

تحلیل قیمت و مانع ورود در صنعت نرم‌افزارهای کاربردی سفارشی

کیومرث شهبازی*، جلیل بادپیما**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۰

چکیده

هدف این مقاله ارائه راهکاری برای کاهش هزینه خرید نرم‌افزارهای کاربردی سفارشی است. بدین منظور، مقاله حاضر قیمت نرم‌افزارهای مربوطه را با استفاده از بازی بیزین ایستا و با فرض آگاهی شرکت‌های رایانه‌ای نسبت به تقاضای آتی مدل‌سازی کرده است. نتایج نشان داد در صورتی که شرکت متقاضی نرم‌افزار کاربردی سفارشی، تقاضای خود را در دو یا بیشتر از دو مرحله تقاضا کند، رقابت قیمتی شرکت‌های رایانه‌ای برای کسب سود آتی موجب کاهش قیمت در مرحله برگزاری مناقصه و افزایش آن در مراحل بعد از مناقصه می‌شود. با افزایش تعداد مراحل تقاضا، حداکثر قیمت مانع ورود افزایش و بنابراین ارتفاع مانع ورود نیز افزایش می‌یابد؛ بر اساس نتایج به شرکت‌های خریدار پیشنهاد می‌شود قبل از خرید، نیازسنجی نرم‌افزاری خود را کامل و تولیدکنندگان را از وجود تقاضای آتی مطلع سازند تا قیمت خرید نرم‌افزارهای بیان‌شده کاهش یابد.

طبقه‌بندی JEL: L86, L11, L10

واژگان کلیدی: نرم‌افزار کاربردی سفارشی، بازی بیزین ایستا، موانع ورود، حداکثر قیمت مانع ورود.

۱. مقدمه

نرم‌افزارها از منظرهای مختلفی قابل دسته‌بندی می‌باشند و متخصصین علوم رایانه‌ای با توجه به ابعاد مختلف آن‌ها، تقسیم‌بندی‌های متفاوتی را ارائه داده‌اند. در یکی از این تقسیم‌بندی‌ها، نرم‌افزارها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند: نرم‌افزارهای سیستمی و کاربردی^۱. نرم‌افزار سیستمی مجموعه‌ای از برنامه‌هاست که برای سرویس‌دهی به برنامه‌های دیگر نوشته شده است؛ مانند سیستم‌عامل و درایورها. نرم‌افزارهای کاربردی برنامه‌های مستقلی هستند که یک نیاز تجاری مشخصی را برطرف می‌سازند (پرسمن^۲، ۲۰۰۱: ۱۹).

نرم‌افزارهای کاربردی خود به سه دسته عمومی^۳، ویژه^۴ و سفارشی^۵ تقسیم می‌شوند. نرم‌افزارهای کاربردی عمومی برای اهداف متفاوت و اشخاص حقیقی و حقوقی مختلف نگارش می‌شوند، مانند پردازش‌گر ورد^۶. نرم‌افزارهای کاربردی ویژه، برای یک هدف خاص نوشته می‌شوند، مانند نرم‌افزار کنترل موجودی^۷. نرم‌افزارهای کاربردی سفارشی (نرم‌افزار موردنظر این پژوهش) برای یک مشتری خاص نگارش می‌شوند، مانند نرم‌افزار ایریسا در مخابرات^۸.

نوع فعالیت هر شرکتی با شرکت‌های دیگر متفاوت است. از آنجا که نرم‌افزارهای کاربردی ویژه برای یک فرایند خاص و یا یک صنعت خاص طراحی گردیده‌اند، اغلب، تمامی نیازهای شرکت‌ها را پوشش نمی‌دهند. از طرف دیگر، ممکن است نوع کسب و کار یک شرکت، به حدی خاص یا پیچیده باشد که نرم‌افزار مناسبی جهت پاسخ‌گویی به نیازهای خاص آن در بازار موجود نباشد و یا حتی امکان دارد که شرکت‌ها برای راحتی و یا امنیت بیشتر، متقاضی طراحی نرم‌افزاری اختصاصی برای خویش باشند. از این‌رو، نیاز به نوع دیگری از نرم‌افزارها وجود دارد که نرم‌افزارهای کاربردی سفارشی گفته می‌شوند. از مزایای این نرم‌افزارها می‌توان به مطابقت کامل آن‌ها با خواسته‌ها و نیازهای خریداران، قابلیت تغییر و افزودن امکانات بر

^۱ System and Application Software

^۲ Pressman

^۳ General

^۴ Special

^۵ Custom (or Bespoke)

^۶ Word Processor

^۷ Stock Control

^۸ <http://multiwingspan.co.uk>

حسب نیازهای آتی اشاره کرد و مهم ترین معایب آن‌ها را می توان قیمت بالا (زیرا هزینه های طراحی این نرم افزارها همانند دو دسته نام برده پیشین، در میان شمار زیادی از خریداران تقسیم نمی شود) و عدم امکان فروش مجدد آن‌ها برشمرد.

شرکت های متقاضی نرم افزارهای سفارشی می توانند آن‌ها را از راه های متفاوتی همچون مناقصه و ترک تشریفات خریداری نمایند. در صورت وجود شرکت های متعدد توانای طراح نرم افزار و عدم وجود شرایط خاص شرکت متقاضی، فرض برگزاری مناقصه منطقی به نظر می رسد. شرکت متقاضی به دلایل متفاوتی همچون عدم برنامه ریزی، نیازسنجی نادرست و یا پیشرفت تکنولوژی ممکن است که تمام نیازهای خود را در مرحله برگزاری مناقصه تقاضا ننماید؛ بلکه آن‌ها را در دو یا بیشتر از دو مرحله تقاضا کند.

در این صورت، شرکت رایانه ای طراح، در مراحل بعد از مناقصه می تواند با قیمت گذاری خویش، مانع ورود^۱ شرکت و یا شرکت های دیگر به بازار نرم افزار مربوطه گردد؛ مانع ورود ناشی از این ویژگی منحصر به فرد نرم افزارهای یاد شده است که اگر یک شرکت رایانه ای، نرم افزار مورد نظر را برای شرکت متقاضی نگارش نماید، در صورت نیاز متقاضی به افزودن امکانات و قابلیت های بیشتر، هر شرکت رایانه ای دیگری برای ورود به بازار لازم است که کل نرم افزار (نرم افزار طراحی شده اولیه به اضافه امکانات و قابلیت های بیشتر مورد نیاز) را طراحی نماید؛ دلیل این امر از دید متخصصین طراحی نرم افزار این است که حتی با وجود منبع^۲ نرم افزار، بازخوانی و درک برنامه نویسی نرم افزار طراحی شده در مرحله اول، معمولاً از نوشتن مجدد برنامه سخت تر است.

حال سؤال این است که در صورت تقاضای نرم افزار کاربردی سفارشی در بیش از یک مرحله، قیمت نرم افزار مربوطه تا چه اندازه افزایش می یابد و ارتفاع مانع ورود برای شرکت های خارج از بازار به چه میزان است؟ در این راستا، پژوهش حاضر برای اولین بار با به کارگیری بازی بیزین ایستا^۳ و با فرض آگاهی شرکت های رایانه ای نسبت به تقاضای آتی درصدد پاسخ گویی به سؤالات مطرح شده است.

¹ Entry Barrier

² Ssource

³ Static Bayesian Game

به منظور تحقق اهداف پژوهش، بخش‌های زیر در مقاله در نظر گرفته شده است؛ در بخش دوم، مروری بر ادبیات و در بخش سوم، روش پژوهش آورده شده است؛ مدل‌سازی پژوهش در بخش چهارم انجام شده است؛ در بخش پنجم، مدل طراحی شده با استفاده از داده‌های فرضی محاسبه گردیده است؛ نتایج و پیشنهادها نیز بخش پایانی را تشکیل می‌دهد.

۲. مروری بر ادبیات

در این بخش، ابتدا پیشینه نظری موانع ورود به بازار مرور و سپس به تعدادی پژوهش تجربی اشاره می‌شود.

۲-۱. مبانی نظری

در این زیربخش، ابتدا مفهوم مانع ورود به بازار و سپس انواع آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱-۱. موانع ورود

در مسیر فعالیت رقابتی، هر یک از رقبا تلاش می‌کند دیگران را از فعالیت در بازار دور کند و قدرت تعیین قیمت بالاتر از هزینه نهایی را کسب کند (شهیکی‌تاش و نوروزی، ۱۳۹۳). موانع ورود از جمله مهم‌ترین منابع ایجاد قدرت انحصاری برای بنگاه‌های حاضر در صنعت به شمار می‌رود. مفهوم موانع ورود در بسیاری از زمینه‌های قانون رقابت و سیاست مهم است، اما این سؤال دقیق که چه چیزی مانع ورود به حساب می‌آید هنوز به طور کامل حل نشده است.

