فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد/ سال چهارم/ شماره ۱/ بهار ۱۳۹۶/ صفحات ۱۹۶-۱۷۳

شدت یادگیری در بخش صنعت و اثرات آن بر عملکرد صنایع کارخانه‌ای ایران

سمانه نورانی‌آزاد*

استادیار اقتصاد دانشگاه پیام نور، noraniazad@pnu.ac.ir

فرهاد خدادادکاشی

استاد اقتصاد دانشگاه پیام نور، khodadad@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۵/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۰۱

چکیده

در این مقاله شدت یادگیری به مفهوم میزان صرفه‌جویی در هزینه نیروی‌کار و رشد بهره‌وری در اثر تجربه، با استفاده از منحنی یادگیری اندازه‌گیری و اثرات آن بر عملکرد صنایع کارخانه‌ای ایران مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور از داده‌های ۱۳۰ صنعت فعال کد چهاررقمی ISIC ایران طی سال‌های ۱۳۹۲- ۱۳۷۵ استفاده شده تا اثرات یادگیری و میزان مزایای هزینه‌ای نیروی‌کار در اثر افزایش تجربه مورد بررسی قرار گیرد. نتایج پژوهش دلالت بر آن دارد که شیب منحنی یادگیری در تمامی زیر بخش‌های صنعت ایران مطابق انتظار منفی است. همچنین ضریب نرخ یادگیری در زیر بخش‌های صنعتی متفاوت بوده که این امر منجر به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه تولید محصول در بخش صنعت ایران شده است. البته این ضریب در بخش عمده‌ای از صنایع کمتر از متوسط شدت یادگیری در بخش صنعت است. علاوه بر این اثر شدت یادگیری همانند بقیه متغیرهای مؤثر بر سودآوری مثبت و معنی‌دار است. بررسی‌های تکمیلی نیز مؤید آن است که در صنایع با ارزش‌افزوده بالا به دلیل استفاده از تکنولوژی برتر میزان یادگیری بالاتر از متوسط یادگیری در بخش صنعت است.

واژه‌های کلیدی: شدت یادگیری، نرخ سودآوری، بهره‌وری نیروی‌کار، پنل دیتا.

طبقه‌بندی JEL: L25، L60، O43.

---

* نویسنده مسئول

۱- مقدمه

توسعه دانش یکی از مهم‌ترین منابع رشد اقتصادی اکثر کشورهای درحال‌توسعه است. بر این اساس در این کشورها به اقتصاد دانش‌بنیان با محوریت نیروی‌کار خلاق و نوآور اهمیت داده شده است. در اقتصاد ایران نیز در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ و همچنین در قالب قانون حمایت از شرکت‌ها و مؤسسات دانش‌بنیان به تشکیل این شرکت‌ها به منظور ایجاد زمینه‌های رشد و توسعه اقتصادی تأکید بسیار شده است. بنابراین توسعه بنگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان به ویژه در بخش صنعت به دلیل اهمیتی که این بخش در ایجاد ارزش‌افزوده بالا، اشتغال و افزایش بهره‌وری دارد، می‌تواند نقش مؤثری در رشد و توسعه بخش‌های دیگر اقتصاد ایفا نماید.

از طرفی بررسی منابع رشد اقتصادی کشورهای مختلف نشان می‌دهد که علاوه بر سرمایه فیزیکی، حق مالکیت، نرخ پس‌انداز و تکنولوژی پیشرفته، سرمایه انسانی از طریق تغییرات تکنولوژیکی و انتشار آن می‌تواند به عنوان عاملی مؤثر و کارا نقش اساسی در رشد اقتصادی ایفا نماید؛ به طوری‌که شولتز[1] (۱۹۶۱) و بکر[2] (۱۹۶۲) دریافتند که دانش و مهارت نهادینه شده در سرمایه انسانی به طور مستقیم بهره‌وری را افزایش داده و باعث افزایش ظرفیت اقتصاد برای جذب تکنولوژی جدید و رشد اقتصادی می‌شود. درواقع یادگیری از طریق تجربه و دانش یا کلاس‌های آموزشی و بازپروری عاملی مؤثر در رشد، ارزیابی کارایی پویا و رقابت‌پذیری بنگاه و صنایع در اقتصاد می‌باشد. از این‌رو برنامه‌ریزان و مشاوران استراتژی در بخش صنعت و خدمات تحلیل‌هایشان را با استفاده از منحنی یادگیری انجام می‌دهند. درنتیجه منحنی یادگیری ابزاری است که به‌طور گسترده، جهت برنامه‌ریزی تولید و پیش‌بینی هزینه در اقتصاد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

حال با توجه به اینکه مطالعات در سطح اقتصاد خرد و صنعتی بیانگر آن است که افزایش تجربه می‌تواند موجب ارتقای بهره‌وری و افزایش سودآوری بنگاه و صنعت گردد، از این‌رو هدف محوری این تحقیق اندازه‌گیری شدت یادگیری در بخش صنعت و بررسی اثرات آن بر سودآوری در صنایع کارخانه‌ای ایران است. در واقع این مقاله درصدد است که صرفه-جویی در نهاده‌ها را به دلیل فرایند یادگیری و تجربه در بخش صنعت ایران بررسی نماید تا به این سؤالات پاسخ دهد که آیا فرایند یادگیری و افزایش تجربه در زیر بخش‌های

---

[1] Schultz
[2] Becker

صنعت ایران موجب کاهش نیروی‌کار لازم برای تولید هر واحد ستاده شده است؟ و در زیر بخش‌های صنعتی با نرخ یادگیری متفاوت عملکرد صنایع کارخانه‌ای ایران چگونه است؟ بدین منظور از داده‌های کد چهاررقمی ISIC مرکز آمار ایران[1] در زیر بخش‌های صنعتی طی سال‌های ۱۳۹۲- ۱۳۷۵ جهت تخمین و برآورد استفاده شده است.

در ادامه مقاله به صورت زیر سازمان‌دهی شده است. در قسمت دوم ادبیات تحقیق شامل مبانی نظری و پیشینه تحقیق در خصوص فرایند یادگیری به طور اجمالی بیان می‌گردد. در قسمت سوم، ساختار الگو مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس برآورد اقتصادسنجی و تجزیه و تحلیل داده‌ها در قسمت چهارم ارائه خواهد شد. در نهایت در بخش پایانی نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی بیان خواهد شد.

۲- ادبیات تحقیق

۲-۱- مبانی نظری

در ادبیات اقتصاد صنعتی، فرایند یادگیری در تحلیل بهره‌وری و تخمین هزینه تولید در دو گروه یادگیری نیروی‌کار و یادگیری سازمانی طبقه‌بندی می‌شوند که از دیرباز مورد توجه برنامه‌ریزان و پژوهشگران این حوزه بوده است. درواقع یادگیری نیروی‌کار فرایندی است که طی آن اشخاص مهارت و توانایی لازم را از طریق تجربه به دست می‌آورند. در این فرایند تجربه محصول فرعی یا مشترک تولید کالا و خدمات است که با سرمایه‌گذاری در نیروی‌کار، برنامه‌های آموزشی و تحقیق و توسعه محقق می‌شود؛ به عبارت دیگر در ابتدای تولید عملکرد کارگران در حداقل خود قرار دارد و با کسب تجربه بیشتر پدیده یادگیری رخ می‌دهد. بنابراین هرچه تجربه بیشتری کسب شود عملکرد کارگران بهبود یافته و زمان مورد نیاز برای تولید هر واحد محصول کاهش می‌یابد که این امر منجر به افزایش بهره‌وری کارگران می‌شود (آنزالنو و فوگلیاتو[2]، ۲۰۱۱). در حالی که یادگیری سازمانی فرایندی پویا است که به توانایی و مهارت بنگاه‌ها از طریق تجربه در تولید محصول نسبت به رقبای خود اشاره دارد. در این فرایند توسعه دانش با ابداع تولید، بهبود در فرایند تولید و کیفیت تولید مرتبط است و بنگاهی که نسبت به رقبا، با تولید دانش جدید سازگارتر باشد اثربخش‌تر و کاراتر خواهد بود و بهره‌وری را افزایش می‌دهد (تامر[3]،

[1] Statistical center of Iran
[2] Anzanello & Fogliatto
[3] Tomer

۱۹۸۱). اولین کوشش در این حوزه را می‌توان به مطالعه رایت[1] (۱۹۳۶) در زمان جنگ دوم جهانی که برنامه‌ریزان به دنبال راهی برای پیش‌بینی هزینه‌های ساخت کشتی و هواپیما بودند، نسبت داد. در این مطالعه، شدت یادگیری به صورت کاهش متقارن در هزینه نیروی‌کار و افزایش تولید تراکمی هواپیما گزارش شده است. پس از آن، اگرچه شدت یادگیری برای حدود سه دهه صرفاً در مباحث نظامی و هوافضا مورد بررسی و استفاده قرارگرفته اما با شروع دهه هفتاد مطالعات گسترده‌ای در این حوزه و سایر رشته‌ها آغاز شده است. به طوری‌که در این زمان عمده مطالعات، فرایند یادگیری را به تغییرات تکنولوژی تبلور نیافته و بی‌طرف[2] نسبت داده‌اند؛ یعنی اثرات یادگیری به عنوان متغیر جابجا کننده تابع تولید و مستقل از بقیه متغیرها به صورت زیر در تابع تولید وارد می‌شود.

