مدلسازی اقتصادی
Economic Modelling
دوره ۱۷، شماره ٦٢، تابستان ١٤٠٢، صفحه‌های ۱۹ تا ٣٦.

علمی

مدل مبتنی‌بر عامل ورود و خروج بنگاه‌های تولیدی در صنایع وابسته به تأمین‌کننده

زهرا اسداللهی سهی*، حسین راغفر**

DOI:10.30495/ECO.2023.1991962.2769

تاریخ دریافت:
١٤٠٢/٠٤/٢٩
تاریخ پذیرش:
١٤٠٢/٠٧/٢٧

طبقه‌بندی JEL:
C63, D22, L14.

واژگان کلیدی:
شبیه‌سازی مبتنی‌بر عامل، صنایع وابسته به‌تأمین‌کننده، آزمایش‌های شبیه‌سازی.

چکیده

هدف مقاله بررسی متغیرهای مؤثر بر ورود و خروج و تعداد بنگاه‌های تولیدی صنایع وابسته به تأمین‌کننده بود. برای دست‌یابی به هدف، از روش شبیه‌سازی ترکیبی پویایی‌شناسی سیستم‌ها و مبتنی‌بر عامل برای مدل‌سازی مصرف استفاده شد. برای بررسی اثر عوامل مختلف بر ورود و خروج و تعداد بنگاه‌ها آزمایش‌هایی انجام شد. متغیرهایی به‌عنوان نماینده برای بررسی شکل ورود و خروج از صنعت لحاظ شدند. نتایج نشان دادند که تعداد تولیدکنندگان اولیه صنعت، کشش قیمتی تقاضا، عمر ماشین‌آلات و تأمین مالی بنگاه‌ها بیشترین اثر را بر پارامترهای شکل توزیع تعداد بنگاه‌ها دارند. سایر عوامل اقتصادی نیز بر تعداد تولیدی‌های واردشده به صنعت اثرگذار هستند؛ هرچند، گاهی این اثرات غیرخطی هستند. این مدل نشان می‌دهد که شبیه‌سازی مبتنی‌بر عامل می‌تواند در شرایطی غیر از تعادل نیز کارا و موثر باشد.

*دانشجوی پسادکتری، گروه اقتصاد، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی: z.asadollahi@gmail.com
**استاد، گروه اقتصاد، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران، پست الکترونیکی: raghfar@alzahra.ac.ir

۱. مقدمه

فرآیند ورود و خروج بنگاه‌ها را می‌توان به عنوان یک فرآیند انتخاب بازار لحاظ کرد. مصرف از بنگاه‌های کم‌کارایی به بنگاه‌های کارآمد منتقل می‌شوند و این بنگاه‌ها را تشویق می‌کند تا فناوری‌ها و محصولات جدیدی را توسعه دهند. در یک صنعت، بنگاه‌ها می‌توانند به دلیل ماهیت کار خود از بازار خارج شوند یا ورشکسته شوند، اما آنها ممکن است در برخی دوره‌های زمانی بیشتر از دیگران شکست بخورند و برخی از انواع بنگاه‌ها بسیار بیشتر از دیگران شکست می‌خورند. برای مثال، نرخ شکست بنگاه‌های کوچک و جدید بسیار بالاتر است و پژوهشگران زیادی تلاش می‌کنند تا دلیل آن را دریابند، سونمز[1] (۲۰۱۳). تصمیم حیاتی برای ورود و خروج، عمیقا تحت تاثیر متغیرهای داخلی ساختار بازار و متغیرهای خارجی مؤثر بر محیط اقتصادی است. در ضمن نوع صنعتی که بنگاه در آن فعال است بر ورود و خروج موثر است. در این مقاله، متغیرهای مؤثر بر ورود و خروج و تعداد بنگاه‌های تولیدی «صنایع وابسته به تأمین‌کننده»[2] پرداخته می‌شود. این عنوان بر اساس طبقه‌بندی پاویت[3] (۱۹۸٤) به صنایع عموما سنتی‌ای اطلاق می‌شود که معمولا کوچک هستند و بخش اعظم نوآوری فرایندها توسط تأمین‌کنندگان آن‌ها و به‌صورت برون‌زا ایجاد می‌شود[4]. صنایعی مانند پوشاک و کشاورزی از این دسته هستند.

هدف اصلی این مقاله، ارائه مدلی کلی برای ورود و خروج تولیدکنندگان در این دسته صنایع است. در این راستا، پرسش اصلی پژوهش عبارت است از اینکه تاثیر شرایط شروع، عمر ماشین‌آلات و ظرفیت تولید صنعت، نرخ رشد پارامترهای اقتصادی و تقاضای ورود و خروج و تعداد بنگاه‌ها در صنایع وابسته به تأمین‌کننده چگونه است.

برای دست‌یابی به هدف، از روش شبیه‌سازی ترکیبی پویایی‌شناسی سیستم‌ها و مبتنی‌بر عامل استفاده می‌شود. در این روش، تعامل تولیدکنندگان و واردکنندگان با یکدیگر و محیط، بر اساس قوانین ساده‌ای که در رفتار عامل‌ها[5] ملحوظ است، شبیه‌سازی می‌شود. مدل‌های مبتنی بر عامل[6]، افراد را قادر می‌سازند تا به شبیه‌سازی از پایین به بالا در مجموعه‌هایی بپردازند که از تعداد زیادی عامل در تراکنش با یکدیگر تشکیل شده‌اند. برمبنای قاعده «تاحد امکان ساده بگیر[7]» ترانو[8] (۲۰۰۸) در مدل‌های مبتنی‌بر عامل، قوانین ساده‌ای برای تصمیم‌گیری عامل، مدنظر قرار گرفته است. برای مدل‌سازی مصرف از مدل‌های ساده پویایی‌شناسی سیستم‌ها بر مبنای معادلات رایج استفاده می‌شود؛ زیرا برای پاسخ به پرسش پژوهش ضروری نیست که در بخش مصرف یک مدل از پایین به بالا ساخته شود؛ زیرا این پژوهش به پدیدارهای حاصل از عامل‌های مصرف با یکدیگر یا با تولیدکننده نمی‌پردازد؛ بنابراین، می‌توان در این قسمت از مدل، از روش مدل‌سازی سیستمی بهره برد.

---

[1] Sönmez
[2] Supplier Dominated Industries
[3] Pavitt
[4] طبقه‌بندی پاویت یک مدل برای دسته‌بندی بنگاه‌های صنعتی بر اساس منابع فناوری، نیازهای کاربران و محیط انتشار دانش در صنعت است. این طبقه‌بندی شامل چهار دسته است: ۱) وابسته به تامین‌کننده: این شرکت‌ها عمدتا در صنایع سنتی مانند نساجی و کشاورزی فعال هستند و برای نوآوری به منابع خارج از شرکت وابسته هستند؛ ۲) مقیاس گسترده: مانند بخش خودروسازی. منابع نوآوری ممکن است هم درون شرکت و هم خارج از آن باشد؛ ۳) تامین‌کنندگان تخصصی: این شرکت‌ها کوچکتر و تخصصی‌تر هستند و فناوری را برای فروش به سایر شرکت‌ها تولید می‌کنند، مانند تولید ماشین‌آلات تخصصی و ابزار فناوری بالا و ٤) دانش‌محور: این شرکت‌ها دارای فناوری بالا هستند که بر پژوهش و توسعه هم درون سازمان و هم تحقیقات دانشگاهی تکیه می‌کنند، از جمله صنایع داروسازی و الکترونیک.
[5] Agents
[6] Agent Based Models
[7] Keep It Simple as far as Possible
[8] Terano

برای پاسخ به سوال پژوهش، مقاله بدین‌شکل سازمان‌دهی می‌شود: در ادامه، بعد از مقدمه، در قسمت دوم، ادبیات پژوهش مرور می‌شود؛ در بخش سوم، روش پژوهش بررسی می‌شود؛ در بخش چهارم، نتایج و تحلیل و تفسیر آن ارائه می‌شود و بخش پنجم نیز به نتیجه‌گیری و پیشنهادها اختصاص می‌یابد.

۲. مروری بر ادبیات

- مبانی نظری

امروزه، علوم با محاسبات دیجیتال متحول شده‌اند. تسفاشن[1] (۲۰۰٦) در کتاب خود با عنوان *دستنامه اقتصاد محاسباتی*[2] به بررسی نقش محاسبات دیجیتال و مدل‌های اقتصادی پرداخته است. «مدل‌های مبتنی بر عامل» (ABM)[3] (ABM)[3] نوعی روش اقتصاد محاسباتی است. این روش به‌جای اینکه با معادلات حاکم بر یک فرایند اقتصادی شروع شروع شود، به صورت‌بندی مدل با جمعیت اولیه اقدام می‌کند. عامل‌های دخیل در فرایند شبیه‌سازی، ناهمگن بوده و مشخصات رفتاری و شرایط اولیه دارند. این عامل‌ها براساس ویژگی‌های خود در یک محیط اقتصادی، اجتماعی و طبیعی با یکدیگر و با محیط ارتباط می‌یابند. تعامل عامل‌ها با یکدیگر می‌تواند رفتارهای خاص و وضعیت‌های جدیدی ایجاد کند. این توصیف دینامیکی مبتنی‌بر عامل در سطحی کمتر انتزاعی نسبت به مدل‌های استاندارد اقتصادی مبتنی‌بر تعادل ارائه می‌شود و شفافیت و وضوح مدل‌سازی را افزایش می‌دهد.