بحث‌های میان اقتصاددانان بر سر این که چگونه موانع ورود تعریف شود از دهه‌های پیش شروع و هنوز حل نشده است. در حالت کلی، این اصطلاح به معنی مانعی است که ورود به بازار را برای بنگاه مشکل‌تر می‌سازد. مجادلات مداومی درباره انواع موانعی که واجد شرایط مانع ورود هستند وجود داشته است. برخی از پژوهشگران استدلال کرده‌اند که یک مانع به عنوان مانع ورود به حساب نمی‌آید مگر اینکه مانعی باشد که بنگاه‌های حاضر به هنگام ورود با آن روبرو نشده باشند. برخی دیگر معتقدند که مانع ورود چیزی است که سد راه ورود می‌شود و موجب کاهش یا محدود شدن رقابت می‌شود. در طول سال‌ها تعاریف دیگری نیز ارائه شده‌اند، اما تا به حال هیچ‌کدام از آن‌ها حداقل در میان اقتصاددانان به وضوح مورد توافق

واقع نشده‌اند که تعاریف مختلف از موانع ورود^۱، ناشی از اختلاف دانشمندان در خصوص علل و منشأ موانع است (خدادادکاشی، ۱۳۹۱: ۲۳۲؛ OECD، ۲۰۰۵: ۹).

۲-۱-۲. انواع موانع ورود

در مرور ادبیات موانع ورود، ۴۲ نوع مانع ورود شناسایی شده است. اگر چه تعداد زیادی از موانع ورود شناسایی شده با انواع دیگر موانع رابطه دارند، این موانع به وضوح در پژوهش‌های پیشین آورده شده‌اند. اسیکاینن^۲ (۲۰۱۲) با استفاده از پژوهش کارکایا^۳، ۵ گروه را برای موانع ورود یاد شده پیشنهاد می‌دهد که در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱. تقسیم‌بندی انواع مختلف مانع ورود

ردیف	گروه مانع ورود	تعریف	نوع مانع ورود مشخص
۱	مزیت‌های ویژه شرکت	مزیت‌های ویژه بنگاه حاضر در بازار که به آسانی قابل دستیابی یا کپی‌کردن توسط داوطلبان ورود نیست.	مزیت هزینه‌ای مطلق؛ دستیابی و کنترل بر منابع استراتژیک؛ ابهام علی؛ تقسیم‌پذیری (شرکت یا سازمان)؛ صرفه‌های مقیاس؛ معاملات انحصاری با مشتریان؛ شکاف و عدم تقارن اطلاعات/ اسرار تجارت نگه‌داشته شده توسط بنگاه‌های فعال؛ یارانه‌های دولتی؛ منحنی‌های یادگیری بنگاه فعال؛ توانایی‌ها و دانش فنی سازمانی؛ بنگاه‌های موجود با سطح تکنولوژی ویژه؛ روابط/ منابع سیاسی
۲	مزیت‌های بر مبنای بازار- مشتری	مزیت‌های بنگاه‌های حاضر نشأت گرفته از تفاوت محصول، نشان تجاری و وفاداری مشتری	نشان تجاری؛ بسته‌بندی؛ وفاداری مشتری؛ تغییر هزینه‌های مشتری؛ تفاوت محصول

^۱ در ادبیات اقتصادی هشت تعریف اصلی از مانع ورود ارائه شده است (برای مطالعه بیشتر به مکافی و همکاران، ۲۰۰۴ و صدرائی جواهری، ۱۳۹۰ مراجعه شود).

^۲ Asikainen

^۳ Karakaya

ردیف	گروه مانع ورود	تعریف	نوع مانع ورود مشخص
۳	نیازها یا هزینه‌های مالی ورود به بازار	موانع برخاسته از نیازهای سرمایه‌ای بالا	ریسک سرمایه‌گذاری / سرمایه‌بری بازار؛ نیازهای سرمایه‌ای؛ هزینه‌های عملیاتی در بازارهای خارجی؛ تفاوت فرهنگی؛ الزامات صدور مجوز دولتی؛ دستمزدهای بالا برای کارکنان و مدیران؛ شدت بازاریابی؛ هزینه تحقیق و توسعه مرتبط با ورود / شدت تحقیق و توسعه؛ هزینه‌های فروش مرتبط با بازاریابی؛ ریسک ویژه و ناطمینانی ورود؛ هزینه‌های غیر قابل بازگشت؛ هزینه‌های مبادله
۴	انتظارات سود داوطلبان ورود	سودآوری پس از ورود بالقوه داوطلبان ورود مؤثر بر تصمیم ورود	دسترسی به کانال‌های توزیع؛ قیمت‌گذاری حادی پویا؛ ظرفیت اضافی؛ اقدامات تلافی‌جویانه انتظاری توسط بنگاه‌های فعال؛ نرخ‌های سود بالای کسب شده توسط بنگاه‌های فعال؛ مجموعه فضای محصول/دامنه‌ی محصول؛ نرخ تغییر تکنولوژی
۵	ویژگی‌های صنعت	موانع نشأت‌گرفته از ساختارهای صنعت و رفتار بازیگران محیط	ویژگی دارایی؛ در دسترس بودن نیروی کار ماهر؛ سیاست‌های دولت؛ مکان؛ حق اختراع؛ تمرکز فروشندگان؛ ادغام عمودی

منبع: اسپکاینن (۲۰۱۲: ۲۱-۲۳)

علت ایجاد مانع ورود در بازار نرم‌افزارهای کاربردی سفارشی را می‌توان «وابستگی سریالی»^۱ نامید؛ زیرا ویژگی خاص و ذاتی دشواری باخوانی و درک برنامه‌نویسی نرم‌افزار طراحی شده نسبت به طراحی مجدد آن موجب می‌شود که در صورت نیاز به افزودن امکانات به نرم‌افزار مربوطه، هر شرکت نرم‌افزاری به طراحی کامل آن بیندیشد؛ نه این که قسمتی از نرم‌افزار توسط شرکتی دیگر طراحی شده باشد و شرکت یاد شده بقیه طراحی آن را به اتمام رساند و این ویژگی همان خصوصیت وابستگی سریالی در تولید است که برای اولین بار در

^۱ این نام‌گذاری توسط محققین این پژوهش انجام شده است.

این پژوهش به عنوان مانع ورود مطرح شده است؛ از این‌رو، موانع ورود به بازار به ۴۳ مورد ارتقاء می‌یابد. بر اساس جدول (۱) علت ایجاد مانع ورود بیان شده در بازار نرم‌افزارهای کاربردی سفارشی را می‌توان در زمره دسته یک یعنی مزیت‌های ویژه شرکت قرار داد.

دسته‌بندی دیگری موانع ورود را به دو دسته موانع ورود ساختاری و استراتژیک تقسیم می‌کند. موانع ساختاری عمدتاً به شرایط اصلی صنعت شامل هزینه و تکنولوژی تولید مربوط می‌گردد. در حقیقت، این موانع منتج از اقدامات بنگاه‌های حاضر در صنعت نمی‌باشد؛ بلکه از ویژگی‌های ذاتی صنعت است. موانع ورود استراتژیک به موانعی اطلاق می‌گردد که در نتیجه اقدامات آگاهانه بنگاه‌های حاضر در بازار جهت منصرف ساختن بنگاه‌های داوطلب ورود به بازار ایجاد می‌گردد (صدرائی جواهری، ۱۳۹۰: ۱۳۴-۱۳۷). بر این اساس مانع ورود در بازار نرم‌افزارهای کاربردی سفارشی ساختاری است؛ زیرا ویژگی خاص دشواری بازخوانی نرم‌افزار طراحی شده نسبت به طراحی مجدد آن، ویژگی‌های ذاتی صنعت است.

می‌توان تقسیم‌بندی موانع ورود را به صورت سد کردن ورود^۱، منصرف کردن از ورود^۲ و انطباق با ورود^۳ نیز انجام داد. در سد کردن ورود، ورود بنگاه جدید بنگاه فعال در بازار را تهدید نمی‌کند؛ در واقع هیچ بنگاهی ورود به بازار را سودآور تشخیص نمی‌دهد، حتی اگر بنگاه فعال سطح محصول انحصاری را تولید کند. مقصود از منصرف کردن از ورود حرکت‌های استراتژیک بنگاه‌های فعال در صنعت در هنگام مواجهه با تهدید عملی ورود بنگاه یا بنگاه‌هایی به صنعت‌شان است. منظور از حرکت‌های استراتژیک، حرکت‌هایی است که بنگاه فعال در صنعت در نبود تهدید ورود بنگاه‌های دیگر دست زدن به آنها را سودآور نمی‌بیند. در انطباق با ورود، بنگاه جدید وارد بازار می‌شود و بنگاه فعال رفتار خود را با در نظر گرفتن ورود انجام شده تغییر می‌دهد (شای، ۱۳۹۳: ۱۸۷-۲۰۵). بر این مبنای، ورود به بازار نرم‌افزارهای کاربردی سفارشی در بازه‌ای از قیمت‌ها مسدود شده است^۴.

