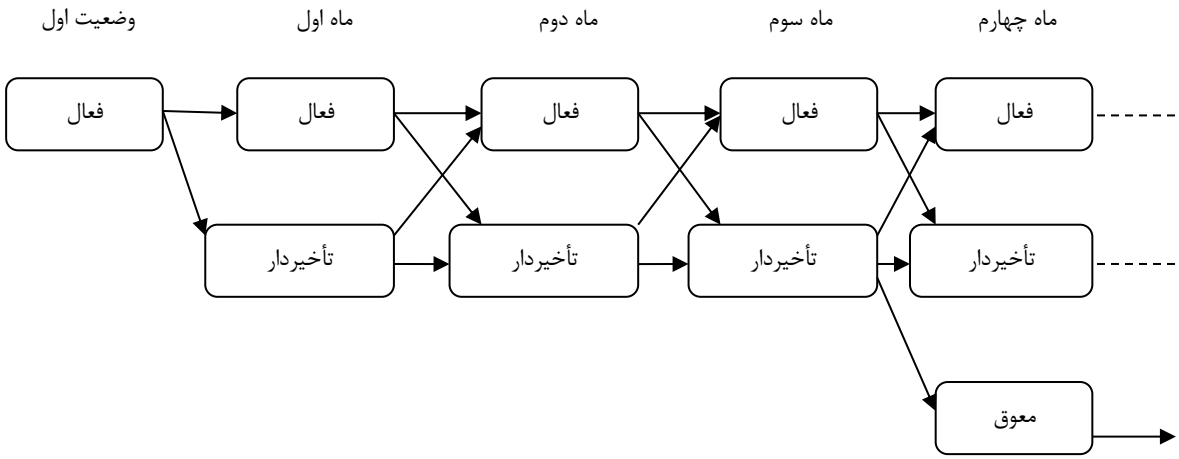
با استفاده از اطلاعات گذشته ، ماتریسی که نشان دهنده تعداد وام های منتقل شده بین وضعیت ها ست تهیه می- شود که آن را ماتریس K می نامیم . اعداد ماتریس K نشان دهنده تعداد وام هایی هستند که در ماه n ام از وضعیت i ام ، در ماه n+1 به وضعیت j می روند . اعداد روی قطر اصلی نشان دهنده تعداد وام هایی هستند که از ماه n ام تا n+1 ام در یک وضعیت باقی می مانند . از آن جائی که وضعیت معوق یک وضعیت جاذب است ، مقدار K31 و K32 بایستی برابر صفر و K33 برابر یک باشد . از آن جائی که بین وضعیت فعال و معوق تعاملی وجود ندارد K13 برابر صفر خواهد بود . این ماتریس در جدول ۲ نشان داده شده است .

۵-۱-۲ ساخت ماتریس انتقال

برای ساخت این ماتریس ، از داده های انتقال وام ها در طی دوره های گذشته در یک بازه زمانی مشخص استفاده می شود . با استفاده از اعداد ماتریس k ، به راحتی می- توان p_{ij} ها را که نشان دهنده احتمال انتقال وام از وضعیت i به وضعیت j در طی ماه n و n+1 است را محاسبه کرد . این اعداد از طریق تقسیم کردن کل وام‌هایی که از وضعیت i به j منتقل می شوند به کل وام‌هایی که در وضعیت i هستند ، به دست می‌آید . معادله زیر نشان دهنده نحوه محاسبات احتمالات انتقال است .

$$P_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum_{s=1}^{3} K_{is}} \qquad (۲)$$

نتایج حاصل در جدول ۳ نشان داده شده است.