$$Y_t = A(X_t)F(L_t, K_t) \qquad (۱)$$

که در آن L نیروی کار، K سرمایه، A تابع بهره‌وری و X توسعه دانش (تجربه) را نشان می‌دهد. همچنین در این مدل‌ها توسعه دانش (تجربه) از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$X_t = h(S_t) \qquad (۲)$$

به طوری که $\acute{h} > 0$ و $S_t = \sum_{t-1} y_\tau$ بیانگر ستاده ناخالص تراکمی است. البته ذکر این نکته ضروری است که فرایند یادگیری لزوماً از ابتدای دوره تا بی‌نهایت ادامه نخواهد داشت بلکه این امکان وجود دارد که بعد از یک دوره زمانی یادگیری تا حد صفر کاهش یابد. در این دیدگاه فرایند یادگیری از طریق تغییرات تکنولوژیکی بر بهره‌وری و هزینه تولید اثر می‌گذارد. به عبارت دیگر در این مدل‌ها که تغییرات تکنولوژیکی در نیروی‌کار و سرمایه تبلور نیافته‌اند تنها منبع تغییرات تکنولوژیکی بی‌طرف فرآیند یادگیری است که می‌تواند تفاوت در بهره‌وری صنایع را در سطح ثابت عوامل تولید نشان دهد. از طرفی ششینسکی[3] (۱۹۷۶) وجود صرفه‌های یادگیری در اقتصاد را امری انکارناپذیر می‌داند. از نظر وی آن تغییرات تکنولوژیکی که در نهاده سرمایه و نیروی‌کار تبلور نیافته است به طور مساوی در بخش‌های مختلف اقتصاد انتشار می‌یابد. بنابراین بخشی از رشد بهره‌وری از فرایند یادگیری و بخش دیگر از رشد تکنولوژی نشأت می‌گیرد. به اعتقاد وی با افزایش سرمایه‌گذاری و استفاده از تکنولوژی پیشرفته از یک‌سو و به‌کارگیری فرآیندهای جدید

[1] Wright
[2] Neutral disembodied technical progress
[3] Sheshinski

تولیدی از سوی دیگر یادگیری اتفاق می‌افتد و منجر به افزایش بهره‌وری و رشد اقتصادی می‌شود. روزن[1] (۱۹۷۲) نیز معتقد است که دانش بر تکنولوژی تولید اثر می‌گذارد و دانش جدید تنها از طریق تجربه در تولید به دست می‌آید و نمی‌توان آن را از منابع بیرونی خریداری کرد. از نظر وی دانش به عنوان کالای سرمایه‌ای خاص در کنار بقیه نهاده‌ها در تابع تولید وارد شده و می‌تواند بر بهره‌وری کل اقتصاد اثر بگذارد. از دیگر مطالعات این مقوله می‌توان به لیبرمن[2] (۱۹۸۴)، باکت و گورت[3] (۱۹۹۳)، هنگ و لو[4] (۱۹۹۵) و پرامونگیت، شویان و سیریناواکول[5] (۲۰۰۲) اشاره نمود.

در نقطه مقابل برخی از اقتصاددانان بهبود بهره‌وری را به تغییرات تکنولوژی تبلوریافته در نهاده‌ها نسبت داده‌اند. به اعتقاد آنها تغییرات تکنولوژی تبلوریافته در نهاده سرمایه و نیروی‌کار باعث افزایش ظرفیت اقتصاد برای جذب تکنولوژی جدید و فرایندهای جدید تولیدی می‌شوند. از این‌رو فرایند یادگیری اتفاق می‌افتد و می‌توانند منجر به افزایش بهره‌وری و رشد اقتصادی شوند. بنابراین آنها از تابع تولید به فرم تبعی زیر استفاده نمودند.

$$Y_t = A_t G(V_t, X_t) F(L_t, K_t) \qquad (۳)$$

به‌طوری‌که L نیروی‌کار، K سرمایه، V متوسط ذخیره ناخالص سرمایه، X توسعه دانش (تجربه)، A تابع بهره‌وری و $G(.)$ پیشرفت تکنولوژی تبلوریافته در نهاده سرمایه و نیروی-کار را نشان می‌دهد. ارو[6] (۱۹۶۲) نیز بهبود بهره‌وری را به فرایند یادگیری نسبت می‌دهد. وی معتقد است که تغییرات تکنولوژی تبلوریافته در موجودی سرمایه یا نیروی‌کار منجر به افزایش در فرایند یادگیری شده و می‌تواند یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در رشد بهره-وری باشد. وی بیان می‌کند که اگر سطح ستاده ثابت باشد انگیزه نیروی‌کار برای یادگیری ثابت بوده و یادگیری بندرت اتفاق می‌افتد. بنابراین بهتر است از سرمایه‌گذاری ناخالص تراکمی به عنوان شاخص تجربه استفاده شود، زیرا زمانی که ماشین‌آلات جدید و با تکنولوژی مدرن، تولید و استفاده شود، امکان تغییر در فرایند تولیدی وجود دارد. از این‌رو یادگیری اتفاق افتاده و همسو با آن بهره‌وری افزایش می‌یابد. همچنین اگر بهره‌وری نهایی سرمایه از بهره‌وری نهایی کل کمتر باشد اثرات یادگیری در بازار مؤثر نخواهد بود.

---

[1] Rosen
[2] Lieberman
[3] Bahk & Gort
[4] Heng & Low
[5] Pramongkit, Shawyun & Sirinaovakul
[6] Arrow

هیرشمن[1] (۱۹۶۴) توانایی ذاتی نیروی‌کار در انجام یک فعالیت مشخص و میزان استفاده از این توانایی ذاتی توسط بنگاه یا سازمانی که فرد در آن فعالیت می‌کند را به عنوان عوامل اساسی بهبود فرایند یادگیری و بهره‌وری عوامل می‌داند. در این میان نیز گروهی از پژوهشگران عوامل مؤثر در فرایند یادگیری را به مسائلی از قبیل ساختار برنامه آموزشی، انگیزه کارگران در انجام کار قبلی، تجربه کار قبلی و پیچیدگی کار نسبت داده و سپس با استفاده از مدل‌های ریاضی مناسب به ارزیابی و تفسیر منحنی یادگیری می‌پردازند. براساس دیدگاه آن‌ها منحنی یادگیری ابزاری کارا در به تصویر کشیدن عملکرد کارگران ضمن افزایش تجربه بشمار می‌آید (جابر و دیگران[2]، ۲۰۰۸). از سوی دیگر، این منحنی در تحلیل و کنترل فعالیت‌های مولد، تخمین هزینه‌ی ایجاد تکنولوژی، تخصیص فعالیت به کارگران براساس میزان یادگیری آن‌ها در تولید کاربرد دارد. بنابراین مدیران با استفاده از این منحنی می‌توانند نسبت به واگذاری فعالیت‌های تولیدی به کارگران اقدام نمایند (آنزالنو و فوگلیاتو، ۲۰۱۰). امروزه نیز مدل‌های تک متغیره و چند متغیره منحنی یادگیری علاوه بر کاربرد در زمینه‌های مدیریت استراتژیک، تنظیم سیاست‌های بازار، قیمت‌گذاری و ارزیابی رفاه مصرف‌کنندگان به عنوان ابزاری برای محافظت تولیدکنندگان داخل در مقابل رقبای خارجی به کار می‌روند (هنگ و لو، ۱۹۹۵). شایان ذکر است که در این مدل‌ها برای اندازه‌گیری عملکرد کارگران معمولاً از متغیرهای وابسته شامل زمان لازم برای تولید یک واحد محصول، تعداد واحدهای تولید شده در هر بازه زمانی و هزینه-های مربوط به تولید یک واحد محصول استفاده می‌شود (فرانس‌چنی و گالیتو[3]، ۲۰۰۲). از این‌رو لازم است در ادامه این بحث انواع فرم‌های تبعی چند متغیره و تک متغیره منحنی یادگیری معرفی شود. در مدل لگاریتم خطی که بیشتر برای مطالعه زیر بخش‌های صنعتی مناسب است و اولین بار توسط رایت معرفی شد، رابطه بین هزینه متوسط و تولید تراکمی (تجربه) به فرم تبعی زیر تصریح می‌شود.

$$C_x = C_1 x^b \qquad (۴)$$

به طوری‌که C_x هزینه متوسط برای تولید x واحد محصول، C_1 هزینه تولید اولین واحد محصول، x تولید تراکمی (تجربه) و b نرخ یادگیری کارگر یا شیب منحنی یادگیری را

[1] Hirschmann
[2] Jaber & et.al
[3] Franceschini & Galetto

نشان می‌دهد. در واقع رابطه فوق به این نکته اشاره دارد که هزینه متوسط هر واحد تولید وقتی‌که تولید تراکمی (تجربه) دو برابر شود با نرخ ثابتی کاهش می‌یابد در این رابطه b منفی است و هرچه قدرمطلق b بزرگ‌تر باشد شدت یادگیری بیشتر می‌شود. از طرفی به دلیل انعطاف‌پذیری مدل می‌توان از آن برای فعالیت‌های نیازمند نیروی‌کار، تخمین زمان تکمیل کار و پیش‌بینی در فعالیت‌های تکراری استفاده نمود (بادیریو[1]، ۱۹۹۲). همچنین منحنی یادگیری مسطح، یکی دیگر از مدل‌های تعمیم‌یافته مدل رایت به فرم زیر است.

$$C_x = C + C_1 x^b \qquad (۵)$$

همان طوری که مشخص است در این مدل علاوه بر متغیرهای مدل رایت جمله ثابت C به منظور نشان دادن وضعیت ایستای عملکرد کارگران به الگو اضافه شده است. در این الگو پس از اتمام فرایند یادگیری و یا زمانی که محدودیت ماشین‌آلات مانع بهبود عملکرد کارگران شود کارگران در وضعیت ایستا قرار می‌گیرند. بنابراین از این مرحله به بعد منحنی یادگیری به شکل خطی افقی می‌شود (بالاف[2]، ۱۹۷۱).