به‌زعم فارمر و آکستل[4] (۲۰۲۲) هر خروجی مدل مبتنی‌بر عامل، یک «قضیه[5]» است. منظور از قضیه این است که اگر عامل‌ها با حالت‌های اولیه معین‌شده، شروع کنند و رفتارها و انتخاب‌های مشخصی را انجام دهند، پس از چند دوره تعامل با یکدیگر، وضعیت‌ها و نتایج جدیدی بروز می‌یابد؛ درحالی‌که (ABM)ها اغلب، عناصر شبه‌تصادفی دارند. هر «اجرای» مدل معمولا قطعی است. فارمر و آکستل (۲۰۲۲) توضیح می‌دهند که می‌توان در هر اجرای مدل یک هسته تصادفی متفاوت در نظر گرفت و اینگونه ویژگی‌های توزیعی حالت‌های عامل‌ها را تغییر داد.

اشتاین‌باخر و همکاران[6] (۲۰۲۱) ضمن مروری جامع بر مدل‌های عامل‌بنیان در حوزه اقتصاد، بیان می‌کنند که این مدل‌ها با وجود سادگی، امکان جمع‌آوری داده‌هایی را فراهم می‌کنند که در دنیای واقعی دردسترس نیستند؛ مانند انتظارات، توانایی‌ها و سوگیری‌های شناختی افراد که بر اساس آنها می‌توان عامل‌های شبیه‌سازی در مدل‌های مبتنی‌بر عامل را با ویژگی‌ها و رفتارهای واقع‌گرایانه‌تری ایجاد کرد؛ برای مثال، می‌توان به تطبیق و بهبود قواعد یادگیری اشاره کرد.

- پیشینه پژوهش

تحقیقات در مورد تصمیم‌گیری در بنگاه‌ها به دو دسته تقسیم‌پذیرند؛ نخست از نگاه اقتصادی و دیگری از ادبیات مدیریت با اهداف متفاوت آغاز می‌شود. کیمبرو و مورفی[7] (۲۰۰۹) در پژوهش خود مطرح می‌کنند که اقتصاددانان به

[1] Tesfatsion
[2] Handbook of Computational Economics
[3] Agent Based Modeling
[4] Farmer & Axtel
[5] Theorem
[6] Steinbacher et al.
[7] Kimbrough & Murphy

بنگاه به‌عنوان یک کل نگاه می‌کنند و نظریه خود را برمبنای اطلاعات کامل و تصمیم‌گیری منطقی – که در آن، بنگاه سود خود را حداکثر می‌کند– ارائه می‌دهند. از نظر این دو محقق، ادبیات مدیریتی به موضوع تصمیم‌گیری بدون اطلاعات کامل می‌پردازد؛ زیرا هدف آن، کاربرد عملی است و در عمل، اطلاعات در دسترس همواره ناقص است. چانگ[1] (۲۰۱۱) در پژوهش خود معتقد است که در اقتصاد صنعتی همواره رویکرد مطالعه بر مبنای برش مقطعی زمانی و درون یک صنعت است. مبانی نظری این رویکرد بر پارادایم ساختار– رفتار– عملکرد[2] استوار است. این پارادایم، یک زنجیره یک طرفه علّی از ساختار (تمرکز صنعت) تا رفتار (میزان همکاری در بازی‌ها) و از رفتار تا عملکرد (حاشیه قیمت– هزینه یا سودآوری) است. براین اساس، مدل‌های انتخاب مقدار و یا قیمت بر پایه دو بازی برتراند[3] و کورنات[4] است.

مقالات زیادی با این مدل به بررسی صنعت پرداخته‌اند؛ ازجمله بهشتی و همکاران (۱۳۸۸) با این پارادایم به بررسی عوامل موثر بر ورود و خروج خالص بنگاه‌ها در بخش صنعت ایران پرداخته‌اند و نتیجه گرفته‌اند که موانع ورود به صنعت شامل اندازه بهینه بالای بنگاه‌های موجود و نیاز به سرمایه و دارایی‌های ناملموس است. البته، رشد و سودآوری صنعت به‌عنوان یک عامل جذب‌کننده بنگاه‌های جدید در بخش صنعت ایران عمل می‌کند. عازم و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی عوامل ساختاری و محیطی بر پویایی‌های ورود و خروج بنگاه‌ها به بازار در صنایع ایران پرداختند و تاثیر متغیرهای مهم و کلان اقتصادی ازجمله نرخ ارز واقعی، نرخ تورم، نااطمینانی تورم و نااطمینانی نرخ ارز واقعی را در ورود و خروج معنادار یافتند. اما فرایند واقعی ورود و خروج بنگاه‌ها که طی آن یک صنعت به یک تعادل بلندمدت می‌رسد، در ادبیات اقتصاد صنعتی رایج کمتر مورد توجه قرار گرفته است. شواهد فرایندهای خارج از تعادل نشان می‌دهد که الگوهای معینی به‌صورت کیفی بین تمام صنایع رایج است؛ به‌عنوان مثال، شیموگاوا و همکاران[5] (۲۰۱۲) در پژوهش خود از پدیده‌ای «ریزش»[6] نام برده‌اند که در آن، تعداد تولیدکننده‌ها در ابتدا افزایش پیدا می‌کند و سپس به‌شدت کم می‌شود تا در نهایت، به یک سطح باثبات می‌رسد. همچنین، آن‌ها نشان دادند حتی زمانی که یک صنعت وارد مرحله تعادل پایدار چرخه عمر خود می‌شود یک شوک خارجی به تقاضا یا محیط تولید، ورود و خروج متفاوتی به بنگاه‌ها القا می‌کند.

مهم‌ترین عوامل موثر بر ورود و خروج عبارت از مطالعات طولی، سرمایه‌گذاری و نیروی کار است؛ اما حتی در صنایع مشابه هم رفتارهای متفاوت بنگاه‌ها در دوره‌های تجاری مشاهده می‌شود. در زمان‌های رشد وقتی که انتظار می‌رود تمام صنایع رشد کند، سهم معناداری از آنها سقوط می‌کند و از بازار خارج می‌شود. تفاوت‌ها در سطح خرد آن‌قدر فراوان است که تحلیل‌های کلان اقتصادی بر اساس بنگاه نماینده یا همان مرجع زیرسؤال می‌رود.

وو و ژانگ[7] (۲۰۰۱) در مطالعه‌ای به بررسی اثر تورم بر تعداد و اندازه بنگاه پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که تورم به‌دلیل کاهش سطح رفاه، اندازه و تعداد بنگاه‌ها را کاهش می‌دهد. آیرس و راوندراناتان[8] (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای مطالعه‌ای با استفاده از یک مدل تعادل عمومی به بررسی اثر شوک‌های بزرگ بر ورود و خروج بنگاه‌ها در دوران رکود

[1] Chang
[2] Structure– Conduct– Performance (SCP) Paradigm
[3] Bertrand
[4] Cournot
[5] Shimogawa et al.
[6] Shakeout
[7] Wu & Zhang
[8] Ayres & Raveendranathan

پرداخته‌اند. آن‌ها دریافتند در مقایسه با شوک بهره‌وری، شوک اعتباری باعث تغییر بزرگ‌تری در ورود و خروج شرکت‌ها می‌شود. از طریق کالیبراسیون مدل نشان دادند در بین شوک اعتباری و بهره‌وری در رکود بزرگ، شوک اعتباری عامل کاهش ورود، افزایش خروج و تمرکز خروج بین شرکت‌های جوان بوده است.

آکیجیت و همکاران[1] (۲۰۲۳) در مطالعه خود نشان دادند که چگونه ارتباطات سیاسی بر بقای بنگاه اثر می‌گذارد. آن‌ها با استفاده از یک مدل رشد شومپتری، یک پارادوکس رهبری را شناسایی کردند؛ یعنی، رهبران بازار بسیار بیشتر احتمال دارد که از ارتباطات سیاسی برخوردار باشند؛ اما احتمال بسیار کمتری وجود دارد که نوآور باشند. ارتباطات سیاسی سبب می‌شود بنگاه نرخ بقای بالاتری داشته باشد و رشد در استخدام و درآمدها را تجربه کند، اما این ارتباطات لزوما بهره‌وری آن‌ها را افزایش نمی‌دهد. مدل‌هایی که تراکنش و ورود و خروج تولیدکنندگان را با روش شبیه‌سازی بررسی می‌کند، اندک است. مدل‌های مستخرج از مطالعات به شرح زیر است:

دلی‌گاتی و همکاران[2] (۲۰۰۳) در مطالعه خود تعدادی از فرض‌های اقتصادی برای ورود و خروج بنگاه‌ها را حذف کردند. در این مدل، بنگاه‌ها تصادفی وارد می‌شوند و ممکن است، ورشکسته شوند. این ورود و خروج، توزیع بنگاه‌ها را تغییر خواهد داد و دیگر تنها نسبت ارزش خالص به ارزش سرمایه بنگاه نیست. نلسون و وینتر[3] (۱۹۸۲) دو مدل پایه‌ای برای رشد بنگاه‌ها با روش مبتنی‌بر عامل ارائه داده‌اند. در مدل اول، بنگاه‌ها مقدار ثابتی پول را صرف فعالیت‌های تحقیق و توسعه نوآورانه یا تقلیدی می‌کنند. بنگاه‌های مولدتر، سودآورتر می‌شوند؛ در نتیجه، سهم بازار خود را افزایش می‌دهند. اما، به‌دلیل این واقعیت که نوآوری و تقلید فرایندهای تصادفی‌ای هستند که به هزینه‌های تحقیق و توسعه بستگی دارند، ممکن است در سهم بازار تغییراتی ایجاد شود. در مدل پایه، هیچ ورودی و خروجی وجود ندارد. آن‌ها در مدل دیگری، فرضیات خاصی برای ورود لحاظ کرده‌اند. در مدل آن‌ها بنگاه با سرمایه صفر در وضعیت فعلی یک ورودی بالقوه است. آن‌ها ورودی بالقوه هزینه‌های تولید را می‌دانند و اگر نرخ ناخالص بازده سرمایه با قیمت‌های جاری بیش از ۱٦ درصد باشد، با احتمال ۰/۲۵ به یک ورودی واقعی تبدیل می‌شوند. سایر بنگاه‌هایی که با نرخ بازدهی مطابقت ندارند، در موجودی سرمایه صفر با احتمال یک باقی می‌مانند. آنها با اجراهای مختلف، قابلیت این نوع مدل‌سازی را نشان دادند. ژانگ[4] (۲۰۰۵) با مدل نلسون و وینتر برای بررسی ظهور و بروز خوشه‌های دانش‌بنیان از طریق شبیه‌سازی عامل‌بنیان اقدام کرده است.

