

تحلیل رابطه بین فناوری و سرمایه انسانی در صنایع مبتنی بر دانش

یعقوب انتظاری*

هیئت علمی مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

چکیده

در ادبیات مرسوم علوم اقتصادی دو واژه سرمایه انسانی و فناوری به عنوان دو عامل تولید جدا از هم مورد توجه قرار می‌گیرند. در حالی که از چشم انداز اقتصاد مبتنی بر دانش در یک نگاه مبتنی بر دانش این دو مفهوم دو نمود متفاوت از دانش معین هستند. در این مقاله رابطه بین سرمایه انسانی و فناوری از چشم انداز یادشده در دو مرحله تولید و بهره برداری از آنها تحلیل شده است. این تحلیل از دو بعد نظری و تجربی صورت گرفته است. در تحلیل نظری نشان داده شده است که سرمایه انسانی و فناوری در کنش متقابل در چارچوب سه بازار خدمات آموزشی، سرمایه انسانی و فناوری در یک راستا و متناسب با یکدیگر تولید و انباشت می‌شوند. تحلیلهای تجربی نیز نشان می‌دهد که بهره‌برداری از سرمایه انسانی و فناوری در بنگاههای مبتنی بر دانش ایران، لازم و ملزوم یکدیگرند. بنابراین، برای افزایش بهره‌موری تولید و رشد ارزش افزوده در صنایع مبتنی بر دانش ایران، سرمایه‌گذاری در انباشت یکی باید متناسب و در راستای سرمایه گذاری در انباشت دیگری باشد.

کلید واژگان: سرمایه انسانی، تغییر تکنولوژی، اقتصاد مبتنی بر دانش، بنگاه مبتنی بر دانش، بنگاه دانش و دانشکاران.

مقدمه

مقدمه در کشورهای توسعه یافته، دانش آموختگان آموزش عالی به عنوان عالی‌ترین نوع سرمایه انسانی، یادگیرنده، کارآفرین و ظرفیت ساز هستند؛ یعنی عامل اساسی تولید دانش جدید، تکنولوژی جدید، سرمایه فیزیکی جدید، تولید سرمایه انسانی جدید و بهره‌برداری مطلوب از منابع ملموس و ناملموس به شمار می‌روند. بنابراین، آنان در توسعه اقتصادی نقش اساسی دارند. در ایران نیز هدف آموزش عالی تربیت‌چنین انسانهایی است، اما متأسفانه، دانش آموختگان آموزش عالی در ایران نه تنها یادگیرنده، کارآفرین و ظرفیت ساز نیستند، بلکه بعضی از آنها توانایی یافتن شغل مناسب را نیز ندارند [۱]. پس مهم‌ترین سؤال یک محقق سرمایه انسانی این است که چرا دانش آموختگان آموزش عالی در ایران دارای چنین ویژگی‌هایی نیستند؟ اگر از چشم انداز ادبیات مرسوم اقتصادی به مسئله نگاه کنیم، همچنان که بیشتر محققان و سیاستگذاران در خارج از نظام آموزش عالی ایران نگاه می‌کنند، مشکل را از جانب نظام آموزش عالی خواهیم دانست. اما اگر چشم انداز خود را به مسئله عوض کنیم و عمیق‌تر به آن بنگریم، متوجه می‌شویم که مسئله چند بعدی است و مهم‌ترین بعد آن به سطح و محتوای فناوری‌های نهادینه در نظام اقتصادی مربوط است. برای اینکه بتوانیم این بعد از مسئله را خوب درک کنیم، باید چشم‌اندازهای مختلف به سرمایه انسانی، فناوری و رابطه بین آنها را بشناسیم.

چهار چشم‌انداز را در این خصوص می‌توان از هم تمیز داد که عبارت‌اند از: اقتصاد نئوکلاسیک، اقتصاد تکاملی، نظریه‌های رشد درونزا و اقتصاد مبتنی بر دانش. در اقتصاد نئوکلاسیک نیروی کار ماهر (سرمایه انسانی) و فناوری دو پدیده جدا هستند، اما یکدیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این چارچوب آرو (Arrow, 1962) در نظریه یادگیری نشان داده است که تجربه در کار با یک تکنولوژی معین یا جدید در فرایند تولید موجب افزایش کارایی نیروی انسانی در طی زمان می‌شود و نیروی کار تحصیل‌کرده سریع‌تر و کارآتر از نیروی کار کمتر آموزش‌دیده یاد می‌گیرند. صنایعی که دارای پیشرفت فناوری سریع‌تر هستند، تقاضای خود را برای افراد مساعد یادگیری افزایش می‌دهند. نلسون و فیلیپس (Nelson and Phelps, 1966) در چارچوب اقتصاد تکاملی نشان داده‌اند که وجود نیروی کار با تحصیلات عالی در بنگاه، کسب و به کارگیری فناوری جدید در فرایند تولید را ساده‌تر و کارآتر می‌کند. در الگوی توسعه یافته به وسیله استوکی (Stokly, 1991) کسب فناوری به وسیله انباشت درونزای سرمایه انسانی صورت می‌گیرد. یانگ (Young, 1995) در الگویی که تغییر درونزای فناوری را به تصویر می‌کشد، بر اهمیت انباشت سرمایه انسانی در به‌کارگیری تکنولوژی جدید تأکید می‌کند. این ایده که نرخ تغییر فنی، انگیزش برای کسب مهارت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به وسیله کاسیلی (Caselli, 1999) مورد توجه قرار گرفته است. اما در این الگو تغییر فناوری برونزاست.

آتور، کاتز و کریجر (Autor, Katz and Krueger, 1997) و همچنین، بارتل و سیچرمن (Bartel and Sicherman, 1998) نشان دادند صنایعی که دارای نرخهای تغییر فناوری بالایی بودند، افزایش در تقاضا برای نیروی کار با مهارت و آموزش بالا را تجربه کردند و نیروی انسانی که دارای تحصیلات عالی هستند، در جذب و به‌کارگیری

* پست الکترونیکی: entpost@yahoo.com

تکنولوژی جدید مزیت نسبی دارند. پاپاچوریو (Papageorgiou, 1999) از سرمایه انسانی به عنوان ظرفیت ساز و تسهیل کننده نوآوری یاد می‌کند. به نظر الیز و روبرتز (Ellis and Roberts, 2000) فناوری جدید و مهارت نیروی انسانی مکمل یکدیگرند، بدین معنا که با نوآوری سریع، تغییر سریع در فناوری به وجود می‌آید. این امر عایدی‌های آموزش را در مقایسه با هزینه‌های آن افزایش می‌دهد و در نتیجه، نرخ بازدهی آموزش و مهارت‌آموزی افزایش می‌یابد و در برگشت موجب افزایش سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی می‌شود. از طرفی، رشد سریع‌تر سرمایه انسانی هزینه تولید دانش در آینده را نسبت به هزینه تولید آن در زمان حال کاهش و در برگشت بازدهی نوآوری را افزایش می‌دهد. در نتیجه، نوآوری‌های بیشتری صورت می‌گیرد و تغییر تکنولوژی را شتاب می‌بخشد. جوسو (Jusu, 1999) رابطه متقابل تصمیمات بنگاه برای سرمایه‌گذاری در نوآوری و تصمیم کارگران به سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. این تحلیل نشان می‌دهد که دو نوع سرمایه‌گذاری با یکدیگر وابستگی بسیار قوی دارند، چرا که با افزایش کیفیت نیروی انسانی، بنگاه به سرمایه‌گذاری در تکنولوژی تشویق می‌شود و در مقابل، با بهبود تکنولوژی در سطح بنگاه، نیروی انسانی به سرمایه‌گذاری در کسب دانش و مهارت جدید تشویق می‌شوند.

طی دهه گذشته، به موازات تحقیقات نظری در ارتباط با اثر متقابل سرمایه انسانی و فناوری، تحقیقات تجربی چشمگیری نیز انجام شده است. این تحقیقات را به سه دسته می‌توان تقسیم کرد:

۱. مطالعاتی که اثر تغییر فناوری بر ساختار مهارت را مورد توجه قرار داده‌اند.
۲. تحقیقاتی که اثر تغییر فناوری بر تحول در تفاوت‌های دستمزد افراد ماهر و غیر ماهر را مورد مطالعه قرار داده‌اند.
۳. تحقیقاتی که اثر تغییر فناوری بر سطح اشتغال افراد ماهر را مورد توجه قرار داده‌اند.

چنلز و رینن (Chennells and Reenen, 1999) ۲۹ مورد از این تحقیقات را در گروه اول، ۲۶ مورد را در گروه دوم و ۱۹ مورد را در گروه سوم بررسی کرده‌اند. در تحقیقات گروه اول بجز یک مورد، تمام تحقیقات حکایت از اثر مثبت تغییر تکنولوژی بر سرمایه انسانی دارند. در ۲۴ مورد از تحقیقات گروه دوم، نشان از تأثیر مثبت نماینده‌های تغییر تکنولوژی بر دستمزد افراد ماهر و با تحصیلات بالا دارند. در گروه سوم تحقیقات، ۲۰ مورد از اثر مثبت تغییر تکنولوژی بر اشتغال، ۳ مورد از اثر منفی تکنولوژی فرایند بر اشتغال افراد ماهر و یک مورد از بی اثری حکایت می‌کنند. ساندرز و ویل (Sanders and Weel, 2000) نیز ۱۰۹ تحقیق را در خصوص اثر تغییر تکنولوژی مهارت‌گرا بر اشتغال افراد ماهر و دستمزد افراد ماهر بررسی کرده‌اند. در این مطالعات که در ۶ سطح شغل یا کارگر، واحد تولیدی، بنگاه، صنعت، بخش و ملی انجام شده است، موفقیت تحصیلی به سال، پیشرفت تحصیلی به سطوح مهارت، دست‌بندی حرفه‌ای در کارگران یقه سفید و یقه آبی به عنوان نمایندگان مهارت یا سرمایه انسانی و مخارج تحقیق و توسعه، شدت تحقیق و توسعه (نسبت وجوه تحقیق و توسعه به فروش خالص)، کالاها و تجهیزات سرمایه‌های جدید، سرمایه‌گذاری در سرمایه فیزیکی جدید و تکنولوژی اطلاعات، سن کالاهای سرمایه‌ای، نوآوری در فرایند و محصول، رشد در نسبت سرمایه به کار، استفاده از کامپیوتر و تکنولوژی اطلاعات، نسبت سرمایه‌گذاری در کامپیوتر به کل سرمایه‌گذاری، حق امتیازهای صنعتی، بهره‌وری کل عوامل، نسبت دانشمندان و مهندسان به کل اشتغال، نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل، عامل باقی مانده، سهم فناوری پیشرفته، روند زمانی در صنعت خاص و غیره به عنوان معیار تکنولوژی مهارت‌گرا مورد توجه قرار گرفته‌اند.