از طرفی مطالعات انجام شده در موسسه پژوهشی استنفورد منجر به اصلاحاتی در مدل لگاریتم – خطی رایت و شناسایی مدل استنفورد-B[3] بافرم تبعی زیر شده است.

$$C_x = C_1 (x + B)^b \qquad (۶)$$

به طوری‌که B میزان تجربه قبلی کارگران را نشان می‌دهد. در این مدل پارامتر B می‌تواند مقدار بین صفرتا ده را اختیار کند[4]. این مدل کاربردی دارای این ویژگی است که تجربه-های قبلی کارگران در شروع فرایند یادگیری را در الگو وارد نموده است (آشر[5]، ۱۹۵۶). همچنین، کرر[6] (۱۹۴۶) منحنی S شکلی به فرم زیر را برای منحنی یادگیری ارائه نمود.

$$C_x = C_1 [M + (1 - M)(x + B)^b] \qquad (۷)$$

به طوری‌که M نفوذ ماشین‌آلات در فرایند یادگیری و B تجربه قبلی کارگران را نشان می‌دهد. این منحنی در ابتدای شروع فرایند یادگیری به صورت تابع توزیع نرمال تجمعی

---

[1] Badiru
[2] Baloff
[3] Stanford-B
[4] مقدار عددی صفر و ده به ترتیب بیانگر واحدهای معادل تجربه‌های قبلی کارگران در شروع فرایند و تعداد واحدهای قبلی تولیدشده تا اولین واحد قابل‌قبول می‌باشد.
[5] Asher
[6] Carr

و در مرحله یادگیری و تکرار کار به صورت تابع عملیاتی[1] بوده است. همچنین در این منحنی، مرحله شروع فرایند یادگیری یک مرحله زودگذر است زیرا در مراحل اولیه تولید، تعداد کارگران و ابزارها دستخوش تغییر و تحول می‌شوند. بنابراین در مطالعات تجربی، معمولاً از منحنی S شکل به صورت تابع درجه سوم زیر استفاده می‌شود.

$$C_x = C_1 + b_1x^3 + b_2x^2 + b_3x$$
$$\log C_x = C_1 + b_1\log x^3 + b_2\log x^2 + b_3\log x \qquad (۸)$$

که در آن C_x هزینه تولید x واحد محصول، C_1 هزینه اولین واحد محصول، x مقدار تولید تجمعی (تجربه) را نشان می‌دهد (میلر[2]، ۱۹۷۱).

از سوی دیگر، دی‌جنگ[3] (۱۹۵۷) با استفاده از یک تابع توانی اثرات ماشین‌آلات را نیز در فرایند یادگیری وارد نمود. در این مدل که بخشی از فعالیت توسط نیروی‌کار و بخشی دیگر توسط ماشین‌آلات انجام می‌شود دارای فرم تبعی زیر می‌باشد.

$$C_x = C_1\left[M + (1-M)x^b\right] \qquad (۹)$$

به طوری‌که C_x هزینه تولید x امین واحد محصول، C_1 هزینه اولین واحد محصول، x تجربه کارگران، b نرخ یادگیری و M بیانگر نسبت نهاده نیروی‌کار به ماشین‌آلات بوده و عاملی است که میزان کار انجام‌شده توسط ماشین‌آلات را نشان می‌دهد. البته در این مدل متغیر M در محدوده صفر و یک قرار دارد. زمانی که $M = ۰$ باشد ماشین‌آلات در انجام کار هیچ دخالتی ندارند و کل فعالیت توسط نیروی‌کار انجام می‌شود و اگر $M = ۱$ باشد کل فعالیت توسط ماشین‌آلات انجام شده، فرایند یادگیری اتفاق نمی‌افتد و هزینه تولید به مقدار ثابت C_1 محدود می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که علاوه بر منحنی‌های یادگیری ذکر شده بالا، برخی از مدل‌های منحنی یادگیری کمتر به فرم لگاریتم خطی بیان می‌شود که در ادامه توضیح داده می‌شود.

لوی[4] (۱۹۶۵) به دلیل عدم توانایی مدل‌های لگاریتم خطی در یکنواخت کردن نرخ تولید و شناسایی عوامل مؤثر بر یادگیری مدلی را به شرح زیر پیشنهاد نمود.

$$C_x = \left[\frac{1}{\beta} - \left(\frac{1}{\beta} - \frac{x^b}{C_1}\right)K^{-kx}\right]^{-1} \qquad (۱۰)$$

---

[1] Operating Characteristics Function
[2] Miller
[3] Dejong
[4] Levy

که در آن β شاخص تولید برای اولین واحد، k مقدار ثابتی است که منجر به مسطح شدن منحنی یادگیری در مقادیر بالای x می‌شود و در واقع عملکرد کارگران در وضعیت ایستا را نشان می‌دهد. نکت[1] (۱۹۷۴) نیز مدل تعدیل‌یافته‌ای از منحنی یادگیری را براساس تئوری یادگیری و برای نشان دادن انحرافات بین هزینه واقعی و پیش‌بینی شده، زمانی که تعداد واحدهای تولیدی بیشتر از ۲۰۰ باشد به صورت زیر ارائه نمود.

$$C_x = \frac{C_1 x^{b+1}}{(1+b)} \qquad (۱۱)$$

به طوری‌که C_x هزینه تولید x امین واحد محصول، C_1 هزینه اولین واحد محصول، x تجربه کارگران، b نرخ یادگیری را نشان می‌دهد. ویژگی اصلی این مدل آن است که امکان تغییر نرخ یادگیری در طول فرایند تولید وجود دارد. همچنین وی مدل دیگری را به منظور نشان دادن روند رو به ترقی نرخ یادگیری به صورت تابع نمایی زیر ارائه نمود.

$$C_x = C_1 x^b e^{cx} \qquad (۱۲)$$

c در رابطه فوق یک جمله ثابت است. البته در این مدل تفاوت رابطه‌های (۱۱) و (۱۲) این است که در رابطه (۱۱)، همانند مدل رایت شیب منحنی همواره نزولی است اما در رابطه (۱۲)، شیب منحنی در سطوح بالای تولید تراکمی روند رو به ترقی را نشان می‌دهد. از سوی دیگر، یلی[2] (۱۹۷۶) نیز منحنی یادگیری را در فعالیت‌هایی که کارگران به تولید یک محصول جدید می‌پردازند، به فرم تبعی زیر ارائه نمود.

$$C_x = C_1 x_1^{b1} + C_2 x_2^{b2} + \cdots + C_n x_n^{bn} \qquad (۱۳)$$

که در آن n تعداد فعالیت‌های تولیدکننده محصول و $C_i x_i^{bi}$ منحنی یادگیری i امین فعالیت را نشان می‌دهد. از این‌رو این مدل معمولاً در فرایندهای تولیدی متشکل از n فعالیت متفاوت م استفاده می‌شود.. از طرفی هاول[3] (۱۹۸۰) ادعا نمود که استفاده از مدل یلی در مطالعات تجربی می‌تواند منجر به تصمیم‌گیری نادرست در مورد نرخ یادگیری شود؛ زیرا در این مدل اولاً به دلیل تفاوت در نرخ یادگیری، منحنی یادگیری نمی‌تواند لزوماً به صورت خطی مستقیم باشد؛ ثانیاً منحنی یادگیری برای تولید یک محصول معمولاً منطقی‌تر از مدل ارائه شده فوق است. همچنین با توجه به اینکه نرخ یادگیری کارگران علاوه بر تجربه می‌تواند تحت تأثیر عواملی از قبیل سطح مهارت، سطح آموزش‌های قبلی،

[1] knecht
[2] Yelle
[3] Howell

تغییر طراحی تولید، پیچیدگی کار و میزان آموزش هم‌زمان باشد؛ کانوی و شولتز[1] (۱۹۵۹) با اصلاح و توسعه مدل‌های قبلی یک مدل چند متغیره برای منحنی یادگیری به فرم زیر ارائه نمودند.

$$C_x = C_1 \prod_{i=1}^{n} C_i x_i^{b_i} \qquad (۱۴)$$

به طوری‌که x برداری از عوامل مستقل، x_i مقدار i امین عامل، n تعداد عوامل در مدل، C_i ضریب i امین عامل، b_i نرخ یادگیری i امین عامل را نشان می‌دهد. مدل توانی کاب داگلاسی نیز یکی دیگر از مدل‌های یادگیری چند متغیره است که به فرم زیر ارائه می‌شود.

$$C_x = C_1 X^{\beta} x_1^{b1} x_2^{b2} \dots x_n^{bn} \qquad (۱۵)$$

که در آن C_x میزان نیروی‌کار لازم برای تولید هر واحد محصول در زمان t (هزینه هر واحد ستاده)، C_1 نیروی‌کار برای تولید اولین واحد ستاده (هزینه تولید اولین واحد)، X مقدار تولید تراکمی، x_i مقدار i امین متغیر مستقل و b_i نرخ یادگیری i امین متغیر را نشان می‌دهد (گرابر[2]، ۱۹۹۲). شایان ذکر است که در اکثر مطالعات تجربی بیشتر از توابع توانی، به دلیل قدرت توضیح دهندگی بالا در اندازه‌گیری نرخ یادگیری، استفاده می‌شود.