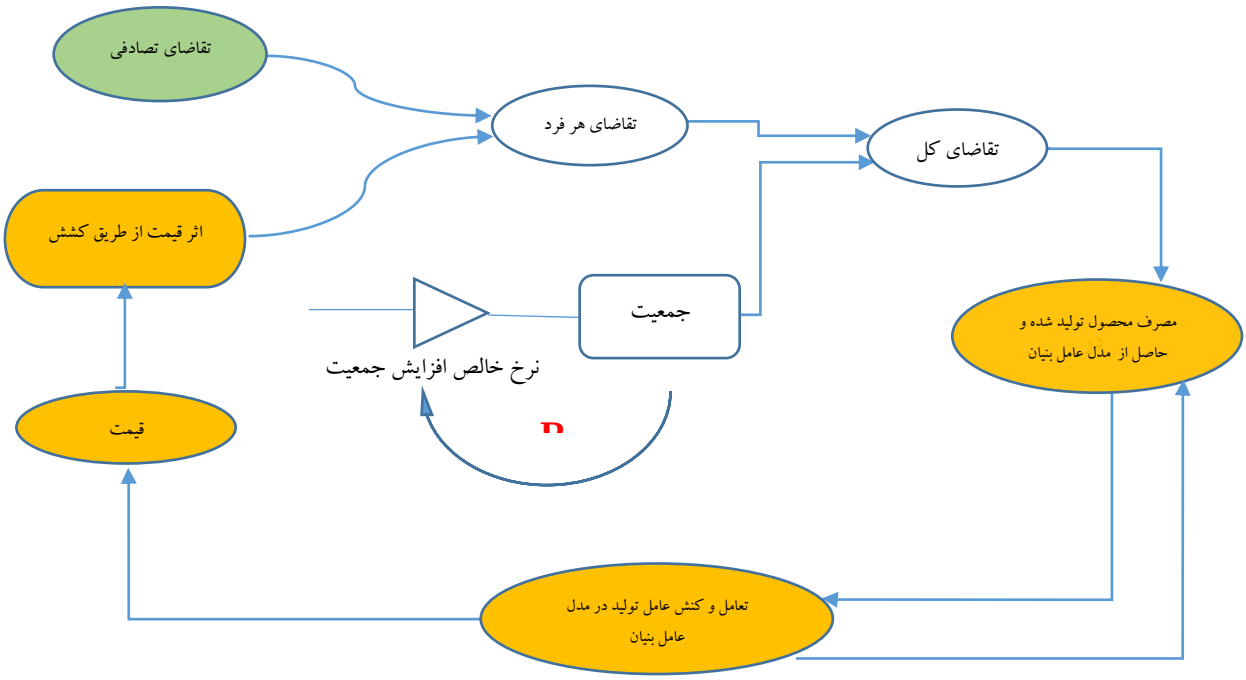
تحلیل کلی مطالعات نشان می‌دهد که مطالعات اقتصادی که بر پارادایم ساختار- رفتار- عملکرد استوار هستند، در مواردی قادر به توضیح رفتار ورود خروج بنگاه‌ها به‌ویژه، در شرایط خارج از تعادل نیستند. پدیده‌هایی مانند ریزش یا هم‌بستگی ورود و خروج از این قبیل هستند. از این‌رو، استفاده از ابزار شبیه‌سازی می‌تواند به توضیح این پدیده‌ها کمک کند. همچنین، مدل‌های عامل‌بنیانی که به ورود و خروج بنگاه‌ها پرداخته‌اند، اندک هستند و در مقاله حاضر، مدلی نزدیک‌تر به واقعیت مطرح خواهد شد؛ به‌عنوان مثال، در صنایع موردنظر این مقاله معمولا هزینه‌های ورود، اندک هستند و تعداد افراد بالقوه معمولا با تعداد بنگاه‌های حاضر و سودده در صنعت ارتباط دارند و این افراد برای ورود، میزان سودآوری را ارزیابی می‌کنند. این بازخورد و نقش آن در خروج، در مدل‌های اندک مطرح‌شده معیاری برای ورود و یا افراد بالقوه لحاظ نشده است. چند معیار ساده برمبنای رفتار افراد با توجه به ادبیات و البته الهام از

[1] Akcigit et al.
[2] Delli Gatti et al.
[3] Nelson & Winter
[4] Zhang

بازار ایران در نظر گرفته شد که یکی از تفاوت‌های مدل حاضر با مدل‌های قبلی است. همچنین، متغیرهای تورم در قیمت‌گذاری محصول توسط تولیدکننده در مدل منظور شده است. این نکته نیز در مدل‌های مطرح‌شده، لحاظ نشده‌اند. در مدل حاضر، در آزمایش‌های طراحی‌شده، اثرِ عوامل مختلف شبیه‌سازی بر تعداد بنگاه‌های تولیدی و سایر ویژگی‌های روند آن‌ها بررسی شده است.

۳. روش پژوهش

در این مقاله برای شبیه‌سازی تولیدکنندگان از مدل‌سازی مبتنی بر عامل (ABM) و برای قسمت تقاضا از روش پویایی‌شناسی سیستم‌ها استفاده شده است. برای هر فرد یک مقدار تقاضای تصادفی بر اساس شرایط لحاظ شده است که با افزایش قیمت برحسب کشش قیمتی آن محصول کاهش می‌یابد. در نهایت، تقاضای کل، حاصلِ ضرب جمعیت و تقاضای فردی است. دلیل مدل‌سازی مصرف با روش پویایی‌شناسی سیستم‌ها، علاوه‌بر سادگی این است که هدف مطالعه ما بررسی نتیجه تعامل عامل‌های مصرف با یکدیگر و یا با عامل‌های تولید نیست و به‌سادگی می‌توان مصرف را با حلقه مندرج در شکل (۱) مدل‌سازی کرد. در شکل (۱) برای سادگی جمعیت یک متغیر انباشت در نظر گرفته شده است که با نرخ افزایش جمعیت که خود تابعی از جمعیت است، افزایش می‌یابد و یک حلقه بازخوردی مثبت ایجاد می‌کند که با R نشان داده شده است. از این‌رو، آن، مدلی ترکیبی مبتنی‌بر عامل و سیستمی است. این قسمت از مدل با قسمت عامل‌بنیان از طریق دو متغیر مهم در ارتباط است. تقاضا به نسبت قیمت و کیفیت محصول تولیدشده توسط عوامل تولید به آن‌ها تخصیص داده می‌شود که این مقدار، فروش تولیدکنندگان است و پایه تصمیمات بعدی آن‌ها می‌شود. از طرفی قیمت حاصل از تصمیم تولیدکنندگان که در ادامه، تصمیم‌گیری آن‌ها برای قیمت تشریح می‌شود، با توجه به کشش قیمتی تقاضا بر میزان تقاضای افراد و در نتیجه، تقاضای کل مؤثر است.



شکل ۱. مدل سیستمی و روابط آن با بخش عامل‌بنیان

منبع: یافته‌های پژوهش

در مدل‌سازی مبتنی‌بر عامل، از مدل نلسون- وینتر[1] (۱۹۸۲) الهام گرفته شده است. عامل‌های اصلی تولیدکنندگان و واردکنندگان هستند. برای تعیین رفتار تولیدکنندگان از قواعد ساده غالب بر رفتار تولیدکنندگان در صنایع وابسته به تأمین‌کننده استفاده شده است. رفتار تولیدکنندگان شامل تصمیم آن‌ها برای خروج، افزایش و کاهش ماشین‌آلات یا میزان تولید و تصمیم‌گیری درباره قیمت لحاظ شده است. عمر و ظرفیت تولید ماشین‌آلات توسط خود تولیدکنندگان تعیین نمی‌شود و آن‌ها نیازی به سرمایه‌گذاری برای تحقیق و توسعه در این حوزه ندارند؛ بلکه تنها مصرف‌کننده تکنولوژی حاصل از سایر صنایع هستند. نتیجه رفتار تولیدکنندگان سبب خواهد شد، افراد بالقوه برای ورود به عرصه تولید تصمیم‌گیری کنند. نکته کلی مهم دیگر در سراسر مدل این است که در تمام انتخاب‌ها که رفتار بنگاه می‌تواند متفاوت باشد، متغیر مورد نظر برحسب ویژگی‌هایش، توزیع تصادفی یک‌نواخت، نرمال به‌عنوان توزیع متقارن یا نمایی به‌عنوان چوله‌ترین توزیع اعمال شده است. الگوی ورود و خروج تولیدکنندگان به شرایط اقتصادی آن‌ها و سودآوری تولید بستگی دارد. افراد بالقوه برای ورود به عرصه تولید، دو نکته را درنظر می‌گیرند؛ اولین نکته برگشت سرمایه در فضای تولیدی موجود در قیاس با سایر سرمایه‌گذاری‌های جذاب و دومین نکته، میزان فروش تولیدی‌های حاضر است. درنظر گرفتن این رفتار، مدل این پژوهش را از مدل نلسون- وینتر واقعی‌تر و متمایز کرده است. عامل دیگری که می‌تواند بر ورود اثر بگذارد، رفتارهای تولیدکنندگان حاضر است؛ اگر آن‌ها رفتارهای انحصارطلبانه داشته باشند، ممکن است ورود تولیدکننده جدید را محدود کند.

