بررسی سرمایه‌گذاری‌های استراتژیک با بازی‌های اختیارات تحت اطلاعات ناقص

عبدالله آراسته (نویسنده مسئول)

استادیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

Email:arasteh@nit.ac.ir

چکیده

در این مقاله مدلی را برای بررسی بازی‌های اختیارات طبیعی افق محدود تحت اطلاعات ناقص با پارامترهای مختلف توسعه می‌دهیم. در بازی‌های اطلاعات ناقص عملکرد بنگاه‌ها بر اهمیت اطلاعات در مورد مزیت رقابتی سایر رقبا تأکید می‌کند. استفاده بنگاه‌ها از یکدیگر در رابطه با این اطلاعات بلوک‌های ساختاری را در مدل با تعاملات استراتژیک پیشنهاد می‌دهد. این به دلیل وجود نوعی دور است که بهترین تصمیمات بر مبنای تصمیمات قبلی در زمان معینی به دلیل وجود خاصیت برنامه‌ریزی پویا اتخاذ می‌گردند. نسخه بسط یافته‌ای از الگوریتم کمترین مربعات مونت‌کارلو[1] را برای مواجهه با این نتایج توسعه دادیم. مدل می‌تواند در درک رابطه بین اختیار استراتژیک و اطلاعات و نیز اینکه چگونه این بر بهترین تصمیم و ارزش نتایج آن تأثیر می‌گذارد مشارکت نماید. دریافتیم که ویژگی اطلاعات اهمیت بسیار زیادی برای اتخاذ بهترین تصمیم و بهینه‌سازی ارزش‌های پروژه خواهد داشت.

کلید واژه:

تحلیل سرمایه‌گذاری، بازی‌های اختیارات، اطلاعات ناقص، اطلاعات نامتقارن، کمترین مربعات مونت‌کارلو

مقدمه

در تنظیمات استراتژیک تصمیمات سرمایه‌گذاری بنگاه‌ها بر عملیات رقبا تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین، تصمیمات بنگاه‌ها بستگی به اطلاعات در دسترس در مورد رقبای خود دارد. بیشتر مدل‌ها تصمیمات سرمایه‌گذاری بنگاه‌ها را تحت چارچوب اطلاعات کامل انتخاب می‌کنند. در بازارهای رقابتی تحقیق و توسعه ، برنامه‌های تحقیقاتی به‌طور منفرد مدیریت شده و رقبا اطلاعات کمی در مورد حریفان پیشرفته خود دارند (بویر و همکاران[2]، ۲۰۱۲؛ هان و کوهن[3]، ۲۰۱۲؛ میلترسن و شوارتز[4]، ۲۰۰٤). چگونه یک بنگاه انتخاب می‌کند که تصمیمات عملیاتی بر اطلاعات رقبای خاصی در بازار بین سایر رقبا دلالت نماید. استراتژی اعمال اختیارات طبیعی یک سازوکار نقل‌وانتقال اطلاعات مهم است.

این مقاله ویژگی اطلاعات را در بازی‌های اختیارات طبیعی[5] مورد بررسی قرار می‌دهد. روشی را که به ما اجازه می‌دهد پیشنهادات اطلاعات ناقص را با تصمیمات بهینه و ارزش نسبی پروژه‌ها در محیط‌های پیچیده مورد بررسی قرار دهیم، توسعه می‌دهیم. اصل برنامه‌ریزی پویا را برای تعیین تصمیم بهینه بر مبنای اختیاری بودن استراتژی‌های آینده به کار می‌بریم. این مقاله در مورد نتیجه دوری مسأله جلو سو-عقب سو[6] برای ارزش‌گذاری پروژه‌ها با انعطاف استراتژیک تحت اطلاعات ناقص است. این نتیجه به‌طورکلی در حالتی است که با مدل افق محدود اختیارات پویا در حالت وجود اطلاعات ناقص بین بنگاه‌های مختلف مواجه باشیم. روش ما می‌تواند سپس برای بررسی تأثیر اطلاعات از جنبه‌های بسیار متعددی به کار رود، زمانی که مسأله بیان شده دارای چنان پیچیدگی است که هیچ راه‌حل فرم بسته‌ای در دسترس نیست.

این مقاله اساساً گام‌های ادبیات اختیارات طبیعی را دنبال کرده و روی مجموعه‌ای از مطالب مدل‌های با تعاملات رقابتی و بعد اطلاعات تمرکز دارد. بررسی نظریه بازی در مقالات مهم متعددی مطرح گردیده است. اسمتس[۷] (۱۹۹۱)، گرنادیر[۸] (۱۹۹۶، ۱۹۹۹، ۲۰۰۲)، ویدز[۹] (۲۰۰۲) و مورتو[۱۰] (۲۰۰۲) به عنوان مقالاتی شاخص بین سایرین قابل ذکرند. مدل‌های اطلاعات ناقص گرنادیر (۱۹۹٦) در یک مدل اختیارات طبیعی با فرض اینکه اطلاعات یک سیگنال خارجی است که به سمت بنگاه گسیل می‌شود و یادگیری به شکل سیگنال‌های دقیق‌تر رخ می‌دهد پیشنهاد گردید. میلترسن و شوارتز[۱۱] (۲۰۰٤) مدلی را با تعاملات رقابتی زمانی که عدم قطعیت اندازه در مورد اندازه بازار و عدم قطعیت خصوصیات بنگاه در مورد زمان تکمیل پروژه تحقیق و توسعه وجود دارد مورد بررسی قرار دادند. طبیعت رقابتی مدل میلترسن و شوارتز بسیار شبیه به این مقاله است. لامبرچت و پرائودین[۱۲] (۲۰۰۳) و هسو و لامبرچت[۱۳] (۲۰۰۷) بازی‌های با اطاعات ناقص را مورد بررسی قرار دادند. در لامبرچت و پرائودین (۲۰۰۳) یک مورد اطلاعات ناقص متقارن مدل شده و بنگاه‌ها ایده خود را در مورد سطح آستانه سرمایه‌گذاری رقیب بر مبنای متغیر حالت مربوطه بروز می‌کنند. مرلک و شورهوف[۱۴] (۲۰۱۱) سرمایه‌گذاری شرکت را زمانی که اعضا اطلاعات بهتری در مورد دیدگاه رشد شرکت دارند تحلیل می‌کنند. مقالات بسیاری مسایل اختیارات طبیعی را با استفاده از الگوریتم کمترین مربعات مونت‌کارلوی لانگستاف و شوارتز[۱۵] (۲۰۱۱) مورد بررسی قرار دادند که از آن میان می‌توان به مقالات شوارتز (۲۰۰٤)، میلترسن و شوارتز (۲۰۰٤) و گرنادیر و مالنکو[۱۶] (۲۰۱۰) اشاره نمود.

این مقاله در ادبیات این حوزه با نشان دادن روشی برای حل بازی‌های پویا با اطلاعات ناقص که فضای حالت از فرآیندهای متعددی تأثیر می‌پذیرد، مشارکت می‌کند. این توسط یک الگوریتم کمترین مربعات مونت‌کارلو بسط یافته محقق می‌شود؛ بنابراین، این مقاله به مجموعه مقالات حوزه روش‌های شبیه‌سازی برای حل مسایل اختیارات اضافه می‌گردد. روش ما می‌تواند هرجایی که نیاز به تحلیل چارچوب‌های پیچیده اطلاعات در مدل‌های بازی‌های اختیارات باشد مشارکت نماید. روشی را برای دخیل کردن اطلاعات ناقص در مدل بازی‌های اختیارات با تنظیمات ویژه به دو دلیل پیشنهاد می‌دهیم. نخست، این روش ایده‌های رویه پیشنهای را توضیح می‌دهد و دوم، به ما اجازه می‌دهد درکی اقتصادی از روش خود فرض کنیم.

داستان مدل ما بدین‌صورت است. دو شرکت را در نظر بگیرید که در یک بازی تحقیق و توسعه درگیر هستند. هر دو شرکت در یک دوره تحقیق و توسعه بوده روی محصولی که باید در بازار یکسانی به فروش برسد سرمایه‌گذاری می‌کنند. در یک افق زمانی محدود دوره تحقیق و توسعه به اتمام رسیده و هر دو شرکت محصولات خود را در یک زمان به بازار روانه می‌کنند. سهم بازار شرکت‌ها بر مبنای کیفیت محصولات آنها در مقایسه با رقباست. کیفیت محصول بالاتر، به عنوان یک مزیت رقابتی پایدار سهم بازار بالاتری را معرفی می‌کند؛ یعنی اینکه، یک سهم بازار بیشتر با داشتن کیفیت محصول بالاتر نسبت به رقیب کسب می‌شود.

بازی چارچوب اطلاعاتی نامتقارن دارد به‌گونه‌ای که یک شرکت اطلاعات کاملی در مورد رشد هر دو محصول دارد؛ بنابراین، شرکت می‌تواند به سطح کیفیت محصول هر دو شرکت رقیب توجه نماید. چارچوب اطلاعات نامتقارن مدل می‌تواند به دست آید ازآنجاکه به‌هرحال در مقایسه دو شرکت ممکن است یکی از آنها مشمول یک یا تعدادی از وضعیت‌های ذیل باشد ۱) قابلیت‌های تحلیل رقیب بیشتری دارد، ۲) محصول مشابهی را قبلاً تولید کرده است و رقیب آن در این زمینه می‌داند که با چه چیزی مقابله می‌کند، ۳) فناوری استانداردی را برای توسعه محصول مورد استفاده قرار داده درحالی‌که رقیب آن فناوری غیرقطعی‌تری را مورد استفاده قرار داده است و/ یا شرکت دیگر ٤) از نوع شرکت محدود عمومی بوده و جهت آشکار نمودن اطلاعات تنظیم شده است (آنتونیادو و همکاران[۱۷]، ۲۰۱۳؛ مورتو و والیماکی[۱۸]).