شکل ۱ . وضعیت‌ها و ارتباطات بین آن‌ها در زنجیره مارکوف پیشنهادی

جدول ۲ . ماتریس تعداد وام های منتقل شده بین وضعیت ها با استفاده از اطلاعات ۲۸۴ وام پرداخت شده

از / به	فعال	تأخیردار	معوق
فعال	۲۶۰	۲،۰۸۳	۰
تأخیردار	۱،۵۸۳	۱۰،۳۷۵	۰،۳۳۳
معوق	۰	۰	۱

منبع : یافته های تحقیق

[43] Default State

جدول ۳ . ماتریس احتمال انتقال با استفاده از اطلاعات ۲۸۴ وام پرداخت شده

از / به	فعال	تأخیردار	معوق
فعال	۰,۹۹۲	۰,۰۰۸	۰
تأخیردار	۰,۱۲۹	۰,۸۴۴	۰,۰۲۷
معوق	۰	۰	۱

۵-۱-۳ پیش‌بینی ضرر وام‌دهی ، تأخیرها و پرداخت‌های به موقع

با استفاده از روش زیر می توانیم ضررها ، تأخیرها و پرداخت های به موقع (پیش بینی رفتار پرتفوی وام) را پیش بینی کنیم :

۱. تعیین ماتریس انتقال مرحله اول با استفاده از داده های تاریخی.
۲. تعریف B۰ به عنوان بردار اولیه پرتفوی وام (تعداد وام های فعال ، تأخیردار و معوق) در زمان صفر .
۳. ضرب بردار B۰ در ماتریس انتقال به منظور یافتن بردار B۱ ، که نشان دهنده این است که وام ها در زمان ۱ با توجه به ماتریس احتمال انتقال ، در چه وضعیتی نسبت به زمان صفر قرار می گیرند .
۴. با تکرار مرحله ۳ می توان چگونگی توزیع وام ها را در زمان های پی در پی به دست آورد .

نتایج حاصل در جدول ۴ نشان داده شده اند .

۵-۲ شاخص RMSE*[44]

در این مرحله با مقایسه مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی در طی دوره زمانی ۱۲ ماهه متوسط خطای پیش بینی را محاسبه کردیم . نتایج این ارزیابی در جدول۵ نشان داده شده است . همچنین در شکل ۲ نمودارهای مقایسه ای مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی در طی ۱۲ ماه به تفکیک وضعیت های ممکن وام ها ، ترسیم شده اند .

همان طور که در جدول فوق مشاهده می شود مدل برآورد شده خطای کمی را در پیش بینی تعداد وام‌های معوق داراست . همچنین سایر نتایج به دست آمده حاکی از توانایی خوب مدل در پیش بینی رفتار پرتفوی اعتباری بانک می باشد .

جدول ۴ . نتایج پیش بینی ضرر ، بازپرداخت های به موقع و تأخیرها برای پرتفوی شامل ۲۹۰ وام

	فعال	تأخیردار	معوق
بردار اولیه	۲۷۱	۱۹	۰
ماه اول	۲۷۱,۲۸۳	۱۸,۲۰۴	۰,۵۱۳
ماه دوم	۲۷۱,۴۶۱	۱۷,۵۳۴	۱
ماه سوم	۲۷۱,۵۵۱	۱۶,۹۷	۱,۴۷۳
ماه چهارم	۲۷۱,۵۶۷	۱۶,۴۳۶	۱,۹۳۱
ماه پنجم	۲۷۱,۵۱۴	۱۶,۰۴۴	۲,۳۷۴
ماه ششم	۲۷۱,۴۱۱	۱۵,۷۱۳	۲,۸۰۷
ماه هفتم	۲۷۱,۲۶۶	۱۵,۴۳۳	۳,۲۳۱
ماه هشتم	۲۷۱,۰۸۶	۱۵,۱۹۵	۳,۶۴۷
ماه نهم	۲۷۰,۱۳۳	۱۴,۹۹۳	۴,۰۵۷
ماه دهم	۲۶۹,۹۰۶	۱۴,۸۱۵	۴,۴۶۱
ماه یازدهم	۲۶۹,۶۵۷	۱۴,۶۶۳	۴,۸۶۱
ماه دوازدهم	۲۶۹,۳۹۱	۱۴,۵۳۲	۵,۲۵۶
نتایج تقریبی در انتهای سال ۱۳۹۰	۲۶۹	۱۴	۵

