

طراحی بهینه اوراق بهادار سازی در رابطه کارفرما - کارگزار بر اساس رویکرد استنباط بیزین از مخاطره اخلاقی

عزت‌اله عباسیان^۱، محسن ابراهیمی^۲، الهام فرزنانگان^۳

چکیده: در فرایند اوراق بهادار سازی، بانی با فروش وام به سرمایه‌گذاران ریسک‌پذیر، می‌تواند ریسک وام‌های رهنی را به آنها تخصیص دهد. در این صورت ممکن است بانی انگیزه‌ای برای غربال قرض‌گیرندگان نداشته باشد، بنابراین مشکل مخاطره اخلاقی به وجود می‌آید. این نوشتار در قالب رابطه کارفرما - کارگزار، این نوع مسئله عاملیت را بررسی می‌کند؛ بدین صورت که سرمایه‌گذار برای کاهش عدم تقارن اطلاعات از برنامه جبران برای ایجاد انگیزه به بانی استفاده می‌کند و به استنباط ابعاد مختلف تلاش انجام‌گرفته، از قاعده بیز کمک می‌گیرد و اعتقادهای پسین مشترک خود از مشاهدات وضعیت اعتباری ادغام وام‌ها و ابعاد مختلف تلاش را در مسئله طراحی قرارداد لحاظ می‌کند. نتایج نشان می‌دهد شکل قرارداد بهینه، تابعی از محتوای اطلاعاتی مشاهده‌های سرمایه‌گذار و اطلاعات استنباط شده است و حاکی از آن است که استفاده از اطلاعات اضافی از فرصت‌طلبی‌های بانی جلوگیری می‌کند و بانی به احتمال بیشتر وظایف تعیین شده را هنگام اعطای وام به متقاضیان انجام می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: استنباط بیزین نابارامتریک، اوراق بهادار با پشتوانه وام‌های رهنی، طراحی بهینه برنامه جبران چندبعدی، فرایند تصادفی بوفه هندی، مخاطره اخلاقی.

۱. دانشیار اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲. دانشیار اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۳. دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۱۲

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۰۸/۲۰

نویسنده مسئول مقاله: عزت‌اله عباسیان

E-mail: abbasian@basu.ac.ir

مقدمه

اوراق بهادارسازی دارایی‌ها^۱، یکی از مهم‌ترین نوآوری‌های بازارهای مالی است. فرایند اوراق بهادارسازی، تکنیک مالی ادغام^۲ انواع گوناگون و گسترده‌ای از دارایی‌های مالی (عمدتاً غیرنقدینه) است که قابلیت تولید جریان نقدی را دارد. اوراق بهادار با پشتوانه ادغام دارایی‌ها تولید می‌شود و در نهایت اوراق بهادار ایجاد شده برای انواع سرمایه‌گذاران منتشر می‌شود. بجز سرمایه‌گذاران، اوراق بهادارسازی در ساده‌ترین شکل دو بازیگر اصلی دیگر نیز دارد. بانی^۳، نخستین بار دارایی‌هایی (مثل وام) ایجاد می‌کند که در فرایند اوراق بهادارسازی در نهایت به اوراق بهادار تبدیل می‌شود. در این مقاله وام‌های رهنی^۴ دارایی‌هایی در نظر گرفته می‌شوند که می‌توانند در فرایند اوراق بهادارسازی تبدیل به اوراق بهادار شوند. بازیگر دوم در فرایند اوراق بهادارسازی، نهاد واسط (SPV)^۵ یا همان منتشرکننده^۶ اوراق بهادار است و از ورشکستگی در امان می‌ماند. منتشرکننده شرکتی است که برای اهداف خاص تأمین مالی خرید دارایی‌های ادغام شده و انتشار اوراق بهادار، با پشتوانه این ادغام‌ها تشکیل می‌شود. توجه به این نکته ضروری است که در فرایند اوراق بهادارسازی، واگذاری دارایی‌های ادغام شده به منتشرکننده به صورت فروش قانونی^۷ است. بر اساس استانداردهای حسابداری، فروش قانونی با انتقال مالکیت دارایی‌ها به خریدار (منتشرکننده)، همراه است. در این صورت بانی می‌تواند دارایی‌های غیرنقدینه را از ترازنامه خود حذف کند. در نتیجه، منتشرکننده و بانی (مالک اولیه دارایی‌ها) به طور قانونی از یکدیگر جدا می‌شوند. بنابراین اگر بانی ورشکسته شود، دارایی‌ها که اکنون در مالکیت منتشرکننده قرار دارند، بین طلبکاران^۸ بانی توزیع نمی‌شود. همه این‌ها ویژگی برون ترازنامه‌ای بودن^۹ فرایند اوراق بهادارسازی را نشان می‌دهد.

در فرایند اوراق بهادارسازی، ساختار انتشار به این صورت است که منتشرکننده اوراق بهادار معامله‌پذیری را پس از ساختار بندی به شکل ابزار بدهی، منتشر می‌کند. این اوراق بهادار با پشتوانه جریان نقدی تولید شده از ادغام دارایی‌های پایه^{۱۰}، منتشر می‌شوند. اوراق بهاداری که از

1. Securitization
2. Pool
3. Originator
4. Mortgage Loans
5. Special Purpose Vehicle
6. Issuer
7. True Sale
8. Creditor
9. Off-Balance Sheet
10. Underlying Assets

طریق وصول وام‌های رهنی پشتوانه می‌شوند، اوراق بهادار با پشتوانه وام‌های رهنی (MBS)^۱ نامیده می‌شوند.

سرمایه‌گذاران، سومین بازیگر اصلی در فرایند اوراق بهادارسازی شمرده می‌شوند. آنها خریداران اوراق بهادار با پشتوانه وام‌های رهنی‌اند. جریان‌های نقدی ناشی از ادغام دارایی‌های پایه این اوراق بهادار، منهای حق الزحمه خدمات انجام‌شده برای بسته‌بندی آنها، از طریق منتشرکننده به سرمایه‌گذاران پرداخت می‌شود (مایر، پنس و شرلود، ۲۰۰۹).