اگر چشم‌انداز بازار تیره و تار باشد، به دلیل قدرت نسبی رقبا، اختیار استراتژیک جهت قطع زیان‌ها و رها کردن برنامه تحقیق و توسعه وجود دارد. در مورد اطلاعات کامل استاندارد، بهترین استراتژی رها کردن می‌تواند بر مبنای هم ارزی مزایای آنی اعمال باارزش کرانه‌ای

ادامه دادن باشد. در مورد اطلاعات متقارن، شرکت‌ها همچنین مزایای صبر کردن برای نشان دادن اطلاعات سایر شرکت‌ها از طریق عملیات آنها را مورد بررسی قرار می‌دهند. این تأثیر در تعادل بیان شده است (کرامر و همکاران[۱۹] ۲۰۱۲). فرض می‌کنیم که رشد فناوری پروژه‌های تحقیق و توسعه دو شرکت متقارن باشد. مدل ما می‌تواند به‌سادگی با تقارن‌ها درباره این ویژگی مدیریت شود.

ارزش پروژه‌های توسعه محصول و بهترین استراتژی‌های رها کردن از اجرای یک نسخه بازگشتی از الگوریتم کمترین مربعات مونت‌کارلوی[۲۰] لانگستاف و شوارتز به دست می‌آیند. این الگوریتم به ما اجازه می‌دهد که مسأله پیچیده خود را با استفاده از تعدادی متغیرهای حالت داده‌شده در مدل خود و تنظیمات بازی اطلاعات ناقص حل نماییم.

۱.۱. مدل

با ساختاردهی مدل خود شروع می‌کنیم. به‌طورکلی در بررسی خود فرض خواهیم کرد که بازارهای سرمایه بدون اصطکاک۲۱ بوده و عامل‌ها قادر به قرض دادن و گرفتن به‌طور آزاد با یک نرخ بهره $i > 0$ هستند. زمان پیوسته بوده و با $t \geq 0$ نمایش داده می‌شود. عدم قطعیت با یک فضای احتمال فیلتر شده (S, f, π) مدل می‌شود. این اندازه احتمال بدون ریسک از اقتصاد با r نشان داده‌شده و بنابراین فضای احتمال مرتبط با (S, f, r) نمایش داده می‌شود.

۱.۱.۱. تنظیم

مدل ما ساختاری نامتقارن دارد. شرکت اول با یک مزیت اطلاعاتی توصیف می‌شود ازآنجاکه اطلاعات کاملی در مورد متغیرهای حالت مؤثر دارد. شرکت دوم شرکتی با اطلاعاتی کمتر بوده و نمی‌تواند روند پروژه تحقیق و توسعه شرکت اول را مشاهده نماید. در ادبیات این تنظیم کمبود اطلاعات یک طرفه نامیده می‌شود. برای بسط پروژه‌هایشان دو شرکت باید روی هزینه هر دوره سرمایه‌گذاری نمایند. حجم بازار برای محصولات در حال رشد شرکت‌ها که قطعی فرض می‌شود با C نشان داده می‌شود. می‌توانیم C را به عنوان ارزش فعلی کلیه جریان‌های نقدی آینده که می‌تواند در بازار از T تا ∞ به دست آید فرض کنیم. در این بخش تعریف متغیرهای حالت را بیان می‌کنیم.

۱.۱.۱.۱. کیفیت محصول

طبیعت پروژه‌های نوآورانه تحقیق و توسعه این است که کیفیت محصولات غیرقطعی است. زمانی که شرکت‌ها مشغول پروژه‌های تحقیق و توسعه هستند، در مورد ویژگی‌های دقیق محصولی که نهایتاً روانه بازار می‌کنند مطمئن نیستند. پویایی کیفیت محصول تعیین شده توسط شرکت i با معادله دیفرانسیل تصادفی زیر تعیین می‌شود:

$$dy_t^i = d_i y_t^i dt + \sigma_i dB_t^i \qquad (۱)$$

که در آن σ_i تغییرپذیری آنی و d_i رانش فوری را نشان می‌دهد. به‌علاوه، σ_i یک راه‌حل ثابت دقیق تعیین شده برای معادله دیفرانسیل تصادفی است که وجود دارد. B_i حرکت براونی استاندارد است که ناهمبسته است.

۱.۱.۲. سهم بازار

زمانی که دوره تحقیق و توسعه کامل می‌شود و هیچ شرکتی بازار را ترک نمی‌کند، سهم بازار به تمایز کیفیت محصولات بستگی خواهد داشت؛ بنابراین سهم بازار راننده جریان‌های نقدی آتی است. سهم بازار شرکت i که در دوره بازاریابی به دست خواهد آمد با q_i به دست می‌آید.

نکته ۱: سهم بازار شرکت i (درحالی‌که شرکت j بازار را ترک نکرده است) در دوره زمانی T از معادله زیر به دست می‌آید:

$$q_i = \min[\{0.5 + \alpha(y_T^i - y_T^j)\}^+, 1] \quad (۲)$$

که در آن سهم بازار شرکت j عبارتست از:

$$q_j = 1 - q_i \quad (۳)$$

α پارامتر ثابت رقابت است که درجه سهم بازار شرکت که با درجه بالاتری از کیفیت محصول به دست می‌آید را مشخص می‌سازد.

۱.۲.۲. اختیارات استراتژیک

شرکت‌ها تا حد زیادی انعطاف دارند تا برنامه استراتژیک خود را حرکت دهند. این انعطاف‌پذیری مدیریتی در قسمت ذیل بحث می‌شود. در مدل ما بر نوعی از اختیار تمرکز می‌گردد که بالاترین درجه اهمیت را در تنظیمات تحقیق و توسعه دارد- یعنی اختیار رها کردن سرمایه‌گذاری.

۱.۱.۲.۲. اختیار رها کردن

وقتی شرکت‌ها درگیر پروژه‌های تحقیق و توسعه هستند، نیاز ندارند که در کل دوره توسعه سرمایه‌گذاری نمایند. شرکت‌ها اختیار دارند اگر دورنمای بازار هدف تاریک باشد، پروژه‌های خود را رها کنند. در مورد اطلاعات کامل، اختیار رها کردن نیز شامل اختیار صبر کردن در مورد رقبا برای افشای اطلاعات از طریق عملکردشان است. این یک تصمیم استراتژیک اساسی است که آیا سرمایه‌گذاری را ادامه بدهیم یا از پروژه تحقیق و توسعه خارج شویم. این تصمیم مبتنی بر سود بالقوه در بازار بوده و بنابراین به‌طور کامل با استراتژی اعمال پاداش‌ها تأثیر می‌پذیرد. بهترین استراتژی اعمال برای شرکت‌های رقیب به‌طور هم‌زمان حل شده است. این مسأله بعدها با چارچوب اطلاعات ناقص پیچیده‌تر شده است (جئورجیو[۲۲]، ۲۰۱۲؛ رام و مونتیبلر[۲۳]، ۲۰۱۳)

دوتا و روستیچینی[۲۴] (۱۹۹۳) مشخص نموده‌اند که در یک ترکیب چند شرکت‌ها تصمیم بهینه شرکت نمی‌تواند با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی به کار رفته در تحلیل اختیارات طبیعی استاندارد به دست آید. به‌طور جایگزین مسأله کنترل بهینه باید به صورت یک بازی زمان توقف توضیح داده شود؛ ازآنجاکه یک بازی زمان توقف، به صراحت یک بازی تصادفی است یعنی بازی‌ای که استراتژی‌های خالص شرکت انتخاب زمان‌های توقف هست.

۱.۳.۲. پالایش

بر مبنای ساختار متغیرهای تصمیم استراتژیک، می‌توانیم پالایش‌های در دسترس برای هر دو شرکت را که موردی اساسی در چارچوب مدل‌سازی اطلاعات ناقص هست، خلاصه نماییم. ساختار اطلاعات ناقص موانع مفهومی جدیدی را ایجاد می‌کند. یک نوآوری این مقاله روشی است برای تبیین اینکه چگونه ساختار اطلاعات ناقص باید در یک رویه مونت‌کارلو به‌منظور بکارگیری متغیرهای حالت متعدد باید مشارکت نماید. نکته زیر پالایش را خلاصه می‌کند.

نکته ۲: اطلاعات در دسترس برای شرکت‌های مربوطه می‌تواند در پالایش‌ها خلاصه شود. پالایش در دسترس در مورد مزیت اطلاعاتی شرکت یک f1، (اطلاعات کامل) از ضابطه زیر به دست می‌آید:

$$f_t^1 = \sigma\{(y_s^1, y_s^2) \mid s \in [0,t]\} \quad (٤)$$

درحالی‌که زیر پالایش در دسترس برای شرکت دو f2، (اطلاعات ناقص) با ضابطه زیر به دست می‌آید:

$$f_t^2 = \sigma\{(y_s^2, N_s) \mid s \in [0,t]\} \quad (٥)$$

$$f_t^1 = f_t^2 \vee \sigma\{(y_s^1) \mid s \in [0,t]\}$$

که در آن .

به صراحت شمول اطلاعات از سیگنال سرمایه‌گذاری شرکت مطلع به این فرآیند علامت تمرکز اصلی در بررسی‌های ما محسوب می‌شود.

۲. ارزیابی

همانند ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه شرکت‌ها نیاز داریم استراتژی‌های تصمیم بهینه (زمان‌های توقف) را به دست آوریم. همان‌طور که تأکید شد، تصمیم در مورد اینکه اختیارات اعمال شود یا خیر به میزان زیادی بستگی به ارزش پروژه رقیب دارد؛ بنابراین، باید ارزیابی هر دو پروژه را در مرحله تحقیق و توسعه به‌طور همزمان انجام دهیم. ارزش پروژه باید در هر دو وضعیت که تنها یک شرکت در مرحله تحقیق و توسعه قرار دارد و نیز در وضعیتی که هر دو شرکت هنوز در مرحله تحقیق و توسعه سرمایه‌گذاری می‌کنند انجام گیرد. زمانی که شرکت تخمینی از ارزش پروژه به عنوان یک تک‌قطبی و دوقطبی دارد، قادر به تصمیم در مورد زمان توقف بهینه با داشتن پالایش در دسترس است. ما ارزیابی دو پروژه تحقیق و توسعه مربوطه را در حالت تک‌قطبی آغاز می‌کنیم.