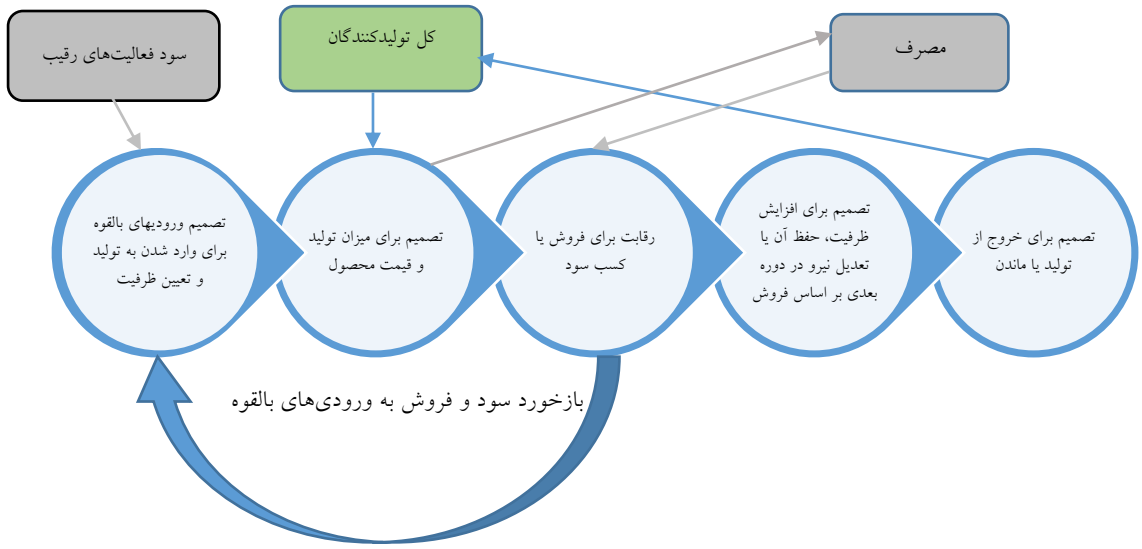
در هر اجرای مدل، تعداد افراد بالقوه برای ورود به بازار یک توزیع تصادفی تلقی شده که برای سادگی، توزیع یک‌نواخت دارند و میانگین آنها برابر با بنگاه‌های تولیدی حاضر لحاظ شده که سود مثبتی دارند. در نقطه شروع، فرض شده همه تولیدکنندگان به‌صورت تصادفی درصد سود عملیاتی خود را عددی با میانگین سود فعالیت‌های رقیب که ورود به آن‌ها ساده‌تر است، درنظر می‌گیرند؛ مانند نرخ رشد ارز، اجاره‌بها و نرخ بهره و غیره. برای راحتی میانگین این مقادیر و حتی در تعدادی از آزمایش‌ها حداکثر این مقادیر لحاظ شده است. در دوره‌های بعدی اگر همه محصول خود را به فروش برسانند، این میزان سود را با یک مقدار تصادفی افزایش می‌دهند و اگر با محصولات فروش‌نرفته مواجه شوند، میزان سود خود را به نسبتِ میزانِ محصولات فروش‌نرفته کاهش می‌دهند. تولیدکنندگان برحسب ظرفیت خود و فروش دوره‌های قبل به برآورد فروش در دوره آتی می‌پردازند.

افزایش ظرفیت نیز مانند ورود در صورتی انجام می‌شود که خرید ماشین‌آلات جدید و اجاره فضای تولید (یا خرید آن) با توجه به سود تولید و سود فعالیت‌های رقیب یادشده در مرحله ورود، برای تولید کننده حاضر نیز به‌صرفه باشد. بنگاه برای تعیین مقدار تولید در هر دوره به بررسی شرایط خود در دوره قبل می‌پردازد. افزون‌براین، ویژگی‌های فردی او نیز شاید بر این میزان اثر بگذارد. در این مدل، میزان تولید بستگی به خوش‌بین یا بدبین بودن صاحب بنگاه دارد. در افراد خوش‌بین، میزان افزایش تولید درصورت شرایط مساعد بیشتر است و برعکس. در این مدل در مقابل کاهش فروش، دو عکس‌العمل لحاظ شده: ۱) کاهش حاشیه سود و ۲) کاهش نیروی کار و بالتبع تولید.

برای خروج، سه قانون ساده لحاظ شده است: اگر تولیدکننده دو دوره نتواند فروش داشته باشد یا عمر ماشین‌آلات تمام شود و به‌صرفه نباشد که ماشین جدید بخرد باید از بازار خارج شود. در هنگام ورود به بازار، فرض می‌شود که افراد ورودی بالقوه بین تولید و واردات، یک گزینه را انتخاب می‌کنند. این گزینه برحسب سود نسبی واردات به تولید

[1] Nelson - Winter

می‌تواند واردات یا تولید باشد؛ بنابراین، ارز و تورم متوسط محصول وارداتی و نیز قیمت محصول وارداتی و سود نسبی آن نسبت به محصول داخلی را نرخ تعرفه مشخص می‌کند. واردکنندگان در نقطه شروع، قیمت محصول خود را با محصول داخلی تنظیم می‌کنند. اما این مقدار سود مانند قبل یک عدد تصادفی است که به قیمت محصول موجود در بازار بستگی دارد. در شکل (۲) فلوچارت هربار اجرای شبیه‌سازی عامل‌بنیان مدل، خلاصه‌وار، ترسیم شده است.