در ایران نیز وحیدی (۱۳۷۸) اثر تغییر تکنولوژی بر بازار نیروی انسانی را در سطح کلان مورد مطالعه قرار داده است. در این تحقیق با استفاده از شاخص‌های مختلف علمی و تکنولوژیکی از یک طرف و متغیرهای بازار نیروی کار از طرف دیگر، اثر تغییر فناوری بر اشتغال کل و اشتغال دانش‌آموختگان آموزش عالی آزمون شده و این نتیجه به دست آمده است که تغییر تکنولوژی موجب بهبود اشتغال دانش‌آموختگان می‌شود.

با توجه به دانش بر شدن شتابان فعالیت‌های اقتصادی و مبتنی بر دانش شدن شغلها و کوتاه شدن طول عمر دانش، اختراع، نوآوری و محصول، سیستم‌های فکری مرسوم توانایی تحلیل و تبیین درست تعامل سرمایه انسانی و فناوری را ندارد. بنابراین، باید در جستجوی الگوهای تحلیلی جدید بود. به نظر می‌رسد که الگوی تحلیلی اقتصاد مبتنی بر دانش (OECD, 1996) چارچوب تحلیلی مناسبی در این خصوص باشد [۲]. در این مقاله سعی می‌شود اثرهای متقابل سرمایه انسانی و فناوری به طور نظری در چارچوب اقتصاد مبتنی بر دانش مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و بعضی از فرضیه‌های مورد بحث در این چارچوب آزمون شود.

برای آزمون فرضیه‌ها از روشها و تکنیک‌های اقتصادسنجی استفاده شده است. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای تحلیلهای اقتصادسنجی از مطالعات میدانی در سطح بنگاه‌های صنعتی به دست آمده است. تعداد مشاهدات ۸۵۰ بنگاه صنعتی است که در سال آمارگیری (۱۳۷۶) دارای مخارج تحقیق و توسعه و نیروی انسانی با تحصیلات عالی بودند. این نمونه با مرتب کردن داده‌ها نسبت به میزان مخارج تحقیق و توسعه و مجموع شاغلان با مدرک تحصیلی عالی از میان حدود چهارده هزار کارگاه صنعتی با ۱۰ نفر کارکن و بیشتر استخراج شده است [۳].

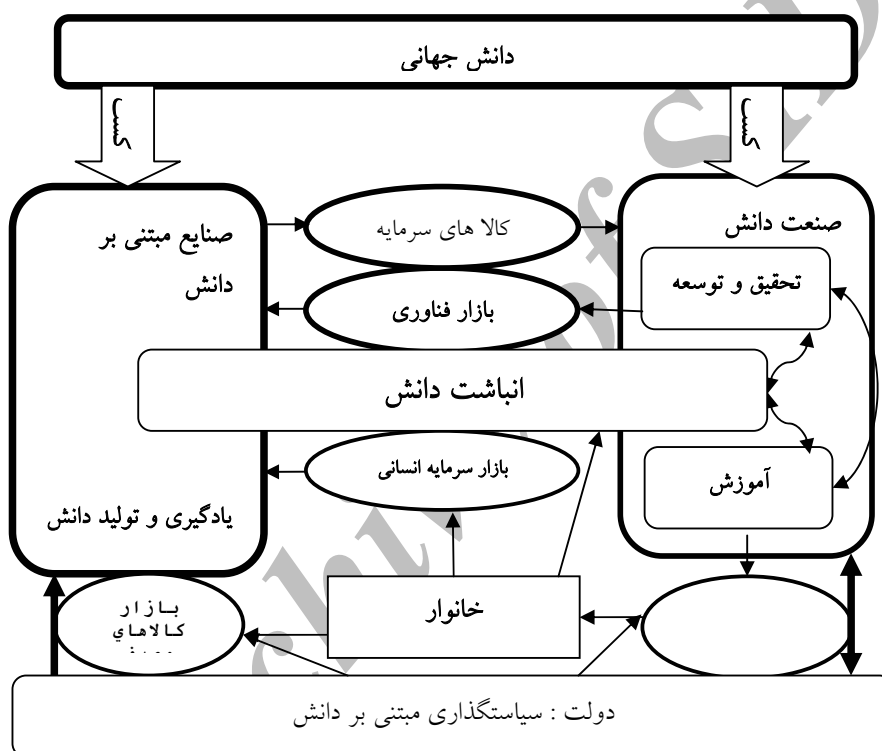
رابطه سرمایه انسانی و تغییر فناوری در اقتصاد مبتنی بر دانش

در اقتصاد مبتنی بر دانش، فعالیت‌های اقتصادی مدرن توسط دولت و چهار بازار مدرن؛ یعنی خدمات آموزشی، سرمایه انسانی، فناوری، چند بازار سنتی از سرمایه فیزیکی و کالاهای مصرفی سازمان می‌یابند. در مجموع، فعالیت‌های اقتصادی مدرن را به دو گروه فعالیت‌های دانش و فعالیت‌های مبتنی بر دانش می‌توان تقسیم کرد. فعالیت‌های دانش توسط بنگاه‌های دانش

[مانند دانشگاه] و فعالیتهای مبتنی بر دانش توسط بنگاههای مبتنی بر دانش [مانند یک شرکت دارو سازی] انجام می‌شود. مجموعه بنگاههای دانش در کنش رقابتی با یکدیگر صنعت دانش را به وجود می‌آورند. بنگاه دانش به تشکیلات اقتصادی اطلاق می‌شود که حداقل یکی از فعالیتهای تولید دانش، تبدیل دانش، توزیع دانش و ترویج را دارا باشد. بنابراین، یک دانشگاه، یک مؤسسه تحقیق و توسعه، یک مدرسه و یک آموزشگاه مثالهایی از بنگاه دانش هستند. فرایند تولید دانش و تبدیل دانش در یک بنگاه دانش همان فرایندهای اکتشاف و اختراع هستند که در اینجا به اختصار تولید دانش نامیده می‌شود. توزیع دانش توسط یک بنگاه دانش معادل آموزش و مهارت‌آموزی است که می‌توان آن را فرایند تولید سرمایه انسانی نیز نامید.

بنگاهی که اساس محصولات و فرایند تولید آن دانش باشد، بنگاه مبتنی بر دانش نامیده می‌شود. مجموعه بنگاههای مبتنی بر دانش که در کنش رقابتی با یکدیگر قرار دارند، صنایع مبتنی بر دانش را به وجود می‌آورند [۴]. سرمایه انسانی به عنوان دانش نهادینه شده در منابع انسانی و فناوری به عنوان دانش نهادینه شده در روشها، فرایندها و مصنوعات، مهم‌ترین نهادهای بنگاه مبتنی بر دانش هستند. در بنگاه مبتنی بر دانش دو نهاده سرمایه انسانی و فناوری دو نمود متفاوت از دانش معین از نظر محتوا، وسعت و پیچیدگی است. در اقتصاد مبتنی بر دانش بنگاه این نهاده را نه تنها برای کسب حداکثر سود، بلکه آنها را در درجه اول برای حفظ حیات اقتصادی خود و در درجه دوم کسب و حفظ مزیت رقابتی در سطح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی تقاضا می‌کند.

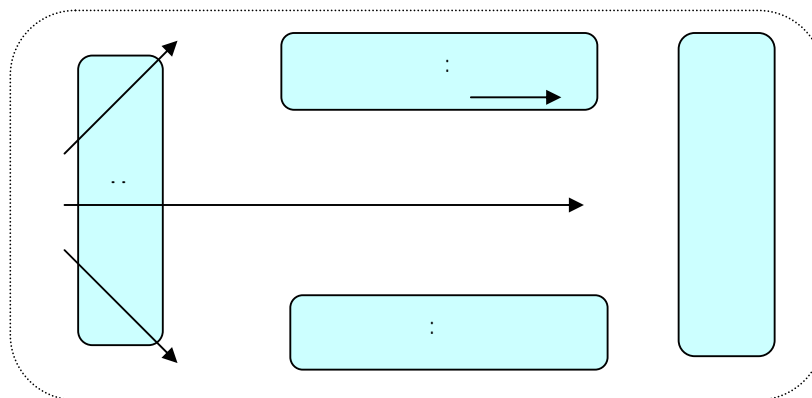
تصویر ۱ - رابطه بین بازار خدمات آموزشی، سرمایه انسانی و فناوری



تصویر ۱ چگونگی انباشت و جریان دانش و تعامل صنعت دانش و صنایع دانش را نشان می‌دهد. صنعت دانش تولیدکننده و عرضه‌کننده دانش به‌طور عام و سرمایه انسانی و فناوری به‌طور خاص هستند. در مقابل، صنایع مبتنی بر دانش تولید کننده و عرضه‌کننده کالاها و خدمات مبتنی بر دانش مورد تقاضای مصرف‌کنندگان جهانی و تقاضاکننده دانش به‌طور عام و سرمایه انسانی و فناوری به‌طور خاص هستند. انباشت سرمایه انسانی تغییر فناوری را که از کنش متقابل صنعت دانش و صنایع مبتنی بر دانش حاصل می‌شود، می‌توان تغییر درونزای فناوری نامید. در مقابل، تغییر تکنولوژی در اثر خرید فناوری جدید از خارج توسط صنایع مبتنی بر دانش بدون پیوند با صنعت دانش داخلی تغییر برونزای تکنولوژی نامیده می‌شود.