۲. ۱. وضعیت تک‌قطبی

در وضعیت تک‌قطبی رقابت‌کننده بازار را قبل از زمان T ترک می‌کند؛ یعنی اینکه ارزش پروژه شرکت بر مبنای انتظاری است که انحصارگرا[۲۵] در بازار در زمان T دارد. تصمیم در مورد ادامه دادن یا توقف سرمایه‌گذاری در بازار قبل از زمان T بدیهی است ازآنجاکه هیچ تصادفی بودنی وجود ندارد. آن بر مبنای حجم کلی بازار، هزینه سرمایه‌گذاری و نرخ تنزیل است که همه آنها در مدل ما قطعی است. ازآنجاکه شرکت باقی‌مانده کل بازار را در اختیار می‌گیرد، نیازی به در نظر گرفتن تعاملات رقابتی نیست که معادله ارزیابی را ساده‌تر می‌کند. برای حل مسأله نخست نیاز داریم که ارزش پروژه را در زمان t بدانیم؛ یعنی، نکته زیر را برای شرکت $i = \{1,2\}$ که شرکت $j = 3 - i$ متوقف‌شده است (تصمیم به ترک بازار گرفته یا فعالیت تحقیق و توسعه خود را متوقف کرده است)، داریم.

نکته ۳: ارزش پروژه شرکت i در هر زمان $t \in [0,T)$ اگر شرکت j پروژه خود را متوقف کرده باشد از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\omega_i^N(t) = \max\{Ce^{-i(T-t)} - \int_t^T v_i e^{-i(s-t)} ds, 0\} \quad (٦)$$

نخستین جمله در معادله (٦) ارزش فعلی و جریان کلی جریان‌های نقدی است که می‌تواند توسط شرکت i به عنوان یک شرکت انحصارگرا در بازار در خلال دوره $[T,\infty)$ به دست آید که پروژه خود را قبل از زمان T متوقف نکرده است. دومین عبارت در معادله (٦) جریان تنزیلی

هزینه‌های حادث‌شده توسط شرکت i در باقی‌مانده دوره توسعه است. فرض می‌کنیم که $\forall t \in [0,T]: \omega_i^N(t) > 0$.

۲.۲. وضعیت دوقطبی

زمانی که هر دو شرکت در پروژه‌های تحقیق و توسعه خود سرمایه‌گذاری می‌کنند، تصمیم در مورد ادامه دادن یا توقف سرمایه‌گذاری در پروژه به میزان زیادی به کیفیت انتظاری محصول هر دو شرکت بستگی دارد. مسأله ارزیابی در حالت دوقطبی توسط رویه رو به عقب زمانی به روش برنامه‌ریزی پویای نرمال حل می‌شود. به دلیل تعاملات رقابتی، منطق بهترین زمان توقف نمی‌تواند در این حالت به کار برده شود (بویر و همکاران[۲۶]، ۲۰۱۲؛ زسچوک و همکاران[۲۷]، ۲۰۱۳)؛ بنابراین باید جهت استنتاج تابع هدف به عنوان راه‌حلی برای مسأله برنامه‌ریزی پویا بازآرایی را به کار بریم.

در زمان t مسأله را برای ارزش با شرطی که قبلاً برای هر زمان بعدتری حل می‌کردیم، حل می‌نماییم. $\omega_1^D(y_t^1, y_t^2, t)$ دلالت بر ارزش کلی شرکت ۱ در زمان t است که تصمیمات استراتژیک آینده در هر زمان s>t دارای تعادل کامل بیزی است. ارزش‌ها در زمان t زمانی که هر دو شرکت در پروژه‌های تحقیق و توسعه خود سرمایه‌گذاری می‌کنند می‌توانند طبق نکته زیر توصیف شوند:

نکته ٤: ارزشیابی پروژه تحقیق و توسعه شرکت ۱ در زمان $t \in [0,T)$ اگر شرکت ۲ پروژه خود را متوقف نکرده باشد، از ضابطه زیر به دست می‌آید:

$$\tilde{\omega}_1^D(y_t^1, y_t^2, t) = E^r[e^{-idt}\{-v_i dt + \omega_1^D(y_t^1 + dy_t^1, y_t^2 + dy_t^2, t + dt)\} \mid f_t^1] \quad (۷)$$

با در نظر گرفتن اینکه تخمین ارزش پروژه شرکت ۱ اگر شرکت ۲ پروژه خود را متوقف نکرده باشد از این رابطه به دست می‌آید:

$$\tilde{\omega}_1^{D^*}(y_t^2, U_t, t) = E^r[e^{-idt}\{-v_i dt + \omega_1^{D^*}(y_t^2 + dy_t^2, U_t + dU_t, t + dt)\} \mid f_t^2] \quad (۸)$$

با وضعیت مرزی داده‌شده باارزش پروژه زمانی که تکمیل می‌گردد.

$$\omega_1^D(y_T^1, y_T^2, T) = q_T^1 C \quad (۹)$$

که q_T^1 سهم بازار است آن‌طور که در نکته ۱ بیان شده است. شرایط مرزی برای ω_1^D و $\omega_1^{D^*}$ همانند است ازآنجاکه کلیه اطلاعات در زمان T آشکار می‌شوند. وضعیت‌های مرزی آزاد توسط معادله زیر داده می‌شوند:

$$\omega_1^D(y_t^1, y_t^2, t) \geq 0 \quad (۱۰)$$

و

$$\omega_1^{D^*}(y_t^2, U_t, t) \geq 0 \quad (۱۱)$$

تفاوت بین توابع ارزش‌یابی شرکت‌ها اطلاعات در دسترس در پالایش‌های آنهاست. در روش برنامه‌ریزی پویای مشابه نکته زیر را داریم.

نکته ۵: ارزش‌یابی ساده پروژه تحقیق و توسعه شرکت ۲ اگر شرکت ۱ پروژه خود را متوقف نکند از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\tilde{\omega}_2^{D^*}(y_t^2,U_t,t)=E^r[e^{-idt}\{-v_i dt+\omega_2^{D^*}(y_t^2+dy_t^2,U_t+dU_t+dt)\}\mid f_t^2] \quad (۱۲)$$

درحالی‌که ارزش‌یابی پروژه شرکت ۲ توسط شرکت مطلع ۱ اگر شرکت ۱ پروژه خود را متوقف نکند از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\tilde{\omega}_2^{D^*}(y_t^1,y_t^2,t)=E^r[e^{-idt}\{-v_i dt+\omega_2^{D^*}(y_t^1+dy_t^1,y_t^2+dy_t^2,t+dt)\}\mid f_t^1] \quad (۱۳)$$

با وضعیت مرزی بیان شده توسط ارزش پروژه تکمیل شده:

$$\omega_2^D(y_T^1,y_T^2,T)=q_T^2C \quad (۱۴)$$

شرایط مرزی برای ω_2^D و $\omega_2^{D^*}$ مشابه است ازآنجاکه کلیه اطلاعات در زمان T آشکار می‌شوند. وضعیت‌های آزاد مرزی با معادله زیر بیان می‌شوند:

$$\omega_2^D(y_t^1,y_t^2,t)\geq 0 \quad (۱۵)$$

و

$$\omega_2^{D^*}(y_t^2,U_t,t)\geq 0 \quad (۱۶)$$

راه‌حل‌های این معادلات نمی‌تواند به صورت تحلیلی به دست آید و بنابراین یک روش مونت‌کارلوی زمان گسسته را برای تخمین ارزش‌های پروژه به کار می‌بریم.

۳.۲. بازی زمان توقف

با به کار بردن فرمول‌های داده‌شده فوق می‌توانیم روی تعاملات بین دو شرکت تمرکز کنیم. همان‌طور که توسط فاین و لی[۲۸] (۱۹۸۹) و ژانگ و همکاران[۲۹] (۲۰۱۳) بیان شده است، به‌طورکلی، هر بازی تصادفی پویا که استراتژی شرکت تصمیم دو بخشی ساده است، می‌تواند در هر مرحله به صورت یک مسأله زمان توقف فرمول‌بندی شود. در هر زمان t، شرکت(های) فعال اطلاعات در دسترس خود را مشاهده کرده و سپس (به‌طور همزمان) تصمیم می‌گیرند که آیا در بازار مانده یا خارج شوند. تصمیمات بیزی کامل مندرج در بازی می‌توانند در جدول ذیل بیان شوند.

جدول (۱): نمایش شکل نرمال بازی

شرکت ۲ / شرکت ۱	سرمایه‌گذاری	توقف
سرمایه‌گذاری	$\tilde{\omega}_1^D(y_t^1, y_t^2, t);$ $\tilde{\omega}_2^{D^*}(y_t^2, U_t, t)$	$\omega_1^N(t);$ 0
توقف	0; $\omega_2^N(t)$	0; 0

پس از سامان‌دهی مدل، بخش بعدی اجرای مدل را گسترش می‌دهد.

