

مدل‌سازی ریاضی تولید و تقلید نوآوری و اثرات آن بر رفاه اجتماعی

هنگامه شمس (دانشجوی کارشناسی ارشد)

سهیل قبلی (دانشجوی کارشناسی ارشد)

علیرضا فیض بخش* (استادیار)

دانشکده‌ی مدیریت و اقتصاد، دانشگاه صنعتی شریف

امیر اخلاصی (دانشجوی دکتری)

دانشکده‌ی مدیریت، دانشگاه تهران

این مقاله یک مدل ریاضی جدید و کاملاً نوآورانه برای تحلیل اثرات میزان تقلیدپذیری نوآوری بر میزان تولید و تقلید نوآوری، و نیز بر میزان رفاه اجتماعی حاصل از نوآوری ارائه می‌کند. هسته‌ی اصلی این مدل، رقابت بین دو بنگاه است که هر دو توانایی خلق نوآوری و نیز توانایی تقلید آن را دارند. هدف، بررسی اثر پارامترهای مختلف بر تصمیم‌گیری دو بنگاه در رابطه با میزان تولید و میزان تقلید نوآوری است. نتایج حل مدل نشان می‌دهد که هزینه‌های تقلید بالا (کم‌تر تقلیدپذیر بودن نوآوری) نه تنها تولید نوآوری را زیاد می‌کند، بلکه می‌تواند تقلید نوآوری را هم افزایش دهد. به کمک مدل، سیاست حق انحصاری نوآوری نیز مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج تحلیل مدل نشان می‌دهد برای نوآوری‌های بسیار تقلیدپذیر، اعمال سیاست حق انحصاری موجب افزایش رفاه می‌شود. به خصوص اگر قیمت فروش نوآوری به میزان کم‌تر از هزینه‌ی تمام‌شده‌ی نوآوری تعیین شود.

واژگان کلیدی: تولید و تقلید نوآوری، رفاه اجتماعی، بنگاه، تقلیدپذیری، سیاست حق انحصار.

shams.hengameh@gmail.com
ghili.sohail@gmail.com
alireza_feyz@sharif.edu
am.ekhlassi@ut.ac.ir

۱. مقدمه

انتشارگسترده‌ی نوآوری در جوامع امری مطلوب به‌شمار می‌رود زیرا به‌کارگیری نوآوری در فرایند تولید اغلب منجر به کاهش هزینه‌های تولید بنگاه‌ها می‌شود، و در صورت رقابتی فرض‌کردن بازار، کاهش هزینه‌ها منجر به کاهش قیمت و افزایش مصرف می‌شود و در نتیجه رفاه ناشی از مصرف افزایش می‌یابد. هر بنگاهی هم می‌تواند نوآوری خلق کند و هم نوآوری خلق‌شده توسط بنگاه‌های دیگر را تقلید کند. اما هر دو روش کسب نوآوری، هزینه‌هایی را به بنگاه تحمیل می‌کند. معیار تصمیم‌گیری بنگاه‌ها برای به‌کارگرفتن یا نگرفتن نوآوری و به‌کارگیری آن از طریق خلق یا تقلید، به هزینه‌های ناشی از هر یک از این تصمیمات و همچنین میزان تأثیر نوآوری بر کاهش هزینه‌های تولید برمی‌گردد. در این میان هزینه‌ی تقلید یک نوآوری بر تصمیم بنگاه‌ها، تأثیری دوجانبه دارد. از یک طرف میزان تقلیدپذیری یک نوآوری بر تصمیم بنگاه‌های مقلد آن نوآوری اثر دارد و از طرف دیگر، بنگاه‌ها نیز بر احتمال تقلیدشدن نوآوری خلق‌شده توسط خود به‌وسیله‌ی بنگاه‌های دیگر واقف‌اند. در نتیجه، این که در هر حالت از تقلیدپذیری چه میزان نوآوری خلق یا تقلید می‌شود، ناشی از تعامل بین بنگاه‌هاست.

در ادبیات اقتصاد سیاسی، تلاش‌های زیادی برای بررسی اثرات اکولوژیک

نوآوری انجام گرفته است.^[۱] در این میان، تأثیر نوآوری بر رفاه اجتماعی^۱ از توجه ویژه‌ی برخوردار بوده است.^[۲] تلاش‌های نوآورانه و مزایای ناشی از تجاری کردن فناوری، مهم‌ترین محرک برای رشد اقتصادی است. تجارت نوآوری رفاه در پی دارد، خصوصاً هنگامی که منجر به کاهش قیمت‌ها و عرضه خدمات جدیدتر شود.^[۳] در این نوشتار مدلی ارائه می‌شود که دو هدف عمده را دنبال می‌کند. اولاً آن که میزان تقلیدپذیری^۲ یک نوع نوآوری، چه اثری بر میزان رفاه ایجادشده توسط آن نوآوری دارد؛ ثانیاً در حالت‌های تقلیدپذیر بودن و نبودن، نهادی مثل دولت چه سیاست‌هایی را می‌تواند اعمال کند که به حالت بهینه از لحاظ رفاه برسد. در رابطه با هدف اول مدل باید توجه داشت که تاکنون در ادبیات، بررسی اثرات تقلیدپذیری بر رفاه بیشتر در حوزه‌ی انتشار^۳ نوآوری بوده،^[۴-۶] و به موضوع میزان تأثیر تقلیدپذیری یک نوآوری نه تنها در انتشار آن نوآوری بلکه در میزان تولید آن هم کم‌تر توجه شده است. در رابطه با این مسئله — که در ادبیات از آن با عنوان «تناسب‌پذیری^۴» نام می‌برند — کارهای زیادی انجام نشده؛ اگرچه اشاره‌هایی به این موضوع شده است.^[۷]

بین این مدل و مدل‌های موجود در ادبیات یک تفاوت عمده وجود دارد. در مدل‌های موجود عموماً تولیدکنندگان نوآوری از تقلیدکنندگان آن جدا هستند،^[۸] اما مدل ارائه‌شده در این نوشتار دو بنگاه را در نظر می‌گیرد که هر یک از آن‌ها هم می‌تواند تولیدکننده‌ی نوآوری باشد و هم می‌تواند تقلیدکننده‌ی نوآوری‌های بنگاه دیگر باشد.

* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۸۹/۲/۲۴، اصلاحیه ۱۳۹۰/۵/۱۶، پذیرش ۱۳۹۰/۷/۲۶.

به این ترتیب، در این مدل دو واقعیت مهم که در تصمیم‌گیری بنگاه‌ها برای تولید یا تقلید نوآوری اثرگذار است و مدل‌های موجود آن را نمی‌بینند ردیابی^۵ می‌شود: ۱. میزان نوآوری که هر بنگاه می‌تواند از بنگاه دیگر تقلید کند، بر تصمیم آن بنگاه برای آن که چقدر نوآوری تولید کند اثر دارد. به عبارت دیگر بنگاه‌ها تصمیم‌گیری برای آن که چه میزان نوآوری خودشان تولید کنند را مستقل از تصمیم‌گیری برای آن که به چه میزان از بنگاه دیگر تقلید کنند انجام نمی‌دهند. ۲. در یک محیط رقابتی، هر بنگاه در تصمیم‌گیری خود برای تولید نوآوری به این نکته هم توجه می‌کند که نوآوری‌هایش تا چه حد توسط بنگاه دیگر تقلید خواهد شد. هدف این نوشتار بررسی اثرگذاری دوگانه‌ی تقلیدپذیری یک نوآوری بر رفاه اجتماعی، به کمک این مدل است. نوآوری چنانچه تقلیدپذیر نباشد، انتشار آن ممکن نخواهد بود. و چنانچه نوآوری تقلیدپذیر باشد، بخش اعظم نوآوری تولیدشده منتشر می‌شود، اگرچه عملاً نوآوری اندکی برای منتشر شدن تولید می‌شود.^[۱] در این نوشتار براساس مدل پیشنهادهی، چگونگی تصمیم‌گیری بنگاه‌ها در تعامل با یکدیگر برای میزان نوآوری و میزان تقلید خود، در حالات مختلف از لحاظ تقلیدپذیری، و پیامدهای این تصمیم‌گیری‌ها به لحاظ رفاه اجتماعی بررسی می‌شود.

هدف دوم مدل چنان که ذکر شد عبارت است از تحلیل اثر سیاست‌های دولت. در اینجا به کمک مدل، سیاست حق انحصاری برای نوآوری تحلیل می‌شود؛ بدین معنا که آثار شکل‌های مختلف اجرای این سیاست روی رفاه، به کمک مدل سنجیده می‌شود.

در ادبیات اقتصاد رفاه، عموماً به سیاست‌های حق انحصاری اشاره شده است. به عنوان مثال، برخی معتقدند از آنجا که جوامع مختلف تاکنون موفق به توسعه‌ی استعدادهای فکری^۶ سازمان‌یافته‌ی درمورد نوآوری نشده‌اند،^[۱۰] تغییرات در فناوری تاکنون به کندی صورت گرفته است. آنان همچنین بر این باورند که براساس نظریه‌ی اقتصادی سرمایه (دیوید هیوم)، اگر جامعه از حق سرمایه‌های شخصی محافظت کند، خود از نتیجه‌ی آن نفع می‌برد، زیرا سرمایه‌ها محدودند. اما حق استعدادهای فکری با این دلیل توجیه‌پذیر نیست، زیرا این حق از محدودیت ناشی نشده بلکه کمیاب کردن سرمایه و ایجاد منافع انحصاری برای دارندگان چنین حقوقی را هدف گرفته‌اند. تفاوت عمده بین اختراعات^۷ و کپی‌رایت^۸ با کالاهای ملموس^۹ این است که کالاهای ملموس بدون وجود حق سرمایه کمیاب می‌شوند، اما کمیاب شدن اختراعات و کپی‌رایت‌ها تنها از وضع حقوق و قوانین سرمایه‌ی ناشی می‌شوند.^[۱۱] در بخش تحلیل سیاست حق انحصاری به وسیله‌ی مدل، این دیدگاه‌ها نقد خواهند شد.

