

Evaluation of the learning by doing in Iran's chemical Industry whit considering economies of scale

Soheila Mirzababazadeh*

Farhad Khodadad Kashi**, Somayeh Shahhoseini***, Siyavash Jani****

Abstract

Knowledge development and accumulation are important sources of economic growth and development and Learning is one of the effective factors in the development and accumulation of knowledge. Learning reduces the average cost over time along with increasing cumulative production. The chemical industry plays an important role in the country's economy due to its high value added, product diversity and employment. The objective of this study is to analyze learning by doing in Iran's chemical industry at the level of four-digit ISIC codes using panel data during the period 2011 to 2015. For this purpose, the learning curve was estimated using the panel data technique, assuming a constant return to scale. The finding indicate that learning has been achieved in Iran's chemical industry and the slope of the learning curve, ie the effect of learning in all sub-sectors of Iran's industry, as expected, is negative and equal to 0/86. The results indicate that the learning effect is different in the sub-sectors of Iran's chemical industry, but it is close to the average learning intensity.

Keywords: Learning curve, Learning effect, production cost, economies of scale, chemical industry

JEL classification: C₂₃, O₁₅, O₁₄, L₆₀

* Phd. Student, Department of Economic, Payam noor University, Iran (Corresponding Author), nmirzababazadeh@gmail.com

** Professor, Department of Economic, Payamnoor University, Iran, khfarhad2001@gmail.com

*** Assistant Professor, Department of Economic, Allameh Tabataba'i University, somayeh.shahhoseini@gmail.com

**** Assistant Professor, Department of Economic, Payamnoor University, Iran, svv.jani@gmail.com

Date received: 2020/2/24, Date of acceptance: 2020/6/8

Copyright © 2010, IHCS (Institute for Humanities and Cultural Studies). This is an Open Access article. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.



پروپوزیشن گاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ارزیابی میزان تحقق یادگیری در صنایع شیمیایی ایران با ملاحظه صرفه‌های مقیاس^۱

سهیلا میرزابابازاده*

فرهاد خداداد کاشی**، سمیه شاه حسینی***، سیاوش جانی****

چکیده

در طول چند دهه گذشته کسب مزیت هزینه‌ای به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل توسعه اقتصادی و صنعتی کشورها مطرح می‌باشد. کسب مزیت هزینه‌ای به عوامل مختلف از جمله یادگیری وابسته است. منظور از یادگیری کاهش هزینه متوسط در طی زمان همراه با افزایش تولید تراکمی است و یادگیری ضمن انجام کار با کاهش هزینه‌های تولید به ایجاد مزیت رقابتی منجر می‌شود. صنایع شیمیایی به علت ارزش افزوده بالا، تنوع محصولات و اشتغال‌زایی نقش مؤثری در اقتصاد کشور دارد، لذا هدف اصلی این مقاله ارزیابی یادگیری در صنایع شیمیایی ایران در سطح کدهای ISIC چهاررقمی با استفاده از داده‌های تابلویی طی دوره زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ است. برای این منظور منحنی یادگیری با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس، با استفاده از تکنیک داده‌های تابلویی تخمین زده شد. نتایج حاصل از این مطالعه دلالت بر این دارد که یادگیری ضمن انجام کار در صنایع شیمیایی ایران محقق شده است و شیب منحنی یادگیری یعنی اثر یادگیری، در صنایع شیمیایی ایران مطابق انتظار منفی و برابر ۰/۸۶ است. علاوه بر این، نتایج بیان‌کننده این هستند که اثر یادگیری در زیر بخش‌های صنایع شیمیایی ایران متفاوت است ولی در بخش عمده‌ای از صنایع مورد بررسی، نزدیک به متوسط اثر یادگیری قرار دارد.

* دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشگاه پیام نور ایران (نویسنده مسئول)، nmirzababazadeh@gmail.com

** استاد گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور ایران، khfarhad2001@gmail.com

*** استادیار گروه اقتصاد بازرگانی، دانشگاه علامه طباطبائی، somayeh.shahhoseini@gmail.com

**** استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور ایران، svv.jani@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۰۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۱۹

کلیدواژه‌ها: منحنی یادگیری، اثر یادگیری، هزینه تولید، صرفه‌های مقیاس، صنایع شیمیایی

طبقه‌بندی JEL: C₂₃, O₁₅, O₁₄, L₆

۱. مقدمه

صنعت شیمیایی پس از صنایع غذایی و خودروسازی سومین صنعت بزرگ جهان محسوب می‌شود. در اقتصاد ایران نیز به عنوان چهارمین تولیدکننده نفت جهان و با دارا بودن دشومین ذخایر گاز دنیا، محصولات پتروشیمی نقش بسزایی در رشد صادرات غیرنفتی کشور داشته است. بنا به آمار بانک مرکزی، در سال ۱۳۹۱ سهم ارزش صادرات پتروشیمی از صادرات صنعتی حدود ۴۸ درصد و از کل صادرات غیرنفتی ۳۷ درصد بوده است. صنایع پتروشیمی در واقع بخش از صنایع شیمیایی است که فرآورده‌های شیمیایی را از مواد خام حاصل از نفت یا گاز طبیعی تولید می‌کند. مهمترین ویژگی‌های صنایع شیمیایی و بویژه صنعت پتروشیمی ارزش افزوده بسیار بالا، تنوع محصولات و تأمین مواد اولیه هزاران کارگاه و کارخانه صنایع پایین دستی آن است که از نظر اشتغال‌زایی و کسب درآمدهای ارزی و قطع وابستگی، نقش بسیار مؤثری در اقتصاد کشور دارد. لذا توجه به صنایع شیمیایی افزون بر کاهش خام‌فروشی، منجر به ایجاد ارزش افزوده مضاعف اقتصادی و اشتغال‌زایی خواهد شد و تبلور توسعه پایدار در راستای اقتصاد مقاومتی را به همراه خواهد داشت.

صنعت پتروشیمی ایران یکی از ظرفیت‌های توسعه است ولی صنایع پایین دستی محصولات پتروشیمی توسعه لازم را ندارد و زنجیره تولید صنایع پتروشیمی ایران دارای حلقه‌های مفقوده فراوان است. در اکثر محصولات پتروشیمی مصرف داخلی بسیار کمتر از صادرات است یعنی زنجیره ارزش کامل نشده است. بررسی کشورهای که سهم بالایی از تولید و صادرات این صنعت را به خود اختصاص داده‌اند نشان می‌دهد که همواره این کشورها در تلاش بوده‌اند که بهره‌وری تولید را به روش‌های مختلف افزایش دهند، که افزایش بهره‌وری نیازمند آموزش مستمر نیروی انسانی است و اگر یادگیری اتفاق بیفتد زنجیره ارزش کامل می‌شود. از این رو با توجه به وفور منابع طبیعی در ایران ضروری است به مؤلفه‌های رشد و توسعه صنایع پتروشیمی که یکی از آن‌ها یادگیری است توجه شود. یادگیری در اقتصاد ایران، از گذشته‌های دور مورد توجه قرار گرفته است اما عملاً در صنایع ایران و بویژه صنایع بزرگ ایران چندان مورد توجه نبوده است، زیرا این صنایع اغلب

دولتی بوده‌اند و یا در مالکیت نهادهای عمومی غیردولتی هستند. توسعه شرکت‌های دانش - بنیان در بخش صنایع شیمیایی می‌تواند نقش مؤثری در رشد و توسعه اقتصادی ایفا نماید که در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ مورد تأکید است. به علاوه در سند اقتصاد مقاومتی به پشتیبانی اقتصاد دانش‌بنیان و ساماندهی نظام ملی نوآوری تأکید شده‌است. یکی از ابزارهای اقتصاد مقاومتی، ارتقا کیفیت تولید و تنوع آن است که نیازمند دانش، تکنولوژی و سرمایه‌انسانی است و یکی از عوامل مؤثر بر انباشت دانش، تکنولوژی و سرمایه انسانی، یادگیری ضمن انجام کار است.