۳. اجرا

۳. ۱. درجه پیچیدگی استنتاج

در نظر گرفتن این ساختار اطلاعات در رویه عددی موضوع این بخش است. در اجرای مدل خود یک رویه دومرحله‌ای را دنبال می‌کنیم. اولین گام اجرای استاندارد الگوریتم کمترین مربعات مونت‌کارلو لانگستاف و شوارتز[۳۰] است که در مقالات اختیارات طبیعی متعددی مورد استفاده قرارگرفته است که از این میان می‌توان به مقالات شوارتز[۳۱] (۲۰۰٤)، میلترسون و شوارتز[۳۲] (۲۰۰٤) و گرنادیر و مالنکو[۳۳] (۲۰۱۰) اشاره کرد. دومین روش نسخه بازگشتی گسترش یافته الگوریتم لانگستاف و شوارتز است. آن برای تجمیع اطلاعاتی که می‌تواند از تعاملات شرکت‌ها در یک بازی اطلاعات ناقص به دست آید به کار می‌رود. اجرا را با توصیف بی‌اطلاع بودن شرکت دو شروع می‌کنیم.

۳. ۲. شرکت بی‌اطلاع بی‌تجربه

در اولین کاربرد، شرکت دو تنها اطلاعاتی را دارد که می‌تواند در زمان t بدان آگاهی یابد، یعنی t و y_t^2. بر مبنای تخمین ارزش، شرکت دو تصمیم می‌گیرد که آیا در بازار باقی‌مانده یا آن را ترک گوید همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده‌شده است؛ بنابراین شرکت بی‌اطلاع بی‌تجربه دو از اطلاعاتی که می‌تواند از بازی در هر دوره یاد بگیرد، استفاده نمی‌کند. بدین گونه، عکس‌العمل‌های شرکت مطلع ۱ برای بروز نمودن عقاید شرکت دو در مورد کیفیت/ سودمندی محصول رقیب نمی‌تواند به کار رود؛ بنابراین، فرآیند اتخاذ تصمیمات بهینه پایان می‌یابد. همان‌طور که در نتایج عددی خود نشان خواهیم داد، این یک مقدار سرریز را برای شرکت مطلع ۱ ایجاد می‌کند (تکسیرا و آوگوئیر[۳۴]، ۲۰۱۱). ازآنجاکه الگوریتم LSM استاندارد را به کار می‌بریم، رویکرد بی‌اطلاع به‌سادگی اجرا می‌شود. ازآنجاکه مسأله اساساً به یک مسأله مارکوف تبدیل می‌شود، می‌توانیم ایده برنامه‌ریزی پویای استاندارد را به کار بریم، بدین‌صورت که نتیجه به صورتی وابسته در هر جا فرض می‌شود. در بخش بعد، الگوریتم ویرایش شده LSM را بررسی می‌کنیم که برای به دست آوردن جوابی دقیق‌تر در مورد ارزش پروژه‌های دو شرکت متمایز با گنجاندن ملاحظاتی درباره شرکت رقیب مورد استفاده قرارگرفته است.

۳ . ۳ . شرکت مطلع بی‌تجربه

پالایش باورهای شرکت بی‌اطلاع دوم نیاز است که در مدل ما جهت اجازه دادن به‌روزرسانی باورهای شرکت دوم در مورد ارزش کیفیت/ پروژه محصول شرکت اول زمانی که تصمیمات سرمایه‌گذاری شرکت اول را مشاهده می‌کند، گنجانده شود. شرکت اول اطلاعات کاملی در مورد بازی دارد؛ بنابراین، چیز بیشتری در مورد شرکت دو بر مبنای تصمیمات سرمایه‌گذاری یاد نمی‌گیرد. پیچیدگی مرتبط با شرکت بی‌اطلاع دوم است.

دو نوع یادگیری برای شرکت بی‌اطلاع دوم نتیجه می‌گردد. اولین نوع یادگیری جایی است که استنباط شرکت دو در مورد کیفیت محصول شرکت یک بر مبنای عملیات آن، برای پیامد بازی دارای اهمیت نیست. دومین نوع یادگیری اهمیت بیشتری نسبت به این مورد دارد. این در مواردی است که هر دو شرکت تصمیم به ادامه سرمایه‌گذاری می‌گیرند. شرکت بی‌اطلاع دو می‌تواند توزیعی از کیفیت محصول شرکت اول بسته به کیفیت محصول خودش استنباط نماید. روش RLSM را برای مشارکت در ساختار اطلاعات ناقص در رویه ارزشیابی خود به کار می‌بریم. الگوریتم بر مبنای این اصل است که تصمیمات اعمال شرکت بی‌اطلاع دو باید قبل از در نظر گرفتن تصمیمات اتخاذ شده باشد؛ بنابراین، الگوریتم RLSM تنها مسیرهایی را به کار می‌گیرد که سودمند[۳۵] هستند.

۳ . ٤ . الگوریتم بازگشتی کمترین مربعات مونت‌کارلو[۳٦]

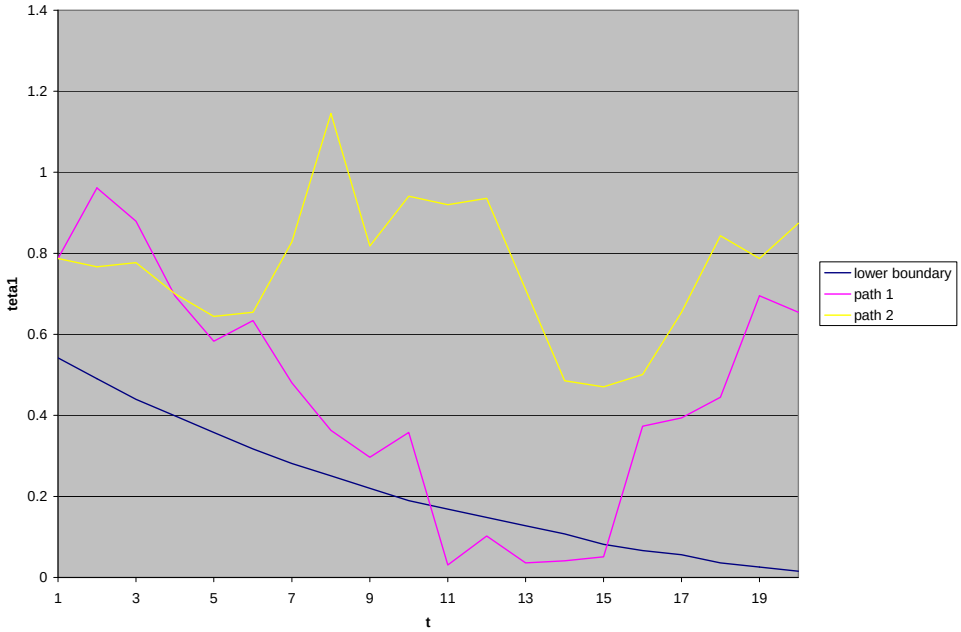
۳ . ۱ . ٤ . سازوکار انتخاب مسیر

آنچه در قسمت ذیل می‌آید، همان‌طور که در بالا بیان شد، آن است که کدام مسیرها در حالت سودمند بوده و بنابراین باید در حرکت بازگشتی لحاظ شوند. رویکرد ساده بیان شده در فوق مجموعه کامل مسیرها را در شبیه‌سازی به کار می‌گیرد ازآنجاکه رویه به‌گونه‌ای به صورت رو به عقب عمل می‌کند که در هر زمان مشخص نشده است که آیا باید اختیار در کلیه زمان‌های زودتر اعمال شود یا خیر؛ بنابراین، مسأله هنوز این است که آیا یک مسیر خاص در حالت سودمند است یا خیر؟

برای رویکرد پیچیده شکل بازگشتی بسط یافته‌ای از الگوریتم LSM (به نام RLSM) را که ما اجازه می‌دهد تا اطلاعات سنتی (علاوه بر متغیرهای حالت) را که برای شرکت دو قابل مشاهده هستند درک نماییم، به کار می‌بریم. علاقه‌مندیم تا ساختاری را توسعه دهیم که ارزشیابی $y_t^1 > \underline{y}_t^1$ را ممکن نماید. به‌عبارت‌دیگر، نیاز به شرطی بر مبنای مسیرهایی از y_t^1 داریم که باید در ناحیه ادامه دادن تا زمانی که تصمیم اتخاذ شود باقی بمانند.

تعریف ٦: تونل ادامه دادن در زمان t ناحیه‌ای است که شرکت مطلع سرمایه‌گذاری را طی دوره زمانی $s=[0,t]$ ادامه داده و بدین‌صورت نمایش داده می‌شود:

$$V_t = \{y_t^1 \in R \mid \underline{y}_s^1 < y_s^1\} \qquad (۱۷)$$



شکل (۱): ناحیه توقف و ادامه تفکیک شده با آستانه رها کردن. در طول مرز آزاد، دو تحقق مسیر از کیفیت محصول شرکت مطلع با یکی از مسیرهایی که ناحیه ادامه را ترک می‌نماید نمایش داده می‌شود و مسیر دیگر طی بازه زمانی باقی می‌ماند.

۳. ۴. ۲. مسیرهای مربوطه

در شکل ۱، دو تحقق مسیر مختلف کیفیت محصول شرکت ۱ و مرز آزاد نمایش داده‌شده است. زمانی که الگوریتم LSM را به کار می‌بریم، تمرکز خود را روی مسیرهایی که در ناحیه ادامه تا زمانی که تصمیم اتخاذ شود باقی می‌مانند متمرکز می‌کنیم. این دلالت می‌کند بر اینکه تحقق مسیر مربوطه مربوط به کیفیت یکی از محصولات شرکت بی‌اطلاع دو y^2 به تحقق مسیر یک شرکت مطلع اول y_1^1 که در شکل ۱ نمایش داده‌شده است، باید از تصمیم بازگشتی ما فراتر از یازدهمین دوره زمانی مستثنی شود، ازآنجاکه تحقق مسیر یک ناحیه ادامه دادن را ترک می‌کند. در رویه مونت‌کارلو $j=\{1,...,M\}$ مجموعه مسیرهای $\{y_j^1, y_j^2\}$ شبیه‌سازی می‌شوند.