در فرایند اوراق بهادارسازی، با تفکیک دارایی‌ها (وام‌های رهنی) از ترازنامه و استفاده از آنها به‌مثابه پشتوانه اوراق بهادار منتشرشده برای سرمایه‌گذاران، کیفیت این اوراق بهادار از وضعیت ریسک نکول بانی مستقل خواهد شد. بنابراین عملکرد اوراق بهادار ایجادشده به‌طور مستقیم با عملکرد قرض‌گیرندگان وام در ایجاد جریان‌های نقدی مرتبط می‌شود. اما نکته اینجاست که عملکرد دارایی پایه و عملکرد اوراق بهادار تولید و منتشرشده با پشتوانه آنها را میزان تلاش بانی هنگام اعطای وام‌ها تعیین می‌کند. روشن است که تلاش برای اعمال استانداردهای پذیرهنویسی^۲ در فرایند اعطای وام، هزینه‌بر است. برعکس می‌تواند هیچ‌گونه اطلاعاتی جمع‌آوری نشود و به هر متقاضی رهنی، وام اعطا شود. دومین رویکرد به رهن‌های پذیرهنویسی‌شده با ریسک‌های نکول بالاتر، به ضرر طرف دیگر (سرمایه‌گذار) منجر خواهد شد؛ چون ریسک‌ها به سرمایه‌گذاران برمی‌گردند، نه به وام‌دهندگان. از سوی دیگر، بدتر آنکه برای سرمایه‌گذار در طرف مقابل بازار، مشاهده کامل میزان تلاش بانی در عمل امکان‌پذیر نیست یا در صورت امکان، بسیار پرهزینه است. همه این‌ها موجب می‌شوند که انگیزه کمتری برای ارزیابی دقیق کیفیت اعتباری قرض‌گیرندگان وجود داشته باشد و از استانداردهای پذیرهنویسی کاسته شود.

آنچه در فرایند اوراق بهادارسازی اهمیت دارد، میزان توانایی دارایی‌ها در ایجاد جریان نقدی است، اما مشکلات اطلاعاتی بین بازیگران که در ذات این فرایند قرار دارد، می‌تواند منافع سرمایه‌گذاران را به‌شدت متأثر کند. از این رو، کنترل شفافیت جریان اطلاعات درباره اعمال استانداردهای پذیرهنویسی توسط سرمایه‌گذاران، به بررسی و تحلیل بیشتری نیاز دارد.

بر این اساس، در ادامه، ابتدا مطالعات نظری انجام‌گرفته در این چارچوب معرفی می‌شود. سپس در قالب رابطه تئوریک کارفرما - کارگزار، برنامه جبران بهینه استخراج می‌شود که اطلاعاتی درباره استنباط ابعاد مختلف تلاش انجام‌گرفته بانی، هنگام اعطای وام را دربرمی‌گیرد. طرف ناآگاه می‌تواند از چنین جوابی در معاملات اوراق بهادارسازی برای کاهش عدم تقارن اطلاعات میان طرفین استفاده کند. شایان توجه اینکه چارچوب کار این مقاله، چارچوب تئوریک

1. Mortgage Backed Securities
2. Mortgage Underwriting

است، نه تجربی و می‌تواند برای آشنایی خوانندگان به منظور کاربردی کردن تئوری‌های استنباط و روش‌های ریاضی بهینه‌سازی در ادبیات اقتصادی مفید واقع شود.

پیشینه پژوهش

ادبیات رو به رشدی به بررسی مسبب‌های بحران رهن اخیر پرداخته‌اند. مایر و همکارانش (۲۰۰۹) با بررسی اسناد و حقایق بحران رهن درجه دوم، نتیجه گرفتند ترکیبی از کاهش استانداردهای پذیرهنویسی و نزول قیمت خانه، به افزایش شدید نکول‌ها طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۸ منجر شده است. گورتون و پناکای (۱۹۹۵)، پناکای (۱۹۸۸) و سوفی (۲۰۰۷) سازوکارهای نهادی کاهش مسئله مخاطره اخلاقی را نظارت و غربال‌گری - که در شرایط فروش وام مطرح می‌شود - در نظر گرفتند. آنها بر استفاده از پورتفولیوی وام‌ها به مثابه ابزاری برای جهت‌دهی به انگیزه تمرکز کردند. دراگر و پیوری (۲۰۰۹) استفاده از قرارداد رسمی را برای پرداختن به مسئله انگیزه فروش وام‌ها سندیت دادند. ریدایق (۱۹۹۷) نشان داد منتشرکننده مطلع می‌تواند عایدی‌اش از اوراق بهادارسازی را از طریق ایجاد اوراق بهادار چندگانه بر اساس سطوح متفاوت ریسک ناشی از اطلاعات خصوصی، افزایش دهد.

دی‌مارزو (۲۰۰۵) ساختار ادغام و طبقه‌بندی اوراق بهادار با پشتوانه دارایی را بررسی کرد. در این مدل، منتشرکننده اوراق بهادار با پشتوانه دارایی (ABS) می‌تواند اطلاعات خصوصی‌اش را درباره دارایی ادغام‌شده از طریق نگاه‌داری بخشی از اوراق بهاداری که به این اطلاعات حساسیت زیادی دارد، آشکار کند. هارتمن، پیسکورسکی و چیستی‌ای (۲۰۱۱) طراحی بهینه اوراق بهادار با پشتوانه وام‌های رهنی (MBS) را در چارچوبی پویا با در نظر گرفتن اثر بهبودبخش اطلاعات و کاربرد رویکرد استنباط آماری از سطح تلاش، بررسی کردند. دی‌مارزو و سانیکوی (۲۰۰۶) و دی‌مارزو و فیشر (۲۰۰۷) مسئله اوراق بهادارسازی در چارچوب مخاطره اخلاقی را برای مشکل تضاد عاملیت که در طی زمان تکرار می‌شود، مطرح کردند. پارلر و پلنتن (۲۰۰۸) نشان دادند چگونه فروش وام‌ها می‌تواند انگیزه وام‌دهنده را برای نظارت‌کردن کاهش دهد. باند و گوماز (۲۰۰۹) به بررسی مسئله کارفرما - کارگزار چندوظیفه‌ای پرداختند که در آن کارگزار باید چندین پروژه را برای کارفرما ارزیابی کند.

پویانفر و صفابخش (۲۰۱۱) به بررسی مسئله پیشینه‌سازی سود ناشر به ازای سررسیدها، تعداد و حجم دسته‌های متفاوت تعهدهای وامی وثیقه‌ای^۱ پرداختند. آنها از روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای بهینه‌سازی سررسیدها به منظور کاهش هزینه انتشار بهره بردند.

1. Collateralized Mortgage Obligations

روش‌شناسی پژوهش

مسئله کارفرما - کارگزار

برای سرمایه‌گذاران یا به بیان گسترده‌تر تنها تحمل‌کنندگان نهایی ریسک‌ها، به‌ویژه ریسک اعتباری، موضوع کارفرما - کارگزار عمدتاً از استناد به بانی برای ایجاد وام (وام خوب) ناشی می‌شود. بنابراین فرایند اوراق بهادارسازی، رابطه میان عایدی سرمایه‌گذار و عملکرد وام‌دهنده را تقویت می‌کند. در واقع، وجود شکاف اطلاعاتی میان سرمایه‌گذار و وام‌دهنده، دلیل اصلی تمایل به طراحی قرارداد دوجانبه^۱ (طراحی اوراق بهادارسازی) به شکل رابطه کارفرما - کارگزار به‌شمار می‌رود. در این چارچوب، سرمایه‌گذار همان کارفرمای ناآگاه^۲ و وام‌دهنده یا بانی همان کارگزار آگاه^۳ است (هریس و راویو، ۱۹۷۸). منافع سرمایه‌گذار، به چگونگی اعمال استانداردهای پذیرهنویسی هنگام اعطای وام بستگی دارد. بانی در معرض ریسک عملکرد وام‌های رهنی که ایجاد کرده است، قرار نمی‌گیرد. بنابراین اهداف مشترکی با سرمایه‌گذار یا به بیانی دیگر، بیشینه‌سازی منافع حاصل از سرمایه‌گذاری در MBS، ندارد و مسئله عاملیت^۴ به‌وجود می‌آید (برنارد، ۱۹۳۸ و مارچ و سیمون، ۱۹۵۸). در واقع مهم‌ترین چیزی که هم‌تراز کردن‌ها را هزینه‌بر می‌کند، اطلاعات نامتقارن است. از این رو، کاهش ریسک اعتباری به هم‌ترازی انگیزه‌های بانی و سرمایه‌گذار، نیاز دارد (دافی و راهی، ۱۹۹۴).