صنعت دانش

همچنان که اشاره شد، بنگاههای دانش در کنش رقابتی با یکدیگر صنعت دانش را به وجود می‌آورند. در یک بنگاه دانش حداقل یکی از فعالیتهای تولید دانش، انتقال دانش، توزیع دانش و ترویج دانش انجام می‌شود. در چشم‌انداز کوتاه مدت، این فعالیتها ممکن است در امتداد هم یا به‌طور موازی انجام شوند، اما در چشم‌انداز بلند مدت فعالیتهای دیگر در امتداد فعالیتهای تولید دانش هستند، بدین معنی که ابتدا دانش تولید می‌شود و سپس توزیع، انتقال و ترویج دانش صورت می‌گیرد (تصویر ۲).



تصویر ۲ - رابطه فعالیتهای بنگاه دانش در بلند مدت

الف. تولید دانش

فعالیت‌های مربوط به تولید دانش [۵] در قالب یک پروژه تحقیقاتی سازمان می‌یابند. در واقع، هر پروژه تحقیقاتی یک زیر سیستم از سیستم تولید دانش در بنگاه دانش است که در قالب آن محققان با اندیشه خود داده‌ها، اطلاعات و دانش موجود را ترکیب و به یک کشف^۲ جدید یا دانش جدید تبدیل می‌کنند. لذا، مهم‌ترین نهاده تولید محققان هستند. سرمایه فیزیکی تحقیق و توسعه دیگر نهاده تولید دانش است. سرمایه‌های فیزیکی که در یک بنگاه دانش مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارت‌اند از: ساختمان، کتاب و کتابخانه، تجهیزات آزمایشگاهی، خودرو، رایانه، سیستم اطلاع‌رسانی، تجهیزات عمومی، لوازم مصرفی و غیره.

محصول فرایند تولید دانش در بنگاه دانش کشفی است که در یک دوره معین صورت می‌گیرد. یک پروژه تحقیقاتی فعالیتی از فرایند تولید دانش در درون بنگاه است. گزارش‌های تحقیقاتی، مقالات، کتب و غیره حاملان دانش و ابزارهای ترویج دانش‌اند، نه محصول فرایند تولید دانش، اما معیار خوبی برای سنجش و اندازه‌گیری میزان دانش تولید شده و انتشار یافته می‌توانند باشند، البته به شرط اینکه هر پروژه دارای حداقل یک کشف باشد. اما همیشه این‌گونه نیست. اکثر مقالات، کتب و گزارش‌های تحقیقاتی حاوی دانش و اطلاعات جدید نیستند، از این رو تعداد آنها معادل تعداد اکتشافات یا دانش و اطلاعات تولید شده نیست. تنها می‌توان گفت که دانش و اطلاعات جدید تولید شده در یک بنگاه دانش می‌تواند تابعی از تعداد پروژه‌های اجرا شده یا تعداد مقالات و کتب انتشار یافته در آن دوره و دوره‌های قبل باشد. به نظر می‌رسد که هر چقدر تجربه فعالیت بنگاه دانش بیشتر باشد، پروژه‌های اجرا شده در آن بیشتر به کشف می‌انجامد [رابطه (۱)].

$$\text{DIS} = F(R_t, R_{t-1}, R_{t-2}, \dots, R_{t-n}, y) \quad \text{رابطه (۱)}$$

DIS = تعداد اکتشافات بنگاه در دوره t

R_{t-i} = تعداد پروژه‌های تحقیقاتی در دوره t-i $i=1, 2, \dots, n$
 y = تعداد سال‌های تجربه تحقیقاتی بنگاه

ب. تبدیل دانش

منظور از تبدیل دانش، تبدیل دانش قبلی یا کشف جدید به اختراع^۳، سیاست و تصمیم است. تبدیل دانش جدید مرحله بعد از تولید دانش جدید است. البته، ممکن است شکاف زمانی زیادی بین تولید و تبدیل دانش جدید وجود داشته باشد. کشف ممکن است بلافاصله در چارچوب همان پروژه به اختراع تبدیل شود یا در آینده توسط محققان، مهندسان و مدیران دیگر به اختراع تبدیل شود. بعضی مواقع، اختراع از دانش انباشته شده از طریق یادگیری در بنگاه دانش یا مبتنی بر دانش صورت می‌گیرد. لذا، اختراع تابعی مستقیم از دانش جدید تولید شده یا اکتشافات و تابع غیرمستقیم از تعداد پروژه‌های تحقیقاتی و سال‌های تجربه تحقیقاتی بنگاه به عنوان نماینده یادگیری است. البته، اختراع در دوره t تابعی از اکتشافی اجرا شده در آن و دوره‌های قبل (t-1, t-2, ..., t-n) است؛ یعنی:

- 2 . Discovery
- 3 . Invention

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{INT} = F(D_t, D_{t-1}, D_{t-2}, \dots, D_{t-n}, y)$$

INT = تعداد اختراعات بنگاه در دوره t

$$D_{t-i} = \text{تعداد کشف‌های به عمل آمده در دوره } t-i, \quad i=1, 2, \dots, n$$

y = تعداد سال‌های تجربه تحقیقاتی بنگاه

هر چقدر میزان دانش تولید شده زیاد باشد، تعداد و احتمال اختراع بیشتر می‌شود. پیامد تولید دانش در بنگاه دانش نوآوری است که در بنگاه مبتنی بر دانش صورت می‌گیرد که شرح داده خواهد شد.

مسائل مهم در فرایند تولید دانش در سطح بنگاه، کارایی تخصیص، کارایی فنی، کارایی اقتصادی و در کل، تکنولوژی تولید است که با استفاده از تابع تولید تجزیه و تحلیل می‌شوند. در خصوص تابع تولید بنگاه دانش ادبیات قابل توجهی توسعه نیافته است، اما بعضی مقالات در ارتباط با تابع تولید دانش در سطح اقتصاد کلان وجود دارد که در قالب الگوی رشد درونزا مطرح شده‌اند. در اکثر این الگوها تابع تولید دانش به صورت کاب - داگلاس در نظر گرفته شده است (Diao, Roe and Yeldan, 1999). در نظر گرفتن تکنولوژی تولید به صورت کاب - داگلاس به طور ضمنی بیانگر این موضوع است که نهاده‌های تولید جانشین یکدیگرند. این فرض ممکن است در بلندمدت درست باشد، اما در کوتاه مدت درست نیست، چرا که در یک زمان معین برای انجام دادن یک پروژه تحقیقاتی و ایجاد مقدار معینی از دانش [مثلاً یک کیلو بایت دانش] نسبت معینی از زمان کار دانشکاران و سرمایه فیزیکی مورد نیاز است و نمی‌توان برای دستیابی به همان میزان از دانش، زمان کار محققان را جانشین سرمایه فیزیکی کرد. البته، در بلند مدت ممکن است این کار عملی باشد. با توجه به اینکه دوره تحلیل در این مقاله کوتاه مدت است، تکنولوژی تولید به صورت ضرایب ثابت با سه نهاده تولید متغیر: سرمایه فیزیکی، سرمایه انسانی و موجودی دانش در نظر گرفته می‌شود:

رابطه (۳)

در این رابطه:

$$T = \text{Min}[a_1 R, a_2 H_3, a_3 KN]$$

T = دانش تولید شده در بنگاه دانش است.

R = سرمایه فیزیکی است.

H₃ = سرمایه انسانی نوع سوم مورد استفاده در صنعت دانش است.

KN = دانش موجود است.

ج. تولید سرمایه انسانی

به طور کلی، توانایی‌ها و قابلیت‌های نهادینه شده در وجود انسان [چه جسمی و چه فکری] سرمایه انسانی نامیده می‌شود. در این مفهوم سرمایه انسانی جزئی از مفهوم وسیع‌تر سرمایه غیر قابل لمس یا سرمایه فکری (توانایی‌ها و قابلیت‌های نهادینه شده در نیروی انسانی و ساختارهای یک بنگاه یا یک کشور) است (Hertog and Huizenga, 2000). طبق این تعریف، سرمایه انسانی دارای دو بعد جسمی [یا مادی] و فکری است. بعد مادی با سرمایه‌گذاری در تغذیه، بهداشت و درمان و ورزش ایجاد و بعد فکری در اثر نهادینه شدن دانش [به وسیله آموزش و یادگیری تجربی] در انسان حاصل می‌شود. در اینجا بعد جسمی سرمایه انسانی یکسان در نظر گرفته می‌شود. بحث صرفاً بر روی بعد فکری خواهد بود، لذا در اینجا سرمایه انسانی به طور خلاصه دانش نهادینه شده در انسان تعریف می‌شود. دانش به دو طریق تجربی و آموزش در سه مرحله و در سه سطح در وجود انسانی نهادینه می‌شود و سرمایه انسانی را به وجود می‌آورد. مرحله اول انباشت سرمایه انسانی در خانواده، مرحله دوم انباشت سرمایه انسانی در نظام آموزشی و بنگاه دانش و مرحله سوم انباشت سرمایه انسانی در هنگام کار است [۶]. سرمایه انسانی انباشت شده در مرحله اول نهاده تشکیل سرمایه انسانی در مرحله دوم و سرمایه انسانی انباشت شده در این مرحله نهاده مرحله سوم است.