شکل ۲. فلوچارت تصمیم عوامل در هر بار اجرای بخش عامل‌بنیان مدل

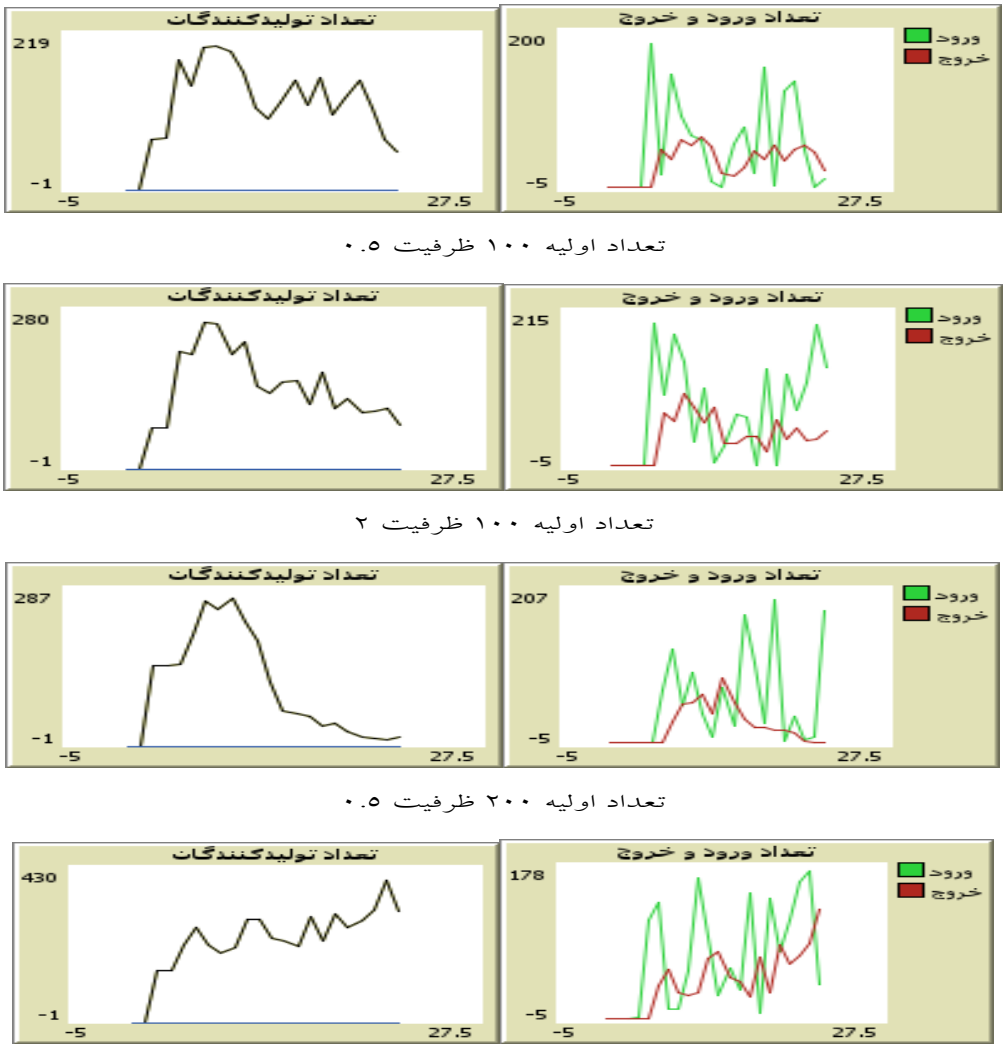
منبع: یافته‌های پژوهش

٤. برآورد مدل و تجزیه و تحلیل یافته‌ها

در ادامه، مدل در شرایط مختلف اجرا شده و نتایج برای بررسی ورود و خروج و توزیع سایز بنگاه‌ها کنکاش می‌شود. بدین‌منظور، یک آزمایش اولیه انجام شده است. تعداد تولیدی‌ها در نقطه صفر شبیه‌سازی بین عددهای ۱۰۰ تا ۲۰۰ تغییر یافته و ظرفیت تولید ماشین‌آلات نیز بین ۰/۵ و ۲ تغییر کرده است. از آنجا که در نقطه صفر، فرض‌شده تمام تقاضا برآورده می‌شود، تعداد واحدهای تولیدی مختلف در نقطه صفر با تقاضای یکسان، نشان‌دهنده میزان تمرکز صنعت است. شکل (۳) تعداد تولیدکنندگان و تعداد ورود و خروج بنگاه‌ها را در چهار آزمایش طراحی شده نشان می‌دهد. تعداد تولیدکنندگان در سمت چپ و تعداد ورود و خروج بنگاه‌ها در سمت راست قرار دارد. براساس شکل (۳) اگر در نقطه شروع، تعداد زیادی تولیدکننده وجود داشته باشد، حداکثر تعداد تولیدکنندگان، کل تولیدکنندگان و حداکثر تعداد ورود و خروج بیشتر است. این نتیجه با مقدار احتمال[1] نزدیک به صفر تأیید می‌شود. این نتیجه، اهمیت آغازکنندگان یک صنعت و کمک‌های دولتی برای شروع به‌کار و ادامه فعالیت آنها را آشکار کرده و با تحقیقات قبلی در این زمینه سازگار است؛ به‌طور مثال، مارتین و سانلی[2] (۲۰۰٦) به وابستگی به مسیر در ورود و محیط صنعتی یک

[1] P-Value
[2] Martin & Sunley

منطقه پرداخته‌اند. کرادینی و ونینو[1] (۲۰۲۱) شواهدی از مکمل‌های مثبت بین وابستگی مسیر صنعتی و تنوع صنعتی مرتبط با منطقه برای ورود بنگاه‌ها به صنایع ریشه‌دار موجود در یک منطقه ارائه کرده‌اند.



شکل ۳. نمودارهای تعداد ورود و خروج بنگاه‌ها و تعداد تولیدکنندگان

منبع: یافته‌های پژوهش

در نمودارهای تعداد تولیدکنندگان در شکل (۳)، تعداد بنگاه‌ها بعد از رسیدن به میزان بیشینه محلی، روندی کاهشی درپیش می‌گیرند؛ این نتیجه حاصل از مدل با حقایق آشکارشده که در بخش دوم مقاله درباره پدیده ریزش ذکر شد، سازگار است. در تعدادی از اجراها مدت زمان بیشتری طول می‌کشد که تعداد تولیدکنندگان به حداکثر میزان خود برسد؛ درواقع، در مدت طولانی‌تری تعداد تولیدکنندگان، روند نسبی صعودی را طی می‌کنند و در مقابل، در تعدادی از اجراها تعداد تولیدکنندگان با سرعت بیشتری رشد می‌کنند و سریع‌تر هم سقوط می‌کنند.

[1] Corradini & Vanino

این رشد و سقوط، به ظرفیت تولید ماشین‌آلات وابسته است و از آن اثر معناداری می‌پذیرد. در آزمایش‌های با ظرفیت تولید بالاتر تعداد تولیدکنندگان درمجموع، روند صعودی دارند؛ اما تعداد تولیدکنندگان کمتر است که این تعداد کمتر، با توجه به ظرفیت بالاتر، معقول است. برای ادامه کار و به‌دلیل اطلاع از اثر مثبت تعداد اولیه تولیدکنندگان بر حداکثر تعداد بنگاه‌ها و نیز حداکثر میزان ورود، می‌توان آزمایش‌های بیشتری را با تعداد اولیه تولیدکنندگان کمتر انجام داد تا سرعت اجرا افزایش یابد. همچنین، از آن‌جا که اثر افزایش مصرف بر فروش واضح بوده و متغیر کشش قیمتی تقاضا بررسی خواهد شد، در همه آزمایش‌ها میزان رشد جمعیت و رشد تصادفی مصرف یکسان است و تنها عامل کاهش مصرف، افزایش قیمت است که به کشش آن محصول وابسته است. سایر متغیرهایی که ممکن است در تعداد بنگاه‌ها و نیز ورود آن‌ها اثر بگذارند، در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱. متغیرهای ورودی آزمایش

ضریب افزایش سرمایه	اجاره نقطه شروع	تعرفه	تورم اجاره
تأمین مالی	دستمزد در نقطه شروع	تعداد اولیه بنگاه‌ها	تورم دستمزد
قدر مطلق کشش قیمتی تقاضا	قیمت مواد اولیه	ضریب افزایش تولید	تورم قیمت مواد اولیه
درصد اولیه واردات	قیمت اولیه نرخ ارز در نقطه شروع	درصد افراد خوش‌بین	میزان رشد نرخ ارز
متوسط تورم محصول وارداتی	عمر ماشین‌آلات	متوسط قیمت اولیه محصول وارداتی	قیمت اولیه ماشین‌آلات در نقطه شروع

منبع: یافته‌های پژوهش

تعدادی از متغیرهای خروجی که نماینده شکل و میزان ورود و خروج تولیدکنندگان است و در جدول (۱) هم ذکر شده‌اند، عبارت‌اند از:

حداکثر تعداد بنگاه‌های تولیدی با عنوان «حداکثر تعداد» لحاظ شده است. تعداد نهایی بنگاه‌های تولیدی بعد از پایان دوره شبیه‌سازی با عنوان «تعداد نهایی» درنظر گرفته شده که نشان می‌دهد، در پایان دوره شبیه‌سازی چه تعدادی بنگاه در صنعت مورد نظر فعال هستند. البته ممکن است مقدار این متغیر قبل از پایان دوره شبیه‌سازی به صفر برسد. متغیر «زمان اوج ورود» عبارت است از مدت زمانی که از هنگام آغاز شبیه‌سازی طول می‌کشد تعداد تولیدکنندگان به حداکثر خود برسد. از آن‌جا که دوره شبیه‌سازی برابر با بیست سال است، هرچه این عدد بزرگ‌تر باشد، مدت زمان بیشتری طول می‌کشد تعداد تولیدکنندگان به حداکثر مقدار خود برسد؛ اگر تعداد بنگاه‌های تولیدی قبل از پایان دوره شبیه‌سازی به صفر برسد و همه بازار به دست واردکنندگان باشد، زمانی که طول می‌کشد تا این اتفاق رخ دهد، به‌عنوان متغیر «زمان پایان» نامیده شده است. حداکثر تعداد بنگاه‌های تولیدی واردشده نسبت به تعداد اولیه تولیدکنندگان در طول دوره شبیه‌سازی با عنوان «حداکثر تعداد ورود نسبی» آمده است. روند نزولی یا صعودی تعداد بنگاه‌های تولیدی با عنوان «روند» مشخص شده است. این متغیر به‌صورت دودویی مقادیر صفر و یک را دارد. اگر متغیر، مقدار یک را به خود اختصاص دهد، تعداد واحدها در هر اجرای شبیه‌سازی بعد از صعود و نزول‌های موضعی، روندی صعودی را طی کرده است.

آزمایش‌های طراحی‌شده براساس طرح پلاکت- برمن[1] انجام شده است. این طراحی یک طراحی متعامد[2] و مقرون به‌صرفه است که اثرات اصلی را غربال می‌کند. برای داشتنِ باقی‌مانده‌های نرمال نسبت به هر متغیر، درصورت لزوم از تبدیل باکس- کاکس[3] بهره گرفته شده است.[4] درمجموع، ٣٦ آزمایش طراحی و اجرا شده است. بعد از اجرای این آزمایش‌ها، با استفاده از رگرسیون، اثرات متقابل دوتایی و سه‌تایی معنادار نیز استخراج شده‌اند. اثر هر عامل در صورتی‌که مقدار احتمال آزمون مرتبط با آن از ۰/۱ کمتر باشد، معنادار تلقی شده است. هر اجرای آزمایش یک دوره زمانی بیست‌ساله است. نتایج تحلیل‌های آماری به شرح زیر است:

متغیر اولی که شکل تعداد بنگاه‌های تولیدی را نشان می‌دهد حداکثر تعداد آن‌هاست. مهم‌ترین متغیرهایی که با مقدار احتمال نزدیک به صفر بر این متغیر اثر می‌گذارد، عبارت‌اند از عمر ماشین‌آلات «Machine Life»، تعداد اولیه بنگاه‌های تولیدی «Number-Small» و قدر مطلق کشش قیمتی تقاضا «Elasticity» که به‌ترتیب، اثر مثبت، مثبت و منفی دارند. از آن‌جا که هرچه تعداد اولیه بنگاه‌ها بیشتر باشد، افراد بالقوه برای ورود به صنعت بیشتر هستند، طبیعی است که حداکثر تعداد آن‌ها نیز افزایش پیدا می‌کند. از سوی دیگر، هرچقدر دستگاه‌هایی که تولیدکنندگان خریداری می‌کنند، عمر بیشتری داشته باشد، احتمال باقی‌ماندن آنها در مدل افزایش می‌یابد و حداکثر تعداد آنها نیز زیادتر می‌شود. هرقدر یک کالا کشش قیمتی بالاتری داشته باشد – یعنی، با افزایش قیمت، مصرف آن کاهش یابد- سبب می‌شود بنگاه‌های تولیدی به‌مرور زمان به‌دلیل کاهش مصرف از عرصه تولید حذف شوند.