هدف اصلی این مقاله بررسی مسئله طراحی بهینه قراردادها در چارچوب اوراق بهادارسازی با در نظر گرفتن مشکل اطلاعاتی مخاطره اخلاقی است. این دسته مسائل در ادبیات تأمین مالی ساختاریافته^۵ اهمیت بسیاری دارند؛ زیرا عمده‌ترین دلیل برای طراحی بهینه اوراق بهادارسازی، کنترل مسئله انگیزه^۶ است. در تئوری عاملیت، تضاد در اهداف^۷ از طریق هم‌ترازی انگیزه‌ها در برنامه جبران^۸، حل می‌شود.

برنامه جبران

در مدل‌های اقتصادی، افراد از کار کردن بیزارند، از این رو برای وادار کردن افراد به تلاش کارفرما باید برای آنها انگیزه‌های بیرونی ایجاد کند. سیستم‌های انگیزه‌ای مدل کارفرما - کارگزار برای

1. Bilateral Contract
2. Uninformed
3. Informed
4. Agency Problem
5. Financial Structured
6. Incentive Problems
7. Conflict of Interest
8. Compensation Scheme

تخصیص بهینه ریسک‌ها و جبران بهینه کار مولد می‌شوند (لافونت و مارتیمورت، ۲۰۰۲). مدل جبران بر درجه مخاطره اخلاقی تأثیرگذار است؛ به این صورت که کارفرما به عملکرد خوب پاداش می‌دهد و عملکرد بد را جریمه می‌کند. چنانچه دیدن رفتارها امکان‌پذیر نباشد، حل مشکل عاملیت به بررسی چگونگی طراحی بهینه برنامه جبران برای کارگزار نیاز دارد. در ادامه، مدل در نظر گرفته شده این مقاله، معرفی می‌شود.

مفروضات مدل

مسئله‌ای که در اینجا مطرح می‌شود، تعیین چگونگی تقسیم بهینه عایدی میان کارفرما و کارگزار، یعنی تعیین جواب مسئله عاملیت یا همان طراحی برنامه جبران است. در مدل این مقاله، تابع مطلوبیت کارفرما $(G(w))$ ، تنها در دامنه ثروت تعریف شده است و تابع مطلوبیت کارگزار $(H(w, e))$ ، در دامنه ثروت و اقدام قرار دارد. سطح تلاش (e) در تابع مطلوبیت کارگزار، بیزاری وی از سخت کارکردن را در نظر می‌گیرد. تابع مطلوبیت کارگزار را به صورت تابع مطلوبیت ون نیومن - مورگن استرن^۱ و به طور حاصل جمعی تفکیک‌پذیر^۲، فرض می‌کنیم که به شکل مطلوبیت خالص $(H(w, e) = U(w) - V(e))$ است (کینی، ۱۹۷۳). فرض می‌شود اجرای تلاش برای کارگزار، به اندازه $V(e)$ نامطلوب است و $V'(e) > 0$ درست همان چیزی است که موجب تفاوت اهداف میان کارفرما و کارگزار می‌شود. فرض می‌شود کارفرما ریسک خنثی $(G''(w) = 0)$ و کارگزار ریسک‌گریز $(V'''(e) < 0)$ است. کاربردی از مسئله کارفرما - کارگزار که در این مقاله در نظر گرفته شده است به طراحی بهینه اوراق بهادارسازی وام‌های رهنی (MBS) اختصاص دارد. برای سرمایه‌گذار و بانی تقسیم ریسک مطلوب است. بدیهی است که سرمایه‌گذار نمی‌تواند اقدام‌های بانی را مشاهده کند؛ اقدام‌هایی که برای او و رفاه مشترکشان تأثیرگذار است. شایان توجه اینکه مالک پیشامدها در چارچوب اوراق بهادارسازی سرمایه‌گذار است و پیشامدها همان نکول و عدم نکول پرداخت‌ها در ادغام وام‌ها است. به منظور حل مسئله عاملیت، سرمایه‌گذار باید به طراحی برنامه جبران برای بانی بپردازد، اما چنانچه سرمایه‌گذار امکان مشاهده اقدام‌های بانی (e) را نداشته باشد، کارفرما می‌تواند جبران را بر مبنای پیشامدها قرار دهد؛ زیرا پیشامد متغیری است که سرمایه‌گذار می‌تواند آن را مشاهده و بررسی کند.

1. Von, Neumann Morgenstern Utility
2. Additively Separable

شاول (۱۹۷۹) اثبات کرد برنامه جبران باید علاوه بر پیشامدهای مشاهده پذیر، به اطلاعات اضافی نیز بستگی داشته باشد. در واقع اصل فراهم کردن اطلاعات^۱ می گوید، قرارداد انگیزه باید بر مبنای همه متغیرهایی قرار داشته باشد که اطلاعاتی را درباره اقدامهای کارگزار فراهم می کنند. هولمستروم (۱۹۷۹) در مقاله ای نشان می دهد هر نوع اطلاعات اضافی درباره اقدام کارگزار، حتی ناکامل، می تواند برای بهبود رفاه هر دو طرف کارفرما و کارگزار استفاده شود. چنین نتایجی کاربرد گسترده اطلاعات در طراحی قراردادها را توضیح می دهند.

همان طور که می دانیم هنگامی که معامله های اوراق بهادارسازی بسته می شود^۲، وجوهی به صورت یک جا از طرف خریداران به سمت بانی انتقال می یابد، اما سرمایه گذار می تواند پرداخت به کارگزار را برای چند دوره به عقب بیندازد و با استفاده از اطلاعاتی که طی این دوره درباره عملکرد اعتباری وام ها جمع آوری کرده است، به استنباط میزان تلاش به کار گرفته شده بانی در اعمال استانداردهای پذیرهنویسی بپردازد؛ یعنی سرمایه گذار در یک طرف رابطه کارفرما - کارگزار، برای کاهش وسعت مشکل انگیزه مخاطره اخلاقی در طراحی برنامه جبران، از این اطلاعات اضافی نیز می تواند بهره مند شود.