^۱ Blockaded Entry

^۲ Deterred Entry

^۳ Accommodated Entry

^۴ در قسمت مدل‌سازی، توضیحات بیشتری در این‌باره داده خواهد شد.

۲-۲. مطالعات تجربی

در مورد موانع ورود به بازار، مطالعات تجربی خارجی زیادی انجام شده است که به دو مورد از آن‌ها اشاره می‌شود. گفتنی است که در مورد موانع ورود به بازار نرم‌افزارهای کاربردی سفارشی، مطالعه تجربی خارجی و داخلی صورت نگرفته است.

اسنایدر و ویلیامز^۱ (۲۰۱۵) موانع ورود در صنعت هواپیمایی را با استفاده از رویکرد رگرسیون ناپیوسته بررسی کردند. آنان کاهش معنادار آماری و اقتصادی را در نرخ‌های هواپیمایی تحت نظارت قانون یافتند؛ در بازارهایی که یک (دو) نقطه انتهایی^۲ بازار را در بر می‌گرفت، نرخ‌ها تا ۱۰ درصد (۲۰ درصد) کاهش یافت. آنان همچنین پی بردند که تقریباً نیمی از این کاهش نرخ‌ها با ورود به بازار آژانس‌های هواپیمایی کم‌هزینه به وقوع پیوسته است.

کاکبرن و مک‌گاروی^۳ (۲۰۱۱) رابطه ورود و حق اختراع را در صنعت نرم‌افزار مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها رابطه تجربی میان ورود به بازار و حق اختراع را برای ۲۷ گروه محدود معین از محصولات نرم‌افزاری در طول سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۰۴ تخمین زدند. با کنترل تقاضا، ساختار بازار، کیفیت حق اختراع و تعدادی عوامل دیگر، آنان دریافتند که افزایش ۱۰ درصدی در تعداد حق اختراع‌های مرتبط با بازار، نرخ ورود بین ۳ تا ۸ درصد کاهش می‌یابد. در مورد موانع ورود به بازار، مطالعات تجربی داخلی اندکی انجام شده است که در ادامه آورده شده‌اند.

کرانی و شهیکی‌تاش (۱۳۹۳) موانع ورود بنگاه‌ها در بخش صنعت ایران را با استفاده از رویکرد AHP فازی اولویت‌بندی کردند. داده‌های پژوهش با استفاده از پرسش‌نامه جمع‌آوری شده و نمونه مورد نیاز از میان مدیران و فعالان اقتصادی صنایع و اعضای هیئت علمی رشته‌های مرتبط با صنایع کشور انتخاب شده است. نتایج پژوهش آنان حاکی از آن است که شاخص تمرکز با وزن ۰/۵۲۸ و تعداد بنگاه‌های فعال با وزن ۰/۱۹۶ مهم‌ترین شاخص‌های مانع ورود به بازار صنعت ایران می‌باشند.

^۱ Snider & Williams

^۲ Endpoint

^۳ Cockburn & MacGarvie

بهشتی و همکاران (۱۳۸۷) عوامل مؤثر بر ورود خالص بنگاه‌ها را در قالب مدل ساختار-رفتار- عملکرد برای کدهای ISIC چهاررقمی صنعت ایران برای سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۷۸ و با استفاده از داده‌های تلفیقی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که عدم کارایی بازار پول و سرمایه کشور جهت تأمین مالی بنگاه‌ها برای شروع فعالیت و همچنین رسیدن به سطح تولید بهینه صنعت از موانع عمده ورود بنگاه‌های جدید است.

خداداد کاشی (۱۳۹۱) شدت موانع ورود به صنعت ایران را برای کدهای ISIC چهاررقمی در فاصله سال‌های ۱۳۶۷-۱۳۸۵ با استفاده از شاخص نسبت مضار هزینه‌ای مورد ارزیابی قرار داد. نتایج پژوهش نشان داد که شاخص یاد شده در اغلب صنایع کوچک‌تر از یک است.

۳. روش پژوهش

پژوهش حاضر به منظور دستیابی به اهداف پژوهش از نظریه بازی‌ها بهره گرفته است. بازی‌ها دارای ابعاد زیادی هستند و به همین دلیل، طبقه‌بندی‌های مختلفی از آن‌ها را می‌توان ارائه داد؛ مهم‌ترین طبقه‌بندی، طبقه‌بندی بازی‌ها به بازی‌های همکارانه^۱ و غیرهمکارانه^۲ است. نظریه پردازان بازی، بازی‌های غیرهمکارانه را به بازی‌های غیرهمکارانه ایستا و پویا تفکیک می‌کنند. هر کدام از بازی‌های ایستا و پویا خود به دو دسته بازی‌های با اطلاعات کامل و اطلاعات ناقص تقسیم می‌شوند. بنابراین، می‌توان بازی‌های غیرهمکارانه را به چهار دسته بازی‌های ایستا با اطلاعات کامل^۳، بازی‌های پویا با اطلاعات کامل^۴، بازی‌های ایستا با اطلاعات ناقص^۵ و بازی‌های پویا با اطلاعات ناقص^۶ تقسیم نمود (عبدلی، ۱۳۸۶: ۱۴-۱۵). در ادامه به طور مختصر، تعادل بازی در هر کدام از انواع بازی‌های غیرهمکارانه ارائه می‌گردد:

الف) بازی‌های ایستا با اطلاعات کامل: در این بازی‌ها، بازیکنان به طور هم‌زمان عمل (استراتژی) خود را انتخاب می‌کنند و هر بازیکن عایدی بازیکنان در بازی را کاملاً می‌داند

¹ Cooperative

² Noncooperative

³ Static Games of Complete Information

⁴ Dynamic Games of Complete Information

⁵ Static Games of Incomplete Information

⁶ Dynamic Games of Incomplete Information

و به عبارتی دیگر، هر مجموعه اطلاعات فقط دارای یک گره تصمیم است (عبدلی، ۱۳۹۱: ۵؛ مس‌کال، وینستون و گرین^۱، ۱۳۹۴: ۳۰۲). تعادل در بازی‌های ایستا با اطلاعات کامل به تعادل نش^۲ معروف است. یک پیامد زمانی تعادل نش است که اگر تمامی بازیکنان دیگر از استراتژی‌هایی که در پیامد نش بازی کرده‌اند منحرف نشوند، انحراف از آن به نفع هیچ یک از بازیکنان نباشد (شای، ۱۳۹۳).

ب) بازی‌های پویا با اطلاعات کامل: بازی‌های پویا با اطلاعات کامل بازی‌هایی هستند که در آن بازیکنان به صورت متوالی تصمیم می‌گیرند و در آن پیامد بازیکنان برای هر ترکیب استراتژی به صورت اطلاعات عمومی بوده و همه بازیکنان از آن اطلاع کامل دارند (عبدلی، ۱۳۸۶: ۲۵۷). به‌کارگیری تعادل نش در بازی‌های پویا با اطلاعات کامل، تعادل‌های با تهدید یا قول‌های باورکردنی و باورنکردنی را نشان می‌دهد؛ در حالی که تعادل‌های مبتنی بر قول یا تهدید باورنکردنی عملاً رخ نمی‌دهند. راه حل تعادل در بازی‌های پویا با اطلاعات کامل، تعادل نش کامل بازی فرعی^۳ (SPE) است که با حذف تعادل‌های مبتنی بر قول یا تهدید باورنکردنی موجب تقویت تعادل نش می‌شود (عبدلی، ۱۳۹۱: ۱۲۸).

ج) بازی‌های ایستا با اطلاعات ناقص: در این بازی‌ها، بازیکنان به طور هم‌زمان استراتژی‌های خود را انتخاب می‌کنند و بعضی از آن‌ها عایدی رقیب (رقبا) را برای برخی یا تمام ترکیب استراتژی‌ها نمی‌دانند، یا به عبارت دیگر بعضی از بازیکنان اطلاعاتی درباره عایدی بازیکنان رقیب ندارند. حتی ممکن است برخی بازیکنان دارای اطلاعات خصوصی در بازی باشند که دیگران آن اطلاعات را ندارند. در چنین حالتی، بازیکنانی که اطلاعات کمتری دارند، مجبورند در شکل‌گیری انتظارات و انتخاب استراتژی خود، اطلاعات خصوصی رقبا را مدنظر قرار دهند. از آنجا که انتخاب استراتژی از سوی بازیکنان هم‌زمان است، امکان هیچ‌گونه تبادل اطلاعاتی وجود ندارد و به همین دلیل در نظر گرفتن اطلاعات خصوصی دیگران توأم با حدس و گمان خواهد بود. تعادل در این بازی‌ها را تعادل بی‌زین نش خالص گویند (عبدلی، ۱۳۹۱: ۵-۶؛ سوری، ۱۳۹۱: ۱۶۰).