در مرحله اول، دانش به طور تجربی کسب می‌شود. در مرحله دوم، روش کسب دانش آموزش است و چه بسا یادگیری تجربی نیز وجود دارد. اما در مرحله سوم، روش اصلی کسب دانش یادگیری تجربی در مکان و هنگام کار است. البته، آموزش غیر رسمی نیز در این مرحله وجود دارد. آنچه در اینجا مهم و مورد توجه است، تشکیل سرمایه انسانی در مرحله دوم؛ یعنی در بنگاه دانش است. بنگاه‌های دانش با خط تولید سرمایه انسانی در ایران را به سطوح مختلف می‌توان تقسیم کرد که عبارت‌اند از: مراکز آمادگی و پیش دبستانی، دبستانها، مدارس راهنمایی، دبیرستانها و دانشگاه. تولید دانش [۷] در هر یک از بنگاه‌های دانش یاد شده، علاوه بر دانش نهادینه شده در سطح قبل، به نهاده‌های دیگر مانند مدرسان در سطوح مختلف و سرمایه فیزیکی در هر بنگاه دانش بستگی دارد. به طور معمول، سرمایه فیزیکی مورد استفاده در بنگاه‌های دانش عبارت از ساختمان، وسایل نقلیه، تجهیزات آزمایشگاهی و لوازم مصرفی است. در سطوح ابتدایی، راهنمایی و دبیرستان، کلاس درس نقش اساسی دارد، اما در دانشگاه‌ها علاوه بر ساختمان، تجهیزات آزمایشگاهی نیز اهمیت زیادی دارد.

سناده سیستم تولید سرمایه انسانی در بنگاه دانش مقدار دانشی است که در یک دوره معین (مثلاً یک سال) در وجود تعدادی از افراد نهادینه می‌شود. طبق این تعریف، سناده بنگاه دانش در خط تولید سرمایه انسانی دارای دو بعد است: بعد اول تعداد افرادی است که دانش در وجود آنها نهادینه می‌شود و بعد دوم، مقدار دانشی است که در وجود یک فرد نهادینه می‌شود؛ به عبارت دیگر، حاصل جمع مقدار دانش نهادینه شده در وجود افرادی که در طول یک دوره معین در یک بنگاه دانش، دانش

کسب می کنند، ستاده بنگاه دانش است. با فرض اینکه در یک بنگاه دانش n فرد در طول یک دوره دانش کسب کنند، ستاده سرمایه انسانی بنگاه دانش در آن دوره از رابطه (۴) به دست می آید:

رابطه (۴)

در این رابطه مفهوم متغیرها به شرح زیر است:

$$H_{jt} = \sum_{i=1}^n H_{jih}$$

H_{jt} = مقدار کل دانش نهادینه شده از طریق بنگاه دانش j در سال t

H_{jih} = مقدار دانش نهادینه شده در فرد h در زمان t در بنگاه j

n = تعداد افراد در حال کسب دانش در سال t در بنگاه j

بحث بسیار مشکل در تولید سرمایه انسانی در سطح بنگاه دانش، تکنولوژی تولید است. تکنولوژی تولید به روش و چگونگی ترکیب نهاده‌های تولید مربوط می‌شود. با توجه به چگونگی ترکیب نهاده‌ها می‌توان در تولید سرمایه انسانی دو نوع فناوری تولید را تمیز داد: فناوری تولید با نهاده‌های جانشین و فناوری تولید با نهاده مکمل (تابع تولید با ضرایب ثابت). به نظر می‌رسد که فناوری تولید سرمایه انسانی در کوتاه مدت مکمل و نیمه جانشین و در بلند مدت جانشین [با توجه به پیشرفت تکنولوژی آموزشی] است.

صنایع مبتنی بر دانش

همچنان که اشاره شد، صنایع مبتنی بر دانش صنایعی هستند که از بنگاه‌های مبتنی بر دانش تشکیل شده اند. این بنگاه‌ها محصولات مبتنی بر دانشی را تولید می‌کنند که به سرعت تغییر ماهیت و کیفیت می‌دهند. بنابراین، در یک فضای رقابتی مبتنی بر نوآوری فعالیت می‌کنند. در چنین فضایی بنگاه فرصت لازم را برای دستیابی به مقیاس اقتصادی و رسیدن به حداکثر سود بالقوه ندارد، از این رو هدف خود را کسب و حفظ مزیت رقابتی قرار می‌دهد و فرایند تولید را در چهار گروه فعالیت سازماندهی می‌کند. این فعالیتها مکمل یکدیگر و عبارت‌اند از: کسب دانش، مدیریت دانش، طراحی و ساخت و تولید کالای فیزیکی (قسمت بالایی تصویر ۳). در مقابل، این بنگاه برای انجام دادن هر یک از فعالیت‌های یاد شده به چهار نوع سرمایه انسانی نیاز دارد که عبارت‌اند از (قسمت پایین تصویر ۳):

۱. دانشکاران: دانش آموختگانی که اولاً بتوانند مرزهای جهانی دانش تکنولوژیک را در رشته فعالیت بنگاه بشناسند، ثانیاً بتوانند جدیدترین دانش را کسب کنند و ثالثاً بتوانند دانش تکنولوژیک کسب‌شده را از نظر فنی و مهندسی قابل بهره‌برداری سازند. این گروه از دانش‌آموختگان را دانشکاران می‌توان نامید و از نظر رتبه‌بندی سرمایه انسانی، سرمایه انسانی نوع سوم هستند و اصولاً سطح تحصیلی آنها از کارشناسی‌ارشد به بالاست.

۲. دانش‌آموختگانی که اولاً نیازها و سلیقه‌های مصرف‌کننده جهانی را در خصوص محصولات جدید بشناسند و بدانند که برای برآورده ساختن خواست مصرف‌کنندگان جهانی به چه نوع دانش و چه سطحی از آن نیاز دارند و ثانیاً چگونه می‌توان دانش مورد نیاز را به دست آورد. به این افراد مدیران دانش می‌توان گفت و از نظر رتبه‌بندی سرمایه انسانی، سرمایه انسانی نوع سوم محسوب می‌شوند که حداقل تحصیلات آنها کارشناسی‌ارشد است.

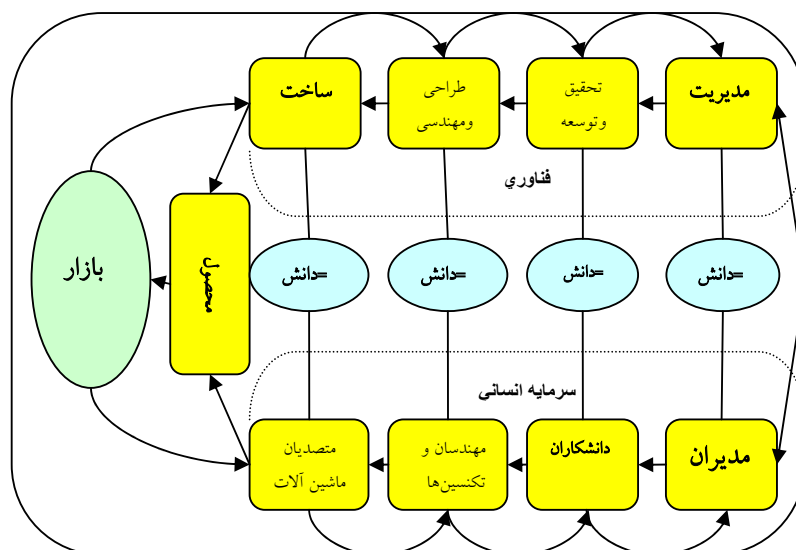
۳. دانش‌آموختگانی که بتوانند دانش تکنولوژیک جدید را به فرایندهای جدید و محصولات جدید مورد تقاضای مصرف‌کنندگان جهانی تبدیل کنند. این افراد همان طراحان و مهندسان هستند که حداقل مدرک تحصیلی آنان دیپلم است. این افراد را سرمایه انسانی نوع دوم می‌توان نامید.

۴. دانش‌آموختگانی که بتوانند با ماشین‌آلات، تجهیزات و ابزارآلات پیچیده کار کنند. این افراد همان متصدیان ماشین‌آلات نوین هستند که سرمایه انسانی نوع اول نامیده می‌شوند و حداقل مدرک تحصیلی دیپلم دارند. در فرایند تولید بنگاه مبتنی بر دانش، سه نوع سرمایه انسانی مذکور مکمل یکدیگرند؛ یعنی برای رسیدن به یک سطح مشخصی از محصول باید انواع سرمایه انسانی مذکور را به یک نسبت ثابت افزایش داد. توانایی کار، بازدهی و کارایی هر نوع سرمایه انسانی در فرایند تولید به سطح دانش نهادینه شده در هر یک از فعالیت‌های بالقوه و مصنوعات مربوط است. تنها وقتی سرمایه انسانی کارا عمل می‌کند که سطح دانش آن معادل سطح فناوری (دانش نهادینه شده در فرایندها و ماشین‌آلات) باشد و اگر کمتر یا بیشتر باشد، بازدهی سرمایه انسانی کاهش می‌یابد [۸].

فرض کنید در زمان T_0 سرمایه انسانی و فناوری بنگاه در هر شغل و فعالیت معین متعادل باشند (قسمت وسط تصویر ۳)، اما مدیران دانش دریابند که سطح تکنولوژی بنگاه در مقایسه با رقبای خود در حال افت است، در نتیجه برای حفظ و بهبود مزیت رقابتی خود در صدد دستیابی به تکنولوژی جدید برآیند و بنابراین، دانش تکنولوژیک جدید تقاضا کنند (بیکانهای رو به چپ در بالای تصویر ۳). آنها از پنج طریق مختلف؛ یعنی یادگیری تجربی، تحقیق در داخل بنگاه، خرید از بنگاه دانش، مهندسی معکوس و خرید دانش از کشورهای پیشرفته می‌توانند دانش تکنولوژیک مورد نیاز خود را کسب کنند (انتظاری، ۱۳۷۹). بنگاه به هر طریقی که دانش تکنولوژیک مورد نیاز خود را کسب کند و مورد بهره‌برداری قرار دهد، تغییر

تکنولوژی در درون بنگاه مبتنی بر دانش اتفاق می‌افتد، اما سرعت، ماهیت و اثرهای تغییر تکنولوژی در اثر روشهای مختلف متفاوت است.