منبع : یافته های تحقیق

جدول ۵ . شاخص RMSE

	RMSE
خطای پیش بینی وام های فعال	۳,۳۵
خطای پیش بینی وام های تأخیردار	۳,۴۸
معوق خطای پیش بینی وام های معوق	۱,۲۱

منبع : یافته های تحقیق

[44] Root Mean Square Error

شکل ۲ . مقایسه مقادیر واقعی و پیش بینی به تفکیک نوع وام ها

۵-۳ تست ثبات مدل

همگن بودن به این معنی است که تنها عامل تأثیر گذار بر احتمال جا به جائی یک وام ، وضعیتی است که در زمان حال در آن قرار دارد و هیچ یک از مشخصات دیگر وام تأثیری بر رفتار بازپرداخت وام ندارد . فرض ثبات به این معنی است که احتمال انتقال به زمان وابسته نیست و در طی زمان تغییر نمی کند . در این تحقیق ما تنها خصوصیت ثبات [45] را مورد تست و آزمایش قرار می دهیم . اهمیت وجود این دو خصوصیت در این است که در صورت وجود آن ها می توان احتمالات حدی ، که نشان دهنده احتمال وجود فرآیند در وضعیت های مختلف است را به دست آورد . البته لازم به ذکر است در صورت وجود این ویژگی ها برای زنجیره ، به علت قابل تفکیک بودن زنجیره ، احتمالات حدی مفهوم درستی نخواهد داشت . برای دستیابی به این هدف دو روش استاندارد وجود دارد :

۱. تست خوبی برازش کای دو [46] که در سال ۱۹۵۷ توسط آندرسون [47] بیان شد [۱۲] .
۲. روش ترسیمی.

۵-۳-۱ پیش‌بینی ضرر وام‌دهی ، تأخیرها و پرداخت‌های به موقع

یکی از مشهورترین آزمون های آماری غیر پارامتریک ، آزمون کای دو یا کای اسکوار می باشد که در تحلیل های آماری بسیار از آن استفاده می شود. فرآیند آزمون با دسته بندی یک متغیر در تعدادی طبقات ، به محاسبه آماره ی کای دو می پردازد . از کاربردهای این آزمون می توان به موارد زیر اشاره کرد :

- در نیکویی برازش (میزان انطباق) فراوانی های مشاهده شده با فراوانی های مورد انتظار
- در آزمون استقلال متغیرها
- در آزمون همگونی متغیرها

آزمون های نیکویی برازش سازگاری یک نمونه تصادفی با یک تابع توزیع احتمال نظری را اندازه گیری می نمایند . به عبارت دیگر، این آزمون‌ها نشان می‌دهند که چگونه توزیع‌های انتخاب شده به خوبی بر داده ها برازش می‌شوند. تست طراحی شده ، برای بررسی این است که آیا همان

[45] Stationary Property
[46] Chi- Sqaured Goodness Of Fit Test
[47] Anderson

طور که فرض کردیم احتمالات انتقال وابسته به زمان است یا خیر ؟

آماره کای دو برای هر سطر از ماتریس در زمان t به صورت زیر به دست می آید :

$$\chi^2_{i(t)} = \sum_j n_i (t-1)[\hat{p}_{ij}(t) - \hat{p}_{ij}]^2 / \hat{p}_{ij} \quad (۳)$$

$\hat{p}_{ij}$ برابر است با احتمالات تئوریک ماتریس انتقال ، (t) p_{ij} برابر است با احتمالات انتقال نمونه در زمان t ، (۱ , = . (t … , T

آماره کای دو کل و درجه آزادی آن نیز به ترتیب از معادله های (۴) و (۵) به دست می آیند.