۲-۲- پیشینه تحقیق

اوهاشی[3] (۲۰۱۶) به تحلیل اثرات یادگیری و نقش یارانه صادرات بر رشد صنعت آلومینیم ژاپن طی سال‌های ۱۹۶۵- ۱۹۵۵ پرداخته است. در مدل وی یارانه صادرات ابزار افزایش هزینه رقابت‌پذیری در حضور اثرات یادگیری است. نتایج پژوهش وی نرخ یادگیری بالای ۲۰٪ و توسعه دانش اندکی را در این صنعت نشان می‌دهد. همچنین نتایج شبیه‌سازی مدل مؤید آن است که سیاست یارانه صادرات تأثیر ناچیزی بر رشد این صنعت دارد.

یونگ[4] (۲۰۱۵) در پژوهشی به بررسی اثرات یادگیری در صنایع الکتریکی آمریکا و آسیا طی سال‌های ۱۹۹۳-۱۹۷۳ پرداخته است. در این مطالعه اثرات یادگیری به سه مؤلفه تجربه خود بنگاه، تجربه بنگاه‌های دیگر در همان کشور و تجربه بنگاه‌ها در کشوری دیگر تفکیک شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بنگاه‌های آمریکایی به دلیل داشتن مزیت رقابتی تکنولوژی موجب انتقال دانش به صنایع آسیایی می‌شوند. از طرفی شدت

---

[1] Conway & Schultz
[2] Gruber
[3] Ohashi
[4] Yong

یادگیری در بنگاه‌های آسیایی به دلیل ادغام‌های عمودی، آموزش برتر و حمایت دولت نسبتاً بالا است، که این امر منجر به مشارکت بیشتر بنگاه‌ها در بازار و رشد سریع کشورهای آسیایی شده است. بنابراین بنگاه‌های آسیایی در بازار تولید محصولات الکتریکی به عنوان بنگاه رهبر شناخته می‌شوند.

بولینگر و گیلینهم[1] (۲۰۱۴) به بررسی کاهش هزینه ناشی از فرایند یادگیری در تولید و نصب باتری‌های خورشیدی ایالت کالیفرنیا طی سال‌های ۲۰۱۲- ۲۰۰۰ پرداختند. آن‌ها با استفاده از مسئله حداکثر سازی سود معادله رفتار قیمت را به گونه‌ای طراحی نمودند که تجربه خود بنگاه و بنگاه‌های دیگر از طریق هزینه نهایی بر معادله رفتار قیمت مؤثر بوده است. آن‌ها در پژوهش خود دریافتند که یادگیری اثر قابل توجهی در کاهش هزینه نصب باتری‌های خورشیدی دارد. از طرفی عدم معنی‌داری تجربه بنگاه‌های دیگر بیانگر آن است که انتقال دانش تأثیری در کاهش هزینه نصب این باتری‌ها ندارد.

تاکاهاشی[2] (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای صحت همسانی نرخ‌های یادگیری را در سطوح مختلف شامل صنعت، بنگاه و محصولات متنوع بررسی نموده است. وی اذعان می‌نماید اگرچه منحنی تجربه به عنوان یک قانون سرانگشتی در نظریه مدیریت استراتژیک کاربرد دارد، اما تقریباً ۸۰ درصد منحنی‌های یادگیری با شکل خطی- لگاریتمی دارای این ویژگی هستند. براساس نتایج این مطالعه با پیشرفت تکنولوژی دیگر کالای جدیدی به طور کامل وجود نداشته است. بنابراین نرخ یادگیری برای کالاهای مختلف متفاوت بوده و هر کالا دارای نرخ یادگیری منحصر به فرد می‌باشد. از این‌رو تاکاهاشی برابری نرخ یادگیری را برای محصولات مختلف، فارغ از سطح بنگاه و صنعت چیزی شبیه به خرافه تلقی نمود.

بالاسیبرمانین و لیبرمن[3] (۲۰۱۱) به بررسی ارتباط ساختار بازار و فرایند یادگیری در ۲۵۰ صنعت از صنایع کد چهاررقمی ISIC آمریکا پرداختند. آن‌ها ابتدا اثرات یادگیری با استفاده از تابع تولید تعمیم‌یافته را محاسبه و سپس با بهره‌گیری از رویکرد مرزی ساتن ارتباط ساختار بازار و اثرات یادگیری را بررسی نمودند. نتایج آن‌ها مؤید آن است که در صنایع با نرخ یادگیری بالا حد پایینی تمرکز بیشتر است. همچنین تأثیر فرایند یادگیری بر ساختار بازار همانند اثرات هزینه تبلیغات و تحقیق و توسعه بر ساختار بازار است.

---

[1] Bollinger & Gillingham
[2] Takahashi
[3] Balasubramanian & Lieberman

رهمن و ویزارات[1] (۲۰۱۰) در مقاله‌ای با عنوان تجربه‌های بهره‌وری و هزینه در بخش صنعت کشور پاکستان به اندازه‌گیری و تحلیل فرایند یادگیری نیروی‌کار با استفاده از منحنی S شکل یادگیری طی سال‌های ۲۰۰۸- ۱۹۵۳ پرداخته‌اند. آن‌ها دریافتند که در نیمه اول منحنی، شدت یادگیری بالا است؛ اما نیمه دوم منحنی با تأخیر در فرایند یادگیری و کاهش بهره‌وری مواجه است. همچنین کشش هزینه متوسط نسبت به ستاده تراکمی دلالت بر نرخ یادگیری ۰/۵۱ در صنایع کارخانه‌ای پاکستان دارد.

بالاسیبرمانین و لیبرمن (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای با بهره‌گیری از تابع تولید تعمیم‌یافته توانی به ارزیابی ناهمسانی فرایند یادگیری در صنایع فعال کدهای سه‌رقمی ISIC آمریکا پرداختند. در این مطالعه ارتباط نرخ یادگیری و عملکرد صنایع نیز بررسی شده است. آن‌ها مشاهده نمودند که نه تنها نرخ یادگیری به طور قابل ملاحظه‌ای در بین صنایع تغییر می‌کند بلکه این نرخ در صنایع با شدت تحقیق و توسعه، شدت تبلیغات و شدت سرمایه بیشتر، بالاتر است. همچنین نرخ یادگیری بالاتر، سودآوری و عملکرد صنایع این کشور را به شدت تحت تأثیر قرار داده است.

هنگ[2] (۲۰۱۰) با استفاده از تابع تولید نئوکلاسیکی، منحنی یادگیری در ۲۰ صنعت تولیدی کشور سنگاپور را در بازه زمانی ۲۰۰۷-۱۹۸۰ بررسی نمود و دریافت که اولاً در صنعت تولید و تجهیزات حمل‌ونقل بیشترین و صنعت تولید لاستیک و پلاستیک کمترین اثر یادگیری وجود دارد. ثانیاً در صنایع مدرن از قبیل صنایع الکتریکی، ابزارهای دقیق اندازه‌گیری و داروسازی شدت یادگیری بیشتر از صنایع قدیمی است. ثالثاً در بین صنایع قدیمی، صنعت تولید مواد غذایی و آشامیدنی و تنباکو شدت یادگیری نسبتاً بالایی دارند.

کلارک[3] (۲۰۰۸) با بهره‌گیری از یک مدل ساختاری منحنی یادگیری را برای ۴۵۹ صنعت تولیدی در سطح کدهای چهاررقمی ISIC کشور استرالیا طی سال‌های ۱۹۹۶-۱۹۵۸ ارزیابی نمود. نتایج این مطالعه نشان داد که پویایی‌های مدل ساختاری تنها برای صنایع دانش‌محور موضوعیت دارد و برای دیگر صنایع این موضوع صادق نیست؛ بنابراین بهره-گیری از مزایای منحنی‌های یادگیری برای تمامی گروه‌های صنعتی امکان‌پذیر نمی‌باشد.