برای تصمیمات قبل از دوره زمانی یازدهم، هر دو مسیر مربوطه y_j^2 در فرآیند بازگشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند، ازآنجاکه کلیه مسیرهایی که در حالت سودمند هستند را به کار می‌بریم. در آن نقطه زمانی هیچ‌یک از y^1 مسیر ناحیه ادامه را ترک نمی‌کنند. بحث فوق دراین‌باره که کدام مسیرها باید مورد استفاده قرار گیرند در جدول ۲ خلاصه شده است.

جدول (۲): مسیرهای مندرج در مجموعه اطلاعات دو شرکت در رویکرد اجرای مطلع و بی‌اطلاع. مسیرها مواردی خواهند شد که در الگوریتم بازگشتی RLSM قرار خواهند گرفت.

	شرکت ۱	شرکت ۲
بی‌اطلاع	(y_j^1, y_j^2) $j = \{1,...,M\}$	(y_j^2) $j = \{1,...,M\}$
مطلع	(y_j^1, y_j^2) $j = \{1,...,M\}$	(y_j^2) $j \in \{l^j_{\{\tau_l \le s\}} = 1\}$

بنای الگوریتم RLSM مسأله ای است که یک ساختار مارکوف تقریبی با تنها گنجاندن مجموعه‌ای از مسیرهایی که در ناحیه ادامه طی بازی باقی می‌مانند به دست می‌دهد. در بخش بعد، در مورد روش خود برای تعیین این آستانه‌ها به تفصیل بحث می‌کنیم (ژی و همکاران[۳۷]، ۲۰۱۲؛ ژانگ و همکاران[۳۸]، ۲۰۱۳؛ ژائو و ژو[۳۹]، ۲۰۱۲).

۳.۴.۳. طبیعت بازگشتی

برای تبیین باورهای تعادل شرکت‌ها، یک الگوریتم بسط یافته LSM که به صورت بازگشتی است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف تعیین مرز راه‌اندازی y_t^1 ناشی از بازی اطلاعات ناقص پویا است. گام‌های الگوریتم بدین ترتیب است:

۱- *در ابتدا الگوریتم در حالت الگوریتم LSM استاندارد (همانند رویکرد شرکت بی‌اطلاع) اجرا می‌گردد. نخستین باری که الگوریتم اجرا می‌گردد، انتخابی از مسیرهایی که در مرز امکان‌پذیر نیستند، ازآنجاکه هنوز باید در این مرحله مشخص شوند، صورت می‌گیرد. پس‌ازاین اجرای اولیه الگوریتم، یک تخمین اولیه از تصمیمات سرمایه‌گذاری/ توقف بهینه به دست می‌آید. این تخمینی از مرز آستانه بر مبنای اطلاعات در دسترس برای شرکت بی‌اطلاع به دست می‌دهد. درنتیجه یک کاندیدای اولیه برای استراتژی‌های تعادل به دست می‌آید.*

۲- *الگوریتم به صورت تکراری (K بار) هر زمان با بکارگیری تصمیمات بروز شده و آستانه رها کردن برای بنا کردن بازگشت به سمت مجموعه جدیدی از مسیرها به کار می‌رود. پس از هر تکرار یک کاندیدای بروز شده برای استراتژی‌های تعادل (و بنابراین آستانه اعمال) به دست می‌آید. رویه تکرار برای اینکه چگونه مرز به‌روزرسانی شود در بخش ذیل توضیح داده‌شده است.*

۴.۴.۳. مجموعه مسیرها

الگوریتم LSM به‌طور بازگشتی به‌منظور مشارکت در اطلاعات از بازی اطلاعات ناقص در مجموعه اطلاعات شرکت بی‌اطلاع دو به کار می‌رود. این امر به‌منظور ممکن ساختن دست‌یابی مجدد تصمیمات سرمایه‌گذاری/ توقف شرکت بی‌اطلاع دو با باورهای دقیق‌تر در مورد کیفیت محصول شرکت یک y_t^1 انجام می‌گیرد.

در هر زمان معین t، تنها مسیرهایی که توسط شرکت اول در کل دوره‌ها از دوره صفر تا دوره زمانی t در ناحیه ادامه باقی می‌مانند سرمایه‌گذاری می‌گردد. این مسیرها در حالت سودمند بوده و بنابراین مسیرهای y_j^2 باید در ناحیه بازگشتی گنجانده شوند. ناحیه ادامه در زمان t، V_t به عنوان مجموعه ادامه دادن در R_+ تعریف می‌شود. ما مجموعه مسیرهایی که ***در ناحیه ادامه دادن در زمان t باقی می‌مانند***

را با $W_t = \{(y_j^1, y_j^2) \mid y_j^1 \in V_t\}$ *نشان می‌دهیم. طی تکرار قاعده LSM، تنها بر بازگشت این مجموعه از مسیرها تکیه داریم. مسأله مهم و دشوار تحلیل تعیین مسیرهایی است که باید در* W_t *گنجانده شوند. ازآنجاکه الگوریتم به صورت بازگشتی به کار برده می‌شود، مجموعه مسیرهای موجود در تکرار k‌ام الگوریتم با* $W_t^k, k = \{1,2,...,K\}$ *نمایش داده می‌شود.*

۳ .۵ .٤ . بازگشت (رگرسیون)

ازآنجاکه شرکت بی‌اطلاع دو مشارکت را با باورهای دقیق‌تر در مورد رقیب مطلع خود شروع می‌کند، مطلع خواهد شد که ادراکات کم قطعی در مورد کیفیت محصول شرکت مطلع نمی‌تواند در زمان قطعی و معینی حین بازی رخ دهد. این بر این نکته دلالت می‌کند که انتظارات شرکت بی‌اطلاع در مورد کیفیت محصول شرکت مطلع ازآنجاکه توزیع ممکن پیامدها از زیر شروع به رشد می‌کنند، افزایش می‌یابد. ثابت بودن سایر شرایط منجر به این می‌شود که شرکت بی‌اطلاع در بسامد بیشتری متوقف شود؛ بنابراین، شرکت مطلع در مقایسه با وضعیتی که با رقیبی بی‌تجربه رقابت می‌کند با بسامد کمتری توقف می‌کند.

رویه تکرار ما برای تعیین تصمیمات اعمال در دو گام صورت می‌گیرد. نخست، بازگشت خود را روی درک مسیر $\pi \in W_t^k$ بنا می‌کنیم که توقف از زمان صفر تا زمانی که تصمیم سرمایه‌گذاری/ توقف اتخاذ می‌شود، رخ نمی‌دهد؛ ازآنجاکه تنها این مسیرهاست که در حالت سودمند می‌باشند. روی مقادیر تنزیلی $\omega_i^D(W_t^k;t)$ حرکت بازگشتی به‌سوی توابع پایه متغیرهای حالت خودکار، L به‌منظور کسب مقدار ادامه انجام می‌دهیم تا تصمیم اعمال اختیار استراتژیک خود طبق بخش ۳ پایه‌ریزی کنیم. .

$$\omega_2^{D^*}(W_t^k;t) = \sum_{h=0}^{N} a_h L_{2,h}(W_t^k) \qquad (۱۸)$$

انتخاب توابع پایه مجموعه چندجمله‌ای‌های تا درجه چهارم و محصول خالص برای متغیرهای حالت قابل مشاهده L2 شرکت دو است. ازآنجاکه دو شرکت در مورد بی‌اطلاعی در وضعیت متفاوتی قرار دارند، مجموعه توابع ثابت L برای آنها مشابه نیستند.

در دومین گام از ضرایب رگرسیون برای تعیین اینکه آیا سرمایه‌گذاری را ادامه داده یا متوقف کنیم استفاده می‌کنیم. ازآنجاکه تصمیمات توقف در یک رانش برای شرکت بی‌اطلاع ممکن است نیازمند بازبینی رانش‌های بعدی باشند، از مجموعه کامل مسیرها در تعیین مقدار ادامه دو شرکت استفاده می‌کنیم. ضرایب رگرسیون $\hat{\beta}_h$، از معادله (۱۸) که مبتنی بر W_t^k برای انعکاس ساختار اطلاعات ناقص هستند، برای تعیین مقادیر مناسب به کار می‌روند:

$$\hat{\omega}_2^{D^*}(W_t^0;t) = \sum_{h=0}^{N} \hat{\beta}_h L_{2,h}(W_t^0) \qquad (۱۹)$$

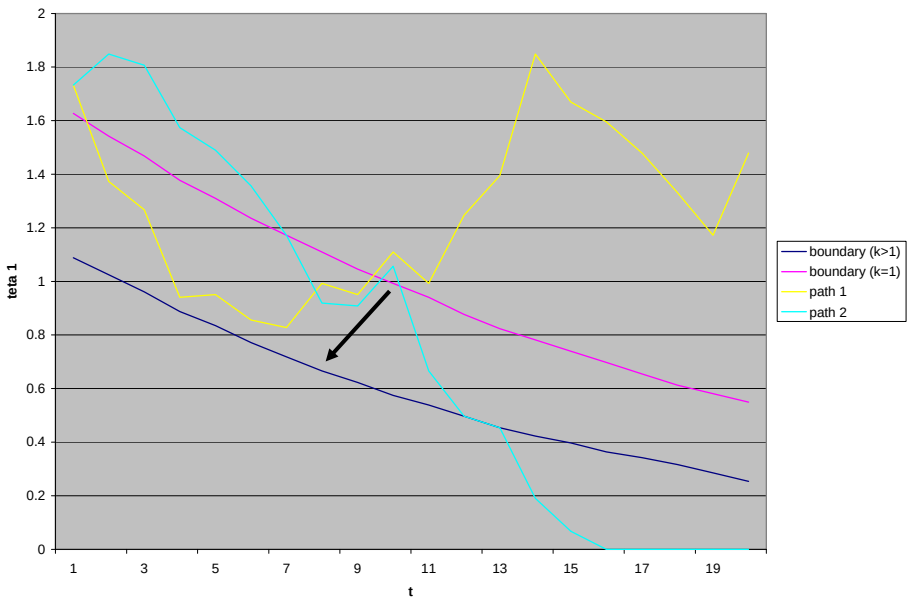
رویه برای هر گام زمانی به تکرار معین انجام می‌شود. رویه کلی سپس K مرتبه تکرار می‌شود تا زمانی که انحراف به دست آید و ساختار اطلاعات ناقص تثبیت گردد.