کشش یک متغیر، به نوع کالا یا خدمات وابسته است و این امر نشان می‌دهد که نوع محصول و حساسیتی که مصرف‌کننده نسبت به آن دارد، در بیشینه تعداد بنگاه‌ها و در نتیجه، پویایی آنان بسیار مؤثر است. گفتنی است که متغیرهایی مانند نرخ تورم، اجاره بها، نرخ رشد دستمزد، نرخ رشد قیمت مواد اولیه یا رشد نرخ ارز، اثر معنادار مستقیم بر حداکثر تعداد واحدها ندارند و اثر آن‌ها ازطریق کشش بر مصرف و در نهایت، تعداد واحدها منتقل می‌شود. برای بررسی نرمال بودن باقی‌مانده‌های مدل از آزمون اندرسون – دارلینگ[5] استفاده شده است و با مقدار احتمال نزدیک به ۰/٦ دلیلی بر رد فرض صفر یعنی نرمال بودن باقیمانده‌ها وجود ندارد. همچنین، این برازش دارای ضریب تعیین[6] و ضریب تعیین تصحیح‌شده[7]، ۸۹ و ٦۹ درصد است که مقادیر خوبی است و نشان می‌دهد ۸۹ درصد از تغییرات متغیر خروجی را عوامل مدنظر شرح می‌دهند. معادله (۱) رابطه بین حداکثر تعداد واحدها و عوامل مؤثر بر آن‌ها را نشان می‌دهد.

$$\text{max1-producers}^{0.5} = 26.3 + 2.028\ \text{machinelife} - 69.2\ \text{Elasticity} + 0.08\ \text{Number-small} \quad (۱)$$

متغیر بعدی، زمان اوج ورود است؛ یعنی، مدت زمانی است که طول می‌کشد یک صنعت به حداکثر تعداد بنگاه‌های تولیدی برسد. مدل برازش‌شده دارای ضریب تعیین و ضریب تعیین تصحیح‌شده، ۹۲ و ۸۳ درصد است و باقی‌مانده‌ها با آزمون اندرسون – دارلینگ از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. معادله (۲) رابطه بین زمان اوج و متغیرهای مؤثر بر آن را نشان می‌دهد.

---

[1] Placket Burman
[2] Orthogonal
[3] Box-Cox Transformation
[4] برای اطلاعات بیشتر رجوع کنید به: آنتونی (۲۰۱٤)
[5] Anderson-Darling
[6] R2
[7] R2 Adjusted

$$\ln(\text{Time-to-max-producers}) = 1.5 - 0.151\text{financing} - 0.0263\,\text{tariff} + 0.009\,\text{machinelife} - 0.001\,\text{machine-price0} - 0.8\,\text{Elasticity} + 0.7\,\text{Saving-coeff} + 0.01\,\text{import-price0} - 0.1\,\text{exchange-growth} + 0.06\text{exchange0} + 0.00004\text{wage0} + 0.002\text{wage-inf} + 0.005\text{tariff*Elasticity} + 0.002\,\text{tariff*exchange-growth} + 0.0003\text{machinelife*machine} - \text{price0} \quad (۲)$$

مهم‌ترین عواملی که اثر منفی بر این متغیر خروجی دارند، عبارت‌اند از قدر مطلق کشش قیمتی تقاضا "Elasticity"، تعرفه "Tariff"، نرخ رشد ارز"Exchange-Growth"، قیمت اولیه ماشین‌آلات "Machine-Price0" و تأمین مالی بانک‌ها "Financing". عواملی که اثر مثبتی بر این متغیر خروجی دارند، عبارت‌اند از متوسط قیمت اولیه محصول وارداتی "import-price0"، عمر ماشین‌آلات، دستمزد "Wage0" و نرخ رشد "Wage-Inf" آن. بعضی از این متغیرها اثر غیرخطی دارند.

همان‌طور که معادله (۲) نشان می‌دهد، در صورتی که یک محصول در اثر افزایش قیمت با کاهش تقاضای بیشتری مواجه شود؛ یعنی، قدر مطلق کشش قیمتی تقاضا بالاتر باشد، زمان کمتری طول می‌کشد تا تعداد بنگاه‌ها به بیشینه خود برسند. همین اثر را تعرفه نیز دارد؛ یعنی، اگر محصولات خارجی با تعرفه بالاتری وارد بازار شوند، بنگاه‌های تولیدی داخلی با سرعت بیشتری به تعداد بیشینه خود دست می‌یابند؛ بنابراین، ممکن است این سرعت به‌دلیل وجود روابط غیرخطی تعدیل می‌شود. اثر متقابل دو متغیر کشش و تعرفه و نیز تعرفه و نرخ رشد ارز بر زمان رسیدن به بیشینه مثبت است؛ یعنی، اگر بحث درباره محصولی باشد که پرکشش‌تر است، افزایش تعرفه و افزایش نرخ ارز سرعت رسیدن به‌میزان بیشینه واحدهای تولیدی را کمتر از یک محصول کم کشش افزایش می‌دهد. هرچه نرخ رشد ارز و قیمت اولیه ماشین آلات نیز بالاتر باشد در صنعت مورد نظر زودتر به نقاط اوج تعداد بنگاه‌ها خواهیم رسید.

درواقع، افزایش نرخ ارز و قیمت اولیه ماشین‌آلات تعداد بنگاه‌های تولیدی را کاهش می‌دهد و نیز سهم واردات را افزایش می‌دهد؛ بنابراین، صنعت موردنظر را زودتر به تعداد بیشینه خود می‌رساند و بعد از آن ریزش آغاز می‌شود. گفتنی است که افزایش تعداد تولیدکنندگان ضرورتا نشان‌دهنده سهم بیشتر تولیدکنندگان از بازار محصول نیست. تأمین سرمایه توسط بانک‌ها برای افزایش تولید سبب می‌شود، بنگاه‌های موجود به‌دلیل کمبود نقدینگی حذف نشوند و تعداد بنگاه‌ها با توجه به ورود بنگاه‌های جدید نیز زودتر به حداکثر میزان خود برسند. هرچه ماشین‌آلات مورد نیاز یک صنعت، عمر طولانی‌تری داشته باشند و تولیدکنندگان تعجیل کمتری برای بروزرسانی آن‌ها داشته باشند، مدت زمان بیشتری طول خواهد کشید که تعداد بنگاه‌ها به حداکثر میزان خود برسد؛ زیرا بنگاه‌های حاضر دیرتر از عرصه تولید خارج می‌شوند و ورود به آن نیز به‌دلیل سهم بالای بنگاه‌های موجود از بازار کمتر خواهد بود. میزان کمتر ورود برحسب عمر ماشین‌آلات در ستون ششم خروجی‌ها که متغیر حداکثر تعداد ورود نسبی را نشان می‌دهد، مشخص است. بنابراین، در صنایعی که تکنولوژی به‌سرعت تغییر می‌کند و تولیدکنندگان نیازمند خرید دستگاه‌های جدید در زمان کوتاه‌تری هستند، زمان کوتاه‌تری نیز طول می‌کشد تعداد بنگاه‌ها به اوج خود برسد و از آنجا که بعد از هر نقطه قله که در آن تعداد بنگاه‌ها به اوج می‌رسند، تعداد بنگاه‌ها کاهش می‌یابد، انتظار می‌رود نوسانات بیشتری در تعداد بنگاه‌ها مشاهده شود.

متغیر خروجی دیگر تعداد بنگاه‌های تولیدی است که در پایان دوره شبیه‌سازی در مدل وجود دارند؛ یعنی، متغیر «تعداد نهایی». مدل برازش‌شده به ترتیب دارای ضریب تعیین و ضریب تعیین تصحیح‌شده ٧٦ و ٥٠ درصد است. با توجه به این آماره، میزان تغییراتی را که عوامل مدنظر می‌توانند از خروجی شرح دهند از دو متغیر قبلی کمتر است.

باقی‌مانده‌ها با آزمون اندرسون- دارلینگ از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. معادله (۳) رابطه تعداد نهایی را با متغیرهای معنادار نشان می‌دهد:

Final-producers=-1623 + 147.9 machinelife - 3557 Elasticity + 62.7exchange0 - 13738sale-increase + 2186 optimists (۳)

در معادله (۳) توضیح عمر ماشین‌آلات و کشش مانند توضیحات یادشده است. همچنین، اگر تعداد بیشتری از بنگاه‌ها با تعریف خوش‌بینی، خوش‌بین "Optimists" محسوب شوند، در پایان دوره شبیه‌سازی تعداد بیشتری از آن‌ها در مدل وجود دارد. ضریب افزایش تولید "Sale-Increase" بیشتر به افزایش تولید بنگاه‌های سودآور در هر دوره منجرخواهد شد و آنان سهم بیشتری از تولید را به خود اختصاص می‌دهند و از عرصه تولید سخت‌تر حذف خواهند شد. بنابراین، تعداد نهایی بنگاه‌ها کاهش می‌یابد. یعنی، بنگاه‌های موجود قدرت بیشتری در بازار دارند و ورود بنگاه‌های دیگر به این دلیل از سودآوری کمتری برخوردار است.