---

[1] Rehman & Wizarat
[2] Heng
[3] Clark

از میان مطالعات داخلی راسخی و حق‌جو[1] (۱۳۹۴) در مقاله‌ای با بهره‌گیری از نظریه‌های جدید تجارت بین‌الملل و روش گشتاورهای تعمیم‌یافته به آزمون فرضیه یادگیری ضمن صادرات و بررسی اثرات صادرات بر بهره‌وری کل عوامل تولید در صنایع کارخانه‌ای ایران طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۰ می‌پردازند. آن‌ها دریافتند که صادرات بر بهره‌وری کل عوامل در صنایع کارخانه‌ای ایران اثرات مثبت و معنی‌داری دارد. بنابراین به نظر می‌رسد که ارتقای صادرات بنگاه‌های صنعتی موجب افزایش بهره‌وری عوامل خواهد شد.

با مروری اجمالی بر مطالعات انجام شده به نظر می‌رسد که تا زمان نگارش مقاله حاضر در خصوص اندازه‌گیری اثرات یادگیری و تأثیر آن بر عملکرد صنایع در اقتصاد ایران مطالعه تجربی زیادی چاپ نشده است؛ بنابراین مقاله حاضر درصدد است با استفاده از داده‌های ترکیبی اثرات یادگیری را به طور جداگانه برای هر زیر بخش صنعتی محاسبه نموده و سپس به بررسی تأثیرات آن بر عملکرد صنایع کارخانه‌ای بپردازد.

۳- ساختار الگو

همانطوری‌که در قسمت مبانی نظری بیان گردید، اقتصاددانان و پژوهشگران معمولاً از روش‌های عملی و فرم‌های تبعی متفاوت برای اندازه‌گیری شدت یادگیری در بخش صنعت استفاده می‌کنند، ازاین‌رو مقاله حاضر تلاش دارد که با ادغام منحنی یادگیری و تابع تولید نئوکلاسیکی توانی به اندازه‌گیری شدت یادگیری در بخش صنعت بپردازد و سپس اثرات این متغیر بر عملکرد صنایع کارخانه‌ای ایران را ارزیابی نماید. بنابراین جهت کمی نمودن شدت یادگیری از فرم کلی منحنی یادگیری و تابع تولید توانی کاب‌داگلاسی تصریح شده در مطالعات تجربی به صورت زیر استفاده می‌شود.

$$C_t = C_{11}X_t^{-\lambda} \overset{Ln}{\rightarrow} LnC_t = LnC_{11} - \lambda LnX_t \qquad (۱۶)$$

به طوری‌که C_t میزان نیروی کار لازم برای تولید هر واحد محصول در زمان t، C_{11} نهاده نیروی‌کار برای تولید اولین واحد محصول، X_t تولید تراکمی و $\lambda > ۰$ کشش هزینه هر واحد نیروی‌کار نسبت به تولید تراکمی (نرخ یادگیری) را نشان می‌دهد و هرچه مقدار λ بزرگ‌تر باشد بیانگر شدت یادگیری بیشتر در آن صنعت است. در این منحنی زمانی که تراکم دانش دو برابر شود هزینه هر واحد ستاده نسبت به سطح قبلی‌اش به‌اندازه

[1] Rasekhi & Haghjoo (2015)

$d = 1 - 2^{-\lambda}$ درصد کاهش می‌یابد (یلی، ۱۹۷۹). علاوه براین، در الگوی مذکور از تابع تولید توانی کاب‌داگلاسی به فرم تبعی زیر استفاده می‌شود.

$$Q_t = A_t L_t^{\alpha} K_t^{\beta} M_t^{\gamma} \qquad (۱۷)$$

به‌طوری‌که Q ستاده، L نیروی‌کار، K سرمایه، M مواد اولیه و واسطه‌ای، A وضعیت تکنولوژی و α, β, γ کشش تولید نسبت به نهاده‌ها را نشان می‌دهند. ذکر این نکته ضروری است که توسعه دانش از طریق کسب مهارت نیروی‌کار می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری و کاهش در میزان نیروی‌کار لازم برای تولید هر واحد محصول شود. بنابراین وضعیت تکنولوژی که بیانگر میزان توسعه و افزایش ذخیره دانش است با متغیر تولید تراکمی به صورت زیر مرتبط می‌شود.

$$A_t = HX_t^{\lambda} \qquad (۱۸)$$

که در رابطه فوق H یک مقدار ثابت است. در ادامه با جایگذاری رابطه (۱۸) در رابطه (۱۷)، نیروی‌کار لازم برای تولید هر واحد محصول به فرم لگاریتمی زیر خواهد بود.

$$Ln(L/Q)_t = -LnH - \lambda LnX_t + (1-\alpha)LnL_t - \beta LnK_t - \gamma LnM_t \qquad (۱۹)$$

همچنین در این الگو با افزایش تولید رابطه بین سرمایه و مواد اولیه با نهاده نیروی‌کار به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$K_t = \mu L_t^{\sigma} \quad , \quad M_t = \eta L_t^{\theta} \qquad (۲۰)$$

در رابطه فوق $\eta, \sigma, \mu, \theta$ مقادیر ثابت هستند حال با جایگذاری رابطه (۲۰) در رابطه (۱۹) خواهیم داشت.

$$Ln(L/Q)_t = (-LnH - \beta Ln\mu - \gamma Ln\eta) - \lambda LnX_t + [1 - \alpha - \beta\sigma - \gamma\theta]LnL_t \qquad (۲۱)$$

در واقع روابط (۲۱)، ارتباط بین میزان نیروی‌کار لازم به ازای هر واحد ستاده در زمان t (هزینه هر واحد ستاده) و تراکم دانش به عنوان معیار تجربه را نشان می‌دهد. ضریب مطمح نظر در این معادله λ– است که در واقع بیانگر شدت یادگیری در هر صنعت طی زمان می‌باشد. از طرفی، به منظور ارزیابی اثر این متغیر بر سودآوری و عملکرد صنایع کارخانه‌ای ایران از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$\pi_t = c_0 + c_1\lambda_t + c_2 A_t + c_3 RD_t + c_4 N_t + c_5 K_t + c_6 S_t + c_7\pi_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (۲۲)$$

به طوری‌که π شاخص سودآوری، λ شدت یادگیری، A شدت تبلیغات، RD شدت تحقیق و توسعه، K شدت سرمایه، S نرخ رشد فروش صنعت و N تعداد بنگاه‌ها در هر صنعت را

نشان می‌دهد. در این الگو انتظار بر این است که بین سودآوری صنایع با کلیه متغیرهای اثرگذار فوق رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشته باشد.

۴- برآورد الگو و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

در این بخش تحقیق برای کمی شدن شدت یادگیری در بخش صنعت از تابع توانی منحنی یادگیری ادغام شده در تابع تولید نئوکلاسیکی و داده‌های کد چهاررقمی ISIC مرکز آمار ایران طی سال‌های ۹۲-۱۳۷۵ در ۱۳۰ زیر بخش صنعتی ایران در قالب سومین ویرایش طبقه‌بندی استاندارد بین‌المللی فعالیت‌های صنعتی[1] (I.S.I.C,Rev.3) استفاده شده است. از طرفی، فرم تبعی منحنی یادگیری جهت اندازه‌گیری شدت یادگیری در صنایع کارخانه‌ای ایران با استفاده از داده‌های ترکیبی به شرح زیر است.

$$\begin{aligned} \mathrm{Ln}(L_{it}/Q_{it})_{it} &= (-\mathrm{LnH} - \beta \mathrm{Ln}\mu - \gamma \mathrm{Ln}\eta)_{it} - \lambda_{it}\mathrm{LnX}_{it} \\ &\quad + [1 - \alpha - \beta\sigma - \gamma\theta]\mathrm{LnL}_{it} \\ \mathrm{Ln}(L_{it}/Q_{it})_{it} &= \varphi_{0it} - \varphi_{1it}\mathrm{LnX}_{it} + \varphi_{2it}\mathrm{LnL}_{it} \quad \varphi_{1it} = -\lambda_{it} \end{aligned} \tag{۲۳}$$

در رابطه بالا، اندیس i بیانگر صنعت مورد نظر و اندیس t زمان را نشان می‌دهد. در این معادله متغیر $\mathrm{Ln}(L_{it}/Q_{it})_{it}$ لگاریتم نیروی‌کار لازم به ازای هر واحد محصول، LnL_{it} لگاریتم نیروی‌کار، X_{it} تولید تراکمی (متغیر جانشین تجربه) و $\varphi_{1it} = -\lambda_{it}$ نرخ یادگیری در هر صنعت طی سال‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. همچنین، برای ارزیابی اثرات شدت یادگیری بر سودآوری و عملکرد صنایع کارخانه‌ای ایران از رابطه زیر استفاده شده است.

$$\begin{aligned} \mathrm{RPI}_{it} &= \beta_{0i} + \beta_1\lambda_{it} + \beta_2\mathrm{PRI}_{it-1} + \beta_3\mathrm{RADV}_{it} + \beta_4\mathrm{RRD}_{it} \\ &\quad + \beta_5\mathrm{GS}_{it} + \beta_6\mathrm{KS}_{it} + \beta_7\mathrm{N}_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{۲۴}$$

به طوری‌که RPI_{it} بیانگر شاخص سودآوری واقعی، λ_{it} شدت یادگیری در بخش صنعت، RADV_{it} شدت تبلیغات واقعی، RRD_{it} شدت تحقیق و توسعه واقعی، GS_{it} نرخ رشد فروش واقعی، KS_{it} شدت سرمایه واقعی و N_{it} تعداد بنگاه‌ها در هر صنعت است.