شواهد نشان می‌دهد در طی پنجاه سال گذشته کشورهای مختلف با سرعت‌های بسیار متفاوت رشد کرده‌اند. این نرخ‌های رشد متفاوت صرفاً بر حسب تفاوت در منابع طبیعی، انباشت سرمایه‌ها و فن‌آوری‌ها قابل توضیح نیست، بلکه عوامل دیگری مثل تراکم دانش در تحقق رشد و توسعه دخیل بوده‌اند. مقدار تولید یک صنعت تابعی از مقادیر نهاده‌ها و سطح متوسط مهارت است که این مهارت می‌تواند از طریق یادگیری ضمن انجام کار افزایش یابد. یادگیری ضمن انجام کار آثار خارجی مثبت ایجاد می‌کند که منجر به رشد تولید می‌شود (Boldrin & Scheinkman, 1988).

در زمینه یادگیری و تخمین منحنی یادگیری مطالعات متعددی در کشورهای صنعتی انجام گرفته‌است، اما تخمین منحنی یادگیری با ملاحظه صرفه‌های مقیاس، در اقتصاد وابسته به نفت و صنایع شیمیایی ایران رویکرد نوینی است که این تحقیق به آن پرداخته شده‌است. لذا هدف مطالعه حاضر ارزیابی منحنی یادگیری با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس می‌باشد، برای این منظور ابتدا فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس در مدل آزمون شد و پس از اطمینان از وجود بازدهی ثابت نسبت به مقیاس، تحقق یادگیری در صنایع شیمیایی ایران مورد بررسی قرار گرفت. این مقاله به صورت زیر سازماندهی شده‌است: بعد از مقدمه در قسمت دوم مبانی نظری و در قسمت سوم پیشینه پژوهش، در خصوص فرآیند یادگیری به طور اجمالی بیان می‌گردد. در بخش چهارم به معرفی داده‌ها و روش تحقیق و در بخش پنجم به معرفی متغیرها، مدل پژوهش و تخمین الگو پرداخته می‌شود. سپس قسمت ششم تحقیق نیز به بحث، تفسیر نتایج و توصیه‌های سیاستی تحقیق اختصاص یافته است.

۲. مبانی نظری

پدیده منحنی یادگیری در ادبیات ابتدا توسط راییت (Wright, 1936) در سال ۱۹۳۶ گزارش شد. مشاهدات وی دلالت بر آن داشت که با دوبرابر شدن محصول تولید شده، ساعت کار لازم برای تولید هر واحد محصول کاهش می‌یابد. نویسندگان مختلف به منحنی یادگیری با نام‌های دیگر مانند منحنی پیشرفت (development curve)، منحنی بهبود (improvement curve) و منحنی تجربه (Experience curve) اشاره می‌کنند (Yelle, 1979). لذا ایده منحنی یادگیری از مشاهدات تجربی به دست آمده است بطوریکه در صنایع مختلف، با دو برابر شدن تولید تراکمی، کاهش هزینه مشاهده شده است (Trappey et al, 2016). یادگیری ضمن انجام کار یکی از عوامل مؤثر بر افزایش تولید با کیفیت بالا و در نتیجه رشد اقتصادی است. یادگیری ضمن انجام کار به عنوان توضیحی جهت تحقق پتانسیل تولیدی تکنولوژی‌های جدید عنوان می‌شود، بنابراین توسعه فن‌آوری‌های جدید تولیدی مانند نتایج تلاش‌های R&D و استفاده از آن‌ها در تولید کالاهای جدید یا کالاهای موجود احتمالاً در ابتدا به یادگیری سریع ضمن انجام کار منجر می‌شود. (Young, 1991).