متغیر بعدی «زمان پایان» است. اگر مقدار این متغیر از پایان دوره شبیه‌سازی که بیست سال است، کمتر باشد؛ یعنی، قبل از پایان دوره شبیه‌سازی در یکی از زمان‌های اجرا، بنگاه‌های تولیدی از مدل حذف شده‌اند. متغیرهای مهمی که سبب کاهش زمان پایان می‌شوند؛ یعنی سبب می‌شوند که بنگاه‌های تولیدی زودتر از پایان دوره شبیه‌سازی از مدل حذف شوند، عبارت‌اند از نرخ رشد ارز"Exchange-Growth"، قدر مطلق کشش قیمتی تقاضا"Elasticity" و سهم واردات در نقطه صفر" Import-Percent0". همچنین، حاصل ضرب دو متغیر نرخ ارز در قیمت اولیه ماشین‌آلات نیز اثر منفی بر زمان پایان دارد. این نشان می‌دهد که هرچقدر رشد نرخ ارز بیشتر باشد به‌دلیل اثرگذاری بر قیمت ماشین‌آلات سبب می‌شود، بنگاه‌های تولیدی از عرصه تولید زودتر حذف شوند. همچنین، اگر در نقطه شروع سهم بیشتری از بازار را واردات به خود اختصاص دهند، گروه‌های تولیدی دوام کمتری خواهند داشت. از طرفی، هرچقدر عمر دستگاه‌ها و قیمت اولیه محصول وارداتی و تأمین مالی توسط بانک‌ها "Financing" بیشتر باشد، بنگاه‌های تولیدی دوام بیشتری خواهند داشت. معادله (٤) رابطه متغیر مدنظر و عوامل معنادار را نشان می‌دهد. توضیح‌دهندگی این رابطه با استفاده از آماره ضریب تعیین و ضریب تعیین تصحیح شده، به‌ترتیب، برابر ۸٦ و ٦١ درصد است.

End-time-producers^2=1091 - 6.6 exchange-growth + 16.3 machinelife - 239 Elasticity – 431 import-percent0 – 0.033exchange-growth*machine-price0 + 0.01 import-price0 +financing (٤)

نتیجه داده‌ها نشان داد که عوامل لحاظ‌شده، قدرت توضیح‌دهندگی اندکی برای توضیح بیشینه سایز بنگاه‌های تولیدی دارد. تنها عوامل مؤثر و معنادار، تعرفه "tariff" و کشش"Elasticity" است. هرچه تعرفه و کشش بیشتر شود، بزرگ‌ترین اندازه‌ای که بنگاه تولیدی در طول اجرای شبیه‌سازی به خود اختصاص می‌دهد، کاهش می‌یابد. این نشان می‌دهد، تعامل بنگاه‌ها با یکدیگر و محیط، به‌علاوه ویژگی‌های خود آن‌ها سبب ایجاد وابستگی به مسیر و رشد اندازه بنگاه می‌شود. گفتنی است که در این مدل، بانک‌ها، جدای از قدرت و اندازه بنگاه‌ها، آن‌ها را در صورت نیازشان تأمین مالی خواهند کرد؛ از این‌رو، این متغیر نیز در اندازه آن‌ها اثری ندارد. این دو عامل معنادار نیز تنها ۳۰ درصد از تغییرات بیشینه اندازه بنگاه را در اجراهای مختلف شبیه‌سازی شرح می‌دهند.

برای بررسی اثر عوامل بر متغیر ورود بنگاه‌ها، حداکثر تعداد ورودی بنگاه‌ها در هر اجرای آزمایش بر تعداد اولیه تقسیم شده است؛ زیرا ورودی‌ها با افزایش تعداد اولیه بنگاه‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین، با این تقسیم، مقایسه مناسب‌تری بین اجراها صورت می‌گیرد. نام این متغیر «حداکثر تعداد ورود نسبی» است. عواملی که بر حداکثر تعداد ورود نسبی در اجراهای متفاوت ما اثر می‌گذارند، اندک هستند که عبارت اند از:

کشش که بر آن اثر منفی می‌گذارد و با توجه به تمام توضیحات قبلی این اثر واضح است؛ قیمت اولیه محصول وارداتی که اثر مثبت بر آن می‌گذارد؛ بنابراین، اگر محصول وارداتی مزیت قیمتی کمتری داشته باشد، بنگاه‌های تولیدی بیشتری وارد عرصه تولید خواهند شد. نکته این است که گرچه با افزایش قیمت محصول وارداتی بنگاه‌های بیشتری وارد تولید می‌شوند؛ اما افزایش نرخ ارز اثر افزایشی بر این متغیر ندارد؛ زیرا این متغیر اثرات دیگری نیز در مدل از خود باقی می‌گذارد؛ مانند اینکه خود به‌عنوان یک رقیب برای تولید عمل می‌کند و علاوه‌براین، قیمت ماشین‌آلات و مواد اولیه را نیز افزایش می‌دهد؛ سهم اولیه واردات از بازار که اثر منفی بر آن می‌گذارد؛ یعنی هرچقدر سهم واردات از بازار بیشتر شود، حداکثر تعداد ورود بنگاه‌های تولیدی کاهش می‌یابد؛ متغیر بعدی تعداد اولیه بنگاه‌های تولیدی "Number Small" است که هرچقدر این متغیر بیشتر باشد، نسبت حداکثر ورود بر تعداد کل بنگاه‌ها در زمان شروع، کاهش می‌یابد. این بدان معناست که گرچه در اجراهایی که تعداد اولیه بنگاه‌ها بیشتر است، حداکثر ورود نیز بیشتر است؛ اما با هر واحد افزایش تعداد اولیه، حداکثر ورودی بنگاه‌های تولیدی به همان میزان افزایش نمی‌یابد؛ متغیر مؤثر دیگر بر افزایش ورود، متغیر خوش‌بینی است. هرچه این درصد بیشتر باشد، حداکثر ورود نسبی نیز بیشتر است. دلیل آن وجود حلقه بازخوردی است که ورودی‌های بالقوه از سود تولیدکنندگان داخلی که در این حالت اکثرشان خوش‌بین هستند، دریافت می‌کنند.

باید گفت این عوامل تنها می‌توانند ۵۵ درصد از تغییرات متغیر یادشده را شرح دهند و بقیه تغییرات مربوط به تعاملاتی است که نهادها در محیط شبیه‌سازی با یکدیگر برقرار کرده‌اند یا متغیرهای تصادفی مدل آن را ایجاد کرده است. معادله (۵) معادله رگرسیونی متغیر یادشده و عوامل مؤثر بر آن با سطح توضیح دهندگی ۵۵ درصد را نشان می‌دهد.

Etimated-prod-entry^0.15=1.344- 0.2126 Elasticity+ 0.01235 import-price0-0.352import-percent0 – 0.0004 Number small + 0.23 optimists (۵)

روند صعودی یا نزولی تعداد تولیدکنندگان متغیری صفر و یکی است. اگر این متغیر عدد صفر را بگیرد؛ یعنی در طول دوره شبیه‌سازی، تعداد تولیدکنندگان بعد از صعود، روند نزولی را طی کرده‌اند؛ اما اگر عدد یک را بگیرد؛ یعنی تعداد تولیدکنندگان بعد از صعود و نزول‌های موضعی، روندی صعودی را طی کرده است. متغیرهایی که احتمال روند صعودی را افزایش می‌دهد، تأمین مالی بانک‌ها و عمر ماشین‌آلات است. عمر ماشین‌آلات از بیرون صنایع وابسته به تأمین‌کننده بر آن‌ها تحمیل می‌شود و تغییر تکنولوژی است، در این شرایط تنها تأمین نقدینگی مورد نیاز بنگاه‌ها از طریق بانک‌هاست که روند تعداد تولیدکنندگان را به‌صورت صعودی حفظ می‌کند. متغیرهایی که احتمال صعودی بودن را کاهش می‌دهد، کشش، تورم اجاره‌بها "Rent Inflation"و ضریب افزایش تولید"Sale-Increase" است. بنابراین اگر کالایی دارای کشش بیشتری است و مصرف آن به قیمت حساسیت دارد، احتمال صعود بعد از ریزش‌ها با افزایش قیمت‌ها کم می‌شود. افزون‌بر اینکه کشش اثر منفی خود را بر روند کلی صعودی تعداد بنگاه‌ها می‌گذارد، از بین عوامل مؤثر بر قیمت، تورم اجاره‌بها نیز اثری مضاعف بر آن خواهد گذاشت. همچنین، در اجراهایی که ضریب افزایش تولید بیشتر است، تولیدی‌های موجود به‌مرور تمام سهم بازار را به خود اختصاص می‌دهند؛ بنابراین، تعداد بنگاه‌ها با احتمال کمتری بعد از نوسانات موضعی، روندی صعودی می‌یابند.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مدل حاضر از مدل‌های معدودی است که به ارائه چهارچوبی برای شبیه‌سازی ورود و خروج بنگاه‌های تولیدی در صنایع وابسته به تأمین‌کننده پرداخته است. این مدل بر اساس مدل ساده نلسون- وینتر است. اما تمایز مهم مدل ترکیبی پویایی‌شناسی سیستم‌ها و مبتنی‌بر عامل حاضر، با مدل مذکور مبادرت به تخصیص تصمیمات واقعی‌تر به تولیدکنندگان یا ورودی‌های بالقوه است که برمبنای انتخاب‌های ساده بدون اطلاعات کامل از بازار و سایر تولیدکنندگان و بیشتر براساس فروش و سود آن‌ها در چند دوره قبل و پیش‌بینی دوره بعدی است. بنابراین، عوامل مدل، تصمیم‌های پویا و نسبتا ساده اتخاذ می‌کنند. علاوه‌براین، آن‌ها سودآوری سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های ساده‌تر و رایج بازار را می‌شناسند و با این عوامل تصمیم به افزایش ظرفیت و یا جایگزینی ماشین‌آلات مستهلک می‌گیرند. اگر بعد از مقایسه سودآوری، میزان پس‌انداز آن‌ها کفاف افزایش ظرفیت را بدهد که با احتمال زیادی به آن اقدام خواهند کرد و در غیر این‌صورت، در شرایطی قادر به این عمل خواهند بود که بتوانند از طریق بانک به منابع مورد نیاز دست یابند. سودآوری بنگاه‌های موجود و هزینه‌های سرمایه‌گذاری و رشد در فعالیت‌های رقیب به ورودی‌های بالقوه سیگنال ورود را ارسال می‌کند. در مدل نلسون فقط ۲۵ درصد از بین یک جمعیت ثابت از ابتدای شبیه‌سازی ممکن بود، وارد سیستم شوند؛ اما در مدل حاضر احتمال ورود با افزایش سود تولیدی‌های حاضر، افزایش می‌یابد. بخش تقاضای مدل برای سادگی به‌صورت پویا مدل شده است.