در این پژوهش به منظور برآورد الگو، از روش تلفیقی اطلاعات مقطعی و اطلاعات سری زمانی و برآورد کننده‌های حداقل مربعات معمولی[2] OLS و گشتاورهای تعمیم‌یافته[3] GMM دومرحله‌ای استفاده شده است زیرا در مدل‌هایی که متغیر وابسته‌ی با وقفه به عنوان متغیر توضیحی در سمت راست معادله ظاهر می‌شود خودهمبستگی متغیر وابسته-ی با وقفه و جزء خطا سبب تورش‌دار و ناسازگار بودن تخمین زننده حداقل مربعات

[1] International Standard Industrial Classification
[2] Ordinary Least Square
[3] Generalized Method Of Moment

معمولی می‌گردد. بنابراین آرنولد و باند[1] (۱۹۹۱) روش گشتاور تعمیم‌یافته دومرحله‌ای را برای تخمین داده‌های تابلویی پویا پیشنهاد نمودند. در این روش برای رفع خودهمبستگی متغیر با وقفه و سایر متغیرهای توضیحی از ماتریس ابزارها استفاده می‌شود؛ همچنین معتبر بودن ماتریس ابزارها با استفاده از آزمون سارگان[2] مورد بررسی قرار می‌گیرد. از این‌رو با توجه به توضیحات بالا لازم است که جهت تخمین ضرایب معادله (۲۳) از روش حداقل مربعات معمولی و ضرایب معادله (۲۴) به دلیل وجود متغیر PRI_{it-1} به عنوان یک متغیر توضیحی در سمت راست معادله که با جزء خطای معادله همبسته است از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته دومرحله‌ای استفاده شود.

قبل از برآورد معادلات به منظور جلوگیری از تخمین رگرسیون ساختگی[3] به دلیل غیرواقعی بودن نتایج این رگرسیون‌ها آزمون‌های ریشه واحد و وجود هم‌انباشتگی[4] بین متغیرها در معادلات رگرسیونی انجام شده است. نتایج آزمون ایستایی متغیرها با استفاده از آزمون ایم، پسران و شین[5] (IPS) نشان می‌دهد که متغیرها در سطح، غیرایستا هستند و با یک‌بار تفاضل‌گیری ایستا می‌شوند. از طرفی آماره‌های آزمون هم‌انباشتگی پدرونی[6] (۲۰۰۴) فرض عدم هم‌انباشتگی بین متغیرها را رد می‌کند یعنی متغیرها در بلندمدت هم‌انباشته هستند. از این‌رو بدون هیچ نگرانی می‌توان نسبت به تخمین ضرایب در معادلات اقدام نمود. در ادامه لازم است تا نوع داده‌ها از جهت Pool یا پنل بودن و شیوه تخمین معادله شدت یادگیری در بخش صنعت مشخص گردد که در این پژوهش برای تعیین نوع معادله از آزمون F لیمر[7] استفاده شده است.

جدول (۱): محاسبه آماره F لیمر

آماره F لیمر	فرضیه H_0: یکسان بودن عرض از مبدأ
F(۱۲۹ و ۲۲۰۸) =۵/۱۱ Prob=(۰/۰۰۰)	رد فرضیه صفر

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج مربوط به محاسبه آماره F لیمر و رد فرضیه صفر آن در جدول (۱) بدین مفهوم است که عرض از مبدأ برای هریک از صنایع مورد بررسی متفاوت بوده و مدل از نوع پنل

[1] Arellano and Bond
[2] Sargan Test
[3] Spurious Regression
[4] Cointegration
[5] Im,Pesaran,Shin
[6] Pedroni
[7] F-Limer Test

خواهد بود. حال که پنل بودن داده‌ها اثبات گردید، لازم است نسبت به تخمین معادلات به روش پنل با اثرات ثابت (FE) و مدل پنل با اثرات تصادفی (RE) تصمیم‌گیری شود. در این مقاله از اثرات ثابت استفاده شده است. چون نتایج آزمون هاسمن[1] در جدول (۲) مؤید آن است که مدل، پنل با اثرات ثابت (FE) بوده است.

جدول (۲): آزمون هاسمن در معادله اندازه‌گیری شدت یادگیری

آزمون هاسمن	فرضیه H_0: مدل پنل با اثرات تصادفی
χ^2=۱۳۴/۵۵ Prob=(۰/۰۰۰)	رد فرضیه صفر

منبع: یافته‌های تحقیق

همچنین در جدول (۳)، به نتایج واریانس همسانی و خودهمبستگی مرتبه اول ولدریج[2] در معادله منحنی یادگیری اشاره شده است.

جدول (۳): آزمون ناهمسانی واریانس و عدم خودهمبستگی جملات اختلال

معادله	فرضیه H_0: عدم خودهمبستگی	فرضیه H_0: همسانی واریانس
منحنی یادگیری	F (۱ و ۱۲۹) =۱۲/۹۵ Prob=(۰/۰۰۰)	χ^2=۱۳۵۵ Prob=(۰/۰۰۰)

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول (۳) بیانگر ناهمسانی واریانس و خودهمبستگی در معادله مذکور است که به ترتیب با وزن‌دهی به مقاطع و وارد نمودن جمله AR(۱) در معادله منحنی یادگیری نسبت به رفع آن اقدام گردید. در ادامه پس از انجام آزمون‌های لازم به تخمین معادله منحنی یادگیری به روش حداقل مربعات متغیرهای دامی[3] (LSDV) پرداخته که نتایج آن در جدول (۴) درج شده است.

جدول (۴): نتایج تخمین منحنی یادگیری در بخش صنعت ایران

نام متغیر	ضریب تخمین	آماره t	احتمال
constant	۲/۰۸۵۳۱۷	۱۲/۵۶۰۴۹	(۰/۰۰۰۰)
LnX_{it}	-۰/۸۴۰۰۹۱	-۸۹/۲۴۴۵۲	(۰/۰۰۰۰)
LnL_{it}	۰/۶۴۰۹۰۴	۳۴/۶۱۲۱۷	(۰/۰۰۰۰)
AR(1)	۰/۵۲۳۷۹۱	۳۹/۰۲۷۷۴	(۰/۰۰۰۰)
آماره‌های تشخیصی	$\bar{R}^2 = ۰/۹۷۰۹$	$R^2 = ۰/۹۷۲۶$	
	D.W=۲/۰۷۲	F=۵۵۹/۴۴ Prob=(۰/۰۰۰)	

منبع: یافته‌های تحقیق

[1] Hausman
[2] Wooldrige First Order Autoregressive
[3] Least Square Dummy Variables

همان طوری که در جدول (۴) مشخص است، شیب منحنی یادگیری که بیانگر میزان متوسط شدت یادگیری است مطابق انتظار منفی و با مقدار $\varphi_{1it} = ۰/۸۴$ در سطح بالایی قرار دارد. همچنین در این معادله مقدار آماره‌های F, R^2 خوبی برازش و معنی‌داری کل مدل رگرسیون را نشان می‌دهند. علاوه براین آماره دوربین واتسون با مقدار ۲/۰۷۲ = D.W فرض عدم خودهمبستگی را تائید می‌کند. از سوی دیگر، در ادامه بحث به منظور بررسی‌های تکمیلی، علاوه بر متوسط شدت یادگیری در بخش صنعت اندازه این متغیر به طور جزئی بررسی شده است که نتایج مربوط به فراوانی صنایع براساس شدت یادگیری در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول (۵): فراوانی صنایع براساس شدت یادگیری در بخش صنعت ایران

دامنه کشش یا شدت یادگیری	تعداد صنایع	فراوانی نسبی صنایع	فراوانی نسبی تجمعی
$۰/۵۰ < \varphi_{1it} < ۰/۶۵$	۵	۴	۴
$۰/۶۵ < \varphi_{1it} < ۰/۸۴$	۸۱	۶۲	۶۶
$۰/۸۴ < \varphi_{1it} < ۰/۹۹$	۳۱	۲۴	۹۰
$\varphi_{1it} > ۰/۹۹$	۱۳	۱۰	۱۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول (۵) بیانگر آن است که شدت یادگیری در زیر بخش‌های صنعتی ایران متفاوت و در بخش عمده‌ای از صنایع در سطح کمتر از متوسط شدت یادگیری قرار دارد. به طوری‌که از ۱۳۰ صنعت بررسی شده در ۸۶ صنعت این کشش از مقدار متوسط ۰/۸۴ کمتر و در ۴۴ صنعت بالاتر از این مقدار قرار دارد. علاوه براین در جدول (۶) وضعیت شدت یادگیری در صنایع با بیشترین اشتغال و ارزش‌افزوده مورد بررسی قرار گرفته است. همان طور که در جدول (۶) مشخص است در اکثریت صنایع با اشتغال بالا، شدت یادگیری در پایین‌تر از متوسط شدت یادگیری بخش صنعت است؛ که دلیل آن را می‌توان به مدیریت غیرعلمی، توجه کمتر مدیران به تجربه و مهارت نیروی انسانی و استفاده از تکنولوژی متوسط به پایین[۱] برای تولید نسبت داد. البته در بین این صنایع دو صنعت تولید قطعات و ملحقات برای وسیله نقلیه موتوری و موتور آن‌ها (۳۴۳۰) و تولید وسایل نقلیه موتوری (۳۴۱۰) با وجود استخدام زیاد نیروی‌کار به دلیل استفاده از سرمایه قابل

[۱] سطح تکنولوژی صنایع براساس طبقه‌بندی OECD در گروه‌های چهارگانه با تکنولوژی برتر، تکنولوژی متوسط برتر، تکنولوژی متوسط به پایین و تکنولوژی پایین در نظر گرفته شده است. در این روش سطح تکنولوژی برحسب شدت فعالیت تحقیق و توسعه (R&D) که از نسبت مخارج تحقیق و توسعه به ارزش تولید، ارزش‌افزوده و یا میزان فروش به دست می‌آید، سنجیده می‌شود.