¹ Mas-Colell, Whinstone & Green

² Nash Equilibrium

³ Sub game Perfect Nash Equilibrium

د) بازی‌های پویا با اطلاعات ناقص: در این بازی‌ها، بازیکنان به صورت متوالی انتخاب خود را انجام می‌دهند و پیامد بازی، دانش مشترک بین بازیکنان نبوده، بلکه اطلاعات به صورت نامتقارن است. در بازی‌های بیان شده، بعضی از تعادل‌های نش فرم استراتژیک، منطقی‌تر از تعادل‌های دیگر هستند. به منظور کنار گذاشتن تعادل‌های غیرمنطقی، تعادل بی‌زین نش کامل^۱ ارائه شده است. در این تعادل، برخی تعادل‌های نش غیرعقلایی که حتی با تعادل SPE نیز قابل کنار گذاشتن نیستند، پالایش می‌شود (عبدلی، ۱۳۹۱: ۱۲۶-۱۲۸).

در این پژوهش از بازی‌های ایستا با اطلاعات ناقص بهره گرفته می‌شود.

۴. مدل‌سازی بازی

به منظور پیشبرد مدل‌سازی ابتدا تعاریف زیر بیان می‌شود:

الف) مناقصه: فرایندی است رقابتی برای تأمین کیفیت مورد نظر (طبق اسناد مناقصه) که در آن تعهدات موضوع معامله به مناقصه‌گری که کم‌ترین قیمت را پیشنهاد کرده باشد، واگذار می‌شود.

ب) مناقصه‌گزار: دستگاهی که مناقصه را برگزار می‌کند.

ج) مناقصه‌گر: شخصی حقیقی یا حقوقی است که اسناد مناقصه را دریافت و در مناقصه شرکت می‌کند (زاهدی، ۱۳۹۳: ۱۲).

حال شرکت X را در نظر بگیرید که نیازمند نرم‌افزار کاربردی سفارشی برای انجام امور شرکت خویش است. شرکت X به منظور تأمین نیاز خود اقدام به برگزاری مناقصه می‌نماید تا بتواند با کم‌ترین قیمت ممکن نیاز خویش را رفع نماید. دو شرکت رایانه‌ای A و B شرایط لازم برای شرکت در این مناقصه را دارند. آنها باید قیمت انجام این پروژه را به صورت مهر و موم شده به مناقصه‌گزار ارسال کنند و مناقصه‌گزار از میان آنها قیمت پایین‌تر را به عنوان برنده اعلام کند. شرکت‌ها از قیمت‌های ارسالی همدیگر خبر ندارند، ولی می‌دانند که قیمت بالاتر سود آنها را بیشتر ولی احتمال برنده شدن را به دلیل اینکه ممکن است، رقیب قیمت پایین‌تر دهد، کاهش می‌دهد. هر شرکت در دادن قیمت پیشنهادی خود رفتار رقیب یعنی قیمت

^۱ Perfect Bayesian Nash Equilibrium (PBE)

- پیشنهادی رقیب را مدنظر قرار می‌دهد تا احتمال برنده شدن با سود بالاتر را افزایش دهد.
- فروض مدل:** به منظور ساده‌کردن مدل‌سازی، نیاز به برخی فروض وجود دارد که در ادامه به آن‌ها پرداخته شده است. فرض‌های حاکم بر مدل به قرار زیر است:
- کل تقاضای نرم‌افزار مورد نظر به عدد یک نرمال شده است؛ به عبارت دیگر، کل تقاضا برابر با یک لحاظ شده است.
 - مناقصه‌گزار ممکن است تمام تقاضای نرم‌افزاری خود را به مناقصه بگذارد و یا در مرحله اول قسمتی از آن را به مناقصه بگذارد و در مراحل بعد متقاضی قسمت‌های دیگر آن باشد.
 - هزینه تولید دو مناقصه‌گر یکسان و یکنواخت و برای طراحی کامل نرم‌افزار مربوطه برابر با C است؛ بنابراین در صورت طراحی نصف نرم‌افزار، هزینه آن $\frac{C}{2}$ و در صورت طراحی $\frac{1}{N}$ ام آن، هزینه مربوطه $\frac{C}{N}$ خواهد بود. همچنین هزینه متوسط و نهایی با هم برابر خواهد بود.
 - در صورت ارائه چند مرحله‌ای تقاضا از سوی مناقصه‌گزار، مناقصه‌گری که در مناقصه برنده نشده است از مرحله دوم به بعد در قیمت‌های بالاتر از «حداکثر قیمت مانع ورود» وارد بازار خواهد شد.^۱
 - مناقصه‌گران به دنبال حداکثر کردن سود انتظاری رزرو خویش می‌باشند.
- معرفی متغیرهای مدل: در این بخش به منظور سهولت در درک مدل، متغیرهای مورد استفاده در مدل معرفی شده است.
- C : هزینه تولید کل است.
- \bar{r}, r : به ترتیب بیانگر حداقل نرخ بازده واقعی^۲ و حداکثر نرخ بازده واقعی صنعت نرم‌افزار کاربردی سفارشی هستند که در بازه $[0, 1]$ می‌باشند.

^۱ به دلیل وجود هزینه‌های تغییر نرم‌افزار موجود همانند آموزش کارکنان با نرم‌افزار جدید، منطقی به نظر می‌رسد که مناقصه‌گزار در قیمت‌های برابر از نرم‌افزار موجود استفاده نماید.

^۲ حداقل بازدهی صنعت نرم‌افزار سفارشی را می‌توان برابر با صفر و یا برابر با نرخ بازده بدون ریسک در نظر گرفت.

r^e : نرخ بازده انتظاری صنعت نرم افزار کاربردی سفارشی برای مناقصه گران است که برای مناقصه گران A و B به ترتیب با r_A^e و r_B^e نشان داده می شود که در بازه $[0,1]$ قرار دارد. $b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{in}$: به ترتیب بیانگر قیمت پیشنهادی مناقصه گر i در مرحله ۱، ۲، ۳، ... و N بازی N مرحله ای است.

برای استخراج مدل دو حالت مجزا مدنظر قرار می گیرد. در حالت اول، مناقصه گزار کل تقاضای خود را در یک مرحله به مناقصه می گذارد. در دومین حالت، مناقصه گزار در مرحله اول، $\frac{1}{n}$ ام و در هر کدام از $n-1$ مرحله بعد نیز $\frac{1}{n}$ ام نیاز خود را تقاضا می کند.

۴-۱. مدل سازی بازی یک مرحله ای

در این حالت، مناقصه گزار کل تقاضای خود را در یک مرحله به مناقصه می گذارد. هر مناقصه گر i بازدهی انتظاری سرمایه گذاری خویش از طراحی نرم افزار یعنی $r_i^e C$ را می داند، ولی بازدهی انتظاری رقیب را به دلیل نداشتن اطلاعات نمی داند و به همین دلیل تخمین هایی را از بازدهی انتظاری به همراه احتمال صحیح بودن هر تخمین به دست می آورد که این احتمال همان باورهای او را نشان می دهد. به عبارت دیگر، از دید مناقصه گر بازده انتظاری رقیب از طراحی نرم افزار یک متغیر تصادفی با توزیع احتمال پیوسته است که این توزیع احتمال باور وی می باشد. بر این اساس، تخمین های ممکن مناقصه گر از ارزش انتظاری رقیب برای طراحی نرم افزار در بازه $(1+r)C, (1+r)C$ قرار دارد و توزیع احتمال آن نیز $f(r_i^e)$ است.

در این مناقصه، دو مناقصه گر به طور هم زمان قیمت پیشنهادی (b_i) خود را به مناقصه گزار ارسال می کنند. سود رزرو مناقصه گر i ، بعد از اتمام مناقصه به صورت زیر خواهد بود:

$$\pi_i(b_A, b_B) = \begin{cases} b_i - (1+r_i^e)C & \text{اگر } b_i < b_j \\ \frac{1}{2}[b_i - (1+r_i^e)C] & \text{اگر } b_i = b_j \\ 0 & \text{اگر } b_i > b_j \end{cases}$$

بازی یاد شده یک بازی بیزین ایستا می‌باشد که می‌توان فرم استراتژیک آن را به صورت زیر نوشت:

- مجموعه بازیکنان: $N = \{A, B\}$

- مجموعه عمل بازیکنان: $E_i = [0, +\infty), b_i \in E_i, i \in N$

- T_i مجموعه حالت مناقصه‌گر i از دید مناقصه‌گر j است:

$$T_i = [(1+r)C, (1+r)C]$$

- $f(r_i^e)$ باور مناقصه‌گر j به ارزش انتظاری مناقصه‌گر i به طراحی نرم‌افزار است که در

توزیع احتمال پیوسته همان تابع چگالی احتمال است: $f_i = f(r_i^e)$

در تعادل بیزین نش هر مناقصه‌گر با در نظر گرفتن قیمت پیشنهادی رقیب، قیمتی را پیشنهاد می‌دهد که پیامد انتظاری او را حداکثر کند. پیامد انتظاری یا به عبارت دیگر، پیامدی که مناقصه‌گر انتظار دارد با پیشنهاد قیمت b_j عایدش شود برابر است با:

$$\pi_i(b_i, b_j | r_i^e) = (b_i - (1+r_i^e)C)P(b_i < b_j(r_j^e)) + \frac{1}{r} (b_i - (1+r_i^e)C)$$

$$P(b_i = b_j(r_j^e)) + 0 * P(b_i > b_j(r_j^e))$$

که در آن $P(b_i < b_j(r_j^e))$ احتمال برنده شدن مناقصه‌گر i است.