خروجی‌های مدل نشان می‌دهد برای صنایع وابسته به تأمین‌کننده که منبع نوآوری و دانش بیشتر در خارج از صنعت قرار دارد، ورود و خروج صنعت با تغییر شرایط اولیه آن صنعت و پویایی تصمیم‌های فعالان حاضر در صنعت تغییر خواهد کرد. با انجام آزمایش‌های شبیه‌سازی‌شده با تغییر متغیرهای اولیه به بررسی اثر آن‌ها بر ورود و تعداد بنگاه‌ها پرداخته شد. مهم‌ترین یافته‌ها نشان می‌دهد که اثر بسیاری از این عوامل غیرخطی است و اثر وابستگی به مسیر در آن‌ها مشهود است که این موضوع ارزش بیشتر شبیه‌سازی مبتنی‌بر عامل را برای بررسی‌های اقتصادی نشان می‌دهد. در آزمایش‌ها، تعداد اولیه بنگاه‌ها در نقطه شروع، اثر معناداری بر حداکثر تعداد تولیدکنندگان و ورود و خروج داشت که مؤید اثر وابستگی به مسیر است. درواقع، می‌توان نتیجه گرفت که آغازکنندگان چنین صنایعی در هر منطقه و حمایت‌های دولت‌ها در مراحل آغازین این صنایع بر ورودهای آتی نقش بسیار حیاتی خواهد داشت.

بعد از این عامل کشش قیمتی تقاضای محصول مورد بررسی و عمر ماشین‌آلات است که بر تعداد ورودی‌ها و زمانی که ورودی‌ها به حداکثر میزان خود می‌رسد و روند صعودی و یا نزولی تعداد بنگاه‌ها بیشترین اثر را می‌گذارد. بنابراین، نوع محصولی که صنعت آن را تولید می‌کند، بسیار مهم است. تأمین نقدینگی مورد نیاز بنگاه‌ها به وسیله بانک زمان رسیدن به نقطه حداکثری تعداد بنگاه را کاهش می‌دهد و احتمال صعودی بودن تعداد بنگاه‌ها را می‌افزاید. میزان خوش‌بینی و رشد تولید نیز بر تعداد نهایی بنگاه‌ها و صعودی بودن تعداد آن‌ها مؤثر است. میزان توضیح‌دهندگی تغییرات اندازه بنگاه برحسب عوامل مدنظر حدود ٦٠ درصد است و مهم‌ترین متغیرها با اثر منفی بر آن تعرفه و کشش است که این امر نشان می‌دهد متغیرهای دیگر، انتخاب‌ها و متغیرهای تصادفی و تعاملات خود عامل‌ها بخش مهمی از تغییرات این متغیرها را برعهده دارند.

این مدل مانند همه تلاش‌های سال‌های اخیر در این حوزه، نشان می‌دهد که چگونه شبیه‌سازی مبتنی‌بر عامل برمبنای قوانین واقعی‌تر تصمیم‌گیری می‌تواند پاسخ سؤالات مهم در اقتصاد و صنعت را، نه صرفا در شرایط تعادل، ارایه دهد. به‌علاوه، مدل حاضر می‌تواند یک مدل پایه برای انواع دیگر صنعت نیز باشد که در آن‌ها ورود و رشد روند

متفاوتی را دارند. در نهایت، می‌توان گفت که هر مدلی محدودیت‌های خود را دارد و برای جواب به پرسشی طراحی شده است. در مدل حاضر فرض‌شده، مصرف‌کننده قادر است تولیدکننده‌های باکیفیت بالاتر و قیمت مناسب‌تر را شناسایی و در ابتدا، نیاز خود را توسط آنها برآورده سازد. این فرض یک فرض کاملا واقعی نیست که به‌دلیل محدودیت در اجرای مدل با تعداد عوامل خیلی زیاد بر مدل اعمال شده است. همچنین، فرض‌شده که به‌دلیل نوع صنعت، ورودی‌های بالقوه در صورت تصمیم به ورود قادر به تأمین سرمایه اولیه هستند که این فرض هم می‌تواند واقعی نباشد. همچنین، برای تولیدکنندگان در صورت کاهش فروش تنها سه سیاست کاهش نیروی کار، بهبود کیفیت و کاهش حاشیه سود لحاظ شده است؛ درحالی‌که تبلیغات و سیاست‌های دیگر هم می‌تواند وارد مدل شود. همچنین، اگر صنعت از نوع موردنظر مقاله نباشد و تحقیق و توسعه برای آن از اهمیت برخوردار باشد، مدل نیاز به تغییرات زیادی خواهد داشت.

قدردانی و امتنان: از دانشگاه الزهراء برای حمایت مالی از این پروژه پژوهشی، تشکر و قدرانی می‌شود.

منابع

- بهشتی، محمدباقر، صنوبر، ناصر و فرزانه کجاباد، حسن (۱۳۸۸). بررسی عوامل موثر بر ورود و خروج خالص بنگاه‌ها در بخش صنعت ایران. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۱۳ (۳۸)، ۱۵۷-۱۷۹.
- عازم، افسر، گرایی‌نژاد، غلامرضا، دقیقی اصلی، علیرضا و خسروی نژاد، علی اکبر (۱٤۰۰). بررسی عوامل ساختاری و محیطی بر پویایی‌های ورود و خروج بنگاه‌ها به بازار در صنایع ایران. *بررسی‌های مسایل اقتصاد ایران*، ۸(۲)، ۲۲۵-۲۵۳.
- Akcigit, U., Baslandze, S., & Lotti, F. (2023). Connecting to power: Political connections, innovation, and firm dynamics. *Econometrica*, *91*(2), 529-564.
- Ayres, J., & Raveendranathan, G. (2023). Firm entry and exit during recessions. *Review of Economic Dynamics*, *47*, 47-66. https://doi.org/10.1016/j.red.2021.12.001
- Sönmez, Alper. (2013). Firm Entry, Survival, and Exit. Academic Journal of Interdisciplinary Studie, 2. https://doi.org/10.5901/ajis.2013.v2n9p160.
- Antony, J. (2014). 7 - Fractional Factorial Designs. In J. Antony (Ed.), *Design of Experiments for Engineers and Scientists (Second Edition)* (pp. 87-112). Elsevier. https:// doi.org/ 10. 1016/B978-0-08-099417-8.00007-9
- Chang, M. H. (2011). Agent-Based modeling and computational experiments in industrial organization: Growing Firms and industries in silico. *Eastern Economic Journal*, *37*, 28-34.
- Corradini, C., & Vanino, E. (2021). Path dependency, regional variety and the dynamics of new firm creation in rooted and pioneering industries. *Journal of Economic Geography*, *22*(3), 631-651. https://doi.org/10.1093/jeg/lbab021
- Delli Gatti, D., Gallegati, M., Giulioni, G., & Palestrini, A. (2003). Financial fragility, patterns of firms' entry and exit and aggregate dynamics. *Journal of Economic Behavior & Organization*, *51*(1), 79-97. https://doi.org/10.1016/S0167-2681(02)00138-5
- Farmer, J. D., & Axtell, R. L. (2022). Agent-Based modeling in economics and finance: Past, present, and future [working paper]. INET Oxford Working Papers, 10.
- Kimbrough, S., & Murphy, F. (2009). Learning to collude tacitly on production levels by oligopolistic agents. *Computational Economics*, *33*, 47-78. https://doi.org/10.1007/s10614-008-9150-6
- Martin, R., & Sunley, P. (2006). Path dependence and regional economic evolution. *Journal of Economic Geography*, *6*(4), 395-437. http://www.jstor.org/stable/26160962
- Nelson, R., & Winter, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, *13*(6), 343-373. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0048-7333(84)90018-0
- Shimogawa, S., Shinno, M., & Saito, H. (2012). Structure of s-shaped growth in innovation diffusion. *Physical Review E*, *85*. https://doi.org/10.1103/PhysRevE.85.056121

- Steinbacher, M., Raddant, M., Karimi, F., Camacho Cuena, E., Alfarano, S., Iori, G., & Lux, T. (2021). Advances in the agent-based modeling of economic and social behavior. *SN Business & Economics*, *1*(7), 99-118. https://doi.org/10.1007/s43546-021-00103-3
- Terano, T. (2008). Beyond the KISS principle for agent-based social simulation. *Journal of Socio-Informatics*, *1*(1), 175-187. https://doi.org/10.14836/jsi.1.1_175
- Tesfatsion, L. (2006). Chapter 16 agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory. In L. Tesfatsion & K. L. Judd (Eds.), *Handbook of Computational Economics* (2, pp. 831-880). Elsevier. https://doi.org/10.1016/S1574-0021(05)02016-2
- Wu, Y., & Zhang, J. (2001). The effects of inflation on the number of firms and firm size. *Journal of Money, Credit and Banking*, *33*(2), 251-271.
- Zhang, J. (2005). Growing silicon valley on a landscape: An agent-based approach to high-tech industrial clusters. In L. Cantner, E. Dinopoulos, & R. F. Lanzillotti (Eds.), *Entrepreneurships, the New Economy and Public Policy* (pp. 71-90). Springer.