توجه و تجهیزات مدرن شدت یادگیری بالاست. از سوی دیگر در صنایعی از قبیل تولید فرآورده نفتی (۲۳۲۰)، تولید مواد پلاستیکی و ساخت لاستیک مصنوعی (۲۴۱۳)، تولید مواد شیمیایی اساسی به جز کود و ترکیبات ازت (۲۴۱۱)، تولید کود شیمیایی و ترکیب ازت (۲۴۱۲) و غیره با بالاترین ارزش‌افزوده شدت یادگیری بالاست و در این صنایع توسعه دانش و تجربه اثر مثبت بر کاهش هزینه هر واحد ستاده دارد.

جدول (۶): وضعیت شدت یادگیری در صنایع با بیشترین اشتغال و ارزش‌افزوده

وضعیت یادگیری در صنایع با بیشترین اشتغال		
نام صنعت	شدت یادگیری	تعداد کارگر (نفر)
آماده سازی و ریسندگی الیاف منسوج بافت منسوجات	۰/۶۳۵	۷۷۸۰۴
تولید محصولات اولیه آهن و فولاد	۰/۸۷۹	۵۵۱۳۶
تولید قطعات و ملحقات برای وسایل نقلیه موتوری و موتور آن	۱/۱۸۷	۴۸۶۷۲
تولید وسایل نقلیه موتوری	۰/۸۸۶	۴۷۵۵۸
تولید آجر	۰/۸۰۹	۳۸۲۳۸
تولید محصولات پلاستیکی به جز کفش	۰/۸۰۶	۲۹۲۳۴
تولید سیمان و آهک و گچ	۰/۸۰۶	۲۳۸۳۶
تولید سایر محصولات فلزی طبقه‌بندی نشده درجای دیگر	۰/۸۱۳	۲۳۶۷۶
تولید وسایل خانگی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۰/۸۲۷	۲۲۱۷۷
تولید قند و شکر	۰/۷۳۴	۲۱۰۴۶
تولید سایر محصولات گلی و سرامیکی غیر نسوز ساختمانی	۰/۷۷۰	۲۰۶۹۰
وضعیت یادگیری در صنایع با بیشترین ارزش‌افزوده		
نام صنعت	شدت یادگیری	ارزش‌افزوده (میلیون ریال)
تولید فرآورده‌های نفتی تصفیه شده	۰/۹۶۵	۷۶۶۷۳۱۴۸
تولید محصولات اولیه آهن و فولاد	۰/۸۷۹	۴۷۳۸۱۲۲۲
تولید وسایل نقلیه موتوری	۰/۸۸۶	۳۶۵۲۵۲۶۲
تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی	۰/۸۵۸	۳۲۲۳۵۲۰۶
تولید مواد شیمیایی اساسی به جز کود و ترکیبات ازت	۰/۹۲۸	۲۲۰۹۶۴۲۲
تولید سیمان و آهک و گچ	۰/۸۰۶	۱۳۴۸۸۲۰۴
تولید قطعات و ملحقات برای وسایل نقلیه موتوری و موتور آن	۱/۱۸۷	۱۱۶۱۳۸۲۶
تولید کود شیمیایی و ترکیبات ازت	۰/۹۶۱	۸۳۵۱۶۹۹
تولید محصولات اساسی مسی	۰/۸۹۹	۷۹۳۵۸۴۷
تولید دارو و مواد شیمیایی مورد استفاده در پزشکی	۰/۸۷۶	۷۴۶۳۳۸۹

منبع: یافته‌های تحقیق

در ادامه، اثرات شدت یادگیری بر عملکرد صنایع کارخانه‌ای ایران با استفاده از روش GMM ارزیابی شده است. نتایج مربوط به این تخمین در جدول (۷) ارائه شده است.

جدول (۷): نتایج تخمین اثرات شدت یادگیری بر عملکرد صنایع کارخانه‌ای ایران

نام متغیر	ضریب تخمین	آماره t	احتمال
$PRI(-1)_{it}$	۰/۰۰۲۹۶	۸/۶۹۹۶	(۰,۰۰۰۰)
$landa_t$	۴/۲۴۳۴	۲۲/۳۲۶۹	(۰,۰۰۰۰)
$RADV_{it}$	۰/۰۱۴۸۷	۲/۴۵۱۴	(۰,۰۱۴۳)
RRD_{it}	۰/۶۸۰۰	۴/۸۱۸۷	(۰,۰۰۰۰)
GS_{it}	۰/۰۰۲۵	۱۴/۷۳۳۹	(۰,۰۰۰۰)
KS_{it}	۰/۴۸۷۶	۶۴/۴۶۱۹	(۰,۰۰۰۰)
N_{it}	۰/۰۰۰۲	۲۴/۵۶۷۳	(۰,۰۰۰۰)
آزمون سارگان	Prob =(۰/۳۱۸)	J-Statistic =۱۲۸/۸۵۶	
آزمون آرلانو و باند	Prob =(۰,۰۰۰) Prob =(۰/۵۳۱)	M-Statistic-AR(1) =-۴/۹۰۸ M-Statistic-AR(2) = ۰/۶۲۷	

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول (۷) نشان می‌دهد که تمامی متغیرهای مدل در سطح احتمال ۵٪ تأثیر معنی‌دار و مطابق انتظار بر متغیر سودآوری دارند. از طرفی در بین متغیرهای مؤثر بر سودآوری نرخ یادگیری با ضریب مثبت برابر ۴/۲۴ بیشترین اثر را بر سودآوری داشته است. همچنین بررسی معتبر بودن ماتریس ابزارها با استفاده از آزمون سارگان و مقدار احتمال این آماره بیانگر آن است که فرضیه صفر عدم خودهمبستگی ابزارها با اجزای اخلال را نمی‌توان رد کرد. بنابراین ابزارهای مورد استفاده برای تخمین مدل از اعتبار لازم برخوردارند. همچنین آزمون آرلانو و باند برای بررسی درجه خودهمبستگی جملات اختلال با توجه به آماره‌های M_1 و M_2 نشان می‌دهد که فرضیه صفر عدم خودهمبستگی مرتبه اول رد شده اما عدم خودهمبستگی مرتبه دوم رد نمی‌شود؛ بنابراین روش آرلانو و باند روش مناسبی برای حذف اثرات ثابت مدل است و تورش تصریح در مدل وجود ندارد.

۵- نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی

هدف محوری این تحقیق ارزیابی شدت یادگیری در بخش صنعت و اثرات آن بر عملکرد صنایع کارخانه‌ای ایران بود جهت دستیابی به این هدف از تابع توانی منحنی یادگیری ادغام شده با تابع تولید نئوکلاسیکی و داده‌های ۱۳۰ صنعت فعال کد چهاررقمی ISIC طی سال‌های ۹۲- ۱۳۷۵ استفاده شد. یافته‌های این پژوهش به طورکلی دلالت برآن دارد که در بخش صنعت شیب منحنی یادگیری که بیانگر میزان متوسط شدت یادگیری است مطابق انتظار منفی و با مقدار φ_{1it} =۰/۸۴ در سطح بالایی قرار دارد. بنابراین زمانی که تراکم دانش دو برابر شود، مقدار بهره‌وری نیروی‌کار افزایش و هزینه هر واحد ستاده به