برخی اقتصاددانان معتقدند یادگیری ضمن انجام کار، اثر خارجی انباشت سرمایه‌انسانی و محصول فرعی کاربرد نیروی کار و سرمایه در فرآیندهای تولید جدید است که منجر به توسعه سرمایه‌انسانی و در نتیجه افزایش بهره‌وری می‌شود مانند داتون و توماس (Dutton & Thomas, 1984)، لوکاس (Lucas, 1988)، یانگ (۱۹۹۱). لذا بیشتر مزایای منحنی یادگیری از طریق کاهش هزینه‌های نیروی کار، افزایش بهره‌وری و افزایش رشد حاصل می‌شود. رویکرد سنتی رشد اقتصادی، سرمایه فیزیکی و سرمایه‌انسانی را عامل رشد می‌داند درحالی‌که در مدل رشد بلندمدت رومر، دانش به عنوان یک نهاد در تولید فرض شده که بهره‌وری نهایی را افزایش می‌دهد و یادگیری ضمن انجام کار صرفه‌جویی در هزینه‌ها را به دست می‌دهد. در نتیجه یادگیری ضمن انجام کار یکی از منابع بسیار مهم فعالیت نوآوری می‌باشد (föllner, 1969).

سرمایه‌انسانی در اقتصاد به عنوان انباشت نیروهای فیزیکی، دانش، مهارت و هوشی که نیروی کار دارا هستند تعریف می‌شود که به افزایش بهره‌وری نیروی کار کمک می‌کند. به عبارت دیگر سرمایه‌انسانی، کیفیت کارگران شاغل در فعالیت‌های تولیدی را نشان می‌دهد. توسعه سرمایه‌انسانی عمدتاً از سه منبع یعنی بهداشت، آموزش رسمی و یادگیری ضمن انجام کار حاصل می‌شود. توسعه سرمایه‌انسانی ناشی از یادگیری، همان کارکرد خلق ایده‌ها

در مدل رومر را دارد که هر دو منبع رشد پایدار در بلندمدت هستند (Mao, 2012). آموزش ضمن خدمت و یادگیری ضمن انجام کار، همراه با تحصیلات از عناصر مهم تشکیل سرمایه انسانی می‌باشند. معمولاً اثرات یادگیری در ابتدای فعالیت با نرخ بالا ظاهر می‌شود و سپس کند می‌شود و در سطوح بالای فعالیت یعنی وقتی تمام عوامل از مهارت کافی برخوردار شدند اثرات یادگیری تخلیه می‌شود و منحنی یادگیری افقی و صاف می‌شود. (Lucas, 1988).

در طی زمان با تحقق یادگیری در صنایع، کالاهای با کیفیت بالا معرفی و کالاهای با کیفیت پایین از رده خارج می‌شود. تغییر فنی برون‌زا یکی از موتورهای رشد پایدار (طبق مدل‌های سولو (Solow, 1956)، دیاموند (Diamond, 1965)، شل (Shell, 1967) و یادگیری ضمن انجام کار که از آن به عنوان اثر خارجی مثبت (positive externalities) یاد می‌شود نیز موتور دیگر رشد است (طبق مدل‌های ارو (Arrow, 1962)، رومر (Romer, 1986, 1988)). همچنین انباشت دانش از طریق یادگیری ضمن انجام کار که نتیجه تجربه در تولید و ناشی از یادگیری می‌باشد، آثار خارجی مثبتی در فرآیند تولید به همراه خواهد داشت (Stokey, 1988).

از جنبه نظری یادگیری به سه طریق محقق می‌شود: ۱. تجربه در تولید ۲. واردات کالای سرمایه‌ای ۳. حمایت از صنایع نوزاد