تصویر ۳- رابطه بین بهره برداری از فناوری جدید و سرمایه انسانی (رابطه بین فعالیت



وشغل) در فرایند تولید بنگاه مبتنی بر دانش

یادآوری این نکته لازم است که یادگیری تجربی یک شیوه تولید دانش است که به صورت غیرفکری^۵ و در خط تولید کالاهای فیزیکی^۶ انجام می‌شود. (OECD, 2000) و پیامد تولید دانش در این شیوه بهبود مهارت^۷ در دانش‌آموختگان و قابلیت‌ها^۸ [۹] در بنگاه به طور کلی است. مهارت و قابلیت فردی و سازمانی با پنج نوع یادگیری ایجاد می‌شوند که عبارت‌اند از: یادگیری به وسیله تولید کالاهای پیچیده و ایجاد سیستم‌های پیچیده (Arrow, 1962)، یادگیری به وسیله استفاده از کالاها و سیستم‌های پیچیده در طی زمان (Rosenberg, 1982)، یادگیری به وسیله کنش متقابل بین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان (Lundvall, 1988)، یادگیری در مواجهه با مسائل جدید در فرایند تولید (Von Hippel and Tyre, 1995) و یادگیری سازمانی (Senge, 1990). یک بنگاه مبتنی بر دانش ممکن است از چند روش یادگیری به طور همزمان استفاده کند. کسب دانش به روش یادگیری تجربی بسیار کند صورت می‌گیرد، لذا اگر تنها به این شیوه اکتفا شود، سرعت تغییر تکنولوژی بسیار کند خواهد بود و بنگاه به مرور توانایی رقابت را از دست خواهد داد. با این حال، یادگیری تجربی اساس مزیت رقابتی و شرط لازم برای کسب دانش از طرق دیگر است.

خرید دانش از بنگاه دانش [۱۰] مهم‌ترین شیوه کسب دانش است. در این شیوه بنگاه مبتنی بر دانش، دانش تکنولوژیک مورد نیاز خود را به صورت اکتشاف یا اختراع از بنگاه دانش خریداری می‌کند. در این شیوه آنچه اهمیت پیدا می‌کند، نوآوری^۹ [۱۱] است. فرایند تبدیل اختراع یا یک ایده جدید به یک محصول جدید را که با قیمت سودآور در بازار فروخته می‌شود، نوآوری گویند. نوآوری در تمام سطوح تکنولوژی قابل اجراست. نوآوری‌ها می‌توانند از تکنولوژی بسیار پیشرفته مانند پزشکی لیزری تا تکنولوژی بسیار ساده مانند یک کارت دست ساز متغیر باشند. نوآوری را بر مبنای دو معیار تازگی و ایجاد ارزش می‌توان به نوآوری افزایشی، نوآوری اساسی و نوآوری تبدیلی تقسیم کرد. نوآوری افزایشی بسیار عمومی است و بیانگر بعضی تغییرات در محصول یا فرایند موجود است که دارای ارزش بازاری است. در واقع، نوآوری افزایشی مسبوق به سابقه است. نوآوری اساسی بیانگر تغییرات اساسی در محصول یا فرایند موجود است که دارای تازگی و ارزش بازاری بسیاری است. در مقابل، نوآوری تبدیلی کمتر عمومی است و بیانگر معرفی محصول یا فرایند کاملاً جدید است که دارای ارزش بازاری بسیار بالاست. همچنان که مشهود است، با حرکت از نوآوری افزایشی به نوآوری تبدیلی، درجه

5. Nondeliberate
6. On line
7. Skill
8. Competencies
9. Innovation

تازگی محصول یا فرایند و ارزش بازاری بالقوه محصول [هم برای مصرف کننده و هم برای نوآور] افزایش می‌یابد. ممکن است بنگاه اختراعی را خریداری کند یا اختراعی را انجام دهد، ولی نتواند به‌موقع آن را به نوآوری تبدیل سازد. لذا تعداد نوآوری‌ها در یک بنگاه، در یک صنعت یا در یک کشور، کمتر از تعداد اختراعات در آن بنگاه، صنعت و کشور است. فقط قسمت کوچکی از اختراعات به نوآوری تبدیل می‌شوند و همچنین، تنها تعداد اندکی از اختراعات ثبت می‌شوند و تعداد نوآوری‌های ثبت شده از آن هم کمتر است. در دنیای واقعی از انبوه اختراعات صورت‌گرفته تعداد محدودی به نوآوری ختم می‌شود. باتوجه به این بحث، تعداد نوآوری‌ها تابعی از اختراعات به وجود آمده در صنعت دانش است و هر چقدر تعداد اختراعات بیشتر باشد، تعداد و احتمال نوآوری بیشتر می‌شود و در این زمینه نیز وقفه زمانی وجود دارد، بدین معنی که اختراعات دوره t لزوماً در همان دوره به نوآوری تبدیل نمی‌شوند، بلکه در دوره‌های بعدی ممکن است به نوآوری منجر شوند. لذا نوآوری و اختراع در یک دوره معین معادل و متناظر هم نیستند، بلکه نوآوری در دوره t تابعی از اختراعات در دوره‌های قبل است.

$$\text{رابطه (۵)} \quad \text{INN}_t = F(\text{IN}_t, \text{IN}_{t-1}, \text{IN}_{t-2}, \dots, \text{IN}_{t-n})$$

نوآوری پیامد و نقطه پایان فرایند تولید دانش و اساسی‌ترین روش تغییر تکنولوژی است. این روش مصداق تغییر درونزای تکنولوژی است.

دو راه دیگر کسب دانش و تغییر تکنولوژی خرید کالاهای سرمایه‌ای و انجام دادن مهندسی معکوس بر روی آنها و خرید لیسانس است که برای اجتناب از طولانی شدن مقاله از تشریح آن اجتناب می‌شود.

با تغییر تکنولوژی در فرایند تولید و ساخت محصول در بنگاه مبتنی بر دانش (افزایش سطح دانش)، تعادل دانش در بنگاه مبتنی بر دانش به هم می‌خورد و دانش نهادینه شده در مصنوعات بیشتر از دانش نهادینه شده در انسانها می‌شود. لذا، بنگاه به سرمایه انسانی بیشتر نیاز پیدا می‌کند، اما ماهیت نیاز متفاوت است. در حالت تغییر تکنولوژی از طریق مهندسی معکوس و خرید لیسانس عمدتاً به مهندسان، تکنسین‌ها و متصدیان جدید یا ارتقا یافته نیاز پیدا می‌شود، در حالی که اگر تغییر تکنولوژی در اثر نوآوری باشد، علاوه بر نیاز به مهندسان، تکنسین‌ها و متصدیان جدید یا ارتقا یافته، به محققان جدید یا ارتقا یافته نیز نیاز خواهد بود.

این بحث نشان می‌دهد که فناوری جدید و سرمایه انسانی جدید لازم و ملزوم یکدیگرند. در واقع، برای رشد و پیشرفت بنگاه مبتنی بر دانش، تغییر فناوری و سرمایه انسانی مکمل یکدیگرند؛ یعنی با پیشرفت فناوری در صنایع، اشتغال دانش‌آموختگان در آنها افزایش می‌یابد.

با توجه به این بحث نظری می‌توان گفت که فناوری تولید در بنگاه مبتنی بر دانش از نوع ضرایب ثابت است که در آن ستاده بنگاه مبتنی بر دانش تابعی از نهاده‌های مرسوم سرمایه فیزیکی و نیروی انسانی و نهاده‌های مدرن؛ یعنی سرمایه انسانی و دانش تکنولوژی است. مهم‌ترین نهاده‌های تولید در بنگاه مبتنی بر دانش انواع سرمایه انسانی و دانش تکنولوژی است. سرمایه انسانی بر سه نوع است: ۱. سرمایه انسانی که در فعالیتهای تولید و جذب دانش تکنولوژی جدید مورد استفاده قرار می‌گیرد (H_3)، ۲. سرمایه انسانی که در فعالیتهای طراحی و مهندسی مورد بهره برداری قرار می‌گیرد (H_2) و ۳. سرمایه انسانی که در تولید محصول به کار گرفته می‌شود (H_1) [۱۲]. بنابراین، تابع تولید در بنگاه مبتنی بر دانش را می‌توان به صورت رابطه ۶ نوشت:

رابطه (۶)

$$Y = \text{MIN} \{A_1 H_1, A_2 H_2, A_3 T, A_4 I\}$$

سرمایه انسانی نوع سوم در قالب تغییر درونزای تکنولوژی؛ یعنی T_e وارد تابع تولید می‌شود. همچنان که در قسمت صنعت دانش اشاره شد، تغییر درونزای تکنولوژی نیز از تابع تولید با ضرایب ثابت پیروی می‌کند؛ یعنی:

رابطه (۷)

در این رابطه R سرمایه فیزیکی در تحقیق و توسعه، H_3 سرمایه انسانی نوع سوم، M تغییر برونزای تکنولوژی و T تغییر کل تکنولوژی هستند.

در تکنولوژی تولید با ضرایب ثابت، روابط همزمان و متقابل بین نهاده‌ها با یکدیگر و با ستاده را به صورت ماتریس ۱

$$T_e = \text{MIN} \{B_1 R, B_2 H_3\}$$

$$T = M + T_e$$

می‌توان نشان داد. در این ماتریس aij میزان اثر نهاده j بر استفاده از نهاده i است. سطر اول بیانگر نهاده‌ها و ستانده در مقام متغیر مستقل و ستون اول بیانگر نهاده‌ها و ستانده در مقام متغیرهای وابسته هستند. سطرهای ۲ تا ۵ ضرایب توابع بهره‌برداري از هر یک از نهاده‌ها را نشان می‌دهند، در حالی که سطر ششم ضرایب تابع تولید را بیان می‌کند. گفتنی است که

این ماتریس با ماتریس همبستگی متفاوت است، چرا که نشان دهنده روابط علی است. در قسمت بعد روش تخمین این ضرایب بیان خواهد شد.