هر مناقصه‌گر باید قیمتی را پیشنهاد دهد که پیامد انتظاری او را حداکثر کند، یعنی تعادل

نش بیزین بازی از $(b_A^*(r_A^e), b_B^*(r_B^e))$ به دست می‌آید که با $\max_{b_i \in E_i} \pi_i(b_i, b_j^*(r_j^e) | r_i^e)$

نشان داده می‌شود.

فرض کنید استراتژی بازیکنان به صورت رابطه (۱) باشد:

$$b_i(r_i^e) = a + k(1+r_i^e)C \quad (1)$$

در این حالت، استراتژی مناقصه‌گران به دلیل شکل تابعی و پارامترهای یکسان، متقارن و تعادل به دست آمده نیز متقارن خواهد بود.

توزیع احتمال r^e یک‌نواخت در نظر گرفته می‌شود. در این صورت توزیع احتمال r^e به

صورت زیر خواهد بود:

$$f_i(r_i^e) = \begin{cases} 0 & \text{اگر } r_i^e \leq \underline{r} \\ \frac{1}{r - \underline{r}} & \text{اگر } \underline{r} < r_i^e < \bar{r} \\ 0 & \text{اگر } r_i^e \geq \bar{r} \end{cases}$$

و تابع توزیع آن به صورت زیر خواهد بود:

$$P_i(r_j^e \leq r^e) = \int_{\underline{r}}^{r^e} f_i(t) dt = \begin{cases} 0 & \text{اگر } r_i^e \leq \underline{r} \\ \frac{r_i^e - \underline{r}}{r - \underline{r}} & \text{اگر } \underline{r} < r_i^e < \bar{r} \\ 1 & \text{اگر } r_i^e \geq \bar{r} \end{cases}$$

r_A^e و r_B^e توزیع یکنواخت دارند، پس b_A و b_B نیز که به ترتیب تابعی خطی از r_A^e و r_B^e هستند توزیع یکنواخت خواهند داشت. بنابراین حد پایین b_i برابر با $b_i(\underline{r}) = a + k(1 + \underline{r})C$ و حد بالای b_i برابر با $b_i(\bar{r}) = a + k(1 + \bar{r})C$ خواهد بود. لذا $b_i(r_i^e) \in [a + k(1 + \underline{r})C, a + k(1 + \bar{r})C]$ دارای توزیع یکنواخت در بازه $[a + k(1 + \underline{r})C, a + k(1 + \bar{r})C]$ خواهد بود.

اگر مناقصه‌گر i پیشنهادی بیشتر از $a + k(1 + \bar{r})C$ بدهد برنده نمی‌شود و اگر پیشنهادی کمتر از $a + k(1 + \underline{r})C$ بدهد حتماً برنده می‌شود، زیرا رقیب در بازه $[a + k(1 + \underline{r})C, a + k(1 + \bar{r})C]$ پیشنهاد می‌دهد. در صورتی که مناقصه‌گر i در بازه یادشده پیشنهاد دهد احتمال برنده شدن او برابر خواهد بود با^۱:

$$p_i(b_i \leq b_j(r_j^e)) = P_i(b_i \leq a + k(1 + r_j^e)C) = P_i(r_j^e \geq \frac{b_i - a}{kC} - 1) =$$

^۱ اثبات رابطه (۲) در اثبات ۱ پیوست آورده شده است.

$$\left\{ \begin{array}{ll} \cdot & \text{اگر } b_i > a + k(1 + \bar{r})C \\ \frac{\bar{r}C - b_i + a + kC}{k(\bar{r} - \underline{r})C} & \text{اگر } a + k(1 + \underline{r})C \leq b_i \leq a + k(1 + \bar{r})C \\ ۱ & \text{اگر } b_i < a + k(1 + \underline{r})C \end{array} \right. \quad (۲)$$

در توزیع‌های پیوسته، احتمال برابر بودن b_i با مقدار معینی برابر صفر است؛ بنابراین با قرار دادن جواب احتمالات محاسبه شده در تابع پیامد مناقصه‌گر i رابطه (۳) حاصل می‌شود:

(۳)

$$\pi_i(b_i, b_j | r_i^e) = (b_i - (1 + r_i^e)C)P(b_i < b_j | (r_j^e)) =$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} \cdot & \text{اگر } b_i > a + k(1 + \bar{r})C \\ \frac{\bar{r}C - b_i + a + kC}{k(\bar{r} - \underline{r})C} (b_i - (1 + r_i^e)C) & \text{اگر } a + k(1 + \underline{r})C \leq b_i \leq a + k(1 + \bar{r})C \\ b_i - C & \text{اگر } b_i < a + k(1 + \underline{r})C \end{array} \right.$$

برای به دست آوردن قیمت پیشنهادی بهینه از رابطه (۳) نسبت به b_A مشتق گرفته و برابر صفر قرار داده می‌شود و بدین صورت b_A به دست می‌آید:

$$\frac{d\pi_i(b_i, b_j | r_i^e)}{db_i} = 0 \Rightarrow b_i = \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}r_i^e C + \frac{1}{2}\bar{r}C + \frac{1}{2}(1+k)C \quad (۴)$$

از مقایسه رابطه به دست آمده (۱) با رابطه (۴) می‌توان نتیجه گرفت که اگر $k = \frac{1}{2}$ و

باشند، $a = \frac{1}{2}\bar{r}C + \frac{1}{2}C$ باشند، $b_i^*(r_i^e) = \frac{1}{2}\bar{r}C + C + \frac{1}{2}r_i^e C$ می‌تواند تعادل باشد. با توجه به گزینه بودن بازی، نتیجه بالا برای مناقصه‌گر دیگر نیز قابل تعمیم است، لذا تعادل بیزین نش بازی عبارت است از:

^۱ برای اثبات رابطه (۴)، به اثبات ۲ پیوست مراجعه شود.

$$b_A^*(r_A^e) = \frac{1}{\gamma} r_C + C + \frac{1}{\gamma} r_A^e C = C + \left(\frac{r_A^e + r}{\gamma} \right) C$$

$$b_B^*(r_A^e) = \frac{1}{\gamma} r_C + C + \frac{1}{\gamma} r_B^e C = C + \left(\frac{r_B^e + r}{\gamma} \right) C \quad (5)$$

بنابراین قیمت پیشنهادی مناقصه گر i برای طراحی کامل نرم افزار از رابطه (۵) به دست می آید.

۴-۲. مدل سازی بازی n مرحله ای

در این حالت مناقصه گزار $\frac{1}{n}$ ام از تقاضا را در مرحله اول به مناقصه می گذارد و $(1 - \frac{1}{n})$ ام دیگر را در $n-1$ مرحله بعد تقاضا می نماید. بر این اساس تخمین های ممکن مناقصه گر از ارزش انتظاری حریف برای طراحی نرم افزار در بازه $[\frac{C}{n}, (1+r)\frac{C}{n}]$ قرار دارد و توزیع احتمال آن نیز $f_i(r_i^e)$ است.

همانند قبل، مناقصه گران می دانند که اگر در مرحله اول (مرحله برگزاری مناقصه) برنده شوند از مرحله دوم به بعد می توانند بابت طراحی باقیمانده نرم افزار مورد نظر، حداکثر قیمت مانع ورود را در هر مرحله مطالبه نمایند. این قیمت برای مرحله دوم، سوم، ... و n ام به ترتیب برابر با $b_{i2} = 2(1+r_j^e)\frac{C}{n}$ ، $b_{i3} = 3(1+r_j^e)\frac{C}{n}$ ، ... و $b_{in} = n(1+r_j^e)\frac{C}{n}$ خواهد بود.^۱

در این صورت مجموع سود رزرو n مرحله برای مناقصه گر برنده برابر است با^۲:

$$\pi_i = b_{i1} + \left[\frac{n(n+1)}{\gamma} - 1 \right] (1+r_j^e) \frac{C}{n} - (1+r_i^e) C \quad (6)$$

مناقصه گران به دلیل اطلاع از تقاضای آتی، مجموع سود n مرحله را مبنای تصمیم گیری خود قرار می دهند و در نتیجه پیامد مناقصه گر نماینده i با پیشنهاد قیمت b_{i1} بعد از اتمام مناقصه به صورت رابطه (۷) خواهد بود:

^۱ برای اثبات این روابط، به اثبات ۳ پیوست مراجعه شود.

^۲ برای اثبات رابطه (۶)، به اثبات ۴ پیوست مراجعه شود.