شایان توجه اینکه در دنیای واقعی، بانی (بانک) برای اعطای وام به متقاضیان، مسئول اعمال استانداردهای پذیرهنویسی و تعیین کیفیت اعتباری متقاضیان است که خود مؤلفه های گوناگونی را در بر می گیرد. بدین منظور مدل منتخب این مقاله مدل چنداقدامی^۳ است. مجموعه E را مجموعه اقدامهای ممکن برای کارگزار و بردار K بعدی تلاش e ، $(e = (e_1, \dots, e_K))$ را به صورت $e \in E = \{(e_1, e_2, \dots, e_K)\}$ در نظر می گیریم. هر بعد تلاش $(e_k, \forall k)$ باینری است و دو مقدار ممکن می گیرد که ما آنها را به سطح تلاش صفر و یک نرمال کرده ایم $(e_k \in \{0, 1\}, \forall k)$. بنابراین هر بردار تلاش نشان می دهد کدام یک از ابعاد تلاش را کارگزار انجام داده و از کدام ابعاد تلاش شانه خالی کرده است.

همان طور که در مقدمه توضیح داده شد، اعتقاد بر این است که اوراق بهادارسازی به مخاطره اخلاقی در اعمال استانداردهای پذیرهنویسی رهن منجر می شود. به منظور کاهش ریسک اعتباری در این نوع از سرمایه گذاری ها، این مقاله طراحی و ساختار بندی رابطه کارفرما - کارگزار را در فرایند اوراق بهادارسازی به منظور هم ترازی اهداف بررسی می کند. به طور کلی، تئوری قراردادها به صورت مسئله بهینه سازی مقید تجزیه و تحلیل می شود. توجه شود اگر کارگزار قرارداد پیشنهادی

1. Informativeness Principle
2. Closed
3. Multi-Action Models

کارفرما را بپذیرد، بردار تلاش $(e = (e_1, \dots, e_K): e_k \in \{0, 1\}, \forall k)$ را با هزینه شخصی هر بعد تلاش به اندازه $C \cdot e_k$ انتخاب می‌کند.

ساختار اطلاعات در چنین چارچوبی، همان موقعیت اعتباری وام‌ها (X) است که برای سرمایه‌گذار طی زمان مشخص می‌شود. پیشامد (X) همواره برای سرمایه‌گذار حاوی اطلاعات کامل از عملکرد بانی نیست. بنابراین نسبت به جواب مرتبه اول، زیان رفاهی خواهیم داشت؛ به این معنا که معیارهای عملکرد اضافی مشاهده‌پذیر علاوه بر پیشامدها، می‌توانند مطلوبیت‌های انتظاری کارفرما و کارگزار را بهبود بخشند؛ در صورتی که بتوانند برای افزایش انگیزه‌ها یا بهبود تقسیم ریسک قرارداد استفاده شوند. بنابراین، چنانچه نشانگری^۱ از تلاش (Y) همبسته با مشاهدات وجود داشته باشد که مشاهده تحقق آن برای کارفرما امکان‌پذیر باشد، کارفرما باید جبران کارگزار را بر مبنای این علامت (Y) نیز قرار دهد.

قاعده تقسیم بهینه ریسک

در چنین چارچوبی با داشتن اطلاعات اضافی (Y) از ابعاد مختلف تلاش انتخابی، قرارداد بهینه برای اجرای سطح تلاش بهینه $(e = (e_1, \dots, e_K) \in E)$ چیست؟ این سؤال را می‌توان در قالب مسئله زیر جواب داد.

$f(X, Y|e)$ را چگالی احتمال مشترک پیشامد X و علامت Y را برای بردار تلاش مفروض e قرار می‌دهیم. چنانچه کارفرما X و Y را بداند (X را مشاهده کرده است و بر اساس مشاهده‌های خود Y را استنباط می‌کند)، اکنون مسئله سرمایه‌گذار به صورت انتخاب پرداخت $s(X, Y)$ و بردار تلاش e برای کارگزار به صورت زیر بیان می‌شود.

$$\text{Minimize}_{s(X, Y), e} \iint (s(X, Y))f(X, Y|e)dXdY \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\text{Subject to} \iint U(s(X, Y))f(X, Y|e)dXdY - \sum_{k=1}^K C \cdot e_k \geq \underline{H} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$e_k \in \underset{\tilde{e}_k \in E}{\operatorname{argmax}} \iint U(s(X, Y))f(X, Y|\tilde{e}_k, e_{-k})dXdY - C \cdot e_k, \forall k = 1, \dots, K \quad \text{رابطه (۳)}$$

1. Indicator

هنگام انتخاب تابع جبران، کارفرما باید مطمئن شود پیشنهاد سطح قابل قبولی از مطلوبیت انتظاری به کارگزار، به اندازه کافی جذاب است. در این صورت، قید عقلانیت فردی (IR) بر انتخاب کارفرما از $s(X)$ ، آن است که مطلوبیت انتظاری بیشینه شده کارگزار نباید کمتر از سطح اختصاصی مطلوبیت H^2 باشد. بر اساس قید سازگاری انگیزه (IC)^۳، کارفرما قراردادی را طراحی می کند که کارگزار را وادار می شود علاوه بر در نظر گرفتن نفع شخصی، اقدامهایی را اتخاذ کند که مطلوب کارفرما است. در واقع، کارفرما از طریق برنامه جبران می تواند انگیزه ها را نیز کنترل کند (مس کال، وین استون، و گرین، ۱۹۹۵).

گراسمن و هارت (۱۹۸۳) مسئله کارفرما را به گونه ای دیگر در نظر گرفتند و به محاسبه جداگانه هزینه ها و منافع اقدام های گوناگون کارفرما پرداختند؛ به این صورت که برای هر اقدام برنامه انگیزه جداگانه به گونه ای در نظر گرفته می شود که هزینه (انتظاری) وادار کردن کارگزار به انتخاب آن اقدام را کمینه کند. با این فرض، مسئله کمینه سازی هزینه، مسئله برنامه ریزی محدب می شود. شرایط مرتبه اول موضعی^۴ برای کارگزار در هر بعد تلاش e_k از رابطه ۴ به دست می آید.

$$\iint U(s(X, Y))f_{e_k}(X, Y|e) dXdY - C = 0 \quad \forall k = 1, \dots, K \quad \text{رابطه ۴}$$

قرارداد بهینه با مشتق گیری از مسئله کارفرما نسبت به $s(X, Y)$ و برای هر مقدار از (X, Y) به دست می آید. شرط مرتبه اول برای قرارداد بهینه $s(X, Y)$ به صورت رابطه های ۵ و ۶ است.