در مورد تجربه در تولید لازم به توضیح است زمانی که فعالیت تولیدی معینی تکرار می‌شود، منجر به کسب مهارت و تجربه در تولید می‌شود در نتیجه کالا با سرعت بالا و کیفیت بالا و هزینه کمتر تولید خواهد شد که اصطلاحاً به یادگیری ضمن انجام کار موسوم است و موجب ارتقای بهره‌وری و افزایش تولید می‌شود. کسب دانش و تغییرات فنی که معمولاً یادگیری نامیده می‌شود، باعث بهبود عملکرد تولید در طی زمان خواهد شد. در تئوری درون‌زای ارو (1962) تغییر در دانش مبنای تغییرات بین دوره‌ای و بین‌المللی در توابع تولید است و کسب دانش چیزی است که معمولاً یادگیری نامیده می‌شود. تغییرات فنی به عنوان فرآیند یادگیری وسیع و زمان‌بر تعریف می‌شود که دقیقاً همان پدیده بهبود عملکرد در طول زمان را در بردارد. ارو بیان می‌کند که تغییرات فنی می‌تواند به تجربه وابسته باشد. اولین مسئله انتخاب متغیری اقتصادی است که نشان‌دهنده تجربه باشد. ابتدا تولید تراکمی به عنوان شاخصی برای تجربه پیشنهاد می‌شود اما رضایت‌بخش نمی‌باشد چون اگر نرخ تولید ثابت باشد، انگیزه یا محرک یادگیری ثابت است در نتیجه دستیابی به رفتار تعادلی

تدریجی خواهد بود. بنابراین اررو به جای آن سرمایه‌گذاری ناخالص تراکمی را به عنوان شاخصی از تجربه در نظر می‌گیرد (Arrow, 1962).

منبع دیگر یادگیری واردات کالاهای سرمایه‌ای است که با ورود کالای سرمایه‌ای ارزان و افزایش سرمایه‌گذاری، تولیدکنندگان داخلی شروع به تقلید و کپی‌برداری از فناوری خارجی می‌کنند. در نتیجه کالا با کیفیت بالا و هزینه پایین تولید می‌شود که گفته می‌شود یادگیری ضمن انجام کار اتفاق افتاده است که اثر سرریز دانش است و منجر به تنوع تولید، صادرات و رشد اقتصادی خواهد شد (Ambler and etc, 1988). منافع بهره‌وری ناشی از یادگیری ضمن انجام کار، نه تنها در شرکت‌هایی که تولید می‌کنند دیده می‌شود، بلکه به علت آثار خارجی مثبت و اثرات سرریز در شرکت‌های دیگر که کالا را وارد کرده و فناوری وارداتی را کپی می‌کنند نیز دیده می‌شود. بررسی اقتصادهای شرق آسیا نشان‌دهنده این است که در شرایط باز بودن تجاری، کشور با واردات کالاهای سرمایه‌ای ارزان‌تر منافعی کسب می‌کند که باعث افزایش سرمایه‌گذاری، تولید سرانه هر کارگر و یادگیری ضمن انجام کار می‌شود (Goh and Olivier, 2002). در حقیقت اگر کشوری در تولید کالای مصرفی که نیازمند یادگیری پایین است، مزیت نسبی دارد، می‌تواند در شرایط تجارت آزاد با واردات کالاهای سرمایه‌ای ارزان در مقایسه با شرایط بسته بودن تجاری سرمایه بیشتری انباشت کند که این انباشت سرمایه، تولید سرانه هر کارگر و در نتیجه یادگیری ضمن انجام کار را افزایش می‌دهد و به خاطر اثر متقابل با یادگیری ضمن انجام کار، تأثیر انباشت سرمایه بر رشد دائمی است. همچنین کارگران از فناوری‌های جدید استفاده می‌کنند و یاد می‌گیرند کارآتر شوند (Ambler and etc, 1988).

تعدادی مطالعه بیان نموده‌اند که یادگیری در صنایع نوزاد، جهت حمایت از تولید داخلی اتفاق می‌افتد. در نتیجه با اعمال تعرفه و سهمیه‌بندی در این صنایع از واردات این نوع کالاها از خارج جلوگیری می‌کنند تا با وقوع یادگیری ضمن انجام کار، تولید داخلی مزیت نسبی و توان رقابت بین‌الملل را کسب کند. باردان (Bardan, 1970) ابتدا اثرات یادگیری ضمن انجام کار را به منظور توجیه فرضیه قدیمی صنایع نوزاد پیشنهاد داد که بیان می‌کند، صنایع تازه تاسیس در یک کشور، ممکن است صرفه‌های مقیاس در مقایسه با رقبای خارجی خود نداشته‌باشند. بنابراین دولت موظف است از صنایع جدید در مقابل رقابت‌های بین‌المللی در بازارهای داخلی با تعرفه، سهمیه و غیره حمایت کند. کراگمن (Krugman, 1987) استدلال می‌کند که اگر تولید کالاهای صادراتی جدید شامل یادگیری