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \chi^2_{i(t)} = \sum_i \sum_t \sum_j n_i (t-1)[\widehat{p_{ij}}(t) - \widehat{p_{ij}}]^2 / \widehat{p_{ij}} \quad (۴)$$

$$\upsilon = \sum_i (m_i - 1)(t_i - 1) \quad (۵)$$

در معادله فوق ، m_i نشان دهنده تعداد عناصر غیر صفر برای هر سطر i از ماتریس انتقال است . t_i نشان دهنده تعداد تست هاست . فرض های H_0 و H_1 به صورت زیر می باشد :

H_0: ماتریس احتمال انتقال دارای ثبات است و وابسته به زمان نیست

H_1: ماتریس احتمال انتقال دارای ثبات نیست و وابسته به زمان است

در طی دوره ۲۴ ماهه این تست را برای ۹ انتقال ممکن در مدل رفتار بازپرداخت وام ها توسط نرم افزار spss 19 انجام می دهیم . این ۹ انتقال عبارتند از :

۱. فعال به فعال
۲. فعال به تأخیر دار
۳. فعال به معوق
۴. تأخیردار به فعال
۵. تأخیردار به تأخیردار
۶. تأخیردار به معوق
۷. معوق به فعال
۸. معوق به تأخیردار
۹. معوق به معوق

نتایج حاصل در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶ . نتایج تست ثبات ماتریس انتقال برای ۹ انتقال پرتفوی شامل ۲۸۴ وام

	فعال به فعال	فعال به تأخیردار	تأخیردار به فعال	تأخیردار به تأخیردار	تأخیردار به معوق
کای دو	۴۹,۳۳۳	۴۹,۳۳۳	۴۵	۲۴,۷۵۰	۵۴,۱۶۷
درجه آزادی	۱۰	۱۰	۱۱	۱۲	۶
سطح معنی د اری	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۱۶	۰,۰۰۰

منبع : یافته های تحقیق

قابل ذکر است که به دلیل ثابت بودن مقادیر وضعیت های فعال به معوق ، معوق به فعال ، معوق به تأخیردار و معوق به معوق در دوره ۲۴ ماهه آزمون کای دو برای آن ها قابل اجرا نمی باشد .

از بین تست های انجام شده آماره کای دو فعال به فعال ، فعال به تأخیردار ، تأخیردار به فعال ، تأخیردار به معوق و تأخیردار به تأخیردار ، فرض صفر را در سطح ۹۹ درصد اطمینان رد کردند که نشان دهنده عدم وجود خاصیت ثبات برای مدل پیشنهادی است . اگرچه وجود فرض ثبات ، محاسبات را ساده می کند اما وجود این فرض در یک دوره طولانی غیرممکن به نظر می آید ، زیرا ماتریس انتقال نمی تواند مستقل از مسائل و اخبار اقتصادی در سطح جامعه ، شرایط اقتصادی ، سطح رفاه ، نرخ تورم ، نرخ

بیکاری و ... باشد . بنابراین رفتار اشخاص اعتبارگیرنده در بازپرداخت تعهدات خویش در طی زمان و تغییر این عوامل متغیر خواهد بود . خاصیت عدم ثبات در مدل ما این امر را تأکید می کند که توزیع آتی احتمالات انتقال بین وضعیت های مختلف به عواملی غیر از وضعیتی که وام در آن قرار دارد ، بستگی دارد.