$$-f(X, Y|e) + \lambda U'(s(X, Y))f(X, Y|e) + \sum_{k=1}^K (\mu_k f_{e_k}(X, Y|e) U'(s(X, Y))) = 0 \quad \text{رابطه ۵}$$

$$-f(X, Y|e) + \lambda U'(s(X, Y))f(X, Y|e) + \sum_{k=1}^K (\mu_k f_{e_k}(X, Y|e) U'(s(X, Y))) = 0 \quad \text{رابطه ۶}$$

با ساده سازی رابطه ۷ را خواهیم داشت

1. Individual Rationality
2. Reservation Level
3. Incentive Compatibility
4. Local First Order Condition

$$\frac{1}{U'(s(X, Y))} = \lambda + \frac{\sum_{k=1}^K \mu_k f_{e_k}(X, Y|e)}{f(X, Y|e)} \quad \text{رابطه ۷}$$

در اینجا می‌توان از شرایط کان - تاکر برای توصیف و مشخص کردن جواب بهینه استفاده کرد. در چنین حالتی اگر $s(X, Y)$ در قیود (PC) و $(IC_k, \forall k)$ صدق کند، می‌گوییم اقدام‌های $e_k, \forall k = 1, \dots, K$ با قرارداد (s, e) اجرا^۱ خواهند شد (هارت و هولمستروم، ۱۹۸۷).

استنباط بیزین ناپارامتریک

به‌منظور کاهش مسئله مخاطره اخلاقی و در نتیجه کاهش ریسک اعتباری، سرمایه‌گذار باید به‌دنبال بهبودی انگیزه‌های کارگزار به سمت انگیزه‌های خود باشد. این عمل از طریق کاهش شکاف اطلاعاتی بین آنها امکان‌پذیر است که آن نیز از طریق علامت‌های تأییدشده عملکرد بانی ممکن می‌شود. اما جمع‌آوری اطلاعات به روش نظارت در عمل بسیار پرهزینه است. در مقابل، سرمایه‌گذار می‌تواند به استنباط ابعاد مختلف تلاش در قالب بردارهای علامت اطلاعاتی (Y) بپردازد. در این مقاله بر اساس دیدگاه بیزین، تلاش e (متغیری که مشاهده نمی‌شود) متغیر نهفته در نظر گرفته می‌شود و آن را با استفاده از بردار مشاهدات X استنباط می‌کنیم. این بخش از روش کار مقاله، در چارچوب تئوری یادگیری ماشین قرار دارد. مطابق تئوری یادگیری ماشین، در چارچوب اوراق بهادارسازی وام‌های رهنی (MBS)، هدف یافتن مجموعه‌ای از تلاش‌های پنهانی (همان متغیرهای نهفته) صورت گرفته است که وام‌دهنده باید در قالب اعمال استانداردهای پذیرهنویسی گوناگون هنگام اعطای وام نسبت به قرض گیرندگان انجام دهد. در این مقاله، رویکرد بیزین ناپارامتریک^۲ برای استنباط متغیرهای نهفته انتخاب شده است؛ زیرا در این رویکرد تعداد مشخصه‌های نهفته که کمیتی تصادفی است و باید به‌منزله بخشی از استنباط پسین^۳ تعیین شود، به‌کار گرفته می‌شود. در ادامه با استفاده از مدل مشخصه نهفته نامتناهی ناپارامتریک، به‌دنبال این هستیم که متغیرهای مشاهده‌شده پیشامدهای X را بر حسب مشخصه‌های نهفته که همان ابعاد مختلف تلاش انتخاب‌شده بانی هنگام اعطای وام است (e_k) توضیح دهیم.

1. Implement
2. Nonparametric Bayesian Method
3. Posterior

مدل‌های مشخصه نهفته^۱

فرض کنید N شیء داریم که در قالب ماتریس $N \times D$ با نام X نشان داده می‌شود. در یک مدل مشخصه نهفته، هر شیء توسط برداری از مقادیر مشخصه نهفته f_n بیان می‌شود (ستون‌های ماتریس X). با استفاده از ماتریس $F = [f_1^T f_2^T \dots f_N^T]^T$ مقادیر مشخصه نهفته پنهانی برای تمام N شیء مشخص می‌شود. در این صورت مدل توسط پیشینی^۲ در مشخصه‌ها $(p(F))$ و توزیعی در ماتریس‌های ویژگی مشاهده شده مشروط بر این مشخصه‌ها $(p(X|F))$ ، تصریح می‌شود.

می‌توان ماتریس F را به دو مؤلفه تفکیک کرد: مؤلفه اول ماتریس باینری Z که تعیین می‌کند هر شیء کدام مشخصه را دارد؛ به این صورت که اگر شیء n مشخصه k را داشته باشد $Z_{nk} = 1$ است و در غیر این صورت $Z_{nk} = 0$. در چارچوب اوراق بهادارسازی، اشیا می‌توانند مشاهده‌های عملکرد اعتباری ادغام‌های مختلف از وام‌ها باشند و مشخصه‌ها می‌توانند ابعاد گوناگون استانداردهای پذیرهنویسی که بر وضعیت اعتباری ادغام وام‌ها در اوراق بهادار MBS تأثیر می‌گذارند، در نظر گرفته شوند. ماتریس دوم V ارزش هر مشخصه را برای هر شیء مشخص می‌کند. شایان توجه اینکه بعد مؤثر در مدل مشخصه نهفته توسط Z تعیین می‌شود. با فرض اینکه Z تنگ^۳ است، می‌توان پیشینی برای مدل‌های مشخصه نهفته نامتناهی از طریق تعریف توزیعی در ماتریس‌های باینری نامتناهی تعریف کرد.

معمول‌ترین پیشین ناپارامتریک برای مدل‌های مشخصه نهفته، فرایند بوفه هندی (IBP)^۴ است. فرایند بوفه هندی، فرایندی تصادفی با توزیعی ناپارامتریک پیشین در ماتریس‌های باینری نامتناهی Z است. به هر حال، برای تعداد متناهی از مشاهدات N ، این توزیع تضمین می‌کند تعداد مشخصه‌ها (K) متناهی است (گریفیث و قهرمانی، ۲۰۰۶).

در این مقاله با توجه به آنچه توضیح داده شد، فرض می‌کنیم کارفرما فرد تصمیم‌گیرنده بیزین است که با ورود اطلاعات جدید و مشاهده آنها، به استنباط بیزین درباره ابعاد مختلف تلاش کارفرما می‌پردازد و بر اساس استنباطش، اقدام به طراحی و پرداخت جبران به کارگزار می‌کند. بدین منظور، در این مقاله کارفرما طی ۱۲ ماه اطلاعاتی درباره وضعیت نکول ادغام وام‌های اوراق بهادارسازی شده جمع‌آوری کرده است. حال بر اساس این اطلاعات و در قالب رویکرد بیزین ناپارامتریک، به استنباط ابعاد مختلف تلاشی (متغیرهای نهفته) که بانی برای اعطای وام‌ها به قرض‌گیرندگان انجام داده و از دید سرمایه‌گذار پنهان است، پرداخته می‌شود.