در ادامه‌ی این نوشتار، در بخش ۲ مسئله تعریف شده و سپس در بخش ۳ فرضیات مهم مدل شرح داده شده‌اند و درخصوص علت در نظر گرفتن هر یک از این فرض‌ها بحث می‌شود. مدل ریاضی در بخش ۴ ارائه خواهد شد و نتایج حل آن در بخش ۵ مورد بحث قرار می‌گیرد و ضمن تشریح بینش‌های برگرفته از مدل، به مقایسه‌ی آن‌ها با ادبیات موجود پرداخته می‌شود. در بخش ۶، به کمک مدل سیاست حق انحصاری به تفکیک بررسی می‌شود و نتایج این بررسی با ادبیات مقایسه می‌شود. بخش ۷ نیز به نتیجه‌گیری از بحث و معرفی تحقیقات آینده اختصاص دارد.

۲. تعریف مسئله

مسئله‌ی انتخاب بین تولید یا تقلید نوآوری، در آکادمی مورد توجه گسترده‌ی محققین بوده است. ریشه‌ی این مسئله در این است که سیاست‌هایی که برای جلوگیری از دسترسی آزادانه‌ی همه‌ی بنگاه‌ها به نوآوری‌های بنگاه‌های دیگر وضع می‌شود،

اگرچه به لحاظ بحث بازدهی پسینی سودمند است، اما انگیزه‌ی پیشینی موجود برای تولید نوآوری بیشتر را تضعیف می‌کنند.^[۱۲، ۱۳] در ادبیات اقتصادی، این مسئله به «تناسب‌پذیری» معروف است.

نحوه‌ی تصمیم‌گیری بنگاه‌ها درخصوص موضوعات مربوط به نوآوری -- علی‌رغم داشتن سابقه‌ی تاریخی طولانی -- هنوز هم مورد توجه محققین بوده و از اهمیت آکادمیک بالایی برخوردار است. مسئله‌ی تناسب‌پذیری را در ساده‌ترین صورت می‌توان چنین تعریف کرد که بنگاه براساس میزان تناسب‌پذیری نوآوری‌اش، درخصوص تولید نوآوری یا تقلید آن (یا در این خصوص که چقدر نوآوری تولید کند و چقدر تقلید کند) تصمیم‌گیری می‌کند.^[۱۴، ۱۵، ۱۶]

با این حال، رویه‌ی جدیدی که عموماً در مقالات بولدرین و لوین دیده می‌شود مفهومی به نام «تفکیک‌پذیری» نوآوری است که براساس آن، دانش موجود در کالاهای تولیدشده، به صورت بی‌هزینه قابل دسترسی نیست و صرف این که قانونی علیه تقلید نوآوری موجود در یک کالا وجود نداشته باشد، نمی‌تواند باعث شود که این نوآوری به راحتی قابل تقلید باشد. بر این اساس، اگر یک بنگاه بخواهد از بنگاه دیگر تقلید کند، باید وقت، پول و انرژی زیادی را صرف خریدن نمونه‌هایی از کالای مزبور و مهندسی معکوس کردن آن به منظور «تفکیک» مراحل ساخت آن و دست‌یابی به دانش موجود در ساخت آن کالا کند.^[۱۷، ۱۸] به عبارت دیگر نمی‌توان ادعا کرد که «دانش» از بنگاه صاحب دانش به بنگاه تقلیدکننده بدون تحمل هیچ هزینه‌ی «سرریز» می‌شود، حتی اگر قانونی علیه این «سرریز شدن» وجود نداشته باشد. بر این اساس، موضوع مورد اهمیت در اینجا صرفاً این نیست که بنگاه نوآور چگونه براساس میزان «تناسب‌پذیری» نوآوری، در مورد میزان تولید نوآوری تصمیم می‌گیرد، بلکه این مسئله نیز حائز اهمیت است که بنگاه تقلیدکننده چگونه براساس میزان «تفکیک‌پذیری» نوآوری درخصوص میزان تقلید از بنگاه نوآور تصمیم می‌گیرد. به عبارت دیگر مسئله تنها تصمیم‌گیری روی «نوآوری کردن یا نکردن» نیست بلکه «تقلید کردن یا نکردن» هم یک نقطه‌ی تصمیم‌گیری مهم است که بنگاه‌ها با آن مواجه‌اند. امروزه در تحقیقات زیادی هر دو این نقاط تصمیم‌گیری در مدل‌سازی ریاضی‌شان وارد شده است.^[۱۹-۱۷] با این حال، برای درک بهتر از ساختار پیچیده‌ی تصمیم‌گیری بنگاه‌ها پیرامون مباحث مربوط به تحقیق و توسعه، یک گام مهم دیگر هم باید برداشته شود. در دنیای واقعی، یک بنگاه می‌تواند به‌طور هم‌زمان هم تولیدکننده‌ی نوآوری باشد و هم مقلد آن. در این شرایط، تصمیم‌گیری بنگاه در رابطه با میزان تولید نوآوری و میزان تقلید از نوآوری بنگاه‌های دیگر، تصمیماتی درهم‌تنیده و متقابلاً وابسته خواهد بود. برای مثال اگر نوع خاصی از نوآوری نسبتاً تفکیک‌پذیر (تقلیدپذیر) باشد، بنگاه‌ها ممکن است برای تقلید کردن آن نوآوری تلاش نکنند، زیرا ممکن است هزینه‌های تولید این نوع خاص از نوآوری از هزینه‌های تقلیدکردن آن از بنگاه‌های دیگر پایین‌تر هم باشد.

به‌طور خلاصه، هر بنگاه نقشی دوگانه به‌عنوان مولد و مقلد نوآوری دارد. بر این اساس، دو سوال «آیا نوآوری کنیم یا خیر؟» و «آیا تقلید کنیم یا خیر؟» همه‌ی سوالات مورد اهمیت نیستند، بلکه اگر ما این سوالات را در تعامل با هم نگاه کنیم به یک سؤال سوم می‌رسیم: «آیا نوآوری کنیم یا تقلید؟»

تعداد کمی از تحقیقات کلاسیک به این نقش دوگانه‌ی بنگاه‌ها -- به‌عنوان مولد و مقلد نوآوری -- توجه کرده‌اند. به عبارت دیگر، تعداد کمی تحقیق وجود دارد که صنعت را به دو دسته‌ی بنگاه‌های نوآور (یا «شمالی») و مقلد (یا «جنوبی»)^[۱۹، ۱۸] افراز نمی‌کنند. با این حال، تحقیقاتی که به نقش دوگانه‌ی بنگاه‌ها توجه کرده‌اند، از بحث «تفکیک‌پذیری» که توسط بولدرین و لوین معرفی شده غفلت کرده‌اند. به عبارت دیگر، آن‌ها میزان تقلید از نوآوری‌های سایر شرکت‌ها را به‌صورت یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری درون‌زا برای بنگاه (که تابعی است از میزان تفکیک‌پذیری نوآوری مربوطه) مدل نکرده‌اند.

بر این اساس، می‌توان گفت که ادبیات موجود این نکته را در نظر نگرفته‌اند که تصمیم‌گیری روی میزان تقلید، یک تصمیم‌گیری درون‌زا برای بنگاه است و تابعی است از تفکیک‌پذیری (تقلیدپذیری)، یا به این نکته دقت نکرده‌اند که تصمیم‌گیری درخصوص میزان تقلید و میزان تولید نوآوری، دو تصمیم‌گیری به هم پیوسته و درهم تنیده است. این شکاف در ادبیات موجود ممکن است به بروز برخی تفاسیر نادرست منجر شود. به‌عنوان مثال، همواره فرض براین بوده که علت انگیزه‌ی اندک بنگاه‌ها برای سرمایه‌گذاری روی تولید نوآوری‌های تقلیدپذیر (تفکیک‌پذیر)، صرفاً این است که این نوآوری‌ها به‌سادگی توسط بنگاه‌های دیگر تقلید خواهد شد. اما دلیل دیگری هم وجود دارد که در مدل‌های ریاضی موجود در ادبیات -- به‌رغم برخورداری از اهمیت یکسان -- وارد نشده است: حتی اگر تقلیدشدن نوآوری توسط بنگاه‌های دیگر برای بنگاه اهمیت نداشته باشد، بنگاه می‌تواند نوآوری نکند با این انگیزه که این نوآوری را به‌سادگی از بنگاه‌های دیگر تقلید خواهد کرد.

در این نوشتار ما به توسعه‌ی یک مدل ریاضی خواهیم پرداخت که دو نکته‌ی مهم فوق را همزمان در خود دارد: این که نه‌تنها میزان نوآوری، بلکه میزان تقلید هم یک متغیر مهم تصمیم‌گیری برای بنگاه است؛ و دیگر این که تصمیم‌گیری درمورد میزان نوآوری و میزان تقلید، دو تصمیم‌گیری کاملاً در هم تنیده و متعامل‌اند. مدل ریاضی ما یک مدل ریاضی مبتنی بر نظریه‌ی بازی‌ها و به‌صورت یک بازی کاملاً رقابتی^{۱۰} خواهد بود. ما به‌کمک این مدل تحقیق خواهیم کرد که بنگاه‌ها چگونه درمورد دو متغیر میزان نوآوری و میزان تقلید خودشان تصمیم می‌گیرند، چگونه تصمیم‌گیری‌های هر بنگاه بر دیگری اثر می‌گذارد، و نیز این که برآیند این تعامل چگونه رفاه اجتماعی را در حالت‌های مختلف تفکیک‌پذیری (یا تقلیدپذیری) نوآوری مورد بحث، تغییر خواهد داد. ما همچنین به بررسی اثر یک سیاست مهم برای افزایش رفاه می‌پردازیم که به کزات در ادبیات موجود مورد بحث قرار گرفته است: سیاست حق استعدادهای فکری^{۱۱}. ما با تحلیل مدل بحث خواهیم کرد که در شرایط مختلف به‌لحاظ تفکیک‌پذیری نوآوری، اثرگذاری این سیاست بر روی رفاه اجتماعی چگونه تغییر خواهد کرد.