۶- نتیجه‌گیری

عدم برنامه ریزی و پیش بینی دقیق برای فرآیند وام دهی ، موجب بحران های مالی برای بانک ها خواهد شد . دقت پیش بینی ها از مؤثرترین فاکتورها در انتخاب روش پیش بینی بوده و در سال های اخیر تلاش های فراوانی به منظور بهبود روش های پیش بینی صورت پذیرفته است ؛ به همین دلیل تحقیق در زمینه پیش- بینی رفتار پرتفوی وام بانک ها ، از اهمیت بسیاری برخوردار است . در پژوهش حاضر یک مدل زنجیره های مارکوف با سه وضعیت فعال ، تأخیردار و معوق جهت پیش بینی رفتار پرتفوی وام معرفی شد . داده های استفاده شده برای ساخت ماتریس انتقال شامل اطلاعات بازپرداخت ۲۸۴ مشتری دریافت کننده وام مسکن در طی سال های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ ، است . با داشتن ماتریس انتقال مرتبه اول و در نظر گرفتن بردار اولیه ای از تعداد وام های جاری ، تأخیردار و معوق در اولین ماه سال ۱۳۹۰ ، پیش بینی از وضعیت پرتفوی وامی شامل ۲۹۰ وام برای ۱۲ ماه سال ۱۳۹۰ انجام گرفت . پس از انجام پیش بینی نتایج را با نتایج واقعی در هر ماه از سال ۱۳۹۰ مقایسه و با استفاده از معیار سنجش خطای پیش بینی (RMSE) ، خطای پیش بینی مدل زنجیره های مارکوف به تفکیک وضعیت های موجود به دست آمد . نتایج نشان داد می دهد ، که مدل معرفی شده با دقت خوبی توانایی پیش بینی رفتار پرتفوی اعتباری بانک را داراست . همچنین ، مدل برآورده شده حداقل خطا را در پیش بینی تعداد وام های معوق دارد . این نتایج با یافته های تحقیق " زنگنه و همکاران " که در پیشینه تحقیق به آن اشاره شد ، همخوانی دارد . تست با ثبات بودن مدل توسط تست خوبی برازش کای دو مورد بررسی قرار گرفت و همانطور که انتظار داشتیم مدل ما دارای خاصیت ثبات نیست . این نتیجه نیز با یافته های تحقیقات " زنگنه و همکاران " ، " فریدمن " و " کیم و سانتومرو " همخوانی دارد که خود حاکی از اعتبار این مدل در امر پیش بینی می باشد .

زنجیره مارکوف نیاز به فرضیات دشواری دارد که احتمالاً در اکثر مسائل اقتصادی برآورده نمی شود . مدیران مؤسسات مالی نیاز به تخمین ضررهای وام دهی دارند و از آن جا که در این مدل در پیش بینی های انجام شده به خصوص پیش بینی ضرر ناشی از اعتباردهی (تعداد وام های معوق) عملکرد خوبی داشته است می- توان از این محدودیت چشم پوشی کرد . روش رفع این مشکل به روز رسانی ماتریس انتقال با گذشت زمان است . کوچک بودن اندازه نمونه (در این تحقیق محدود بودن جامعه آماری) در مرحله تعیین ماتریس انتقال . بالطبع با افزایش تعداد نمونه قدرت پیش بینی مدل بهتر خواهد شد.

در پایان به عنوان پیشنهاد مطالعات آتی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود :

در این تحقیق فقط کارایی مدل زنجیره های مارکوف گسسته در پیش بینی پرتفوی اعتباری مورد آزمون قرار گرفته ، لذا پیشنهاد می شود که اعتبار این مدل در کنار سایر مدل های اندازه گیری ریسک اعتباری نیز مورد بررسی قرار گیرد .

نتایج این پژوهش برای بخش اعتباری وام مسکن بانک ملی معتبر است و تعمیم آن به بانک های دیگر لازم است با احتیاط انجام پذیرد ؛ پیشنهاد می شود مطالعه مشابه روی بخش های دیگر و روی بانک های دیگر انجام و نتایج مقایسه شود . همچنین می توان متغیرهای دیگر مانند الگوی پرداخت ، مشخصات وام ، فعالیت های جمعی تجاری و ... را مورد پژوهش قرار داد و نتایج کلی تری را به دست آورد .