ماتریس ۱- ضرایب توابع تقاضا و تولید با ضرایب ثابت

Y	I	R	H _r	H _r	H _۱	
a ^{۱۶}	a ^{۱۵}	a ^{۱۴}	a ^{۱۳}	a ^{۱۲}	۱	H _۱
a ^{۲۶}	a ^{۲۵}	a ^{۲۴}	a ^{۲۳}	۱	۱/a ^{۱۲}	H _۲
a ^{۳۶}	a ^{۳۵}	a ^{۳۴}	۱	۱/a ^{۲۳}	۱/a ^{۱۳}	H _۳
a ^{۴۶}	a ^{۴۵}	۱	۱/a ^{۳۴}	۱/a ^{۲۴}	۱/a ^{۱۴}	R
a ^{۵۶}	۱	۱/a ^{۴۵}	۱/a ^{۳۵}	۱/a ^{۲۵}	۱/a ^{۱۵}	I
۱	۱/a ^{۵۶}	۱/a ^{۴۶}	۱/a ^{۳۶}	۱/a ^{۲۶}	۱/a ^{۱۶}	Y

محاسبات و برآوردها

برای تخمین ماتریس ضرایب یاد شده، ابتدا باید میزان موجودی انواع سرمایه انسانی را در هر بنگاه مبتنی بر دانش محاسبه کرد. موجودی انواع سرمایه انسانی در یک بنگاه وابسته به تعداد دانش‌آموختگان در سطوح مختلف تحصیلی، میزان دانش کسب شده به وسیله هر دانش‌آموخته از طریق آموزش در بنگاه دانش و میزان دانش کسب شده هنگام کار در بنگاه مبتنی بر دانش است. دانش کسب شده در بنگاه دانش به مدت زمان تحصیل (Si) و دانش کسب شده در هنگام کار به مدت تجربه کاری (n) وابسته است. قدم اول برای محاسبه موجودی سرمایه انسانی در بنگاه مبتنی بر دانش تعیین فرمول محاسبه است. برای این منظور، فرصت کنید سرمایه انسانی اولیه یک فرد در ابتدای سن مدرسه [h(0)] باشد. اگر این فرد وارد مدرسه شود و بازدهی آموزشی او r_۱ (بازدهی پولی) باشد، میزان سرمایه انسانی نهادینه شده در وجود وی در طول یک سال تحصیلی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$h(1)=h(0)+r_1h(0)=h(0)[1+r_1]$$

به همین ترتیب، سرمایه انسانی نهادینه شده در وجود وی در سالهای ۲، ۳، ...، s به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$h(2)=h(1)+r_1h(1)=h(1)[1+r_1]= h(0)[1+r_1] [1+r_1]$$

$$h(3)=h(2)+r_1h(2)=h(2)[1+r_1]= h(0)[1+r_1] [1+r_1] [1+r_1]$$

.....

$$h(s)=h(s-1)+r_1h(s-1)=h(s-1)[1+r_1]= h(0)[1+r_1] ^s$$

این رابطه هنگامی که زمان به طور پیوسته در نظر گرفته شود، به صورت زیر در می‌آید:

هنگام شروع به کار میزان موجودی سرمایه انسانی در وجود یک فرد با s سال تحصیل، h(s) خواهد بود. اگر نرخ بازدهی از یادگیری در هنگام کار r_۲ باشد، میزان سرمایه انسانی نهادینه شده در وجود وی در اثر یادگیری هنگام کار در

$$h(s) = h(0) e^{r_1 s}$$

طول یک سال از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$h(s+1)=h(s)+r_2h(s)=h(s)[1+r_2]$$

به همین ترتیب، سرمایه انسانی نهادینه شده در وجود وی در سالهای ۲، ۳، ...، n به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$h(s+2)=h(s+1)+r_2h(s+1)=h(s+1)[1+r_2]= h(s)[1+r_2] [1+r_2]$$

$$h(s+3)=h(s+2)+r_2h(s+2)=h(s+2)[1+r_2]= h(s)[1+r_2] [1+r_2] [1+r_2]$$

.....

$$h(s+n)=h(s+n-1)+r_2h(s+n-1)=h(s+n-1)[1+r_2]= h(s)[1+r_2] ^n$$

در اینجا نیز اگر زمان به طور پیوسته در نظر گرفته شود، رابطه مذکور را این چنین می‌توان نوشت:

با جایگزین معادل $h(s)$ در رابطه بالا می‌توان تابع نمایی (۸) را به عنوان تابع عمومی انباشت سرمایه انسانی در وجود

$$h(s, n) = h(s)e^{r_2 n}$$

یک فرد در طول زندگی به دست آورد:

رابطه (۸)

$$h(s, n) = h(0)e^{r_1 s + r_2 n}$$

در نهایت، با ضرب تعداد دانش آموختگان در سرمایه انسانی متوسط می‌توان سرمایه انسانی کل را در هر نوع سرمایه انسانی به دست آورد.

برای محاسبه موجودی انواع سرمایه انسانی در یک بنگاه مبتنی بر دانش، دانش آموختگان شاغل در آن را بر مبنای سطح تحصیل به سه گروه تقسیم می‌کنیم: ۱. دانش آموختگان با مدارک دیپلم و زیر دیپلم (N1) که متوسط سالهای تحصیل آنها با S1 نشان داده می‌شود، ۲. دانش آموختگان با مدرک فوق دیپلم و کارشناسی (N2) که متوسط سالهای تحصیل آنها با S2 نشان داده می‌شود و ۳. دانش آموختگان با مدارک کارشناسی ارشد و دکترا (N3) که متوسط سالهای تحصیل آنها با S3 نشان داده می‌شود. فرض کنید متوسط تجربه برای هر یک از گروههای یاد شده یکسان و معادل n باشد. کاملاً مشهود است که برای محاسبه میزان موجودی انواع سرمایه انسانی در بنگاه مبتنی بر دانش ابتدا باید متوسط طول تحصیل و متوسط تجربه را محاسبه کرد.

سطح تحصیل	مدت تحصیل	تعداد شاغلان	فرمول محاسبه
ابتدایی	۵	W1	N1=W1+W2+W3
راهنمایی	۸	W2	S1=5(W1/N1)+8(W2/N1) (W3/N1) +12
متوسطه	۱۲	W3	H1=N1.h1(s1,n)
فوق دیپلم	۱۴	W4	N2=W4+W5
کارشناسی	۱۶	W5	S2=14(W4/N2)+16(W5/N2) 2)
کارشناسی ارشد	۱۸	W6	N3=W6+W7
دکترا	۲۲	W7	S3=18(W6/N3)+22(W7/N3) 3)
			H3=N3.h3(s3,n)

با استفاده از این توابع و با توجه به مقادیر نهاده های سالهای تحصیل (s) و سالهای تجربه (n) به عنوان متغیرهای مستقل و نرخ بازدهی آموزشی (r_1) و نرخ بازدهی یادگیری (r_2) به عنوان پارامتر، می‌توان متوسط سرمایه انسانی در وجود یک فرد با تجربه کاری و طول تحصیل معین را محاسبه کرد و با ضرب تعداد دانش آموخته آموزش عالی در متوسط سرمایه انسانی، موجودی سرمایه انسانی در هر نوع سرمایه انسانی را به دست آورد. اما میزان بازدهی هر سال تحصیل (r_1) و بازدهی یادگیری به وسیله انجام دادن (r_2) نیز در بنگاههای صنعتی ایران نامشخص است. در اینجا برای محاسبه آنها از تابع تولید کاب-داگلاس با استفاده از یک سری فروض که به دلیل نبودن داده‌ها در نظر گرفته شده است، به صورت زیر استفاده شده است:

در این رابطه، z ارزش افزوده کارگاه صنعتی، C مقدار ثابت، RD سرمایه تحقیق و توسعه، R سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، K سرمایه فیزیکی، I سرمایه‌گذاری در سرمایه فیزیکی، L نیروی انسانی، C3 سایر عوامل، E عدد نپر و U جمله اختلال است. فروض در نظر گرفته شده عبارت‌اند از:

۱. سرمایه‌گذاری در سرمایه فیزیکی متناسب با موجودی سرمایه فیزیکی انجام شده است. ۲. سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه متناسب با سرمایه تحقیق و توسعه صورت گرفته است.

$$Z = CL^\alpha R^\beta I^\gamma E^{r_1s+r_2n} E^U$$

$$I = c_1k, R = c_2RD, C = (1/c_1c_2)c_3$$

تابع مذکور با استفاده از داده‌های مقطعی حدود ۱۴ هزار کارگاه صنعتی به روش OLS تخمین زده شده و نتیجه به صورت زیر است. نتیجه تخمین نشان می‌دهد که بازدهی هر سال آموزش ۸,۵ درصد و بازدهی یادگیری در هنگام کار ۱/۷ درصد است.

نکته قابل توجه دیگر در تخمین ماتریس ضرایب ۱ این است که خرید سرمایه فیزیکی از خارج (M) به عنوان نماینده تغییر تکنولوژی برونزا، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه (R) و سرمایه انسانی نوع سوم (H₃) به عنوان نماینده تغییر درونزای تکنولوژی در نظر گرفته شده است. در تخمینها از داده‌های مقطعی ۸۵۰ بنگاه صنعتی که از میان ۱۴ هزار کارگاه صنعتی سرشماری در سال ۱۳۷۶ توسط مرکز آمار انتخاب شده‌اند، استفاده شده است. اینها کارگاههایی بودند که مخارج تحقیق و

$$Y = 442713 L^{0.92} R^{0.12} I^{0.118} E^{0.085} S^{+0.017} n$$

$$t = 51.03, \dots, 42.16, 9.3, 9.4, \dots, 4.8, \dots, 3$$

$$R^2 = 0.885, F = 1288.7, N = 13975$$

توسعه آنها حداقل ۱ درصد از ارزش افزوده آنها بود و حداقل پنج نفر دانش‌آموخته آموزش عالی در آنها شاغل بودند.

نتایج تخمین ماتریس ضرایب ۱ که به صورت تک معادله (یک معادله از سیستم معادلات) و به روش OLS انجام شده است، در ماتریس ۲ نشان داده شده است. همچنان که از این ماتریس مشهود است، بجز اثر ارزش افزوده و تغییر برونزای فناوری بر بهره‌برداری از سرمایه انسانی نوع سوم، اثر سرمایه انسانی نوع سوم بر خرید سرمایه فیزیکی از خارج و ارزش افزوده و در نهایت، اثر تغییر برونزای تکنولوژی بر ارزش افزوده؛ یعنی ارقام سایه دار، سایر ضرایب معنی‌دار هستند.