در این نوشتار ما به توسعه‌ی یک مدل ریاضی خواهیم پرداخت که دو نکته‌ی مهم فوق را همزمان در خود دارد: این که نه‌تنها میزان نوآوری، بلکه میزان تقلید هم یک متغیر مهم تصمیم‌گیری برای بنگاه است؛ و دیگر این که تصمیم‌گیری درمورد میزان نوآوری و میزان تقلید، دو تصمیم‌گیری کاملاً در هم تنیده و متعامل‌اند. مدل ریاضی ما یک مدل ریاضی مبتنی بر نظریه‌ی بازی‌ها و به‌صورت یک بازی کاملاً رقابتی^{۱۰} خواهد بود. ما به‌کمک این مدل تحقیق خواهیم کرد که بنگاه‌ها چگونه درمورد دو متغیر میزان نوآوری و میزان تقلید خودشان تصمیم می‌گیرند، چگونه تصمیم‌گیری‌های هر بنگاه بر دیگری اثر می‌گذارد، و نیز این که برآیند این تعامل چگونه رفاه اجتماعی را در حالت‌های مختلف تفکیک‌پذیری (یا تقلیدپذیری) نوآوری مورد بحث، تغییر خواهد داد. ما همچنین به بررسی اثر یک سیاست مهم برای افزایش رفاه می‌پردازیم که به کزات در ادبیات موجود مورد بحث قرار گرفته است: سیاست حق استعدادهای فکری^{۱۱}. ما با تحلیل مدل بحث خواهیم کرد که در شرایط مختلف به‌لحاظ تفکیک‌پذیری نوآوری، اثرگذاری این سیاست بر روی رفاه اجتماعی چگونه تغییر خواهد کرد.

در این نوشتار ما به توسعه‌ی یک مدل ریاضی خواهیم پرداخت که دو نکته‌ی مهم فوق را همزمان در خود دارد: این که نه‌تنها میزان نوآوری، بلکه میزان تقلید هم یک متغیر مهم تصمیم‌گیری برای بنگاه است؛ و دیگر این که تصمیم‌گیری درمورد میزان نوآوری و میزان تقلید، دو تصمیم‌گیری کاملاً در هم تنیده و متعامل‌اند. مدل ریاضی ما یک مدل ریاضی مبتنی بر نظریه‌ی بازی‌ها و به‌صورت یک بازی کاملاً رقابتی^{۱۰} خواهد بود. ما به‌کمک این مدل تحقیق خواهیم کرد که بنگاه‌ها چگونه درمورد دو متغیر میزان نوآوری و میزان تقلید خودشان تصمیم می‌گیرند، چگونه تصمیم‌گیری‌های هر بنگاه بر دیگری اثر می‌گذارد، و نیز این که برآیند این تعامل چگونه رفاه اجتماعی را در حالت‌های مختلف تفکیک‌پذیری (یا تقلیدپذیری) نوآوری مورد بحث، تغییر خواهد داد. ما همچنین به بررسی اثر یک سیاست مهم برای افزایش رفاه می‌پردازیم که به کزات در ادبیات موجود مورد بحث قرار گرفته است: سیاست حق استعدادهای فکری^{۱۱}. ما با تحلیل مدل بحث خواهیم کرد که در شرایط مختلف به‌لحاظ تفکیک‌پذیری نوآوری، اثرگذاری این سیاست بر روی رفاه اجتماعی چگونه تغییر خواهد کرد.

در این نوشتار ما به توسعه‌ی یک مدل ریاضی خواهیم پرداخت که دو نکته‌ی مهم فوق را همزمان در خود دارد: این که نه‌تنها میزان نوآوری، بلکه میزان تقلید هم یک متغیر مهم تصمیم‌گیری برای بنگاه است؛ و دیگر این که تصمیم‌گیری درمورد میزان نوآوری و میزان تقلید، دو تصمیم‌گیری کاملاً در هم تنیده و متعامل‌اند. مدل ریاضی ما یک مدل ریاضی مبتنی بر نظریه‌ی بازی‌ها و به‌صورت یک بازی کاملاً رقابتی^{۱۰} خواهد بود. ما به‌کمک این مدل تحقیق خواهیم کرد که بنگاه‌ها چگونه درمورد دو متغیر میزان نوآوری و میزان تقلید خودشان تصمیم می‌گیرند، چگونه تصمیم‌گیری‌های هر بنگاه بر دیگری اثر می‌گذارد، و نیز این که برآیند این تعامل چگونه رفاه اجتماعی را در حالت‌های مختلف تفکیک‌پذیری (یا تقلیدپذیری) نوآوری مورد بحث، تغییر خواهد داد. ما همچنین به بررسی اثر یک سیاست مهم برای افزایش رفاه می‌پردازیم که به کزات در ادبیات موجود مورد بحث قرار گرفته است: سیاست حق استعدادهای فکری^{۱۱}. ما با تحلیل مدل بحث خواهیم کرد که در شرایط مختلف به‌لحاظ تفکیک‌پذیری نوآوری، اثرگذاری این سیاست بر روی رفاه اجتماعی چگونه تغییر خواهد کرد.

در این نوشتار ما به توسعه‌ی یک مدل ریاضی خواهیم پرداخت که دو نکته‌ی مهم فوق را همزمان در خود دارد: این که نه‌تنها میزان نوآوری، بلکه میزان تقلید هم یک متغیر مهم تصمیم‌گیری برای بنگاه است؛ و دیگر این که تصمیم‌گیری درمورد میزان نوآوری و میزان تقلید، دو تصمیم‌گیری کاملاً در هم تنیده و متعامل‌اند. مدل ریاضی ما یک مدل ریاضی مبتنی بر نظریه‌ی بازی‌ها و به‌صورت یک بازی کاملاً رقابتی^{۱۰} خواهد بود. ما به‌کمک این مدل تحقیق خواهیم کرد که بنگاه‌ها چگونه درمورد دو متغیر میزان نوآوری و میزان تقلید خودشان تصمیم می‌گیرند، چگونه تصمیم‌گیری‌های هر بنگاه بر دیگری اثر می‌گذارد، و نیز این که برآیند این تعامل چگونه رفاه اجتماعی را در حالت‌های مختلف تفکیک‌پذیری (یا تقلیدپذیری) نوآوری مورد بحث، تغییر خواهد داد. ما همچنین به بررسی اثر یک سیاست مهم برای افزایش رفاه می‌پردازیم که به کزات در ادبیات موجود مورد بحث قرار گرفته است: سیاست حق استعدادهای فکری^{۱۱}. ما با تحلیل مدل بحث خواهیم کرد که در شرایط مختلف به‌لحاظ تفکیک‌پذیری نوآوری، اثرگذاری این سیاست بر روی رفاه اجتماعی چگونه تغییر خواهد کرد.

۴. معادلات مدل ۱۵

قیمت کالا از معادله‌ی ۱ به دست می‌آید:

$$Price = P_0 + \frac{Cu \downarrow + Cu \uparrow}{2} \quad (1)$$

که در آن $Price$ نشان‌گر قیمت کالا در بازار، و $Cu \downarrow$ و $Cu \uparrow$ هزینه‌ی تمام‌شده برای تولید یک واحد کالا برای هر بنگاه است. مرتبط بودن $Price$ با Cu ‌ها نشان از رقابتی‌بودن بازار دارد زیرا اگر هزینه‌ی تمام‌شده‌ی بنگاه‌ها کاهش یابد قیمت کاهش خواهد یافت. P_0 برای لحاظ‌کردن یک حاشیه‌ی سود در نظر گرفته شده است. چنانچه P_0 را در این فرمول قرار ندهیم، سود یک بنگاه منفی می‌شود که قابل قبول نیست. واضح است سود بنگاه از ضرب سود حاصل از فروش هر واحد کالا در تعداد فروش به دست می‌آید. سود بنگاه اول از معادله‌ی ۲ به دست می‌آید:

$$Profit \downarrow = (Price - Cu \downarrow) * Q = (P_0 + \frac{Cu \uparrow - Cu \downarrow}{2}) * Q \quad (2)$$

که در آن Q برابر است با فروش بنگاه. چنان که در بخش قبل گفتیم، مقدار فروش (Q) برای دو بنگاه برابر است. مشابه این معادله برای سود بنگاه دوم هم وجود دارد. چنان که دیده می‌شود، از طریق این معادلات، مسئله‌ی تناسب‌پذیری در مدل بررسی می‌شود زیرا این تنها $Cu \downarrow$ نیست که در $Profit \downarrow$ اثر دارد بلکه $Cu \uparrow$ نیز در تعیین $Profit \downarrow$ نقش ایفا می‌کند. هرچه $Cu \uparrow$ کم‌تر شود، $Profit \downarrow$ هم کم‌تر خواهد شد. همین موضوع باعث می‌شود بنگاه ۱ -- در صورتی که نوآوری‌اش به راحتی تقلیدپذیر باشد -- کم‌تر دست به نوآوری بزند. هزینه‌ی تمام‌شده‌ی هر بنگاه دارای دو مؤلفه است. مؤلفه‌ی اول ناشی از هزینه‌های

برای سهولت بررسی، فرض بر آن است که تنها دو بنگاه وجود دارند. این دو بنگاه کالای کاملاً یکسانی را تولید می‌کنند که در بازار با قیمت یکسان به فروش می‌رسد. حتی سهم از بازار دو بنگاه را هم برای سادگی یکسان فرض می‌کنیم. در نتیجه تنها نقطه‌ی که می‌تواند تفاوت دو بنگاه را مشخص کند هزینه‌ی تمام‌شده‌ی آن‌هاست. از آنجا که قیمت و سهم از بازار برای دو بنگاه یکسان است، هر بنگاه‌ی که هزینه‌ی تمام‌شده‌ی پایین‌تری داشته باشد، سود بیشتری می‌برد. از آنجا که بازار رقابتی فرض شده است، کاهش هزینه‌ی تمام‌شده‌ی یک بنگاه در قیمت اثر منفی داشته و سود بنگاه دیگر را کاهش می‌دهد. چنان که در بخش‌های بعد خواهید دید، دقیقاً از طریق ارتباط‌دادن هزینه‌ی تمام‌شده‌ی هر بنگاه به سود بنگاه دیگر، مسئله‌ی تناسب‌پذیری در مدل بررسی می‌شود. هر بنگاه می‌تواند خود به تولید نوآوری بپردازد یا این که نوآوری تولیدشده توسط بنگاه دیگر را تقلید کند. تولید یا تقلید یک واحد نوآوری باعث کاهش هزینه‌ی تمام‌شده‌ی بنگاه می‌شود، اما خود دارای هزینه است. بنگاه‌ها تا آنجا که به سودشان باشد به نوآوری یا تقلید می‌پردازند. این که برای سادگی، اثر نوآوری صرفاً در هزینه‌ی