۳ .۴ .۶ .حاشیه (مرز) اعمال

ازآنجاکه الگوریتم به صورت تکراری اجرا می‌شود، تغییرات حاشیه‌های اعمال را به عنوان تصمیمات تغییر در شرکت‌ها اعمال می‌کند. این بر مبنای مشارکت در ساختار اطلاعات ناقص است. انتظارات شرکت دو از مرز اعمال شرکت یک Δ_s^k به صورت عملیات قابل مشاهده شرکت یک که k زمان k امین مرتبه اجرای الگوریتم LSM را نمایش می‌دهد، تعریف می‌گردد:

$$\Delta_s^k(\{y_s^2, U_s^k, s\} \mid s \in [0,t]) \qquad (۲۰)$$

ازآنجاکه مرز با تکرار الگوریتم به‌روزرسانی می‌شود، تصمیمات سرمایه‌گذاری بهینه تغییر می‌یابند؛ بنابراین تابع نمایشگر[۴۰] U_s^k تغییر می‌یابد که به‌طور بالقوه شکل و سطح Δ^k را تغییر می‌دهد. در شکل ۲ شرایطی که مرزها به سمت پایین حرکت می‌کنند نمایش داده‌شده است.



شکل (۲): مرز اعمال برای مورد پیش‌بینی‌شده ترسیم‌شده و زمانی که به سمت پایین حرکت می‌کند به عنوان به‌روزرسانی باورهای شرکت بی‌اطلاع محسوب می‌شود.

۳ .۴ .۷ .انحراف[۴۱]

ازآنجاکه از شکل بازگشتی الگوریتم LSM به‌منظور تبیین ساختار اطلاعات ناقص استفاده می‌کنیم، مستند بر تقریبی از مقادیر پروژه هستیم. نیاز به برخی سازوکارهای تعیین سطح قابل‌قبول انحراف در مدل داریم. به نظر می‌رسد بیان اثباتی کلی از انحراف در مدل‌های بازی اختیارات با اطلاعات ناقص همانند مدلی با تعداد متغیرهای حالت ما دشوار باشد؛ بنابراین، اندازه ساده‌ای از انحراف را به کار می‌بریم. تحقیق در مورد یافتن یک روش کلی برای تبیین این نوع مسایل با کاربردهای بسیار مختلف در حوزه‌های متعدد اقتصادی بسیار مفید فایده است. زمانی که مقدار تغییرات پروژه‌ها کمتر از ۰٫۱٪ از یک تکرار به تکرار بعدی باشد، تکرار به سمت توقف تنظیم می‌شود.

٤. نتایج عددی

در این بخش نمایشی عددی از مدل را فراهم می‌کنیم. پرمایگی چارچوب مدل‌سازی منجر به تعداد قابل توجهی از تحلیل‌ها می‌گردد. ما روی توصیف تفاوت‌های مقادیر اختیارات به عنوان تابعی از سطح سادگی شرکت بی‌اطلاع متمرکز می‌شویم. همچنین اختلاف مقدار بین شرکت‌ها به سبب دسترس‌پذیری اطلاعات مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش ذیل، انتخاب پارامترها را به عنوان پایه‌ای برای مدل خود تعریف می‌کنیم.

٤.١. انتخاب پارامترها

انتخاب پارامترها بازتابی از وضعیتی است که همواره برای تک‌قطبی بودن مناسب است. جدول ۳ مجموعه پارامترها را خلاصه می‌کند.

جدول (۳): مقادیر پارامترهای مورد پایه

بازار		
اندازه بازار	***80***	**C**
کیفیت محصول شرکت‌ها		
مقدار اولیه	***100***	y_0
پارامتر رانش	***0***	**d**
پارامتر نفوذ (پخشی)	***0.25***	σ
سایر پارامترها		
پارامتر رقابت	***1***	α
نرخ تنزیل	***5%***	**i**
هزینه سرمایه‌گذاری در هر سال	***14***	**v**
پارامترهای رویه عددی		
تعداد مسیرهای شبیه‌سازی‌شده	***150.000***	**U**
مدت هر گام زمانی	***0.1***	Δt
طول دوره تحقیق و توسعه (سال)	***3***	**T**

تمرکز ما روی تعیین مقادیر پروژه مطلقی که می‌توانند به‌طور تجربی بررسی شوند نیست. در عوض، تمرکز روی درک ارزش نسبی است که اختیارات استراتژیک به ارمغان می‌آورند.

٤.٢. نتایج

مقادیر را از رویه شبیه‌سازی خود با رویکردهای اجرای مختلف در جدول ٤ گزارش می‌کنیم. دریافتیم که اختیار توقف ارزشی را برای هر دو شرکت اضافه می‌کند و تحریف در رویه تخمینی برای شرکت بی‌اطلاع ارزشی مثبت را فراهم می‌سازد.

برای مجموعه پارامترهای مورد مبنا شروع کردن پروژه‌های تحقیق و توسعه بر مبنای رویکرد ارزش فعلی خالص[۴۲] برای شرکت‌ها سودمند نیست. گرچه، با گنجاندن ارزش انعطاف‌پذیری استراتژیک برای خروج از بازار، هدایت سرمایه‌گذاری سودبخش خواهد شد. این برای اطلاعات ناقص و نیز مورد اطلاعات کامل که صرفاً به عنوان یک محک مطرح می‌باشد صادق است. ازآنجاکه شرکت‌ها فناوری‌های در

دسترس متقارنی دارند، NPV ساده و مقادیر اطلاعات کامل متقارن آنها یکسان هستند.

جدول (۴): مقادیر برای مجموعه مورد پایه پارامترها

ارزش با اختیار رها کردن	***شرکت اول***	***شرکت دوم***
شرکت دوم بی‌تجربه	***۱۲,۶۱***	***۵,۴۰***
شرکت دوم مطلع	***۱۲,۳۳***	***۶,۲۸***
ارزش با اطلاعات کامل	***۸,۱***	***۸,۱***
ارزش بدون اختیار		
NPV	***-۴,۳۷۱***	***-۴,۳۷۱***

در بخش ذیل، نتایج داده‌شده در بالا را به‌منظور دریافتن جنبه‌های بازی سرمایه‌گذاری استراتژیک تحلیل می‌کنیم.

ارزش اختیارات استراتژیک صرف‌نظر از رویکرد اجرا اختیار رها کردن ارزش قابل توجهی را برای هر دو شرکت به دست می‌دهد. در مورد مبنا، بازار نسبتاً رقابتی بوده و شرکت‌ها اگر بر حسب پیشرفت کیفیت محصول خود ترقی نداشته باشند بازار را ترک خواهند کرد. با داشتن دسترس‌پذیری اختیار رها کردن هر دو شرکت قوی و ضعیف از نظر اطلاعاتی پروژه خود را شروع خواهند نمود. شرکت مطلع یک در قیاس با شرکت بی‌اطلاع دو به سبب مزیت اطلاعاتی در مورد اطلاعات ناقص از اختیار رها کردن مزیت بیشتری کسب خواهد نمود.

با دقت بیشتر قادر به تعیین زمان بهینه ترک بازار خواهیم بود؛ یعنی اینکه، مقادیر اختیار بسته به اینکه شرکت‌های مطلع چگونه اند، همان‌طور که باید انتظار داشته باشیم، هست. چارچوب مدل‌سازی ما اجازه می‌دهد که درک کنیم چگونه و تحت چه شرایطی این مقدار اتفاق می‌افتد و چه زمانی بالا / پایین است (الوارادو و رندن[۴۳] ۲۰۱۲؛ کریستینسن[۴۴]، ۲۰۱۳؛ کورسانو و همکاران[۴۵]؛ فرناندز و همکاران[۴۶]، ۲۰۱۳).

ارزش اطلاعات همان‌طور که سطح فناوری مورد انتظار دو شرکت همانند است، تنها نقطه اختلاف در مورد اطلاعات ناقص، اطلاعات در دسترس است. ازآنجاکه شرکت مطلع یک از نظر اطلاعاتی قوی است، به‌طور طبیعی ارزش پروژه بیشتری نسبت به شرکت بی‌اطلاع دو دارد. در تنظیمات NPV استاندارد اطلاعات اضافی شرکت یک هیچ ارزشی به همراه نمی‌آورد ازآنجاکه قادر نیست مزیت خود را به صورت بلندمدت برنامه‌ریزی نماید. چارچوب مدل‌سازی ما می‌تواند در پاسخ دادن به سؤالات در این مورد که کدام نفوذ استراتژیک می‌تواند به عنوان یک توالی از مزیت اطلاعاتی به دست آمده و از آن طریق کدام منابع باید در کسب چنین مزایایی بکارگیری شوند، کمک نماید (دهلن و همکاران[۴۷]؛ کسر و همکاران[۴۸]؛ خلاف[۴۹]، ۲۰۱۲).

زمانی که ارزش‌های به دست آمده برای محک اطلاعات کامل را مقایسه می‌کنیم، واضح است زمانی که به سمت تنظیمات اطلاعات ناقص حرکت می‌کنند، شرکت مطلع یک ارزش به دست آورده و شرکت بی‌اطلاع دو ارزش از دست می‌دهد. به همین دلیل است که انتظار داریم به همین صورت شرکت یک مزیت اطلاعاتی و شرکت دو عدم مزیت اطلاعاتی به دست می‌آورد.