۷- مراجع

[۱] عباسیان ، عزت اله ، حسینی دوست ، احسان (۱۳۹۱) . " مقایسه مدل های دینامیک خطی و غیر خطی در پیش بینی شاخص بورس : مطالعه موردی بورس تهران " ، فصلنامه علمی پژوهشی حسابداری مالی ، سال چهارم (شماره ۱۶) : صفحات ۱۱۱ - ۸۲ .

[۲] زنگنه ، طیبه ، امین نیری ، مجید ، زارعی ، مسعود (۱۳۸۹) . " ارائه مدلی جهت پیش بینی رفتار پرتفوی وام بانک ها با به کارگیری مدل زنجیره های مارکوف گسسته " ، هفتمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع ، دانشگاه اصفهان ، ۱۴ و ۱۵ مهر.

[۳] فلاح شمس ، میر فیض و رشنو ، مهدی ، (۱۳۸۷) ، مدیریت ریسک اعتباری در بانک ها و مؤ سسات مالی و اعتبارات (مفاهیم ومدل ها) ، تهران : دانشکده علوم اقتصادی ، چاپ اول .

[٤] اصغری ، مجید ؛ خوانساری ، رسول و سیاهکارزاده ، محمد سجاد ، ۱۳۸۶ ، بررسی مدل های پرتفوی ریسک اعتباری و زیر ساخت های لازم برای به کارگیری آن ها در صنعت ، سیویلیکا : مرجع دانش ، ۲۰ مرداد ۱۳۹۲ www.civilica.com

[5] Henderson , C . , (2009) , "Retail credit Risk Model : What do these models like and how did they fare in the crisis ? " , A presentation for the conference on “Modeling Retail Credit Risk After the Sub-Prime crisis , June ۱۲, Federal Reserve Bank of Philadelfia .

[6] Cyert , R .M. , Davidson , H.J. , & Thompson , G. L. (1962) . " Estimation of the Allowance for Doubtful Accounts by Markov Chains " , Management Science , Vol . 8 , pp . 287 – 303 .

[7] Frydman , H . , Kallberg , J . G . , & Kao , D . , (1985) . " Testing the Adequacy of Markov Chains and Mover – Stayer Models as Representations of Credit Behavior " , Operations Research , Vol . 33 , No .4 , pp . 13 -1203 .

[8] Kim , D . , Santomero , A. M . , (1993) , " Forcasting Required Loan Loss Reserves " , Journal of Economics and Business , Vol . 45 , pp . 29 -315 .

[9] Zipkin , Paul . (1993) ." Mortgages and Markov Chains : A Simplified Evaluation Model " , Management Science , Vol . 39 , No . 6 , pp . 683 – 691 .

[10] Jarrow , R . , & Turnbull , s . , (1995) , " Pricing Options on Financial Securities Subject to Default Risk " , Journal of Finance , Vol . 50 , pp. 53 – 86 .

[11] Smith , L . D . , Bilir , C . , Huang , V . W . , Hung , K . Y . , & Kaplan , M . , " Citibank Models Credit Risk on Hybrid Mortgages in Taiwan " , Interfaces , Vol . 35 , pp . 215 -229

[12] Lefebvre , M . , (2000) , " Applied Stochastic Processes " , Mathematics Subject Classification

[13] Gabriela , F . , Angel , D . , Javier , M . , & Gorbea , E . (1998) , " A discrete Markov Chain Model for Valuing Loan portfolios : The case of Mexican loan sales " , Journal of Banking & Finance , Vol . 22 , pp . 1457 – 1480 .

[14] Anderson , T.W. , Goodman , A.L . (1957) . " Statistical Inference About Markov Chains " , Annals of Mathematical Statistics , Vol . 28 , pp . 89 – 110 .

[15] Santomero, Anthony M. (1997), Commercial Bank Risk Management: An Analysis of the Process, Financial Institutions center, 11-95.

[16] Collins, Micheal E. (2009), Restoring Confidence in the Banking System, SRC Insight, 13(4), 12-15.