برای سهولت بررسی، فرض بر آن است که تنها دو بنگاه وجود دارند. این دو بنگاه کالای کاملاً یکسانی را تولید می‌کنند که در بازار با قیمت یکسان به فروش می‌رسد. حتی سهم از بازار دو بنگاه را هم برای سادگی یکسان فرض می‌کنیم. در نتیجه تنها نقطه‌ی که می‌تواند تفاوت دو بنگاه را مشخص کند هزینه‌ی تمام‌شده‌ی آن‌هاست. از آنجا که قیمت و سهم از بازار برای دو بنگاه یکسان است، هر بنگاه‌ی که هزینه‌ی تمام‌شده‌ی پایین‌تری داشته باشد، سود بیشتری می‌برد. از آنجا که بازار رقابتی فرض شده است، کاهش هزینه‌ی تمام‌شده‌ی یک بنگاه در قیمت اثر منفی داشته و سود بنگاه دیگر را کاهش می‌دهد. چنان که در بخش‌های بعد خواهید دید، دقیقاً از طریق ارتباط‌دادن هزینه‌ی تمام‌شده‌ی هر بنگاه به سود بنگاه دیگر، مسئله‌ی تناسب‌پذیری در مدل بررسی می‌شود. هر بنگاه می‌تواند خود به تولید نوآوری بپردازد یا این که نوآوری تولیدشده توسط بنگاه دیگر را تقلید کند. تولید یا تقلید یک واحد نوآوری باعث کاهش هزینه‌ی تمام‌شده‌ی بنگاه می‌شود، اما خود دارای هزینه است. بنگاه‌ها تا آنجا که به سودشان باشد به نوآوری یا تقلید می‌پردازند. این که برای سادگی، اثر نوآوری صرفاً در هزینه‌ی

۳. فرضیات مدل

برای سهولت بررسی، فرض بر آن است که تنها دو بنگاه وجود دارند. این دو بنگاه کالای کاملاً یکسانی را تولید می‌کنند که در بازار با قیمت یکسان به فروش می‌رسد. حتی سهم از بازار دو بنگاه را هم برای سادگی یکسان فرض می‌کنیم. در نتیجه تنها نقطه‌ی که می‌تواند تفاوت دو بنگاه را مشخص کند هزینه‌ی تمام‌شده‌ی آن‌هاست. از آنجا که قیمت و سهم از بازار برای دو بنگاه یکسان است، هر بنگاه‌ی که هزینه‌ی تمام‌شده‌ی پایین‌تری داشته باشد، سود بیشتری می‌برد. از آنجا که بازار رقابتی فرض شده است، کاهش هزینه‌ی تمام‌شده‌ی یک بنگاه در قیمت اثر منفی داشته و سود بنگاه دیگر را کاهش می‌دهد. چنان که در بخش‌های بعد خواهید دید، دقیقاً از طریق ارتباط‌دادن هزینه‌ی تمام‌شده‌ی هر بنگاه به سود بنگاه دیگر، مسئله‌ی تناسب‌پذیری در مدل بررسی می‌شود. هر بنگاه می‌تواند خود به تولید نوآوری بپردازد یا این که نوآوری تولیدشده توسط بنگاه دیگر را تقلید کند. تولید یا تقلید یک واحد نوآوری باعث کاهش هزینه‌ی تمام‌شده‌ی بنگاه می‌شود، اما خود دارای هزینه است. بنگاه‌ها تا آنجا که به سودشان باشد به نوآوری یا تقلید می‌پردازند. این که برای سادگی، اثر نوآوری صرفاً در هزینه‌ی

برای سهولت بررسی، فرض بر آن است که تنها دو بنگاه وجود دارند. این دو بنگاه کالای کاملاً یکسانی را تولید می‌کنند که در بازار با قیمت یکسان به فروش می‌رسد. حتی سهم از بازار دو بنگاه را هم برای سادگی یکسان فرض می‌کنیم. در نتیجه تنها نقطه‌ی که می‌تواند تفاوت دو بنگاه را مشخص کند هزینه‌ی تمام‌شده‌ی آن‌هاست. از آنجا که قیمت و سهم از بازار برای دو بنگاه یکسان است، هر بنگاه‌ی که هزینه‌ی تمام‌شده‌ی پایین‌تری داشته باشد، سود بیشتری می‌برد. از آنجا که بازار رقابتی فرض شده است، کاهش هزینه‌ی تمام‌شده‌ی یک بنگاه در قیمت اثر منفی داشته و سود بنگاه دیگر را کاهش می‌دهد. چنان که در بخش‌های بعد خواهید دید، دقیقاً از طریق ارتباط‌دادن هزینه‌ی تمام‌شده‌ی هر بنگاه به سود بنگاه دیگر، مسئله‌ی تناسب‌پذیری در مدل بررسی می‌شود. هر بنگاه می‌تواند خود به تولید نوآوری بپردازد یا این که نوآوری تولیدشده توسط بنگاه دیگر را تقلید کند. تولید یا تقلید یک واحد نوآوری باعث کاهش هزینه‌ی تمام‌شده‌ی بنگاه می‌شود، اما خود دارای هزینه است. بنگاه‌ها تا آنجا که به سودشان باشد به نوآوری یا تقلید می‌پردازند. این که برای سادگی، اثر نوآوری صرفاً در هزینه‌ی

مستقیم تولید کالا است:

$$C_{u_{direct}} = C_0 * \left(\frac{m}{i_d + i_i} \right) \quad (3)$$

که در آن C_0 و m ضرایبی برای تنظیم دیمانسیون معادله هستند. دیمانسیون C_0 همانند دیمانسیون $C_{u_{direct}}$ (واحد پول بر واحد کالا) و دیمانسیون m مانند دیمانسیون i_d و i_i (تعداد واحد نوآوری) است. i_d تعداد نوآوری تولیدشده توسط هر یک از دو بنگاه است که در ادامه نوآوری تولیدشده توسط بنگاه اول با $i_{d,1}$ و نوآوری تولیدشده توسط بنگاه دوم با $i_{d,2}$ نشان داده می‌شود. i_i نیز تعداد نوآوری تقلیدشده است که $i_{i,1}$ تعداد نوآوری تقلیدشده توسط بنگاه اول است. از آنجا که در مدل ما تنها دو بنگاه وجود دارد، این عبارت میزان تقلید بنگاه اول از بنگاه دوم را نشان می‌دهد. $i_{i,2}$ نیز تعداد نوآوری تقلیدشده توسط بنگاه دوم از بنگاه اول است. در بخش قبل گفتیم اثر یک واحد نوآوری روی هزینه تولید کالا، با اثر یک واحد تقلید یکسان است. این نکته در معادله ۳ لحاظ شده است. مؤلفه‌ی دوم هزینه‌ی تمام‌شده‌ی بنگاه، ناشی از هزینه‌های تولید و تقلید نوآوری است. این هزینه‌ها روی هزینه‌ی تمام‌شده‌ی کالا سرشکن می‌شوند.

$$C_{u_{indirect}} = \frac{\int_{i_d} C_d dx + \int_{i_i} C_i dx}{nQ} \quad (4)$$

در معادله ۴، C_d هزینه‌ی حاشیه‌ی تولید یک واحد نوآوری و C_i هزینه‌ی حاشیه‌ی تقلید یک واحد نوآوری است. این فرمول‌بندی باید به‌گونه‌ی باشد که قید مهم $i_{i,1} \leq i_{d,2}$ و $i_{i,2} \leq i_{d,1}$ را بر آن رعایت شود، زیرا هیچ بنگاهی نمی‌تواند بیشتر از میزان نوآوری تولیدشده توسط بنگاه دیگر، از آن تقلید کند. n نیز برابر با تعداد سال‌های عمر نوآوری است. یعنی تعداد سال‌هایی که نوآوری مزبور، اثر خود را در هزینه‌ی تمام‌شده نشان می‌دهد و پس از این مدت با جایگزین شدن، اثر آن از بین می‌رود. در اینجا n را یک متغیر برون‌زا^{۱۶} و ثابت فرض کرده‌ایم. اما چرا n در مخرج این فرمول ظاهر شده است؟ علت آن است که در این مدل همه چیز برای یک دوره‌ی یک ساله در نظر گرفته شده است. بنابراین از کل n سالی که نوآوری در $C_{u_{indirect}}$ بنگاه اثر دارد، تنها یک سال آن را وارد مدل می‌کنیم. پس منطقی است که هزینه‌های نوآوری را هم به همین صورت نگاه کرده و تنها $1/n$ آن را وارد محاسبات مدل کنیم.