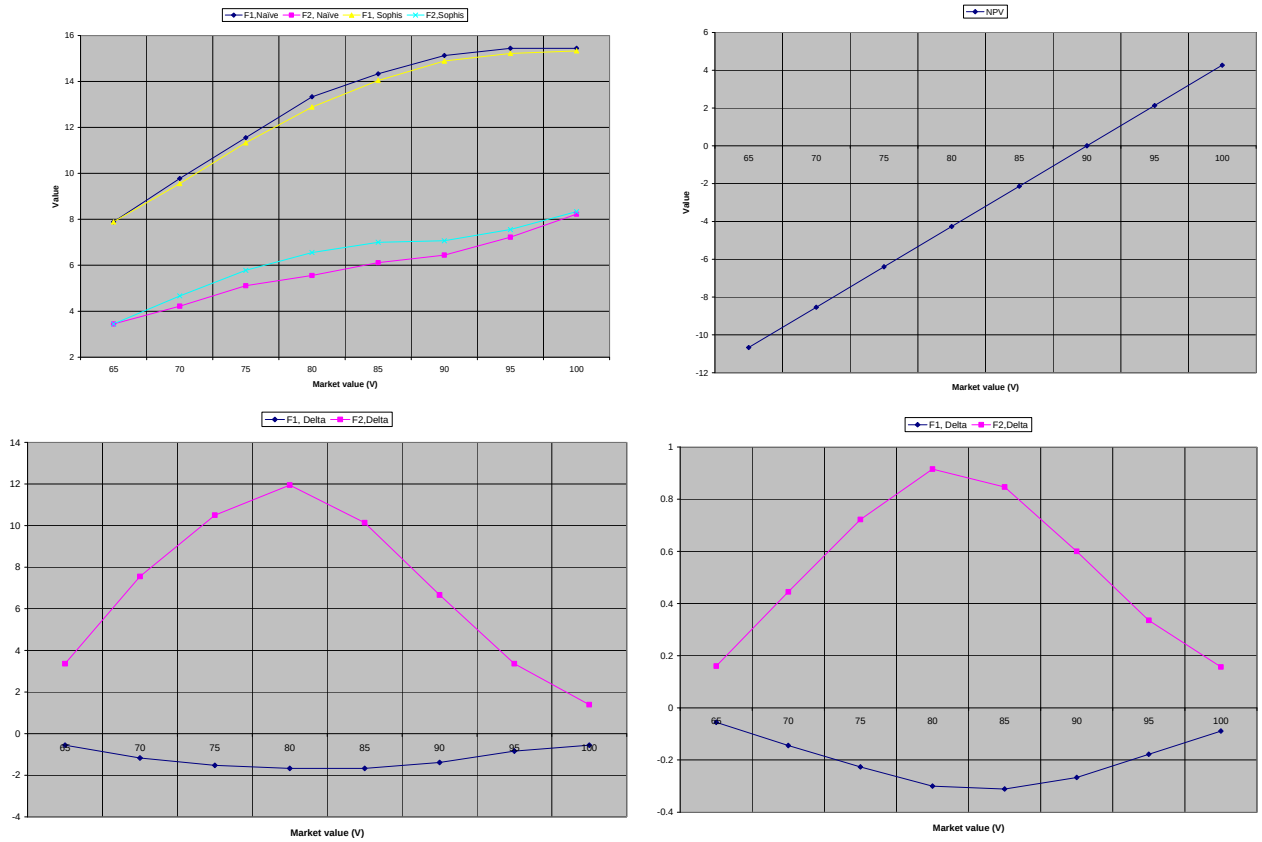
سطح پیچیدگی با مقایسه دو رویکرد مختلف اجرای الگوریتم LSM در مورد اطلاعات ناقص، مواردی می‌تواند بیان گردد. با حرکت از رویکرد اجرای بی‌تجربه به مجرب، ارزش شرکت مطلع یک کاهش می‌یابد درحالی‌که شرکت دو ارزش کسب می‌کند.

۴.۳. تحلیل حساسیت

برای آزمون پایداری نتایج مورد مطالعه، تحلیل حساسیت را با توجه به پارامترهای مدل انجام دادیم. تمایل به درک اینکه چگونه ارزش شرکت‌ها و استراتژی‌های آنها در پاسخ به تغییرات تعدادی از پارامترهای محرک تغییر می‌نماید، داریم. برخی یافته‌های جالب می‌تواند از تزاحم پارامترهای کلیدی استخراج شود.

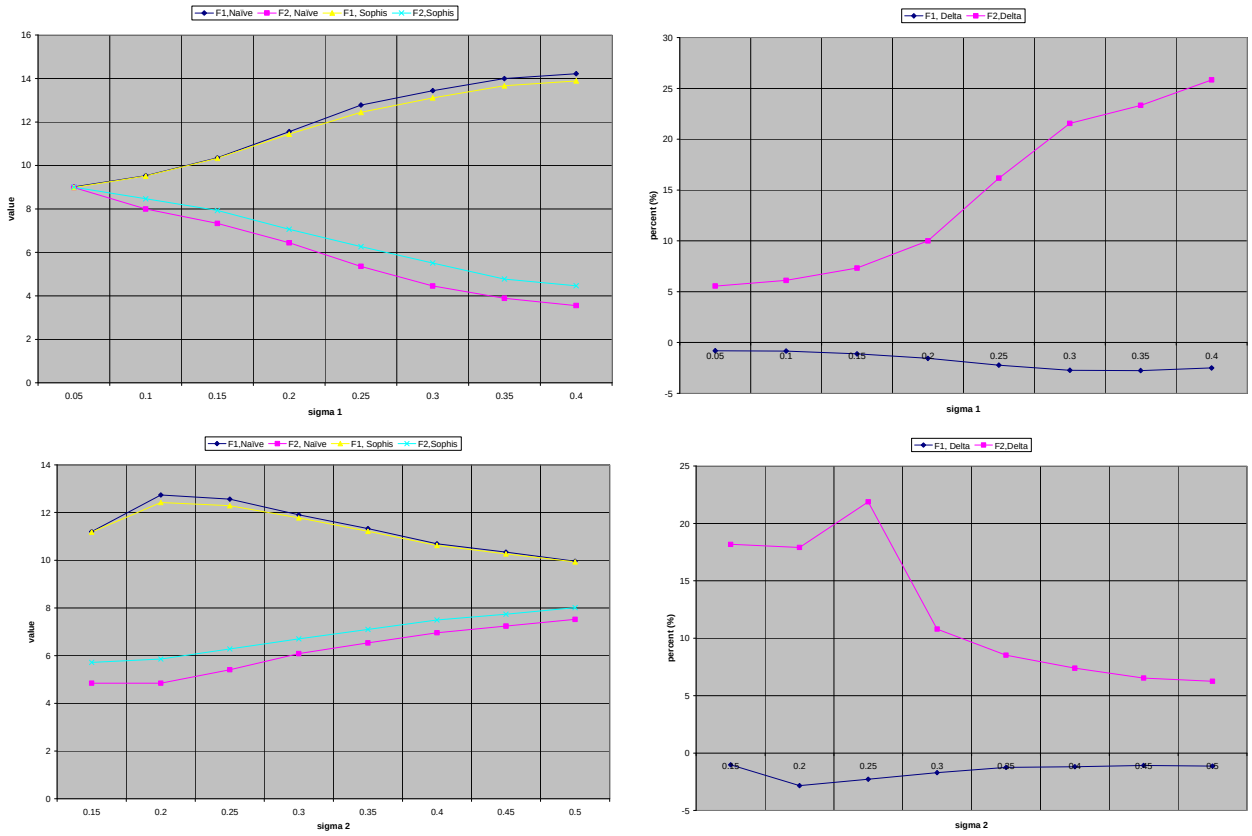
ارزش بازار ازآنجاکه بازار مورد بررسی پویا و مدام در حال تغییر است، ارزش پاسخ پروژه‌های شرکت طبق نمودارهای شکل ۳ خواهد

بود. در قسمت بالا سمت چپ، ارزش دو شرکت برای موردی که هر دو بی‌تجربه یا هر دو مجرب باشند نمایش داده‌شده است. همچنین، تغییرات در NPV در شکل بالا سمت راست نمایش داده‌شده است.



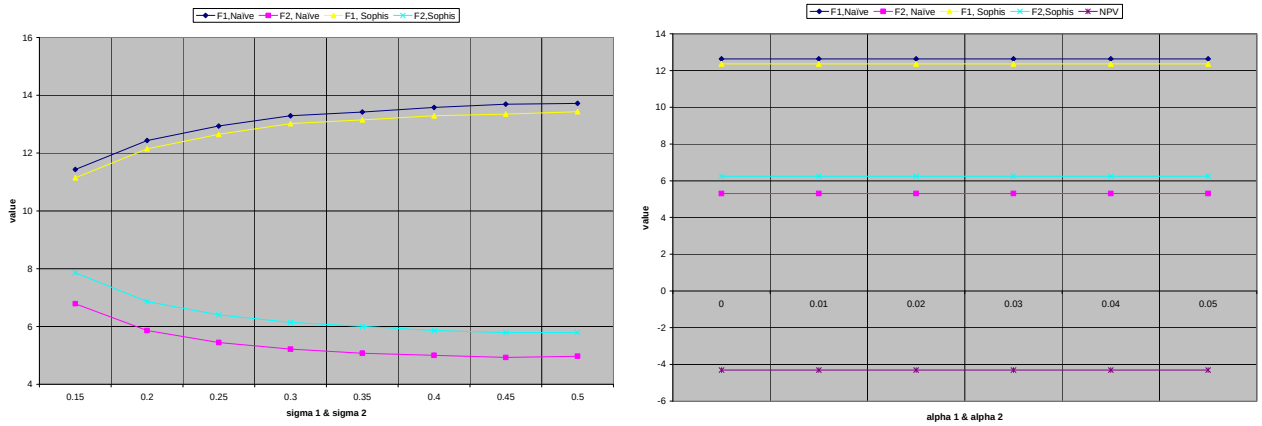
شکل (۳): حساسیت ارزش پروژه برای تغییرات در ارزش بازار مورد بررسی. ارزش پروژه‌های هر دو شرکت به‌طور مثبت با رشدی در بازار مورد بررسی تأثیر می‌پذیرد. نسبتاً، مزایای شرکت دو بی‌اطلاع دارای بیشترین مقدار است، ازآنجاکه مزیت اختیار افشا با مقادیر بزرگ‌تر اندازه بازار هویدا نمی‌شود.