ضمن انجام کار باشد، حمایت موقت از یک صنعت (با اعمال تعرفه و سهمیه و...) برای دستیابی به رقابت دائمی کافی خواهد بود (Leahy & Neary, 1999). وجود یک صنعت یادگیرنده مبنای نظری مداخله دولت را که اغلب به نام بحث صنایع نوزاد مطرح شده فراهم کرده است. مبنای این امر اینست که تولیدکنندگان رقابتی یک صنعت یادگیرنده کمتر از تولید بهینه اجتماعی تولید می کنند (Yokota, 2007).

در ادبیات اقتصاد صنعتی، ارتباط بین مقدار تولید تراکمی و هزینه های متوسطی که در طی زمان برای تولید آن میزان محصول صرف می شود تحت عنوان منحنی یادگیری بیان می شود. یادگیری فرآیندی است که طی آن اشخاص مهارت، دانش و توانایی لازم را به دست می آورند و با کسب تجربه پدیده یادگیری رخ می دهد. بنابراین هرچه تجربه بیشتری کسب می شود عملکرد کارگر بهبود می یابد، زمان مورد نیاز برای تولید هر واحد کاهش می یابد و بنابراین بهره وری کارگران و در نتیجه تأثیر یادگیری افزایش می یابد. به طور کلی منحنی یادگیری نشان دهنده کاهش هزینه در اثر انجام عمل تکراری توسط نیروی کار است (Anzanello & Fogliatto, 2012). منظور از یادگیری کاهش هزینه متوسط در طی زمان همراه با افزایش تولید تراکمی است. یادگیری را می توان از طریق منحنی یادگیری و شیب آن بررسی کرد. یادگیری صرفاً به نیروی انسانی محدود نمی شود بلکه با افزایش تولید از طریق استفاده از تجهیزات با فناوری بالاتر، در ماشین آلات و تجهیزات نیز ظاهر می شود. به دلیل تحقق یادگیری، هزینه واحد طی زمان کاهش می یابد و با کاهش قیمت محصول، مزیت رقابتی صنایع افزایش می یابد. در ادامه لازم است برخی انواع فرم های تبعی منحنی یادگیری معرفی شود. مدل های یادگیری به دو گروه قطعی و تصادفی تقسیم می شود و مدل های قطعی شامل مدل های تک متغیره و چند متغیره می باشد. مدل رایج یکی از مدل های تک متغیره می باشد که در ادامه تغییرات و بهبودهای ایجاد شده در مدل رایج تشریح می شود:

در مدل لگاریتم خطی که بیشتر برای مطالعه زیر بخش های صنعتی مناسب است و اولین بار توسط رایج معرفی شد، رابطه بین هزینه متوسط و تولید تراکمی به فرم تبعی زیر تصریح می شود:

$$C_x = C_1 x^b \quad (1)$$

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 نشان می دهد.

در این رابطه b منفی است و هرچه بزرگتر باشد شدت یادگیری بیشتر است. (Badiru, 1992)

مطالعات انجام شده در موسسه پژوهشی استنفورد منجر به اصلاحاتی در مدل لگاریتم خطی رایت و شناسایی مدل استنفورد B با فرم تبعی زیر شده است:

$$Cx = C1(x + B)^b \quad (2)$$

به طوریکه پارامتر B میزان تجربه قبلی کارگران را نشان می‌دهد و می‌تواند مقداری بین صفر تا ده را اختیار کند. این مدل کاربردی دارای این ویژگی است که تجربه های قبلی کارگران در شروع فرایند یادگیری را در الگو وارد نموده است. (Asher, 1956). از سوی دیگر، دیجانگ (Dejong, 1957) با استفاده از یک تابع توانی اثرات ماشین آلات را نیز در فرایند یادگیری وارد نمود. این مدل که بخشی از فعالیت توسط نیروی کار و بخشی دیگر توسط ماشین آلات انجام می‌شود دارای فرم تبعی زیر می‌باشد.