(۷)

$$\pi_i(b_i, b_j) = \begin{cases} b_{i1} + [\frac{n(n+1)}{2} - 1](1+r_j^e) \frac{C}{n} - (1+r_i^e)C & \text{اگر } b_{i1} < b_{j1} \\ \frac{1}{2}[b_{i1} + [\frac{n(n+1)}{2} - 1](1+r_j^e) \frac{C}{n} - (1+r_i^e)C] & \text{اگر } b_{i1} = b_{j1} \\ \cdot & \text{اگر } b_{i1} > b_{j1} \end{cases}$$

بازی یاد شده یک بازی بیزین ایستاست که مجموعه بازیکنان، مجموعه عمل بازیکنان و باور مناقصه‌گران به ارزش انتظاری یکدیگر برای طراحی نرم‌افزار همانند بازی یک مرحله‌ای است و مجموعه حالت بازیکن i از دید بازیکن j نیز بدین صورت است:

$$T_i = [(1+r) \frac{C}{n}, (1+r) \frac{C}{n}]$$

در تعادل بیزین نش هر مناقصه‌گر با در نظر گرفتن قیمت پیشنهادی حریف، قیمتی را پیشنهاد می‌دهد که پیامد انتظاری او را حداکثر کند. پیامد انتظاری مناقصه‌گر نماینده (i) برابر است با:

$$\pi_i(b_{i1}, b_{j1} | r_i^e) = [b_{i1} + [\frac{n(n+1)}{2} - 1](1+r_j^e) \frac{C}{n} - (1+r_i^e)C]P(b_{i1} < b_{j1}(r_j^e)) + \frac{1}{2}[b_{i1} + [\frac{n(n+1)}{2} - 1](1+r_j^e) \frac{C}{n} - (1+r_i^e)C]P(b_{i1} = b_{j1}(r_j^e)) + \cdot * P(b_{i1} > b_{j1}(r_j^e))$$

که در آن $P(b_{i1} < b_{j1}(r_j^e))$ احتمال برنده شدن بازیکن i است.

مشابه بازی یک مرحله‌ای فرض کنید استراتژی بازیکنان به صورت زیر باشد:

$$b_{i1}(r_i^e) = \frac{1}{n}a + k(1+r_i^e) \frac{C}{n} \quad (۸)$$

توزیع احتمال r_i^e و تابع توزیع آن همانند بازی یک مرحله‌ای است. حد پایین و بالای b_i به ترتیب برابر با $b_i(r) = a + k(1+r)\frac{C}{n}$ و $b_i(\bar{r}) = a + k(1+\bar{r})\frac{C}{n}$ خواهد بود. لذا $b_i(r^e)$ دارای توزیع یکنواخت در بازه $[a + k(1+r)\frac{C}{n}, a + k(1+\bar{r})\frac{C}{n}]$ است. اگر مناقصه‌گر i پیشنهادی بیشتر از $a + k(1+\bar{r})\frac{C}{n}$ بدهد برنده نمی‌شود و اگر پیشنهادی کمتر از $a + k(1+r)\frac{C}{n}$ بدهد حتماً برنده می‌شود؛ زیرا رقیب در بازه $[a + k(1+r)\frac{C}{n}, a + k(1+\bar{r})\frac{C}{n}]$ پیشنهاد می‌دهد. در صورتی که مناقصه‌گر i در بازه یاد شده پیشنهاد دهد احتمال برنده شدن او برابر با رابطه (۹) خواهد بود.^۱

$$P_i(b_{i1} \leq b_{j1}(r^e)) = P_i(b_{i1} \leq a + k(1+r_i^e)\frac{C}{n}) = P_i(r_i^e \geq \frac{n(b_{i1} - a)}{kC} - 1)$$

$$= \begin{cases} 0 & \text{اگر } b_{i1} > a + k(1+\bar{r})\frac{C}{n} \\ \frac{krC - nb_{i1} + na + kC}{k(\bar{r} - r)C} & \text{اگر } a + k(1+r)\frac{C}{n} \leq b_{i1} \leq a + k(1+\bar{r})\frac{C}{n} \\ 1 & \text{اگر } b_{i1} < a + k(1+r)\frac{C}{n} \end{cases}$$

در توزیع‌های پیوسته احتمال برابر بودن b_{i1} با مقدار معینی برابر صفر است. پس با قرار دادن جواب احتمالات محاسبه‌شده در تابع پیامد مناقصه‌گر i خواهیم داشت:

$$\pi_i(b_{i1}, b_{j1} | r_i^e) = [b_{i1} + [\frac{n(n+1)}{2} - 1](1+r_j^e)\frac{C}{n} - (1+r_i^e)C]P(b_{i1} < b_{j1}(r_j^e)) \quad (10)$$

^۱ برای اثبات رابطه (۹)، به اثبات ۵ پیوست مراجعه شود.

$$= \begin{cases} \bullet & \text{اگر } b_{i1} > a + k(1+r) \frac{C}{n} \\ \left(\frac{krC - nb_{i1} + na + kC}{k(r-r)} C \right) [b_{i1} + \left[\frac{n(n+1)}{2} - 1 \right] (1+r_j^e) \frac{C}{n} - (1+r_i^e) C] & \\ \text{اگر } a + k(1+r) \frac{C}{n} \leq b_{i1} \leq a + k(1+r) \frac{C}{n} & \\ b_{i1} + \left[\frac{n(n+1)}{2} - 1 \right] (1+r_j^e) \frac{C}{n} - (1+r_i^e) C & \text{اگر } b_{i1} < a + k(1+r) \frac{C}{n} \end{cases}$$

برای به دست آوردن قیمت پیشنهادی بهینه از رابطه (۱۰) نسبت به b_{i1} مشتق گرفته و آن را برابر صفر قرار داده و بدین صورت b_{i1} به دست می‌آید. قیمت پیشنهادی مناقصه‌گر در مرحله اول برابر با رابطه (۱۱) خواهد بود.^۱

$$b_{i1} = -\left[\frac{n(n+1)}{2} - 1 \right] (1+r_j^e) \frac{C}{2n} + (1+r_i^e) \frac{C}{2} + \frac{1}{2n} krC + \frac{1}{2} a + \frac{1}{2n} kC \quad (11)$$

از مقایسه رابطه به دست آمده (۱۱) با رابطه (۸) می‌توان نتیجه گرفت که اگر $k = \frac{n}{2}$ و

لذا $a = -\left[\frac{n^2 + n - 2}{2n} \right] (1+r_j^e) C + \frac{1}{2} rC + \frac{1}{2} C$ باشند، رابطه (۱۱) می‌تواند تعادل باشد.^۲ تعادل بیزین نش بازی مناقصه به صورت رابطه (۱۲) خواهد بود.^۳

$$b_{i1}(r^e) = -\left[\frac{n^2 + n - 2}{2n} \right] (1+r_j^e) C + C + \left(\frac{r_i^e + r}{2} \right) C \quad (12)$$

با جایگذاری $n=1$ در قیمت نرم‌افزار مربوطه در مرحله مناقصه، مشاهده می‌شود که همان جواب بازی یک مرحله‌ای به دست خواهد آمد. همچنین حداکثر قیمت مانع ورود در مراحل بعد از مناقصه برابر با $\left[\frac{n^2 + n - 2}{2n} \right] (1+r_j^e) C$ است.^۴ در این صورت قیمت کل نرم‌افزار مورد

^۱ برای اثبات رابطه (۱۱)، به اثبات ۶ پیوست مراجعه شود.

^۲ برای اثبات این روابط، به اثبات ۷ پیوست مراجعه شود.

^۳ برای اثبات رابطه (۱۲)، به اثبات ۸ پیوست مراجعه شود.

^۴ برای اثبات حداکثر قیمت مانع ورود بعد از مناقصه، به اثبات ۹ پیوست مراجعه شود.

نظر مجموع قیمت در مرحله مناقصه و حداکثر قیمت مانع ورود در مراحل بعد از مناقصه است. البته باید توجه نمود که بازه قیمتی مجاز برای مرحله مناقصه (مجموعه عمل بازیکنان) اعداد منفی را دربرنمی گیرد و در صورت محاسبه عدد منفی، همان قیمت صفر لحاظ می گردد. از این رو، قیمت کل نرم افزار مربوطه در دو حالت محاسبه می گردد که در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲. قیمت نرم افزار کاربردی سفارشی در حالات مختلف

حالات مختلف	قیمت در مرحله مناقصه	حداکثر قیمت مانع ورود در مراحل بعد از مناقصه	قیمت کل نرم افزار
(۱) قیمت در مرحله مناقصه مثبت باشد	$-\left[\frac{n^2 + n - 2}{2n}\right](1 + r_j^e) + C + \left(\frac{r_i^e + r}{2}\right)C$	$\left[\frac{n^2 + n - 2}{2n}\right]^* (1 + r_j^e)C$	$C + \left(\frac{r_i^e + r}{2}\right)C$
(۲) قیمت در مرحله مناقصه صفر یا منفی محاسبه گردد	صفر	$\left[\frac{n^2 + n - 2}{2n}\right]^* (1 + r_j^e)C$	$\left[\frac{n^2 + n - 2}{2n}\right]^* (1 + r_j^e)C$

منبع: یافته های پژوهش

جدول (۲) نشان می دهد در حالتی که قیمت نرم افزار مربوطه در مرحله مناقصه مثبت باشد قیمت کل در بازی n مرحله ای برابر با قیمت بازی یک مرحله ای می شود؛ همچنین هنگامی که قیمت در مرحله مناقصه صفر یا منفی محاسبه گردد، قیمت مرحله مناقصه برابر با صفر لحاظ می شود و بنابراین، قیمت کل نرم افزار برابر با مجموع حداکثر قیمت مانع ورود در مراحل بعد از مناقصه خواهد شد.