واریانس به‌منظور تعیین اینکه تا چه اندازه ارزش‌های پروژه‌های تحقیق و توسعه شرکت با تغییرپذیری کیفیت محصول تأثیر می‌پذیرد، پارامترهای σ_1 و σ_2 را در شکل ٤ تغییر دادیم.



شکل (٤): حساسیت به واریانس کیفیت محصول. هر دو شرکت از توسعه کیفیت محصول خود تغییرپذیری بیشتری می‌یابند، ازآنجاکه اختیار توقف توزیع ارزش پروژه را در حد کمتری قطع می‌کند.

فناوری در شکل ٥ تغییرات همزمان در فناوری هر دو شرکت را مورد بررسی قرار دادیم. در شکل سمت چپ، پارامترهای واریانس را تغییر دادیم. ملاحظه کردیم که بهره‌های شرکت مطلع بیش از عدم قطعیت افزایش‌یافته در مورد خروجی توسعه محصول است. این به دلیل مزیت اطلاعاتی است. در شکل سمت راست، انحراف معادلات کیفیت محصول تغییریافته است.



شکل (٥): حساسیت به تغییرات فناوری. افزایش تغییرپذیری فناوری برای هر دو شرکت به‌طور همزمان مزیتی را برای شرکت به دلیل مزیت اطلاعاتی و توانایی توقف بازار در حالتی بهینه فراهم می‌سازد. رشد انتظاری کلی در کیفیت محصول بازی را بین بازیکنان و بنابراین

ارزش‌های پروژه را تغییر نمی‌دهد.

نتیجه گیری

این مقاله روشی را برای ارزیابی اختیارات طبیعی در یک بازی اطلاعات ناقص با متغیرهای حالت متعدد و در افقی محدود بیان نمود. روش شامل کاربرد الگوریتم بازگشتی ویرایش شده (RLSM) به‌منظور حفظ اطلاعات از بازی سرمایه‌گذاری اطلاعات ناقص پویا است. دریافتیم که با داشتن یک شرکت بی‌اطلاع به کار بردن روش تخمین در الگوریتم RLSM تفاوت‌های ارزشی مهمی را به دست می‌دهد. این دلالت بر اهمیت کاربرد صحیح روش‌های تخمین در مدل‌های اختیارات طبیعی ناقص می‌نماید. زمانی که با مورد اطلاعات کامل مقایسه می‌شود، درمی‌یابیم که شرکت مطلع یک از معرفی عدم تقارن اطلاعات سود می‌برد درحالی‌که شرکت دو می‌بازد. به‌علاوه، درمی‌یابیم که تحت چه شرایطی شرکت‌ها می‌توانند به بهترین وجهی به برنامه‌ریزی بلندمدت روی یک مزیت اطلاعاتی بپردازند و چگونه برای سودی به دست می‌آورند ارزش قائل شوند.

منابع

Alvarado, Matías and Arturo Yee Rendón. 2012. "Nash equilibrium for collective strategic reasoning." Expert Systems with Applications 39:12014-12025.

Antoniadou, Elena, Christos Koulovatianos, and Leonard J. Mirman. 2013. "Strategic exploitation of a common-property resource under uncertainty." Journal of Environmental Economics and Management 65:28-39.

Boyer, Marcel, Pierre Lasserre, and Michel Moreaux. 2012. "A dynamic duopoly investment game without commitment under uncertain market expansion." International Journal of Industrial Organization 30:663-681.

Christiansen, Nels. 2013. "Strategic delegation in a legislative bargaining model with pork and public goods." Journal of Public Economics 97:217-229.

Corsano, Gabriela, Gonzalo Guillén-Gosálbez, and Jorge M. Montagna. "Computational methods for the simultaneous strategic planning of supply chains and batch chemical manufacturing sites." Computers & Chemical Engineering.

Dehlen, Tobias, Thomas Zellweger, Nadine Kammerlander, and Frank Halter. "The role of information asymmetry in the choice of entrepreneurial exit routes." Journal of Business Venturing.

Dutta and Rustichini. 1993. "A Theory of Stopping Time Games with Applications to Product Innovations and Asset Sales." Economic Theory 3:743-763.

Fernandes, Leão José, Susana Relvas, and Ana Paula Barbosa-Póvoa. 2013. "Strategic network design of downstream petroleum supply chains: Single versus multi-entity participation." Chemical Engineering Research and Design 91:1557-1587.

Fine and Li. 1989. "Equilibrium Exit in Stochastically Declining Industries." Games and Economic Behavior 1:40-59.

Georgiou, Ion. 2012. "Messing about in transformations: Structured systemic planning for systemic solutions to systemic problems." European Journal of Operational Research 223:392-406.

Grenadier and Malenko. 2010. "A Bayesian Approach to Real Options: The Case of Distinguishing between Temporary and Permanent Shocks." Journal of Finance 5:1949-1986.

Keser, Claudia, Irina Suleymanova, and Christian Wey. 2012. "Technology adoption in markets with network effects: Theory and experimental evidence." Information Economics and Policy 24:262-276.

Khallaf, Ashraf. 2012. "Information technology investments and nonfinancial measures: A research framework." Accounting Forum 36:109-121.

Kramer, Thomas, Michal Maimaran, and Itamar Simonson. 2012. "Asymmetric option effects on ease of choice criticism and defense." Organizational Behavior and Human Decision Processes 117:179-191.

Lambrecht and Perraudin. 2003. "Real Options and Preemption Under Incomplete Information." Journal of Economic Dynamics & Control 27:619-643.

Longstaff and Schwartz. 2001. "Valuing American Options by Simulation: A Simple Least-squares Approach." Review of Financial Studies 14:113-147.

Miltersen and Schwartz. 2004. " تحقیق و توسعه Investments with Competitive Interactions." Review of Finance 8:355-401.

Morellec and Schürhoff. 2011. "Corporate investment and financing under asymmetric information." Journal of Financial Economics 99:262-288.

Murto, Pauli and Juuso Välimäki. "Delay and information aggregation in stopping games with private information." Journal of Economic Theory.

Ram, Camelia and Gilberto Montibeller. 2013. "Exploring the impact of evaluating strategic options in a scenario-based multi-criteria framework." Technological Forecasting and Social Change 80:657-672.

Schwartz. 2004. "Patents and تحقیق و توسعه as Real Options." Economic Notes 33:23-54.

Teixeira, Bruno O. S. and Luis A. Aguirre. 2011. "Using uncertain prior knowledge to improve identified nonlinear dynamic models." Journal of Process Control 21:82-91.

Xie, Li, Huizhong Yang, and Feng Ding. 2011. "Recursive least squares parameter estimation for non-uniformly sampled systems based on the data filtering." Mathematical and Computer Modelling 54:315-324.

Zhang, Heng, Ming Yang, Jiye Bao, and Pu Gong. 2013a. "Competitive investing equilibrium under a procurement mechanism." Economic Modelling 31:734-738.

Zhang, Mingjin, Shizhi Zhang, and Jibran Iqbal. 2013b. "Key wavelengths selection from near infrared spectra using Monte Carlo sampling–recursive partial least squares." Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 128:17-24.

Zhao, Wen-Xiao and Tong Zhou. 2012. "Weighted least squares based recursive parametric identification for the submodels of a PWARX system." Automatica 48:1190-1196.

Zschocke, Mark S., Benny Mantin, and Elizabeth M. Jewkes. 2013. "Mature or emerging markets: Competitive duopoly investment decisions." European Journal of Operational Research 228:612-622.

پی‌نوشت‌ها:

[1] *Least square Monte Carlo Algorithm*
[2] *Boyer et al.*
[3] *Hahn & Kuhn*
[4] *Miltersen and Schwartz*
[5] *Real Options*
[6] *Backward-forward problem*
[7] *Smets*
[8] *Grenadier*
[9] *Weeds*
[10] *Murto*
[11] *Miltersen and Schwartz*
[12] *Lambrecht and Perraudin*
[13] *Hsu and Lambrecht*
[14] *Morellec and Schürhoff*

[15] *Longstaff and Schwartz*
[16] *Grenadier and Malenko*
[17] *Antoniadou et al.*
[18] *Murto and Välimäki*
[19] *Kramer et al.*
[20] *Least Square Monte Carlo Algorithm (RLSM)*
[21] *frictionless*
[22] *Georgiou*
[23] *Ram and Montibeller*
[24] *Dutta and Rustichini*
[25] *monopolist*
[26] *Boyer et al.*
[27] *Zschocke et al.*
[28] *Fine and Li*
[29] *Zhang et al.*
[30] *Longstaff and Schwartz Least Squares Monte Carlo algorithm*
[31] *Schwartz*
[32] *Miltersen and Schwartz*
[33] *Grenadier and Malenko*
[34] *Teixeira and Aguirre*
[35] *In-the-money*
[36] *Recursive Least Squares Monte Carlo Algorithm (RLSM)*
[37] *Xie et al.*
[38] *Zhang et al.*
[39] *Zhao and Zhou*
[40] *Indicator function*
[41] *Convergence*
[42] *Net present value (NPV)*
[43] *Alvarado and Rendón*
[44] *Christiansen*
[45] *Corsano et al.*
[46] *Fernandes et al.*
[47] *Dehlen et al.*
[48] *Keser et al.*
[49] *Khallaf*