ماتریس ۲- تخمین ضرایب ماتریس نشان داده شده در ماتریس ۱

		H1	H2	H3	I	R	M	Y	R2	F
H1	C		7.3368	16.7498	0.1774	-1.7961	-0.2092	0.0209	0.9075	558.74
	sig		0.0000	0.0001	0.0000	0.0054	0.0115	0.0000		0.0000
H2	C	0.3402		6.4025	0.0839	0.7283	-0.0722	0.0047	0.9421	944.34
	sig	0.0000		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		0.0000
H3	C	0.0426	0.3515		-0.0048	0.1107	0.0055	0.0001	0.7176	127.05
	sig	0.0001	0.0000		0.0055	0.0007	0.1913	0.3805		0.0000
I	C	7.3979	75.4615	-79.3285		-	8.6430	0.0589	0.9242	700.29
	sig	0.0000	0.0000	0.0000		29.1158	0.0000	0.0055		0.0000
R	C	-0.214	1.8785	5.2008	-0.0835		0.0680	0.0051	0.5876	63.11
	sig	0.0054	0.0000	0.0007	0.0000		0.0176	0.0000		0.0000
M	C	-1.524	-	15.6517	1.5099	4.1408		-0.0023	0.7366	141.96
	sig	0.0115	11.3421	0.1913	0.0000	0.0176		0.6881		0.0000
Y	C	227.50	1093.81	406.2	15.3713	463.86	-3.4772		0.9270	730.8
	sig	0.0000	0.0000	0.3805	0.0000	0.0000	0.6881			0.0000

برای کنترل نتایج به دست آمده در ماتریس ۲ و بررسی رابطه بعضی متغیرهای دیگر لحاظ نشده در سیستم معادلات در ماتریس ۱، از تحلیل ضریب همبستگی نیز استفاده شده است. ماتریس ۳ ضریب همبستگی بین متغیرهای تعداد کارگران غیرماهر (L1)، تعداد کارگران ماهر (L2)، تعداد تکنسین‌ها (L3)، تعداد مهندسان (L4)، تعداد کارکنان دفتری (L5)، میزان سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه (R)، میزان سرمایه‌گذاری در سرمایه فیزیکی (I)، میزان خرید کالاهای سرمایه‌ای از خارج (M) و میزان مخارج آموزشی در داخل بنگاه (E1) را نشان می‌دهد. همچنان که از این ماتریس مشهود است، بیشترین همبستگی بین اشتغال مهندسان و تکنسین‌ها برقرار است. اشتغال کارگران غیرماهر و ماهر بالاترین همبستگی را به ترتیب با اشتغال کارکنان دفتری، سرمایه‌گذاری در سرمایه فیزیکی و مهندسان دارد. اشتغال مهندسان و تکنسین‌ها بیشترین همبستگی را با سرمایه‌گذاری و اشتغال کارکنان دفتری دارد. سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه بیشترین همبستگی را به ترتیب با کارگران ماهر، مهندسان و کارکنان دفتری دارد، اما ضرایب همبستگی‌شان پایین‌تر از ۰.۵ است.

در مجموع، از تخمینهای مذکور نتایج زیر را می‌توان استخراج کرد:

۱. سه سطح سرمایه انسانی مکمل یکدیگرند؛ یعنی برای افزایش تولید به یک میزان معین محصول، باید هر سه نوع سرمایه انسانی را به یک نسبت ثابت افزایش داد؛ به عبارت دیگر، برای افزایش تقاضای یک نوع سرمایه انسانی باید تقاضا برای سایر انواع سرمایه انسانی را به یک نسبت معین افزایش داد.
۲. افزایش مخارج تحقیق و توسعه و خرید کالاهای سرمایه‌ای از خارج [به‌عنوان نمایندگان تغییر تکنولوژی]، استفاده از سرمایه انسانی نوع اول را کاهش می‌دهد؛ به عبارت ساده‌تر، وقتی که بنگاه مخارج تحقیق و توسعه خود را برای کسب دانش جدید افزایش می‌دهد، بهره‌برداری از نیروی انسانی با مدرک دیپلم و زیر دیپلم را کاهش می‌دهد.
۳. با افزایش خرید کالاهای سرمایه‌ای از خارج [به‌عنوان نماینده تغییر برونزای تکنولوژی]، بهره‌برداری از سرمایه انسانی نوع دوم نیز کاهش می‌یابد.
۴. با افزایش سرمایه‌گذاری فیزیکی تقاضا برای سرمایه انسانی نوع دوم کاهش می‌یابد.
۵. سرمایه انسانی نوع دوم (دانش آموختگان فوق دیپلم و کارشناسی) بیشترین اثر را بر ارزش ستانده کارگاه‌های صنعتی دانش بر دارد.
۶. نتایج مکمل اینکه استخدام مهندسان با استخدام کارگران ساده و ماهر همبستگی بالایی دارد. همبستگی سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و استخدام کارگران ساده بسیار ضعیف است. همبستگی سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه با استخدام افرادی با مدرک زیر دیپلم ضعیف، اما همبستگی آن با استخدام افرادی با مدرک بالایی دیپلم قوی است. درخصوص اثر سرمایه انسانی نوع سوم و خریدهای خارجی بر ارزش ستانده نمی‌توان اظهار نظر کرد.

ماتریس ۳- ضرایب همبستگی

Correlations		L1	L2	L3	L4	L5	R	I	M	E1
L1	Pearson Correlation	1.0000	0.4690	0.4672	0.6212	0.6907	0.1685	0.6719	0.3271	0.1778
	Sig. (2-tailed)	.	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
L2	Pearson Correlation	0.4690	1.0000	0.5189	0.6173	0.7652	0.4206	0.5797	0.3639	0.5330
	Sig. (2-tailed)	0.0000	.	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
L3	Pearson Correlation	0.4672	0.5189	1.0000	0.8072	0.5973	0.2700	0.6555	0.3327	0.3247
	Sig. (2-tailed)	0.0000	0.0000	.	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
L4	Pearson Correlation	0.6212	0.6173	0.8072	1.0000	0.6985	0.3637	0.7510	0.3820	0.3863
	Sig. (2-tailed)	0.0000	0.0000	0.0000	.	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
L5	Pearson Correlation	0.6907	0.7652	0.5973	0.6985	1.0000	0.3115	0.8056	0.4587	0.5279
	Sig. (2-tailed)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R	Pearson Correlation	0.1685	0.4206	0.2700	0.3637	0.3115	1.0000	0.2568	0.1583	0.2259

	Sig. (2-tailed)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
I	Pearson Correlation	0.6719	0.5797	0.6555	0.7510	0.8056	0.2568	1.0000	0.6955	0.4176
	Sig. (2-tailed)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	0.0000	0.0000
M	Pearson Correlation	0.3271	0.3639	0.3327	0.3820	0.4587	0.1583	0.6955	1.0000	0.3193
	Sig. (2-tailed)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	0.0000
E1	Pearson Correlation	0.1778	0.5330	0.3247	0.3863	0.5279	0.2259	0.4176	0.3193	1.0000
	Sig. (2-tailed)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.

نتیجه‌گیری

در مقدمه اشاره شد که مهم‌ترین انتقاد از نظام آموزش عالی ایران این است که دانش‌آموختگان آموزش عالی نه تنها ظرفیت ساز و کار آفرین نیستند، بلکه توانایی یافتن شغل مناسب را نیز ندارند. در این مقاله بحث شد که این مسئله علل و خاستگاه‌های گوناگونی می‌تواند داشته باشد و صرفاً به نظام آموزش عالی مربوط نمی‌شود و تنها یک بعد آن در نظام آموزش عالی می‌تواند باشد. فرضیه اولیه مقاله این بود که علت اصلی مسئله، پایین بودن سطح تکنولوژی در فعالیتهای اقتصادی است. این فرضیه با استفاده از نظریه اقتصاد مبتنی بر دانش بیشتر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و این نتیجه نظری به عنوان یک فرضیه حاصل شد که در فرایند تولید کالا و خدمات مبتنی بر دانش، میزان اشتغال دانش‌آموختگان آموزش عالی به عنوان سرمایه انسانی عالی با تغییر تکنولوژی رابطه مثبت دارد.

از آزمون این فرضیه این نتیجه را می‌توان ارائه داد که بهره برداری از سرمایه انسانی و فناوری در بنگاه‌های مبتنی بر دانش ایران، لازم و ملزوم یکدیگرند. بنابراین، برای افزایش بهره‌وری تولید و رشد ارزش افزوده در صنایع مبتنی بر دانش ایران، سرمایه‌گذاری در انباشت‌یکمی باید متناسب و در راستای سرمایه‌گذاری در انباشت دیگری باشد. بنابراین، لازمه بهبود اشتغال دانش‌آموختگان آموزش عالی (افرادی با مدرک فوق دیپلم، کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا) در صنایع مبتنی بر دانش ایران، افزایش سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و سایر عوامل مؤثر بر تغییر فناوری است. در حالی که با افزایش سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، اشتغال افراد با مدرک دیپلم و زیر دیپلم در صنایع مبتنی بر دانش با مشکل مواجه می‌شود. از آنجایی که با افزایش اشتغال دانش‌آموختگان آموزش عالی در صنایع مبتنی بر دانش، اشتغال افراد دیپلم و زیر دیپلم بهبود می‌یابد، اثر سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه بر اشتغال نیروی کار زیر دیپلم و دیپلم در صنایع مبتنی بر دانش در ابهام باقی می‌ماند. برای رفع این ابهام باید از الگوی دیگری مانند الگوی معادلات ساختاری (لیزرل) استفاده کرد، لذا به محققان در این حوزه پیشنهاد می‌شود که فرضیه مطرح شده در این مقاله و ابهام به وجود آمده در ارتباط با نیروی کار زیر دیپلم و دیپلم را با استفاده از الگوی جدید و با استفاده از داده‌های جدید بررسی کنند.