هزینه‌ی حاشیه‌ی تولید یک واحد نوآوری برای بنگاه اول از معادله‌ی ۵ به دست می‌آید که قید ذکرشده در آن لحاظ شده است:

$$C_{i,1} = I_0 * \frac{i_{i,1}}{i_{d,2} - i_{i,1}} \quad (5)$$

طبق این فرمول، زمانی که $i_{i,1} = i_{d,2}$ می‌شود، هزینه‌ی تقلید یک واحد نوآوری بیشتر به سمت بی‌نهایت می‌رود. لذا با استفاده از این فرمول در مدل، همواره $i_{i,1} \leq i_{d,2}$ رعایت می‌شود. فرمول مشابهی نیز برای هزینه‌ی تقلید بنگاه دوم وجود دارد. I_0 نیز در اینجا ضریبی است که از یک سو دیمانسیون معادله را تنظیم می‌کند و از سوی دیگر شاخصی برای میزان تقلیدپذیری نوآوری است. بدین معنا که هرچه I_0 کم‌تر باشد، تقلید نوآوری هزینه‌های کم‌تری در برداشته و لذا نوآوری تقلیدپذیرتر است. اگر I_0 خیلی کوچک یا صفر باشد، نوآوری کاملاً تقلیدپذیر و اگر I_0 خیلی بزرگ باشد نوآوری کاملاً تقلیدناپذیر است. از آنجا که هدف این مقاله تحلیل شرایط و سیاست در حالات مختلف تقلیدپذیری است، I_0 در ادامه‌ی این مقاله نقشی کلیدی ایفا می‌کند و در تمامی تحلیل‌ها آن را به عنوان متغیر مستقل و در

تمامی نمودارها آن را به عنوان محور افقی در نظر گرفته‌ایم. هزینه‌ی حاشیه‌ی تولید نوآوری نیز مقدار ثابت D_0 فرض می‌شود.

$$C_{d,1} = C_{d,2} = D_0 \quad (6)$$

این بدان معناست که به‌ازای هر واحد تولید نوآوری باید معادل D_0 هزینه شود. اینک اگر معادلات ۵ و ۶ را در معادله‌ی ۴ جایگزین کنیم، می‌توانیم C_i و C_d را از معادله‌ی ۴ حذف کنیم و با انتگرال‌گیری به معادله‌ی ۷ برسیم:

$$C_{u_{indirect,1}} = \frac{D_0 * i_{d,1}}{nQ} - \frac{I_0}{nQ} * [i_{i,1} + i_{d,2}] * \ln\left(\frac{i_{d,2} - i_{i,1}}{i_{d,2}}\right) \quad (7)$$

هزینه‌ی تمام‌شده‌ی کل هر یک از بنگاه‌ها از جمع هزینه‌ی مستقیم و هزینه‌ی غیرمستقیم براساس معادله‌ی ۸ به دست می‌آید:

$$C_u = C_{u_{direct}} + C_{u_{indirect}} \quad (8)$$

تا اینجا کار، ساختار فیزیکی مسئله را مدل کرده‌ایم. آنچه می‌ماند، مدل کردن چگونگی تصمیم‌گیری بنگاه‌هاست. چنان که در بخش قبل ذکر شد، هر بنگاه با هدف بیشینه‌کردن سود خود، تصمیم‌گیری را روی میزان خلق نوآوری و میزان تقلید نوآوری از بنگاه دیگر انجام می‌دهد. لذا چهار معادله برای تصمیم‌گیری وجود دارد. دو معادله قاعده‌ی تصمیم‌گیری بنگاه‌ها را در رابطه با میزان خلق نوآوری و دو معادله‌ی دیگر در رابطه با تقلید نشان می‌دهند.

بنگاه‌ها میزان تقلیدشان را با توجه به میزان نوآوری خود تعیین می‌کنند. چنان که گفتیم، تأثیر یک واحد تقلید و یک واحد خلق نوآوری در هزینه‌ی مستقیم تولید یکسان است. لذا اگر میزان نوآوری و تقلید بنگاه به‌گونه‌ی باشد که $C_i < C_d$ آنگاه بنگاه می‌تواند با افزایش یک واحد به میزان خلق نوآوری خود و کاهش یک واحد از میزان تقلید خود، هزینه‌ی تولید غیرمستقیم خود را ($C_{u_{indirect}}$) کاهش دهد بدون آن که هزینه‌ی تولید مستقیم ($C_{u_{direct}}$) تغییر کند. شرایط مشابهی برای حالت $C_i > C_d$ وجود دارد. لذا تصمیم‌گیری بنگاه در رابطه با تقلید زمانی بهینه خواهد بود که $C_i = C_d$. پس دو معادله از چهار معادله‌ی اصلی حل مدل عبارت خواهد بود از:

$$C_{i,1} = C_{d,1} \quad (9)$$

$$C_{i,2} = C_{d,2} \quad (10)$$

دو معادله‌ی دیگر نیز سود بنگاه‌ها را برحسب نوآوری تولیدشده بیشینه می‌کند (معادلات ۱۱ و ۱۲) که به‌سادگی عبارت‌اند از:

$$\frac{\partial Profit_1}{\partial i_{d,1}} = 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial Profit_2}{\partial i_{d,2}} = 0 \quad (12)$$

۵. حل مدل و تحلیل نتایج

حل مدل به معنی به دست آوردن چهار مجهول $i_{d,1}$, $i_{d,2}$, $i_{i,1}$, $i_{i,2}$ به کمک حل چهار معادله‌ی بی‌استقلال است که در انتهای بخش قبل عنوان شد (معادلات ۹ تا ۱۲). باید توجه داشت که در اینجا از فرض اطلاعات کامل استفاده شده است. وقتی که برای

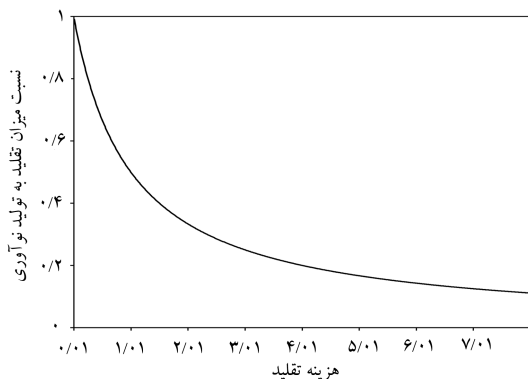
تحلیل این جواب‌ها نتایج مهمی را به دست می‌دهد: ۱. مطابق انتظار، تولید نوآوری برحسب I_0 صعودی است. یعنی اگر هزینه‌های تقلید بیشتر شود، بنگاه‌ها بیشتر به خلق نوآوری خواهند پرداخت. ۲. اگر کسی بدون توجه به مدل (که پیچیدگی روابط بین بنگاهی را لحاظ می‌کند) بخواهد اثر هزینه‌های تقلید را روی نوآوری و تقلید تحلیل کند خواهد گفت «افزایش هزینه‌های تقلید بر خلق نوآوری اثر مثبت و بر تقلید آن اثر منفی دارد» و این نکته‌ی بسیار جالب است.

اما چنان که جواب‌های مدل نشان می‌دهند این‌گونه نیست. افزایش هزینه‌های تقلید می‌تواند میزان تقلید را زیاد کند. توجیه این نتیجه‌ی به‌ظاهر عجیب با توجه به روابط مدل چندان سخت نیست. زمانی که هزینه‌ی تقلید بالا می‌رود، از یک سو بخش کم‌تری از نوآوری‌های تولیدشده تقلید می‌شوند. زیرا براساس معادلات ۱۳ و ۱۴ به معادله ۱۶ می‌رسیم که برحسب I_0 نزولی است (شکل ۲):

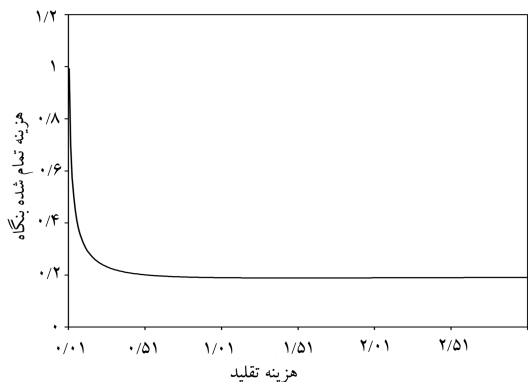
$$i_{i,1}/i_{d,2} = i_{i,2}/i_{d,1} = \frac{D_0}{D_0 + I_0} \quad (16)$$

اما از سوی دیگر چون کل نوآوری‌های تولیدشده افزایش یافته، ممکن است میزان تقلید در کل افزایش یابد اگرچه درصد کم‌تری از کل نوآوری‌های تولیدشده را شامل شود.

ما علاقه‌مندیم اثر هزینه‌های تقلید نوآوری را بر رفاه عمومی بررسی کنیم. چنان که در تشریح فرضیات مدل عنوان شد، در اینجا «قیمت» به‌عنوان شاخصی از رفاه در نظر گرفته شده است. شکل ۳، تغییرات قیمت را برحسب میزان هزینه‌های تقلید نوآوری نشان می‌دهد. چنان که مشاهده می‌شود، به‌ازای I_0 های خیلی پایین، قیمت



شکل ۲. نسبت میزان تقلید به میزان تولید نوآوری برحسب I_0 .



شکل ۳. هزینه تمام‌شده بنگاه‌ها برحسب I_0 .

حل مدل، مثلاً معادله‌ی ۱۰ در معادله‌ی ۱۱ جایگذاری می‌شود، به این معنی است که فرض می‌شود بنگاه ۱ از سیاست بنگاه ۲ برای تقلید کاملاً آگاهی دارد.