سؤالی که اینجا مطرح می شود این است که قیمت کل نرم افزار کاربردی سفارشی از کدام یک از روابط ارائه شده در جدول (۲) استخراج می گردد؟ برای جواب این سؤال دو حالت حدی در جدول (۳) مد نظر قرار می گیرد.

جدول ۳. قیمت نرم‌افزار کاربردی سفارشی در مرحله مناقصه در حالات مختلف حدی

$r_i^e = \bar{r} = r_j^e = 0$	$r_i^e = \bar{r} = 1, r_j^e = 0$	حالات مختلف حدی
$-[\frac{n^2 + n - 2}{2n}]C + C$	$-[\frac{n^2 + n - 2}{2n}]C + 2C$	قیمت در مرحله مناقصه
$n \geq 2$	$n > 3$	n هایی که منجر به قیمت صفر در مرحله مناقصه می‌گردند

منبع: یافته‌های پژوهش

ستون دوم جدول (۳) بزرگ‌ترین قیمت در مرحله مناقصه برای بازی‌های بیش از یک مرحله را نشان می‌دهد. سطر آخر این ستون بیانگر این است که برای بازی‌های بیش از سه مرحله، رقابت قیمتی برای کسب سود آتی موجب کاهش قیمت در مرحله مناقصه تا حد صفر می‌شود. ستون آخر نشان می‌دهد که برای بازی دو مرحله‌ای و بیشتر، قیمت در مرحله مناقصه به صفر نزول می‌کند. بنابراین قیمت کل نرم‌افزار مورد نظر برای تمام بازی‌های بیش از یک مرحله و یا حداکثر برای بازی‌های بیش از سه مرحله‌ای از رابطه مجموع حداکثر قیمت مانع ورود در مراحل بعد از مناقصه محاسبه می‌شود.

۳-۴. تجزیه و تحلیل قیمت نرم‌افزار کاربردی سفارشی

در جدول (۴) قیمت در بازی یک مرحله‌ای و n مرحله‌ای با هم مقایسه شده‌اند.

جدول ۴. مقایسه قیمت در بازی یک مرحله‌ای و n مرحله‌ای

حالات مختلف بازی n مرحله‌ای	قیمت کل در بازی n مرحله‌ای	قیمت کل در بازی یک مرحله‌ای	تفاضل قیمت کل در بازی n و یک مرحله‌ای
۱) قیمت در مرحله مناقصه مثبت باشد	$C + (\frac{r_i^e + \bar{r}}{2})C$	$C + (\frac{r_i^e + \bar{r}}{2})C$	۰
۲) قیمت در مرحله مناقصه صفر باشد (و یا صفر لحاظ گردد)	$[\frac{n^2 + n - 2}{2n}] * C$ $(1 + r_j^e)C$	$C + (\frac{r_i^e + \bar{r}}{2})C$	$[\frac{n^2 + n - 2}{2n}](1 + r_j^e)C$ $- [C + (\frac{r_i^e + \bar{r}}{2})C]$

منبع: یافته‌های پژوهش

ستون اول و دوم از جدول (۲) و ستون سوم از رابطه (۵) استخراج شده‌اند. ستون آخر از تفاضل ستون دوم و سوم به دست آمده است. این ستون نشان می‌دهد که اگر قیمت در مرحله مناقصه مثبت باشد قیمت کل نرم افزار سفارشی در بازی n مرحله‌ای همان قیمت در بازی یک مرحله‌ای خواهد بود؛ در غیر این صورت، قیمت مورد نظر در بازی n مرحله‌ای و یک مرحله‌ای متفاوت از هم می‌شود. حال اگر این تفاضل با T_{n-1} نشان داده شود، می‌توان مشتق وحد تفاضل یادشده را به دست آورد:

$$\frac{dT_{n-1}}{dn} = \frac{3n^2 + 2n - 2}{2n^2} (1 + r_j^e) C \quad \text{و} \quad \lim_{n \rightarrow +\infty} T_{n-1} = +\infty \quad (13)$$

مشتق رابطه (۱۳) برای $n \geq 1$ مثبت است. این مطلب بیان می‌کند که با افزایش n ، اضافه هزینه‌ای که مناقصه‌گزار متحمل خواهد شد همواره افزایش می‌یابد. حد رابطه (۱۳) با لحاظ مشتق آن بیانگر این است که با افزایش n به سمت بی‌نهایت، اضافه هزینه مناقصه‌گزار برای نرم افزار کاربردی سفارشی به سمت بی‌نهایت می‌رود.

بنابراین، این زیربخش بیان می‌کند که شرکت‌ها باید در صورت تقاضای نرم افزارهای مربوطه در بیش از یک مرحله، شرکت‌های تولیدکننده را از تقاضای آتی مطلع سازند.

۴-۴. محاسبه ارتفاع (شدت) مانع ورود

بر اساس تعریف بین، ارتفاع موانع ورود (شرایط ورود) بر حسب تفاوت حداکثر قیمت مانع ورود و حداقل هزینه متوسط بنگاه‌های قدیمی به صورت رابطه (۱۴) بیان می‌شود:

$$HB = \frac{P_g - MinLAC}{MinLAC} \quad (14)$$

در رابطه فوق HB بیانگر ارتفاع موانع، $MinLAC$ حداقل هزینه متوسط بنگاه‌های قدیمی و P_b حداکثر قیمت مانع ورود است. البته P_b را می‌توان حداقل قیمتی دانست که بنگاه‌های بالقوه را حاضر به ورود به بازار می‌کند (خدادادکاشی، ۱۳۹۱: ۲۴۷-۲۴۹). محاسبه ارتفاع (شدت) مانع ورود در جدول (۵) آورده شده است.

ستون اول و دوم جدول (۵) از جدول (۲) و ستون سوم از فروض مدل استخراج شده‌اند. در ستون چهارم، ارتفاع مانع ورود بازی محاسبه شده است. ستون چهارم نشان می‌دهد که در

حالتی که قیمت در مرحله مناقصه مثبت باشد ارتفاع مانع ورود، ثابت و مستقل از n خواهد بود؛ اما در صورتی که قیمت در مرحله مناقصه صفر (یا منفی) محاسبه گردد با افزایش تعداد مراحل بازی، ارتفاع مانع ورود بازی نیز افزایش می‌یابد.

جدول (۵). محاسبه ارتفاع (شدت) مانع ورود بازی n مرحله‌ای

حالات مختلف	قیمت (P_g)	حداقل هزینه متوسط بلندمدت	ارتفاع مانع ورود ^۱ (HB)
۱) قیمت در مرحله مناقصه مثبت باشد	$C + \left(\frac{r_i^e + \bar{r}}{2}\right)C$	C	$\left(\frac{r_i^e + \bar{r}}{2}\right)$
۲) قیمت در مرحله مناقصه صفر (یا منفی) محاسبه گردد	$\left[\frac{n^2 + n - 2}{2n}\right] * (1 + r_j^e)C$	C	$\left[\frac{n^2 + n - 2}{2n}\right] (1 + r_j^e) - 1$

منبع: یافته‌های پژوهش

۵. محاسبه مدل با داده‌های فرضی

حال نرم‌افزاری را در نظر بگیرید که هزینه طراحی آن برای مناقصه‌گر یک میلیارد تومان، نرخ حداکثر بازده صنعت مورد نظر ۰/۳ و بازده انتظاری مناقصه‌گر برنده ۰/۱ و بازده انتظاری مناقصه‌گر بازنده ۰/۲ باشد. قیمت نرم‌افزار مورد نظر برای مناقصه‌گزار در بازی یک تا پنج مرحله‌ای و ده مرحله‌ای محاسبه و در جدول (۶) آورده شده است.

جدول ۶. قیمت خرید نرم‌افزار کاربردی سفارشی با داده‌های فرضی (ارقام به میلیون تومان)

بازی	قیمت در مرحله مناقصه	قیمت تعدیل شده در مرحله مناقصه	حداکثر قیمت مانع ورود در مراحل بعد از مناقصه	قیمت کل نرم‌افزار
بازی یک مرحله‌ای	۱۲۰۰	۱۲۰۰	-	۱۲۰۰
بازی دو مرحله‌ای	۰	۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰

^۱ در بازی یک مرحله‌ای مانع ورودی وجود ندارد؛ زیرا هنوز هیچ شرکتی نرم‌افزار مربوطه را تولید نکرده است.