1. Latent Feature Models
2. Prior Probability
3. Sparse
4. Indian Buffet Process

یافته‌های پژوهش

مدل‌سازی داده‌ها

برای مشخص شدن اینکه چگونه IBP می‌تواند به‌مثابه پیشنهادی در مدل‌های یادگیری غیرنظارتی استفاده شود، مدلی از مشخصه نهفته پواسون - گاما^۱ استخراج می‌کنیم که در آن ماتریس مشخصه، همان ماتریس باینری Z است. برای ماتریس مشاهده‌های مفروض X ، به دنبال یافتن توزیع پسین از Z و A هستیم. از قاعده بیز رابطه ۸ را داریم.

$$p(Z, A|X) \propto p(X|Z, A)p(Z)p(A) \quad \text{رابطه ۸}$$

در این مقاله ماتریس مشاهده‌های X ، مشاهده‌های نکول و عدم نکول ادغام و ام‌ها در MBSها است. چون داده‌های شمارشی^۲ از توزیع پواسون برخوردارند، مدل راستنمایی پواسون در نظر گرفته می‌شود. در این وضعیت نمی‌توانیم پیشینی بر Z قرار دهیم؛ چون K یا تعداد مشخصه‌های نهفته را نمی‌دانیم و تمایل داریم پیشینی برای آن در نظر بگیریم که اجازه دهد K در زمان استنباط تعیین شود. فرایند بوفه هندی یکی از گزینه‌های پیش‌رو برای حل این مشکل است.

فرایند بوفه هندی

فرایند IBP، پیشین زیر را بر کلاس‌های هم‌ارزی Z و $[Z]$ ، قرار می‌دهد (گرفیفت و قهرمانی، ۲۰۰۶). $[Z]$ فرم استاندارد از ماتریس باینری Z است که نسبت به رتبه‌بندی مشخصه‌ها (ستون‌ها) بی‌تغییر باقی می‌ماند (همان مفهوم تعویض‌پذیری^۳).

$$P([Z]|\alpha) = \frac{\alpha^K}{\prod_{h \in \{0,1\}^N \setminus 0} K_h!} \exp\{-\alpha H_N\} \prod_{k=1}^K \frac{(N - m_k)! (m_k - 1)!}{N!} \quad \text{رابطه ۹}$$

در رابطه ۹، $P([Z])$ ، توزیع روی کلاس هم‌ارزی Z مشروط بر α است؛ K تعداد ستون‌های غیرصفر در Z که برای آنها $m_k > 0$ است؛ m_k تعداد یک‌ها در ستون k از ماتریس Z است؛ K_h تعداد ستون‌ها در Z با نمایش باینری h (تعداد ستون‌هایی که آرایه‌هایشان متناظر با عدد باینری h است)؛ H_N عدد هارمونی به صورت $H_N = \sum_{i=1}^N \frac{1}{i}$ و α (درصد مخاطره)^۴ تعداد

1. Poisson-Gamma Latent Feature Models
2. Count Data
3. Exchangeability
4. Moral Rate

مشخصه‌های بیان شده برای هر مشاهده را کنترل می‌کند (گریفیث و قهرمانی، ۲۰۰۶). در این مقاله، نمایشی جدید با نام چسباندن - شکست‌ها^۱ برای IBP معرفی می‌شود.

ساختار چسباندن - شکست‌ها

ساختار چسباندن شکست، نمایش آلترناتیو برای IBP است که رتبه‌بندی خاصی بر مشخصه‌ها قرار می‌دهد (ته، گروور و قهرمانی، ۲۰۰۷). برای تولید ماتریس Z با استفاده از ساختار چسباندن - شکست‌ها، با اختصاص پارامتر $\pi_k \in (0, 1)$ به هر ستون از Z (احتمال اینکه مشخصه k در یک شیئی وجود دارد) شروع می‌کنیم. پیشین $\text{Beta}(\alpha/K, 1)$ را برای هر π_k قرار می‌دهیم که در آن α همان پارامتر تمرکز IBP است. با مفروض بودن π_k ، هر Z_{nk} در ستون k به‌منزله متغیر تصادفی برنولی $\text{Bernoulli}(\pi_k)$ نمونه‌گیری می‌شود.

نخست دنباله‌ای از متغیرهای تصادفی مستقل v_1, v_2, \dots ترسیم می‌شود که هر یک توزیع بتا $(\text{Beta}(\alpha, 1))$ دارند و برای هر k قرار داده می‌شود $(\pi_k = v_k \pi_{k-1} = \prod_{i=1}^k v_i)$. مقادیر بزرگ‌تر α به‌معنای آن است که انتظار می‌رود مشخصه‌های بیشتری در داده‌ها مشاهده شود. فرض بر آن است IBP با استفاده از مدل احتمال بتا - برنولی متناهی (p_K) ، به خوبی تقریب‌زده می‌شود که به طور کامل در زیر معرفی شده است (گریفیث و قهرمانی، ۲۰۰۶).

$$\pi_k \sim \text{Beta}(\alpha/K, 1) \quad \text{Independently } \forall k \in \{1 \dots K\} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

$$z_{nk} \sim \text{Bernoulli}(\pi_k) \quad \text{Independently } \forall k \in \{1 \dots K\}, \forall n \in \{1 \dots N\} \quad \text{رابطه ۱۱}$$

$$A_{k0} \sim \text{Gamma}(\alpha, 1/\alpha) \quad \text{Independently } \forall k \in \{1 \dots K\} \quad \text{رابطه ۱۲}$$

$$X_{n0} \sim \text{Poisson}(Z_i A) \quad \text{Independently } \forall n \in \{1 \dots N\} \quad \text{رابطه ۱۳}$$

که در این رابطه‌ها K سطح برش^۲ و متناهی است.

1. Stick-Breaking Construction
2. Truncation Level

گرفیث و قهرمانی (۲۰۰۶) نشان دادند با میل کردن K به سمت بی‌نهایت، این تقریب متناهی با توزیعی برای IBP همگرا می‌شود. با تقریب متناهی، احتمال مشترک داده‌های X و متغیرهای نهفته $W = \{\pi, Z, A\}$ با رابطه ۱۴ برابر است.

رابطه ۱۴)

$$p_K(W, X|\theta) = \prod_{k=1}^K \left(p(\pi_k|\alpha) p(A_{k0}|\alpha, 1/\alpha) \prod_{n=1}^N p(z_{nk}|\pi_k) \right) \prod_{n=1}^N p(X_{n0}|Z_{i0}A)$$

مجموعه پارامترها با $\theta = \{\alpha, 1/\alpha\}$ نشان داده می‌شود.