چنان که ذکر شد، هدف اصلی این نوشتار بررسی چگونگی اثرگذاری میزان تقلیدپذیری نوآوری بر مدل است. لذا برای ترسیم نمودارها به پارامترهای مختلف مدل مقادیر عددی اختصاص داده شده و تنها I_0 به‌عنوان متغیر نگه داشته شده است. برای حل معادلات، برای هر دو بنگاه هزینه‌ی حاشیه‌ی تولید و تقلید نوآوری را مساوی قرار می‌دهیم (معادله‌ی ۹ برای بنگاه اول و معادله‌ی ۱۰ برای بنگاه دوم) تا میزان تقلید برحسب میزان تولید به دست آید. از حل معادله‌ی ۹، میزان تقلید بنگاه اول به دست می‌آید که عبارت است از:

$$i_{i,1} = i_{d,2} * \frac{D_0}{D_0 + I_0} \quad (13)$$

میزان تقلید بنگاه دوم نیز از رابطه‌ی مشابه به دست می‌آید:

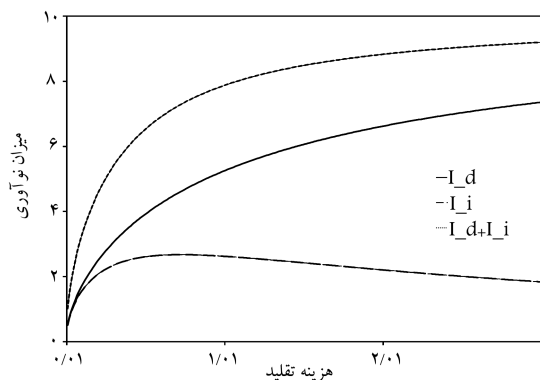
$$i_{i,2} = i_{d,1} * \frac{D_0}{D_0 + I_0} \quad (14)$$

چنان که معادلات ۱۳ و ۱۴ نشان می‌دهند، زمانی که I_0 خیلی کوچک باشد، بخش اعظم نوآوری‌های تولیدشده، تقلید خواهد شد و زمانی که I_0 خیلی بزرگ باشد تقریباً چیزی تقلید نخواهد شد.

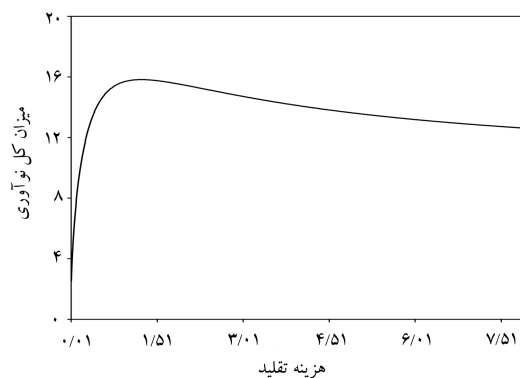
دو معادله‌ی اخیر، i_i هر بنگاه را برحسب i_d بنگاه دیگر ارائه می‌دهند. پس اگر معادلات ۱۳ و ۱۴ را در معادلات ۱۱ و ۱۲ جایگزین کنیم، i_i ها حذف شده و معادلات ۱۱ و ۱۲ به یک دستگاه دو معادله - دو مجهول تبدیل می‌شود که حل آن $i_{d,1}$ ، $i_{d,2}$ را به دست می‌دهد. اگر این دستگاه دو معادله - دو مجهول را حل کنیم، جواب به دست می‌آید (معادله ۱۵):

$$i_{d,1} = i_{d,2} = \frac{D_0 + I_0}{2D_0 + I_0} * \sqrt{\frac{mC_0 I_0 nQ}{(D_0 + I_0) * [D_0 + I_0 * (\frac{D_0}{D_0 + I_0} + \ln \frac{I_0}{D_0 + I_0})]}} \quad (15)$$

مطابق انتظار و با توجه به تقارنی که در تعریف مسئله وجود داشت، میزان تولید نوآوری برای هر دو بنگاه برابر به دست آمده است. i_d در حالت حدی که I_0 به بی‌نهایت میل کند برابر $\sqrt{\frac{mC_0 nQ}{D_0}}$ می‌شود -- اثبات آن در ضمیمه ۱ آمده است. در شکل ۱ نیز پاسخ حل مدل (معادله ۱۵) به‌شکل گرافیکی نشان داده شده است.^{۱۷}



شکل ۱. میزان تولید نوآوری، تقلید نوآوری و نیز جمع تولید و تقلید برحسب I_0 ، $nQ = 100$ ، $C_0 = 1$ ، $m = 5$ ، $D_0 = 1$



شکل ۴. میزان کل نوآوری زمانی که تعداد بنگاه‌ها برابر با ۵ است.

تناسب‌پذیری این است که حق انحصاری استفاده از نوآوری را برای تولیدکننده‌ی آن در نظر بگیریم و بنگاه‌های دیگر، صرفاً مشروط بر این که مبلغ تعیین‌شده‌ی را به بنگاه تولیدکننده‌ی نوآوری بپردازند، می‌توانند از نوآوری مزبور استفاده کنند. این سیاست، در دو نقطه معادلات مدل را تغییر می‌دهد. اول آن که به اندازه‌ی قیمت خرید نوآوری، هزینه‌ی تقلید را افزایش می‌دهد:

$$C_{i,1} = I_i * \frac{i_{i,1}}{i_{d,2} - i_{i,1}} + P_i \quad (17)$$

P_i عبارت است از قیمت خرید یک واحد نوآوری. با جایگزینی معادله‌ی ۱۷ در معادله‌ی ۹، میزان تقلید نوآوری را به دست می‌آوریم:

$$i_{i,1} = i_{d,2} * \frac{(D_i - P_i)}{(D_i - P_i) + I_i} \quad (18)$$

اما تغییر دیگری هم وجود دارد. با اعمال این سیاست، هزینه‌ی غیرمستقیم برای بنگاه اول نیز طبق رابطه‌ی ۱۹ تغییر می‌کند (تغییر مشابهی هم برای بنگاه دوم رخ می‌دهد):

$$C_{i,indirect,1} = \frac{\int_{i_{d,1}}^{i_{d,2}} D_i dx + \int_{i_{i,1}}^{i_{i,2}} C_{i,1} dx - \int_{i_{i,2}}^{i_{d,2}} P_i dx}{Q} \quad (19)$$

۲.۶. حل مدل جدید

با حل دستگاه معادلات، به روش یادشده در بخش ۵، میزان نوآوری تولیدشده از رابطه‌ی ۲۰ در کادر پایین حاصل می‌شود. شکل‌های ۵ و ۶، منحنی‌های تغییرات میزان تولید و تقلید نوآوری برحسب I_i را در دو حالت، یک بار بدون اعمال سیاست حق انحصاری و بار دیگر با اعمال این سیاست نشان می‌دهند. شکل ۷ نیز قیمت کالا را برحسب I_i و به ازای $P_i = D_i/2$ نشان می‌دهد.

۳.۶. تحلیل نتایج

چنان که در شکل ۵ می‌بینید، اعمال سیاست حق انحصاری موجب می‌شود که میزان تولید نوآوری افزایش یابد. برای توجیه این اثرگذاری می‌توان دو علت عمده قائل شد: ۱. سیاست حق انحصاری موجب می‌شود بنگاه‌ها با خیال راحت از این که نوآوری‌شان به‌سادگی تقلید نخواهد شد، به تولید نوآوری بپردازند. ۲. با اعمال این سیاست بنگاه‌ها می‌دانند که اگر نوآوری‌شان تقلید شود، بنگاه تقلیدکننده باید بهای آن را به بنگاه تولیدکننده‌ی نوآوری بپردازد. این بدان معناست که هزینه‌های بنگاه تقلیدکننده زیاد و هزینه‌های بنگاه تولیدکننده کم خواهد شد. پس حتی اگر نوآوری تولیدشده، تقلید هم بشود به نفع بنگاه تولیدکننده خواهد بود.

در ضمن، شکل ۶ نیز نتیجه‌ی جالب دیگری را نشان می‌دهد و آن این که سیاست حق انحصاری که یک سیاست ضد تقلید است به افزایش میزان تقلید نوآوری می‌انجامد. علت آن است که سیاست حق انحصاری اگرچه باعث می‌شود کسب کم‌تری از نوآوری تولیدشده تقلید شود، اما چون میزان تولید نوآوری را خیلی افزایش داده در کل باعث افزایش میزان تقلید نوآوری می‌شود.

کالا بیشترین مقدار خود را دارد. علت آن است که به‌خاطر مسئله‌ی تناسب‌پذیری نوآوری تولید نمی‌شود و در نتیجه تقلید نوآوری هم نداریم (شکل ۱). در انتها متذکر می‌شویم که فرض مدل ما مبنی بر این که تعداد بنگاه‌ها فقط ۲ تا است، باعث کم‌رنگ‌شدن نقش تقلید نوآوری می‌شود. در بازاری که تعداد بنگاه‌ها مثلاً ۵ تا است، هر بنگاه می‌تواند از ۴ بنگاه دیگر تقلید کند، لذا زمانی که میزان کل نوآوری‌های تولیدشده را می‌خواهیم محاسبه کنیم، نوآوری تقلیدشده ضریب ۴، و نوآوری تولیدشده ضریب ۱ پیدا می‌کند. لذا انتظار می‌رود برای میزان نوآوری تقلیدشده به شکلی شبیه به شکل ۴ برسیم. به هر حال، تحلیل شرایطی که در آن تعداد بنگاه‌ها زیاد است در این مقاله نمی‌گنجد. هدف از بیان این نکته صرفاً آن بود که یادآور شویم در دنیای واقع اهمیت تقلید نوآوری می‌تواند بیشتر از آن چیزی باشد که مدل ما نشان می‌دهد.

۶. بررسی سیاست حق انحصاری نوآوری به‌کمک مدل

در این بخش، اثر سیاست ایجاد حق انحصاری برای فروش نوآوری، که دولت می‌تواند در پیش گیرد بر افزایش رفاه عمومی بررسی می‌شود. توجه شود که در اینجا هدف رسیدن به سیاست‌های کاملاً دقیق و عملیاتی نیست، زیرا مدل‌های ساده بیشتر از آن که خروجی نهایی تصمیم‌گیری‌های مهم را مشخص کنند، در جهت ارائه‌ی بینش و ایجاد شناخت از پیچیدگی‌های مسئله می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.^[۲۴] لذا هدف در این بخش از مقاله ایجاد شناخت از چگونگی عملکرد این سیاست است و نه ارائه‌ی یک دستورالعمل دقیق برای اجرا و پیاده‌سازی آن. در رابطه با تحلیل یک سیاست در مدل، دو نکته حائز اهمیت است. نخست آن که سیاست یادشده چگونه مدل می‌شود؛ یعنی اجرای آن سیاست چه تغییری در پارامترهای مدل یا در فرم معادلات مدل خواهد داشت. دوم این که اعمال تغییرات مربوط به این سیاست در معادلات مدل، چه اثری بر جواب نهایی به دست‌آمده از حل معادلات خواهد داشت.