$$Cx = C1[M + (1 - M)x^b] \quad (3)$$

C_x هزینه تولید x امین واحد محصول، C_1 هزینه تولید اولین واحد محصول، x تولید تراکمی (تجربه) و b نرخ یادگیری و M بیانگر نسبت نهاده نیروی کار به ماشین آلات بوده و عاملی است که میزان کار انجام شده توسط ماشین آلات را نشان می‌دهد. وقتی $M=0$ است یعنی هیچ ماشین‌آلاتی در تولید وارد نشده است و مدل به منحنی یادگیری خطی لگاریتمی تبدیل می‌شود. وقتی $M=1$ است یعنی کل تولید توسط ماشین آلات انجام شده و یادگیری اتفاق نمی‌افتد.

در ادامه منحنی s شکل یادگیری، که ترکیبی از منحنی های یادگیری دی جانگ و B استنفورد است توسط کار (Carr, 1946) معرفی شد که بر اساس راه‌اندازی تدریجی است:

$$Cx = C1[M + (1 - M)(x + B)^b] \quad (4)$$

در این تابع M نفوذ ماشین آلات در فرایند یادگیری و B تجربه قبلی کارگران را نشان می‌دهد.

منحنی یادگیری مسطح، یکی دیگر از مدل‌های تعمیم‌یافته مدل رایت به فرم زیر است:

$$Cx = C1 + C1x^b \quad (5)$$

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 ماشین آلات مانع بهبود عملکرد کارگران

شود، کارگران در وضعیت ایستا قرار می‌گیرند. بنابراین از این مرحله به بعد منحنی یادگیری به شکل خطی افقی می‌شود (Baloff, 1971). شایان ذکر است در اکثر مطالعات تجربی بیشتر از توابع توانی، به دلیل قدرت توضیح دهنده‌گی بالا در اندازه‌گیری نرخ یادگیری، استفاده می‌شود.

۳. پیشینه تحقیق

در زمینه یادگیری و عوامل تأثیرگذار بر آن در داخل و خارج از کشور مطالعاتی صورت گرفته‌است: برخی مطالعات مانند الشورافا (Elshurafa, 2018) و پاناس و پانتوواکیس (Panas & Pantouvakis, 2017) به برآورد منحنی یادگیری در بخش‌های مختلف می‌پردازد. تینر (Teignier, 2013) و فافچامپس (Fafchamps & etc, 2002) رشد بهره‌وری را آثار خارجی یادگیری ضمن انجام کار می‌دانند که می‌تواند به توسعه تجارت بین‌الملل منجر شود. یوکوتا (Yokota, 2007) بیان می‌کند، حمایت از صنایع نوزاد یک سیاست تجاری است که منجر به یادگیری و توسعه صادرات خواهد شد. تعدادی از این مقاله‌ها بر این نکته اشاره دارند که یادگیری ضمن انجام کار و اختراع، موتورهای رشد اقتصادی هستند (Nakajima, 2003). برخی مانند (Young, 1991) معتقدند یادگیری ضمن انجام کار، اثر خارجی انباشت سرمایه انسانی است که منجر به افزایش بهره‌وری می‌شود.

الشورافا (Elshurafa, 2018)، در مطالعه خود به برآورد منحنی یادگیری سیستم تعادل خورشیدی برای بیش از ۲۰ کشور می‌پردازد. در این مقاله، برای اولین بار منحنی یادگیری سیستم تعادل هزینه‌ای فتوولتائیک‌ها، برای بیش از ۲۰ کشور از طریق مجموعه گسترده‌ای از داده‌ها تخمین زده می‌شود. محاسبات منحنی یادگیری جهانی، ضریب یادگیری را برای سیستم تعادلی ۸۹٪ ارائه می‌دهد، که با نرخ پیشرفت ۱۱٪ در مقایسه با ۲۰٪ برای نمونه مورد نظر مطابقت دارد. پاناس و پانتوواکیس (Panas & Pantouvakis, 2017)، در مقاله خود با عنوان کاربردهای منحنی یادگیری جهت تخمین بهره‌وری عمرانی بیان می‌کند، مهارت نیروی کار یکی از عوامل تعیین کننده مهم در بهره‌وری نیروی کار است. در این مطالعه از مدل خط مستقیم برای مطالعه منحنی یادگیری استفاده شده و نتایج بیان کننده این است که رابطه مستقیم بین ضریب مهارت نیروی کار و منحنی‌های یادگیری وجود دارد.