یادداشتها

[۱] نمونه‌گیری از ویژگی‌های اشتغال و بیکاری خانوار در بهار سال ۱۳۸۴ نشان می‌دهد که در این سال حدود ۱۳ درصد از دانش‌آموختگان آموزش عالی بیکار بودند. وب سایت مرکز آمار، پایگاه اطلاعاتی نشریات مرکز آمار ایران.

[۲] شایان ذکر است که در سیستم فکری نئوکلاسیک هدف یک بنگاه حداکثر سود و معیار رقابت قیمت است، در حالی که در سیستم فکری اقتصاد مبتنی بر دانش هدف کسب و حفظ مزیت رقابتی و معیار رقابت نوآوری است.

[۳] بانک اطلاعاتی نتایج طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر سال ۱۳۷۶ مرکز آمار ایران، فروخته شده به مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی در سال ۱۳۸۰.

[۴] پارک (Park, 2000) صنایعی را که ستاده‌های آنها دانش باشد، صنایع دانش و صنایعی را که ستاده آنها اساساً به دانش وابسته باشد، صنایع مبتنی بر دانش می‌نامد. به نظر وی صنایع دانش و صنایع مبتنی بر دانش در رابطه متقابل با یکدیگر اقتصاد مبتنی بر دانش را به وجود می‌آورند.

[۵] در یک نظام اقتصادی مدرن دانش به دو شیوه تولید می‌شود که عبارت‌اند از: ۱. یادگیری در خط تولید کالا و خدمات: این شیوه تولید عمدتاً ناخودآگاه است و یک محصول فرعی از تولید کالا و خدمات عادی است که در صنایع سنتی و مبتنی بر دانش شکل می‌گیرد. ۲. تحقیق و توسعه: در این شیوه دانش به طور سیستماتیک در خارج از خط تولید محصولات

عادي[حتي در خارج از بنگاه مبتني بر دانش] توليد مي شود. اين شيوه از روش علمي يا تكنولوجييك
بيروي مي كند و در آن اساس توليد دانش جديد انديشه انساني است كه در چارچوب يك پروژه تحقيقاتي شكل مي
گيرد(OECD,2000).

[۶] در هر مرحله دو عامل در تشكيل سرمايه انساني در وجود فرد مؤثر است، يكي از آنها هوش و استعداد طبيعي است كه
با تغذيه مناسب و مطلوب بهبود پيدا مي كند. اين عامل براي فرد ثابت است و با معيار آي.كيو (IQ) اندازه گيري مي شود.
عامل ديگر ميزان كوششي است كه فرد براي يادگيري مي كند. كوشش يادگيري فرد از دو بعد وسعت كوشش و شدت كوشش
قابل بررسي است. وسعت كوشش به مدت زمان تلاش براي يادگيري اطلاق مي شود، اما شدت كوشش بيانگر كيفيت تلاش
يادگيري در يك مدت معين يادگيري است. شدت كوشش يادگيري به كيفيت محيط يادگيري اعم از خانواده، مؤسسه آموزشي و
مكان كار وابسته است.

[۷] دانش نهادينه شده در فكر انسان در اثر آموزش داراي دو بعد است: وسعت دانش نهادينه شده (محتواي دانش) و شدت
دانش نهادينه شده. وسعت دانش نهادينه شده بيانگر تعداد موضوعاتي از دانش در يك زمينه خاص است كه فرد كسب مي كند
و شدت دانش نهادينه شده نشان دهنده عمق فهم فرد از موضوعي خاص از دانش است(Kim and Lee, 1999). ميزان
دانش نهادينه شده در وجود يك فرد از طريق آموزش، معادل حاصل ضرب وسعت و شدت دانش نهادينه شده است.

[۸] اين موضوع در ادبيات اقتصاد آموزش با عناوين آموزش بيش از اندازه
(overeducation) و آموزش كمتر از اندازه(undereducation) مورد بحث قرار مي گيرد. براي اطلاع بيشتر به (Tsang
and Levin, 1985) و (Beneito and et al., 2000) مراجعه شود.

[۹] قابليت (ظرفيت) قسمتهايي از حوزه هاي دانش است كه در كنار هم اداي وظيفه اي خاص در يك سازمان هستند، مانند
طراحي محصول، كنترل هزينه يا تعمير و نگهداري ماشين آلات؛ به عبارت دقيق تر، حوزه هايي از دانش كه ارزش افزوده
ايجاد مي كند و مزيت رقابتي را بسط مي دهد. قابليت عموماً از تركيب زير مجموعه هايي از حوزه هاي دانش شكل گرفته
است كه خود حوزه ديگري از دانش هستند. براي اطلاع بيشتر در زمينه قابليت به هر توگ و هوبزنگا (Hertong and
Huizenga, 2000) مراجعه شود.

[۱۰] گفنتي است كه بنگاه دانش ممكن است به طور عمودي به بنگاه مبتني بر دانش متصل باشد كه در اين حالت خريد دانش
به صورت سرمايه گذاري در تحقيق و توسعه يا توليد دانش نمود پيدا مي كند.

[۱۱] بعضي وقتها اختراع و نوآوري يكسان در نظر گرفته مي شوند، اما اين گونه نيست. ساخت و ايجاد هر چيز جديدي
اختراع است و يك اختراع تنها وقتي نوآوري است كه به قيمت سودمندي در بازار فروخته شود و به توليد انبوه برسد.

[۱۲] شايدان ذكر است كه سرمايه انساني نوع سوم عمدتاً به فرادي با مدرك تحصيلي دكتر و كارشناسي، سرمايه انساني
نوع دوم عمدتاً به فرادي با مدرك تحصيل كارشناسي و فوق ديپلم و سرمايه انساني نوع اول عمدتاً به فرادي با مدرك
تحصيلي ديپلم و پايين تر مربوط مي شود.

منابع

الف. فارسي

۱. انتظاري، يعقوب(۱۳۸۰)؛ «ارزشيابي تمايل شركت ها به كسب دانش از دانشگاه با استفاده از مطلوبيت چند صفتي:
مطالعه موردی شرکتهای صنعت الکترونیک»؛ فصلنامه پژوهش و برنامه ریزی در آموزش عالی، شماره ۲۱، پاییز.
۲. وحیدی، پریدخت(۱۳۷۸)؛ «بررسی نقش تحولات علمي و فناوري در وضعيت بازار كار»؛ مؤسسه كار و تأمين
اجتماعي، زمستان.

ب. لاتين

1. Arrow, K. (1962); "The Economic Implications of Learning by Doing"; Review of Economic Studies, 29(2), pp. 155-73.
2. Autor, David, Lawrence F. Katz and Alan B. K. Rueger (1997); "Computing Inequality: Have Computers Changed the Labor Market?"; NBER Working Paper, No. 5956.
3. Bartel, A. and N. Sicherman (1998); "Technological Change and the Skill Acquisition of Young Workers"; Journal of Labor Economics, 16(4), pp. 718-755.
4. Beneito, P. and et al. (2000); "Over/Undereducation and Specific Training in Spain: Complementary or Substitute Components of Human Capital?"; in the "Education and Training in a Knowledge-Based Economy" by Heijke H. and J. Muysken, Applied Econometrics Association.
5. Caselli, Francesco (1999); "Technological Revolutions"; American Economic Review, 89(1), pp. 78-102.

6. Chennells, Lucy and John Van Reenen (1999); "Has Technology Hurt Less Skilled Workers? An Econometric Survey of The Effects of Technical Change on The Structure of Pay and Jobs"; The Institute for Fiscal Studies, Working Paper Series, No.W99.
7. Diao X., T. Roe and E. Yeldan (1999); "Strategic Policies and Growth: an Applied Model of R&D- driven Endogenous Growth"; Journal of Development Economics, Vol.60, pp. 343-380.
8. Edquist, C. (1997); Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations; London: Pinter Publishers.
9. Ellis, H. L. and Joanne Roberts (2000); "Twin Engines of Growth"; CIAR Meetings.
10. Hertog, J.F.D. and E. Huizenga (2000); The Knowledge Enterprise; Imperial College Press, pp.53.
11. Hippel, E.V. and M. J. Tyre (1995); "How Learning by is Done: Problem Identification in Novel Process Equipment"; Research policy 24, pp.1-12.
12. Kim Y. J. and J.W. Lee (1999); "Technological Change, Investment in Human Capital and Economic Growth"; CID Working Paper, No.29, October.
13. Li-Ju Su Tessie (1999); "Investments in Innovation and Human Capital"; Autonomo de Mexico: Instituto Tecnologico, April 13.
14. Lundvall, B.A. (1988); Product Innovation and User- Producer Interaction; Aalborg: Aalborg University Press.
15. Nelson, R. and E. Phelps (1966); "Investment in Humans, Technology Diffusion and Economic Growth"; American Economic Review, 61, May, pp. 69-75.
16. OECD (2000); "Knowledge Management in the Learning Society"; OECD.
17. Papageorgiou, Chris (1999); "Human Capital as a Facilitator of Innovation and Imitation in Economic Growth: Further Evidence from Cross-country Regressions"; Department of Economics Louisiana State University, April.
18. Park, Ock, Sam (2000); "Knowledge- based Industry and Regional Growth"; IWSG Working Papers, 02-2000.
19. Rosenberg, N. (1982); How Exogenous is Science? In Inside the Black Box; Cambridge: Cambridge University Press.
20. Sachs, J. D. and A.M. Warner (1997); "Fundamental Sources of Long-Run Growth"; American Economic Review, Papers and Proceedings, May.
21. Sanders, Mark and Weel Baster (2000); "Skill-Biased Technical Change: Theoretical Concepts, Empirical Problems and Survey of the Evidence"; DRUID Conference, Copenhagen, Denmark, 6-8 January 2000.
22. Senge, P. (1990); The Fifth Discipline: The Art and Practice of Learning; New York: Doubleday.
23. Stokey, Nancy (1991); "Human Capital, Product Quality and Growth"; Quarterly Journal of Economics, 106, pp.587-616.
24. Tsang, M. and H. Levin (1985); "The Economics of Overeducation"; Economic Education Review, 6, pp.239-54.
25. Young, Alwyn (1995); "Invention and Bounded Learning by Doing"; Journal of Political Economy, Vol.101, pp. 442-473.