در این بخش باید توجه شود بردار K بعدی متغیرهای نهفته Z_n ، همان مفهوم بردار K بعدی e در مسئله بهینه‌سازی کارفرما است که توزیع احتمال پیشامدها را تعیین می‌کند. پارامتری که بردار متغیرهای نهفته Z_n و در نتیجه بردار مشاهده‌های X_n را تعیین می‌کند، همان پارامترهای تابع توزیع احتمال پیشین برای متغیرهای تصادفی $z_{nk}, \forall k$ ، یعنی π_k است که بر هر بعد از تلاش (متغیر نهفته) Z_{nk} تأثیر می‌گذارد. بدین ترتیب با استفاده از احتمال پسین مشترک از داده‌ها و متغیرهای نهفته، می‌توان کار را ادامه داد. از آنجاکه در این مقاله مشاهده‌های کارفرما تنها سابقه نکول برای یک ادغام از وام‌ها است، ماتریس Z ماتریسی $1 \times K$ (بردار K بعدی) و ماتریس مشاهده‌های X ماتریس 12×1 (بردار 12 بعدی) خواهد بود بنابراین رابطه ۱۵ به دست می‌آید.

$$f(X, Y|e) = p_K(W, X) = \prod_{k=1}^K [p(\pi_k|\alpha) p(A_{k0}) p(z_{1k}|\pi_k)] p(X_{10}|Z_{10}A) \quad (\text{رابطه ۱۵})$$

در مدل پوآسون - گاما متناهی با مشخصه‌های نهفته باینری، هر بردار مشاهده X_n توسط یک بردار 12 بعدی از وضعیت نکول وام‌ها طی زمان بیان می‌شود. بنابراین توزیع احتمال شرطی بردار X_1 به صورت زیر است.

$$p(X_{10}|Z_{10}, A) = \prod_{d=1}^D p(x_{1d}|Z_{10}, A_{0d}) = \prod_{d=1}^D \left(e^{-Z_{10}A_{0d}} \frac{1}{x_{1d}!} (Z_{10}A_{0d})^{x_{1d}} \right) \quad (\text{رابطه ۱۶})$$

$$= \prod_{d=1}^D e^{-(\sum_k z_{1k} a_{kd})} \frac{1}{x_{1d}!} \left(\sum_k z_{1k} a_{kd} \right)^{x_{1d}}$$

$$= e^{-(\sum_k \sum_d z_{1k} a_{kd})} \times \left(\prod_{d=1}^D \frac{1}{(x_{1d})!} \right) \times \left(\prod_{d=1}^D \left(\sum_k z_{1k} a_{kd} \right)^{x_{1d}} \right) \quad \text{رابطه ۱۷}$$

در نتیجه رابطه ۱۸ به دست می آید.

$$f(X, Y|e) = \prod_{k=1}^K [p(\pi_k|\alpha)p(A_{k0})p(z_{1k}|\pi_k)] \times e^{-(\sum_k \sum_d z_{1k} a_{kd})} \quad \text{رابطه ۱۸}$$

$$\times \left(\prod_{d=1}^D \frac{1}{(x_{1d})!} \right) \times \left(\prod_{d=1}^D \left(\sum_k z_{1k} a_{kd} \right)^{x_{1d}} \right)$$

به منظور جای گذاری در نسبت $\frac{f_{e_k}(X, Y|e)}{f(X, Y|e)}$ برای هر k ، از رابطه ۱۸ استفاده می شود. این نسبت را در رابطه ۱۷ (حل مسئله کمینه سازی هزینه برای هر سطح مفروض از e)، جای گذاری می کنیم، بدین ترتیب رابطه ۱۹ به دست می آید.

$$\frac{1}{U'(s(X, Y))} = \lambda + \frac{\sum_{k=1}^K \mu_k f_{e_k}(X, Y|e)}{f(X, Y|e)} \quad \text{رابطه ۱۹}$$

ملاحظه می شود که برنامه جبران بهینه دوم کارفرما $(s(X, Y))$ ، تابعی از مشاهده ها (x_{1d}) ، استنباط از ابعاد مختلف تلاش (z_{1k}) ، میزان تأثیرگذاری (وزن) هر یک از این ابعاد (a_{k1}) ، بر عملکرد اعتباری ادغام وامها و شکل آن به ترجیحات و ریسک گریزی کارگزار، بستگی دارد. برای حالت کلی از تابع مطلوبیت $U(\cdot)$ ، برنامه بهینه به صورت رابطه های ۲۰ و ۲۱ حل می شود.

$$s(X, Y) = \Psi \left(\lambda + \frac{\sum_{k=1}^K \mu_k f_{e_k}(X, Y|e)}{f(X, Y|e)} \right) \quad \text{رابطه ۲۰}$$

$$\Psi = \left(\frac{1}{U'(\cdot)} \right)^{-1} \quad \text{رابطه ۲۱}$$

همان گونه که انتظار نیز می رفت، انگیزه با گرایش افراد نسبت به ریسک کاهش یابنده است. رابطه ۱۹ همچنین دلالت بر این دارد که قرارداد بهینه، لزوماً فرم ساده خطی ندارد. شکل بهینه $s(X, Y)$ تابعی از محتوای اطلاعاتی مشاهده ها (X) و علامت (Y) است و احتمال نمی رود با تغییر (X, Y) در این مقاله، الگوی تغییراتی ساده ای داشته باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

اوراق بهادارسازی رهن‌ها، یکی از مهم‌ترین نوآوری‌ها در بازارهای مالی است. فرایند اوراق بهادارسازی، روش مالی ادغام گسترده و ام‌های رهنی غیرنقدینه است که قابلیت تولید جریان نقدی دارد. در این فرایند، اوراق بهاداری با پشتوانه ادغام و ام‌ها تولید می‌شود و در نهایت اوراق بهادار ایجاد شده برای انواع سرمایه‌گذاران در بازار رهن ثانویه، منتشر می‌شوند. در حال حاضر دیدگاه عموم بر آن است که اوراق بهادارسازی، در افزایش شدید نکول و ام‌های رهنی سهمی دارند و بحران مالی اخیر را تسریع کرده‌اند (شین، ۲۰۰۹).

فرایند اوراق بهادارسازی موجب می‌شود بانی در معرض ریسک اعتباری و ام‌هایی که ایجاد کرده، قرار نگیرد؛ زیرا و ام‌ها را به سرمایه‌گذار می‌فروشد. از سوی دیگر، سرمایه‌گذار به دنبال بیشینه‌سازی ارزش خالص خود از ادغام و ام‌ها است. این در حالی است که بانی می‌خواهد ارزش خالص خود را از درآمد حاصل از ایجاد و فروش و ام‌ها به حداکثر برساند. در این صورت بانی انگیزه‌ای برای غربال قرض‌گیرندگان ندارد و مشکل مخاطره اخلاقی را در اعمال استانداردهای پذیرهنویسی هنگام اعطای وام، به وجود می‌آورد.