۱.۶. اضافه کردن سیاست به معادلات مدل

یکی از راه‌های بسیار معمول برای جلوگیری از تقلید نوآوری و ممانعت از بروز مسئله‌ی

$$i_{d,1} = i_{d,2} = \frac{(D_i - P_i) + I_i}{2(D_i - P_i) + I_i} * \sqrt{\frac{mC_i I_i nQ}{[(D_i - P_i) + I_i] * \left\{ D_i + I_i \left[\frac{(D_i - P_i)}{(D_i - P_i) + I_i} + \ln \frac{I_i}{(D_i - P_i) + I_i} \right] - \frac{2P_i(D_i - P_i)}{(D_i - P_i) + I_i} \right\}}} \quad (20)$$

انتخاب شود، برای هیچ یک از بنگاه‌ها صرف نمی‌کند که نوآوری‌های بنگاه دیگر را تقلید کنند. زیرا همواره خواهیم داشت $C_i > C_d$ و این بدان معناست که تولید نوآوری همواره به صرفه‌تر از تقلید آن است و لذا میزان تقلید صفر خواهد شد. پس اگر P_i خیلی بالا باشد، سیاست حق انحصاری باعث می‌شود که تقلید به کلی از بین برود و در واقع شرایط درست مانند شرایطی خواهد شد که I_i به بی‌نهایت نزدیک می‌شود.

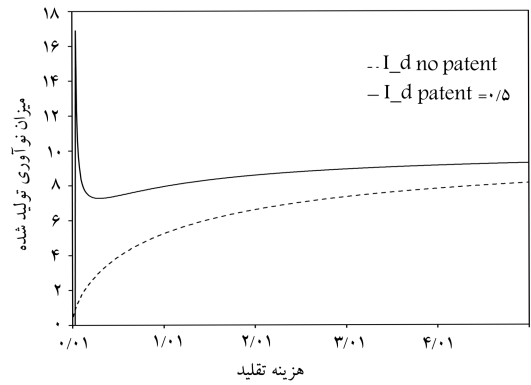
این نتیجه‌ی بسیار مهمی است و نسبت به سیاست‌گذاری روی قیمت نوآوری دید جالبی ارائه می‌دهد. چنان که در شکل ۶ (قیمت کالا برحسب I_i به‌ازای $P_i = D_i/2$) دیده می‌شود، قیمت کالا به‌ازای I_i ‌های پایین کم‌تر از قیمت کالا به‌ازای $I_i \rightarrow \infty$ است. پس اگر P_i روی مقداری کم‌تر از D_i تنظیم شود، می‌توان به قیمت‌های پایین‌تری رسید. لذا در مدل پیشنهادی ما، به‌منظور کاراتر کردن سیاست حق انحصاری بهتر است قیمت فروش نوآوری به‌میزانی کم‌تر از هزینه‌های تولید آن تنظیم شود.

نتیجه‌ی که در بند فوق بحث شد، اهمیت تمیز قائل شدن بین دو شکل کارکرد سیاست حق انحصاری را نشان می‌دهد: کارکرد اول مربوط به ایجاد انگیزه‌ی نوآوری در بنگاه‌ها از راه تضمین عدم تقلید، و کارکرد دوم مربوط به ایجاد انگیزه از طریق سودی است که از فروش نوآوری متوجه بنگاه می‌شود. اگر P_i خیلی زیاد باشد قطعاً جلوی تقلید را می‌گیرد اما دقیقاً به‌خاطر این که جلوی تقلید را می‌گیرد جلوی سود حاصل از فروش نوآوری را هم می‌گیرد، و به این ترتیب انگیزه‌ی بنگاه را برای تولید نوآوری کم می‌کند.

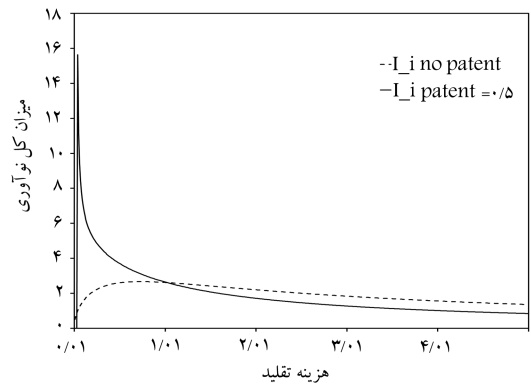
۷. نتیجه‌گیری

در این مقاله مدلی معرفی شد که توضیح می‌دهد مسئله‌ی تناسب‌پذیری چگونه ممکن است در تعامل بین بنگاه‌ها پیش آید. مدل مزبور از این حیث با مدل‌های موجود متفاوت است که دو بنگاه را در نظر می‌گیرد که هر دو هم می‌توانند به خلق نوآوری بپردازند و هم به تقلید آن. به این ترتیب، دو نکته‌ی کلیدی در رابطه با تصمیم‌گیری بنگاه‌ها راجع به نوآوری به‌صورت همزمان در این مدل لحاظ می‌شود: اول آن که تصمیم‌گیری بنگاه برای آن که چقدر نوآوری کند بر تصمیم‌گیری‌اش برای آن که چقدر تقلید کند اثر می‌گذارد و از آن اثر می‌پذیرد. دوم آن که تصمیم‌گیری بنگاه برای میزان نوآوری و میزان تقلید، به تصمیم‌گیری بنگاه رقیب در این رابطه وابسته است. به‌کمک چارچوبی ساده و در عین حال نزدیک به دنیای واقع که این مدل فراهم می‌کند، اثر میزان تقلید‌پذیری یک نوآوری بر رفاه عمومی تحلیل شد. در این تحلیل نشان داده شد که تقلید‌پذیر بودن یک نوآوری، نه تنها موجب کاهش میزان خلق نوآوری می‌شود (که به مسئله‌ی تناسب‌پذیری معروف است)، بلکه می‌تواند در شرایطی باعث شود حتی میزان تقلید نوآوری نیز کاهش یابد.

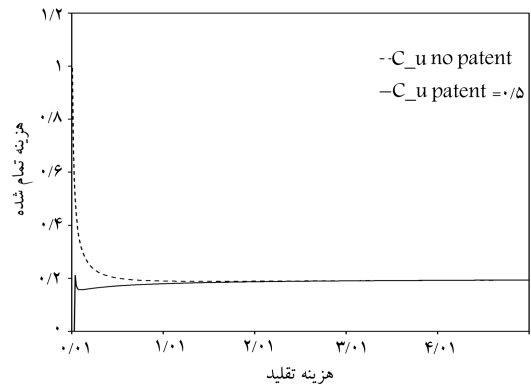
پس از استفاده از مدل برای تبیین مسئله به‌صورت شفاف، باز هم به‌کمک مدل به تحلیل سیاست حق انحصاری نوآوری برای حل مسئله پرداخته شد. در اینجا هدف صرفاً تولید بینش جدید بوده، نه تجویز یا توصیه‌ی یک راه حل. نتایج تحقیق نشان داد که سیاست حق انحصاری از دو طریق می‌تواند منجر به افزایش تولید نوآوری شود: اول این که برای بنگاه تولیدکننده‌ی نوآوری تضمین کند که نوآوری‌اش تقلید نخواهد شد. دوم این که برای بنگاه تضمین کند نوآوری‌اش در صورت تقلید شدن، سود حاصل از فروش به ارمغان خواهد آورد و معادل آن هزینه‌ی بر بنگاه رقیب تحمیل خواهد کرد. نشان داده شد که در صورت در نظر



شکل ۵. مقایسه‌ی میزان نوآوری تولیدشده (حالت حق انحصاری و بدون حق انحصاری).



شکل ۶. مقایسه‌ی میزان نوآوری تقلیدشده (حالت حق انحصاری و بدون حق انحصاری).



شکل ۷. مقایسه‌ی هزینه‌ی تمام‌شده (حالت حق انحصاری و بدون حق انحصاری).

اگر به شکل‌های ۵ و ۶ دقت کنید، می‌بینید که سیاست حق انحصاری در I_i ‌های زیاد، کار خاصی انجام نمی‌دهد. به بیان دیگر، به‌ازای I_i ‌های بزرگ، میزان تولید و تقلید نوآوری و همچنین قیمت کالا در هر دو حالت اعمال و عدم اعمال سیاست حق انحصاری با هم برابر است. علت این امر واضح است: کارکرد سیاست حق انحصاری بالا بردن هزینه‌های تقلید است و بنابراین، زمانی که هزینه‌های تقلید نوآوری خیلی بالا باشد این سیاست کارکردی نخواهد داشت.^{۱۸}

نتیجه‌ی مهم دیگری که از این مدل در رابطه با سیاست حق انحصاری به دست می‌آید، با نحوه‌ی تعیین P_i در ارتباط است. توجه کنید که اگر P_i بیشتر از D_i

نزولی از قیمت است انجام پذیرد، ممکن است نتایج جالب توجهی حاصل شود که چون هنوز مدل توسعه نیافته معلوم نیست. چه بسا این نتایج به ارائه و شناخت سیاست‌های مناسب دیگر منجر شود.