میزان ۴۴ درصد نسبت به سطح قبلی‌اش کاهش می‌یابد. بررسی‌های جزئی‌تر نشان می-دهد که مقدار ضریب شدت یادگیری در زیر بخش‌های صنعتی ایران متفاوت و در بخش عمده‌ای از صنایع کمتر از متوسط شدت یادگیری است. به طوری‌که از ۱۳۰ صنعت بررسی شده در ۶۶ درصد صنایع کشش یادگیری پایین‌تر و در ۳۴ درصد این کشش بالاتر از متوسط شدت یادگیری است. همچنین بررسی‌های تکمیلی مؤید آن است که در بین صنایع با اشتغال بالا، شدت یادگیری کمتر از متوسط یادگیری تحقق یافته در بخش صنعت است. دلیل این امر می‌تواند انتخاب مدیران برحسب وابستگی، اعتماد و تبانی با مقام بالاتر و نبود تخصص مدیریتی لازم باشد که موجب می‌شود تا اشتغال بالای کارگران در این صنایع براساس مبنای دقیقی نباشد. همچنین مالکیت دولتی برخی از صنایع، استفاده از تکنولوژی متوسط به پایین، وجود رقبای خارجی و مدیران داخلی منجر به کاهش توانایی سرمایه‌گذاری در آموزش و سرمایه انسانی شده است. البته در صنعت تولید قطعات و ملحقات برای وسایل نقلیه موتوری و موتور آن‌ها (۳۴۳۰) و تولید وسایل نقلیه موتوری (۳۴۱۰) باوجود اشتغال بالا به دلیل سرمایه‌گذاری قابل توجه و استفاده از تجهیزات سرمایه‌بر یادگیری اتفاق افتاده و منجر به ارتقای بهره‌وری و کاهش هزینه هر واحد نیروی کار برای تولید ستاده شده است. از سوی‌دیگر در صنایع با ارزش‌افزوده بالا نیز شدت یادگیری بالاتر از متوسط یادگیری در بخش صنعت است که دلیل آن را می‌توان به استفاده از تکنولوژی مدرن، انرژی جدید و سرمایه بیشتر نسبت داد. به عبارت دیگر در این‌گونه صنایع نیروی‌کار، در طی زمان به دلیل استفاده از تکنولوژی مدرن و تجهیزات سرمایه‌ای، آموزش تخصصی لازم را دیده‌اند. بنابراین یادگیری در این صنایع با شدت بیشتری هزینه هر واحد نیروی‌کار برای تولید ستاده را کاهش داده است. براین اساس در بخش صنعت، جهت‌دهی و استفاده از مزایای یادگیری از الزامات سیاست‌گذاری در صنایع تولیدی ایران است. نتایج بررسی اثرات یادگیری بر عملکرد صنایع کارخانه‌ای ایران نشان می‌دهد که در کنار بقیه متغیرهای اثرگذار بر سودآوری، نرخ یادگیری با ضریب مثبت و معنی‌دار برابر ۴/۲۴ بیشترین تأثیر را بر نرخ سودآوری به عنوان متغیر عملکردی صنایع کارخانه‌ای ایران دارد. با توجه به اینکه در صنایع بزرگ و با ارزش‌افزوده بالا شدت یادگیری بالاست به برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران توسعه صنعتی استفاده از تکنولوژی برتر و مدرن، اعزام کارگران به دوره‌های آموزش تخصصی و ارتقای سرمایه انسانی و استفاده از مدیران باتجربه و دارای تخصص مرتبط در بخش صنعت توصیه می‌شود.

فهرست منابع

۱. راسخی، سعید، و حق‌جو، مریم (۱۳۹۴). آزمون فرضیه یادگیری ضمن صادرات: مطالعه موردی برای صنایع کارخانه‌ای ایران. *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*. ۷۳، ۶۸-۵۳.

۲. مرکز آمار ایران (۱۳۸۶-۱۳۷۵). *طرح‌های آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر کشور* طی سال‌های

۳. مرکز آمار ایران (۱۳۹۲- ۱۳۸۷). *نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر کشور*. تهران: دفتر ریاست، روابط عمومی و همکاری‌های بین‌الملل، چاپ اول.

1. Anzanello, M. J., & Fogliatto, F. S. (2011). Selecting the best clustering variables for grouping mass-customized products involving workers learning. *International Journal of Production Economics*, 130(2), 268-276.
2. Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some test of specification for panel data. *The Review of Economic Studies*, 58, 277-297.
3. Arrow, K. J. (1962). The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155-173.
4. Asher, H. (1956). Cost-quantity relationships in the airframe industry. *The Rand Corporation, Santa Monica*, R-291.
5. Badiru, A. B. (1992). Manufacturing cost estimation: A multivariate learning curve approach. *Journal of Manufacturing Systems*, 10(6), 431-441.
6. Bahk, B. H., & Gort, M. (1993). Decomposing learning-by-doing in new plants. *Journal of political Economy*, 110(4), 561-583.
7. Balasubramanian, N., & Lieberman, M. (2010). Industry learning enviroments and heterogeneity of firm performance. *Strategic Manegment Journal*, 31, 390-412.
8. Balasubramanian, N., & Lieberman, M. (2011). Learnin-by-Doing and market structure. *The Journal of Industrial Economics*, 4(2), 177-198
9. Baloff, N. (1971). Extension of learning curve some empirical results. *Operational Research Quaterly*, 22(4), 329-340.
10. Bollinger, B., & Gillingham, K. (2014, December). *Learning-by-Doing in the solar photovoltaic industry*. Paper presented at the Annual M*eeting* on Advances in Environmental Economics, University of Pennsylvania Wharton, America.
11. Carr, W. (1946). Parametric cost estimating requires new learning curves. *Aviation*, 45, 76-77.

12. Clarke, A. (2008). Learning-by-doing and productivity dynamics in manufacturing industries: Department of Economics, University of Melbourne. *Working paper series*, 1032, 1-50.
13. Conway, R. W., & Schultz, J. (1959). The manufacturing progress function. *Journal of Industrial Engineering*, 1, 39-53.
14. Dejong. R. J. (1957). The effect of increasing Skill on Cycle time and its consequence for time standards. *Ergonomics*, 1(1), 51-60.
15. Franceschini, F., & Galetto, M. (2002). Asymptotic defectiveness of manufacturing plants: An estimate based on process. *International Journal of production Research*, 40(3), 537-545.
16. Gruber, H. (1992). The learning curve in the production of Semiconductor memory Chips. *Applied Economics*, 24(8), 885-894.
17. Heng, T. M. (2010, January). *Learning curve & productivity in Singapore manufacturing industries*. Paper presented at the Second Annual Conference of Academic Network for Development in Asia (ANDA), Phnom Penh, Cambodia.
18. Heng, T. M., & Low, L. (1995). Estimating and comparing learning curve in three Asian economics. *Asian Pacific Journal of Management*, 12(1), 21-35.
19. Hirschmann, W. B. (1964). Profit from the learning curve. *Harvard Business Review*, 42(1), 125-139.
20. Howell, S. D. (1980), Learning curve for new products. *Industrial marketing Management*, 9, 79-99.
21. Jabber, M. Y., Goyal, S., & Imran, M. (2008). Economic production quantity model for items with learning effects. *International Journal of Production Economics*, 115(1), 143-150.
22. Knecht, G. R. (1974). Costing, technological growth and generalized learning curve. *Operation Research Quaterly*, 25(3), 487-491.
23. Levy, F. K. (1965). Adaption in the production process. *Manegment science*, 11(6), 136-154.
24. Lieberman, M. B. (1984). The learning curve & pricing in the chemical processing industries. *The Rand Journal of Economics*, 15(2), 213-228.
25. Miller, F. D. (1971). The cubic learning curve – A new way to estimate production costs. *Manufacturing Engineering and Management*, 14-15.
26. Ohashi, H. (2016). Learning by doing, export subsidies and industry growth, *Journal of international Economics*, 104(2), 297-323.
27. Pramongkit, P., Shawyun, T., & Sirinaovakul, B. (2002). Productivity growth and learning potentials of Thai industry. *Technological forcasting & social Change*, 62, 89-101.

28. Rasekhi, S., & Haghjoo, M. (2015). An examination of learning by export hypothesis: A case study of Iran's manufacturing industries. *Quarterly Journal of Economic Research and policies*, 23(73), 53-68 (In Persion).
29. Rehman, J. & Wizarat. S. (2010). Cost and productivity experience of Pakistan with aggregate learning curve. *International Journal of Economics, Bussiness and industrial Engineering*, 4(3), 280-289.
30. Rosen, S. (1972). Learning by experience as joint production. *The Quarterly Journal of Economics*, 86(3), 366-382.
31. Sheshinski, E. (1976). Tests of learning by doing hypothesis. *The Review of Economics and Statistics*, 49(4), 568-578.
32. Statistical center of Iran. (1387- 1392). *Survey results from industrial workshops with ten and more worker* (1th Ed.). Tehran: Office of Public Relations and International Cooperation (In Persian).
33. Statistical center of Iran. *Census projects of workshops with ten employees and more worker over the years of 1375-1386 Statistics Data Sets* (In Persian).
34. Tomer, J. (1981). Organization of change, Organization capital and economic growth. *Eastern Economic Journal*, 7(1), 1-14.
35. Wright, T. P. (1936). Factors affecting the cost of airplanes. *Journal of Aeronautical Science*, 3(2), 122-128.
36. Yelle, L. E. (1976). Estimating learning curve for potential products. *Industrial Marketing Management*, 5(2-3), 147-154.
37. Yelle, L. E. (1979). The lerning curve: historical review and comprehensive survey. *Dissision Science*, 10(2), 302-328.
38. Yong, S. (2015). *Learning-by-doing in the DRAM semiconductor industry*. (Doctoral dissertation, University of Oregon). Retrieved from http://economics.uoregon.edu /4/03/Yeum_Thesis_2015.pdf