این مقاله، در قالب رابطه کارفرما - کارگزار، این نوع مسئله عاملیت را بررسی کرد و برای حل مشکل مخاطره اخلاقی طراحی برنامه جبران برای دادن انگیزه به بانی به منظور کاهش تضاد در اهداف، به تجزیه و تحلیل پرداخت. در چارچوبی که مشاهده اقدام‌های کارگزار برای سرمایه‌گذار ممکن نیست، سرمایه‌گذار می‌تواند جبران را بر مبنای پیشامدها، یعنی وضعیت نکول ادغام و ام‌ها قرار دهد، اما هر نوع اطلاعات اضافی درباره اقدام کارگزار، می‌تواند برای بهبودبخشیدن به رفاه کارفرما و کارگزار استفاده شود. سرمایه‌گذار می‌تواند پرداختی به کارگزار را برای چند دوره به عقب بیندازد و با استفاده از اطلاعات بیشتری که طی این دوره درباره عملکرد اعتباری و ام‌ها جمع‌آوری می‌کند، به استنباط میزان تلاش به کارگرفته شده بپردازد. از آنجاکه سیستم‌های اطلاعاتی کارفرما را درباره آن چیزی که کارگزار انجام می‌دهد مطلع می‌کنند، احتمال می‌رود که مانع فرصت‌طلبی کارگزار شوند. نتایج نشان می‌دهد جواب بهینه دومی برای برنامه جبران در مسئله سرمایه‌گذار وجود دارد که تابعی از مشاهده‌های وضعیت اعتباری و ام‌ها، ابعاد مختلف تلاش (ابعاد مختلف استانداردهای پذیرهنویسی) و میزان تأثیرگذاری هر یک از این ابعاد بر نکول و عدم نکول ادغام و ام‌ها است و شکل آن به ترجیحات و وضعیت ریسک‌گریزی کارگزار بستگی دارد. همچنین، شکل برنامه جبران نشان می‌دهد انگیزه با گرایش افراد به ریسک، کاهش‌یابنده است. در واقع قرارداد بهینه، لزوماً فرم ساده خطی ندارد و به طور کلی شکل بهینه برنامه جبران، تابعی از محتوای اطلاعاتی مشاهده‌های X و علامت Y است. از آنجاکه در

جواب بهینه، قیدها بسته می‌شوند؛ می‌توان گفت چنین سیستم اطلاعاتی با کاهش عدم تقارن اطلاعات، از فرصت‌طلبی‌های بانی هنگام اعطای وام پیشگیری می‌کند و بانی به احتمال بیشتر در جهت نفع سرمایه‌گذار عمل می‌کند و وظایف تعیین‌شده در قرارداد را هنگام اعطای وام به متقاضیان انجام می‌دهد.

References

- Barnard, C. I. (1938). *The Economy of Incentives*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bond, P. & Gomes, A. (2009). Multitask Principal-Agent Problems: Optimal Contracts, Fragility, and Effort Misallocation. *Journal of Economic Theory*, 144(1): 175-211.
- DeMarzo, P. (2005). The Pooling and Tranching of Securities: a Model of Informed Intermediation. *Review of Financial Studies*, 18(1): 1-35.
- DeMarzo, P. & Fishman, M. (2007). Optimal Long-Term Financial Contracting. *Review of Financial Studies*, 20 (6): 2079-2128.
- DeMarzo, P. & Sannikov, Y. (2006). Optimal Security Design and Dynamic Capital Structure in a Continuous – Time Agency Model. *Journal of Finance*, 61 (6): 2681-2724.
- Drucker, S. & Puri, M. (2009). On Loan Sales, Loan Contracting, and Lending Relationships. *Review of Financial Studies*, 22(7): 2835-2872.
- Duffie, D. & Rahi, R. (1995). Financial Market Innovation and Security Design: an Introduction. *Journal of Economic Theory*, 65(1): 1-42.
- Gorton, G. B. & Pennacchi, G.G. (1995). Banks and Loan Sales: Marketing Nonmarketable Assets. *Journal of Monetary Economics*, 35(3): 389-411.
- Griffiths, T. L. & Ghahramani, Z. (2006). *Infinite Latent Features Models and the Indian Buffet Process*. In *Advances in Neural Information Processing Systems 18 (NIPS 2005)*. Available in: <http://mlg.eng.cam.ac.uk/zoubin/papers/ibp-nips05.pdf>.
- Grossman, S. J. & Hart, O.D. (1983). An Analysis of the Principal-Agent Problem. *Econometrica*, 51 (1):7-45.
- Harris, M. & Raviv, A. (1978). Some Results on Incentives Contracts with Application to Education and Employment, Health Insurance, and Law Enforcement. *American Economic Review*, 68(1): 20-30.

- Hart, D. O. & Holmstrom, B. (1987). *The Theory of Contracts*. In: Bewley, T. Ed. *Advances in Economic Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hartman-Glaser, B., Piskorski, T. & Tchisty, A. (2011). Optimal Securitization with Moral Hazard. *Journal of Financial Economics*, 104(1): 186-202.
- Holmstrom, B. (1979). Moral Hazard and Observability. *The Bell Journal of Economics*, 10(1): 74-91.
- Keeney, R.L. (1973). Risk Independence and Multiattributed Utility Functions. *Econometrica*, 41(1): 27-34.
- Laffont, J. J. & Martimort, D. (2002). *The Theory of Incentives*. Princeton: Princeton University Press.
- March, J. G. & Simon, H.A. (1958). *Organization*. New York: John Wiley & Sons.
- Mas-Colell, A., Whinston, M. & Green, J. (1995). *Microeconomic Theory*. Oxford: Oxford University Press.
- Mayer, C., Pence, K. & Sherlund, S.M. (2009). The Rise in Mortgage Defaults. *Journal of Economic Perspectives*, 23(1): 27-50.
- Parlour, C. A. & Plantin, G. (2008). Loan Sales and Relationship Banking. *The Journal of Finance*, 63 (3): 1291-1314.
- Pennacchi, G. G. (1988). Loan Sales and the Cost of Bank Capital. *Journal of Finance*, 43(2): 375-396.
- Pouyanfar, A. & Safabakhsh, S. (2011). Collateralized Mortgage Obligations Optimization. *Journal of Financial Research*, 12(30), 1-22. (in Persian)
- Riddiough, T. J. (1997). Optimal Design and Governance of Asset-Backed Securities. *Journal of Financial Intermediation*, 6 (2): 121-152.
- Shavell, S. (1979). Risk Sharing and Incentives in the Principal and Agent Relationship. *The Bell Journal of Economics*, 10(1): 53-73.
- Shin, H. S. (2009). Securitization and Financial Stability. *The Economic Journal*, 119 (536): 309-332.
- Sufi, A. (2007). Information Asymmetry and Financing Arrangements: Evidence from Syndicated Loans. *The Journal of Finance*, 62(2): 629-668.
- The, Y. W., Gorur, D. & Ghahramani, Z. (2007). Stick Breaking Construction for the Indian Buffet Process, *Proceedings of the 11th Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS-07)*. Available in: <http://mlg.eng.cam.ac.uk/zoubin/papers/TehGorGha07.pdf>.