فهرست علائم

$C_{d,1}$: هزینه حاشیه‌ی تولید نوآوری برای بنگاه ۱
$C_{d,2}$: هزینه حاشیه‌ی تولید نوآوری برای بنگاه ۲
$C_{i,1}$: هزینه حاشیه‌ی تقلید نوآوری برای بنگاه ۱
$C_{i,2}$: هزینه حاشیه‌ی تقلید نوآوری برای بنگاه ۲
$C_{u,direct}$: هزینه تولید مستقیم
$C_{u,indirect}$: هزینه تولید غیر مستقیم
$C_{u,1}$: هزینه تولید ۱ واحد محصول برای بنگاه ۱
$C_{u,2}$: هزینه تولید ۱ واحد محصول برای بنگاه ۲
D : هزینه تولید یک واحد نوآوری
$i_{d,1}$: میزان نوآوری تولیدشده توسط بنگاه ۱
$i_{d,2}$: میزان نوآوری تولیدشده توسط بنگاه ۲
$i_{i,1}$: میزان نوآوری تقلیدشده توسط بنگاه ۱
$i_{i,2}$: میزان نوآوری تقلیدشده توسط بنگاه ۲
I : پارامتری که نشان دهنده‌ی میزان تقلیدپذیری نوآوری است (هرچه کم‌تر باشد نوآوری تقلیدپذیرتر است)
n : طول عمر نوآوری
$Price$: قیمت
$Profit_1$: سود بنگاه ۱
$Profit_2$: سود بنگاه ۲
P_i : هزینه خرید یک واحد نوآوری تحت سیاست حق انحصاری
P : حاشیه سود
Q : میزان فروش بنگاه

گرفتن قیمت‌های خیلی بالا برای تقلید نوآوری، کارکرد دوم سیاست حق انحصاری را که می‌توانست به افزایش رفاه بینجامد از دست خواهیم داد.

خروجی تحقیق حاضر، صرفاً بیش‌های جدید به دست آمده به کمک مدل و معرفی شده در مقاله نیست، بلکه خود مدل نیز یکی از خروجی‌های این کار به شمار می‌رود. این مدل می‌تواند به عنوان ابزاری برای تحلیل چگونگی تأثیرگذاری عوامل مختلف بر صورت مسئله و نیز بر سیاست‌های حل آن مورد استفاده قرار گیرد. برخی از عوامل مهم عبارت‌اند از: عدم تقارن بین بنگاه‌ها در هزینه‌های تولید یا تقلید نوآوری، عدم تقارن بین بنگاه‌ها در سائز (که در این مورد اهمیت مسئله‌ی صرفه به مقیاس هم پررنگ‌تر می‌شود)، طول عمر نوآوری و غیره. به عنوان مثال، می‌توان شرایط دو بنگاه، اعم از ساختار هزینه، سهم از بازار و غیره را متقارن در نظر نگرفته و برای حالت غیر متقارن مدل را حل و جواب‌های آن را تفسیر کرد.

در ضمن، این مدل در جهانی می‌تواند گسترش یابد. به عنوان مثال، این مدل تناسب‌پذیری را مورد بررسی قرار می‌دهد و آرو^{۱۲} به تحلیل عدم قطعیت پرداخته است. اما کسی به بررسی همزمان این دو موضوع پرداخته است. لذا یک راه گسترش این مدل می‌تواند اضافه کردن عدم قطعیت باشد، به گونه‌ی که بتوان به کمک آن آثار ناشی از تعامل تناسب‌پذیری و عدم قطعیت را مورد بررسی قرار داد. در این راه اولین قدم، برداشتن فرض اطلاعات کامل است. چنین کاری ممکن است منجر به انتقال مدل از یک فضای استاتیک به یک فضای دینامیک شود -- شبیه کاری که آرو^{۱۳} با کاربرد عبارت‌های قبل از نوآوری^{۱۹} و بعد از نوآوری^{۲۰} انجام داده است.

یک نقطه‌ی گسترش دیگر مدل که بسیار هم اهمیت دارد این است که طول عمر نوآوری به یک متغیر درون‌زا تبدیل شود، زیرا برخی نوآوری‌ها جایگزین نوآوری‌های دیگرند و بنابراین اگرچه خود باعث کاهش هزینه‌ها می‌شوند، باعث از بین رفتن اثر نوآوری‌های قبلی بر هزینه‌ی تمام شده نیز می‌شود. با این ترتیب، سرعت تولید نوآوری می‌تواند بر عمر نوآوری مؤثر باشد و به نظر می‌رسد چگونگی این تأثیرگذاری، آثار مهمی بر جواب‌ها و سیاست‌های مستخرج از مدل داشته باشد.

یک نقطه‌ی مهم گسترش مدل هم این است که فرض بی‌کشش بودن تقاضا برداشته شود. در صورتی که گسترش مدل با این فرض که مقدار فروش (Q) تابعی

پانویس‌ها

1. social welfare
2. imitability
3. diffusion
4. appropriability
5. capture
6. intellectual property
7. patent
8. copy right
9. tangible goods
10. strictly competitive game

11. intellectual property right
12. perfect information
13. innovation diffusion
14. welfare economics
۱۵. لیستی از نام‌های متغیرها و توضیحات مختصری درباره‌ی آن‌ها در ضمیمه‌ی ۱ مقاله آمده است.
16. exogenous
۱۷. در این شکل و تمامی شکل‌های بعد، برای آن که بتوانیم نمودار را رسم کنیم یک سری مقادیر عددی برای پارامترهای مدل فرض کرده‌ایم. این مقادیر عبارت‌اند از $nQ = 100, C_i = 1, m = 5, D_i = 1$
۱۸. اگر از معادله‌ی ۲۰ به ازای $\infty \rightarrow I$ حد بگیریم، می‌بینیم که جواب آن با حدی که

برای معادله‌ی ۱۴ حساب کردیم (و در ضمیمه‌ی ۱، اثبات آن آمده) یکی می‌شود. این بدان معناست که به‌ارزی $I_0 \rightarrow \infty$ وجود سیاست حق انحصاری با عدم وجودش تفاوتی نمی‌کند.

19. pre-invention
20. post-invention

منابع (References)

1. DiMaggio, P.J. and Powell, W. "The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields", *Am. Sociol. Rev.*, **48**, pp. 147-160 (1983).
2. Arrow, K.J., *Economic Welfare and the Allocation of Resources for Inventions*, in Nelson, R.R. (ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*. Princeton University Press, pp. 609-625 (1962).
3. Greenstein, S. "A brief synopsis of recent thinking", For the Federal Trade Commission (20 February 2002).
4. Mokyr, J., *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*, Oxford University Press, Oxford (1990).
5. Levin, R.C., Klevorick, A.K., Nelson, R.R. and Winter, S.G. "Appropriating the returns from industrial R&D", *Brookings Papers on Economic Activity*, (3), pp. 783-820 (1987).
6. Ireland, N. and Stoneman, P. "Technological diffusion, expectations and welfare", *Oxford Economic Papers*, **38**, pp. 283-304 (1986).
7. Cohen, W.M. and Levin, R.C. "Empirical studies of innovation and market structures", *Handbook of Industrial Organization. Amsterdam, Elsevier*, **II**, pp. 1059-1107 (1989).
8. Cohen, W.M. and Levinthal, D.A. "Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation", *Administrative Science Quarterly*, **35**(1), pp. 128-152 (Mar 1990).
9. Saracho, A. "The diffusion of a durable embodied capital innovation", *Economics Letters*, **54**, pp. 45-50 (1996).
10. Cole, J.H. "Patents and copyrights: Do the benefits exceed the costs?", *J. of Libertarian Studies*, **15**, pp. 79-105 (2001).
11. Quirnbach, H.C. "The diffusion of new technology and the market for an innovation", *The RAND J. of Economics*, **17**(1), pp. 33-47 (1986).
12. Sakakibara, M. "Formation of R&D consortia: Industry and company effects", *Strategic Management J.*, **23**(11), pp. 1033-1050 (2002).
13. Boldrin, M. and Levine, D.K. "Perfectly competitive innovation", *J. of Monetary Economics*, **55**(3), pp. 435-453 (2008).
14. Boldrin, M. and Levine, D.K. "A model of discovery", *American Economic Review*, **99**(2), pp. 337-342 (2009).
15. Boldrin, M. and Levine, D.K. "Does intellectual monopoly help innovation?", *J. Review of Law & Economics*, **5**(3), pp. 1211-1219 (2009).
16. Boldrin, M. and Levine, D.K. "Market structure and property rights in open source industries", *Washington University J. of Law and Policy*, **30**, pp. 325-363 (2009).
17. Boldrin, M. and Levine, D.K. "Market size and intellectual property protection", *Int. Economic Review*, **50**(3), pp. 855-881 (2009).
18. Helpman, E. "Innovation, imitation, and intellectual property rights", *Econometrica*, **61**(6), pp. 1247-1280 (1993).
19. Akiyama, T. and Furukawa, Y. "Intellectual property rights and appropriability of innovation", *Economics Letters*, **103**(3), pp. 138-141 (2009).
20. Goodwin, N., Nelson, J.A., Ackerman, F. and Weisskopf, T., *Microeconomics in Context*, Boston, Houghton Mifflin (2005).
21. Hylton, K.N., *Antitrust Law: Economic Theory and Common Law Evolution*, Cambridge, Cambridge University Press (2003).
22. Nordhaus W.D. and Tobin, J., *Is Growth Obsolete?*, NBER 50th Anniversary Colloquium, Economic Growth, New York, **5**, pp. 1-80 (1972).
23. Daly, H.E. and Cobb, J.N., *For the Common Good*, Beacon Press, Boston (1989).
24. Lyneis, J.M. "System dynamics for business strategy: A phased approach", *System Dynamics Review*, **15** (1999).

ضمیمه

چنانچه ذکر شد میزان نوآوری تولیدشده از رابطه زیر به دست می‌آید:

در حالت حدی که هزینه‌ی تقلید نوآوری (I_0) به بی‌نهایت میل کند از هم ارزی زیر استفاده می‌کنیم:

$$\ln(1+x)_{x \rightarrow \infty} \cong x - x^2/2 + \dots$$

در نتیجه میزان تولید نوآوری در حالت حدی این‌گونه به دست می‌آید:

$$\lim_{I_0 \rightarrow \infty} I_d = \sqrt{\frac{mC_0 I_0 nQ}{I_0 * [D_0 - I_0 * \sqrt{1/2 * (\frac{D_0}{D_0 + I_0})^2}}} = \sqrt{\frac{mC_0 nQ}{D_0}}$$

$$i_{d,1} = i_{d,2} = \frac{D_0 + I_0}{2D_0 + I_0} * \sqrt{\frac{mC_0 I_0 nQ}{(D_0 + I_0) * [D_0 + I_0 * (\frac{D_0}{D_0 + I_0} + \ln \frac{I_0}{D_0 + I_0})]}}$$