بازی	قیمت در مرحله مناقصه	قیمت تعدیل شده در مرحله مناقصه	حداکثر قیمت مانع ورود در مراحل بعد از مناقصه	قیمت کل نرم افزار
بازی سه مرحله‌ای	-۸۰۰	۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰
بازی چهار مرحله‌ای	-۱۵۰۰	۰	۲۷۰۰	۲۷۰۰
۰	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰
بازی ده مرحله‌ای	-۵۲۸۰	۰	۶۴۸۰	۶۴۸۰

مبع: یافته‌های پژوهش

ستون دوم جدول (۶) بیانگر این است که با داده‌های مفروض، قیمت در مرحله مناقصه در بازی دو مرحله‌ای به صفر نزول می‌کند. البته مجموعه عمل بازیکنان شامل مجموعه اعداد حقیقی غیرمنفی است؛ بنابراین در ستون سوم، اعداد غیرمنفی به صفر تعدیل شده‌اند. در ستون چهارم، حداکثر قیمت مانع ورود در مراحل بعد از مناقصه محاسبه شده است که قیمت‌های بیان شده با افزایش تعداد مراحل بازی افزایش می‌یابند. ستون آخر مجموع ستون سوم و چهارم است. این ستون نشان می‌دهد که قیمت کل نرم افزار کاربردی سفارشی با افزایش تعداد مراحل تقاضای آن افزایش می‌یابد. حال با داده‌های فرضی بیان شده در بالا، ارتفاع مانع ورود در جدول (۷) محاسبه گردیده است.

جدول (۷). محاسبه ارتفاع مانع ورود با داده‌های فرضی

بازی	ارتفاع مانع ورود (HB)
بازی دو مرحله‌ای	۰/۲
بازی سه مرحله‌ای	۱

^۱ در مورد عدم افزایش قیمت نرم افزار در بازی دو مرحله‌ای باید بیان کرد که دو مناقصه‌گر در مرحله اول به دلیل آگاهی از تقاضای آتی و به منظور کسب سود در آینده، وارد رقابت قیمتی شدیدی خواهند شد و قیمت مناقصه‌گر برنده تا حد صفر کاهش می‌یابد. البته ممکن است در دنیای واقعی، همچنانکه در انتقاد از بازی قیمت برتراند نیز مطرح است (شای، ۱۳۹۳: ۱۲۴)، قیمت تا صفر کاهش نیابد؛ بنابراین احتمالاً قیمت نرم افزار در بازی دو مرحله‌ای نیز همانند بازی، سه مرحله‌ای و بیشتر از بازی یک مرحله‌ای بیشتر خواهد بود.

۱/۷	بازی چهار مرحله‌ای
.	.
.	.
.	.
۵/۴۸	بازی ده مرحله‌ای

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۷) نشان می‌دهد که با افزایش تعداد مراحل بازی، ارتفاع مانع ورود افزایش می‌یابد؛ به طوری که از $۰/۲$ در بازی دو مرحله‌ای به $۵/۴۸$ در بازی ده مرحله‌ای می‌رسد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در پیشینه موانع ورود، ۴۲ نوع مختلف از موانع ورود از جمله حق اختراع، هزینه‌های غیرقابل بازگشت، ادغام عمودی و ظرفیت اضافی شناسایی شده است. در این پژوهش مانع ورود جدیدی به نام وابستگی سریالی در خرید نرم‌افزارهای کاربردی سفارشی به ادبیات موانع ورود اضافه شده است. در این راستا، خرید نرم‌افزارهای یادشده به هنگام تقاضای آن‌ها در چندمرحله و با فرض آگاهی شرکت‌های رایانه‌ای از تقاضای آتی، با استفاده از بازی‌های بیزین ایستا مدل‌سازی شد. نتایج مدل‌سازی نشان داد در صورتی که شرکت متقاضی نرم‌افزارهای یادشده تقاضای خود را در دو و یا بیشتر از دو مرحله تقاضا کند، شرکت رایانه‌ای طراح می‌تواند با قیمت‌گذاری خویش مانع ورود شرکت و یا شرکت‌های دیگر به بازار نرم‌افزار مربوطه گردد؛ در این حالت، آگاهی شرکت‌های رایانه‌ای از تقاضای آتی سبب ایجاد رقابت آنان برای ورود به بازار و به دنبال آن، کاهش قیمت در مرحله اولیه فروش می‌شود. از منظر نظری، کاهش قیمت در مرحله اولیه فروش، تا حد صفر نیز ممکن است. همچنین با افزایش تعداد مراحل تقاضا، حداکثر قیمت مانع ورود و ارتفاع مانع ورود به بازار نیز افزایش می‌یابد. با توجه به مطالب بیان‌شده، به سازمان‌ها و شرکت‌هایی که نیازمند این‌گونه نرم‌افزارها هستند توصیه می‌شود که قبل از خرید، نیازسنجی نرم‌افزاری خود را کامل و سپس تقاضای خویش را مطرح نمایند تا با کاهش مراحل تقاضا، هزینه خرید را کاهش دهند؛ همچنین اگر تقاضای آتی وجود دارد ولی فعلاً نمی‌توان آن را تقاضا نمود تولیدکنندگان نرم‌افزار را از وجود تقاضای آتی مطلع سازند تا حداقل شاهد کاهش قیمت نرم‌افزار مربوطه در مرحله اول شوند.

منابع

- بهشتی، محمدباقر، صنوبر، ناصر، فرزانه کجاآباد، حسن (۱۳۸۸). بررسی عوامل مؤثر بر ورود و خروج بنگاه‌ها در بخش صنعت ایران. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۳۸(۱): ۱۵۷-۱۷۹.
- خدادادکاشی، فرهاد (۱۳۹۱). *اقتصاد صنعتی (نظریه و کاربرد)*. انتشارات سمت: تهران.
- زاهدی، عطفه (۱۳۹۳). قوانین و مقررات ناظر بر معاملات دولتی (مزایده- مناقصه). انتشارات جاودانه: تهران.
- سوری، علی (۱۳۹۱). نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن. انتشارات دانشگاه علوم اقتصادی: تهران.
- شای، آز (۱۳۹۳). سازمان صنعتی: نظریه و کاربردها، ترجمه کیومرث شهبازی. مرکز نشر دانشگاهی: تهران.
- شهیک‌تاش، محمدنبی، نوروزی، علی (۱۳۹۳). محاسبه پارامتریک شاخص لرنر و ارزیابی رقابت و درجه انحصار صنایع ایران. *فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی*، ۳(۲۷): ۷۱-۸۹.
- صدرائی‌جواهری، احمد (۱۳۹۰). *اقتصاد صنعتی*. انتشارات سازمان مدیریت صنعتی: تهران.
- عبدلی، قهرمان (۱۳۸۶). نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن (بازی‌های ایستا و پویا با اطلاعات کامل). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران: تهران.
- عبدلی، قهرمان (۱۳۹۱). نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن (بازی‌های اطلاعات ناقص، تکاملی و همکارانه). انتشارات سمت: تهران.
- کرانی، عبدالرضا، جلالوند، وحید، شهیک‌تاش، محمدنبی (۱۳۹۳). بررسی میزان اثربخشی و اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر بر موانع ورود بنگاه‌ها در بخش صنعت ایران (استفاده از رویکرد AHP فازی). *فصلنامه سیاست‌های مالی و اقتصادی*، ۲(۸): ۱۰۳-۱۲۴.
- مس‌کاللی، ای؛ وینستون، ام‌دی و گرین، جی‌آر (۱۳۹۴). *اقتصاد خرد*. ترجمه دشتبان‌فاروجی، مجید؛ جباری، امیر و فرامرزی، ایوب، انتشارات نور علم: تهران.
- Asikainen, Karla. (2012). Barriers to entry in a regulated industry: Tackling barriers to entry with limited resources – the entrant perspective. MSc thesis. Aalto University, School of Business.

- Cockburn, I.M., & MacGarvie, M.J. (2011). Entry and patenting in the software industry. *Management science*, 57(5): 915-933.
- <http://www.multipwingspan.co.uk>.
- McAfee, R., & Preston, Hugo M. Mialon & Michael A. Williams. (2004). What is a barrier to entry? *Journal of the American Economic Review*, 94(2): 461-465.
- OECD. (2005). Barriers to Entry, (Best Practices Roundtable), available at www.oecd.org/daf/competition/documentation under “Best practices”.
- Pressman, R. S. (2001). *Software engineering: a practitioner's approach*. McGraw-Hill.
- Snider, C., & Williams, J. Barriers to Entry in the Airline Industry: A regression discontinuity approach. *The Review of Economics and Statistics*, 97(5): 1002–1022.