تینر (Teignier, 2013)، در مطالعه خود اثرات رفاهی سیاست‌های مختلف تجاری در یک محیط با دو بخش و آثار خارجی یادگیری ضمن انجام کار را بررسی کرده‌است. یکی از بخش‌ها دارای رشد بهره‌وری به علت آثار خارجی یادگیری ضمن انجام کار است، در

حالی که بخش دیگر دارای تکنولوژی تولید ثابت است. نتایج عددی نشان می‌دهد که اگر کشور فقیر نسبت به شریک تجاری خود به اندازه کافی کوچک باشد و آثار خارجی بیش از حد بزرگ نباشد، تجارت بین‌الملل صریحاً رفاه آن را افزایش می‌دهد و تعرفه بهینه واردات صفر است. از طرف دیگر اگر آثار خارجی به اندازه کافی بزرگ باشد رفاه کشور افزایش می‌یابد.

مائو (Mao, 2012)، مدل یادگیری ضمن انجام کار توسط الوین یانگ (۱۹۹۱) را توسعه می‌دهد، که از دو دیدگاه به کارگیری یادگیری ضمن انجام کار و سرریز دانش را در هر صنعت در نظر گرفته است. این مدل برای بررسی اثرات پویای یادگیری ضمن انجام کار در هر دو حالت تجارت آزاد و آتارکی بین دو کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. یافته‌های تحقیق بیان می‌کند، یادگیری ضمن انجام کار منبع رشد پایدار در بلندمدت است، در هر دو شرایط آتارکی و تجارت آزاد افزایش نرخ رشد جمعیت یا نرخ پس‌انداز، هم نرخ رشد تولید ناخالص ملی واقعی سرانه و هم پیشرفت فنی را در بلندمدت افزایش می‌دهد، در مقایسه با شرایط آتارکی تحت تجارت آزاد، LDC ها (Less Developed Countries) نرخ رشد کمتر در تولید سرانه و پیشرفت تکنیکی کندتر را تجربه می‌کنند.

کلارک (Clarke, 2008)، در پژوهش خود با بهره‌گیری از یک مدل ساختاری، منحنی یادگیری را براساس داده‌های صنعتی ارائه شده توسط بانک اطلاعاتی NBER ارزیابی کرده است. در این پژوهش برخلاف مطالعات پیشین به جای استفاده از تابع تولید، از یک مدل ساختاری و از برآورد شرایط مرتبه اول استفاده شده است. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که پویایی‌های مدل ساختاری تنها برای صنایع دانش محور موضوعیت داشته است. بنابراین، بهره‌گیری از مزایای منحنی‌های یادگیری برای تمام گروه‌های صنعتی امکان‌پذیر نیست.

یوکوتا (Yokota, 2007)، دو مدل یادگیری از طریق صادرات را توسعه می‌دهد و منطقی برای یک سیاست تجاری ارائه می‌کند که صنایع داخلی نوزاد را حمایت می‌کند و نشان می‌دهد که یک استراتژی منجر به صادرات، برای کشورهای در حال توسعه می‌تواند نرخ مطلوب یارانه را کاهش دهد. بدون دخالت دولت، صنایع نوزاد به دلیل نفوذ کالاهای خارجی نابود خواهد شد.

یاسر (Yasar, 2007)، یک تخمین‌زن نیمه‌پارامتری برای آزمون فرضیه یادگیری ضمن صادرات استفاده می‌کند و تعیین می‌کند که آیا یادگیری ضمن انجام صادرات در دو بخش تولیدی ترکیه یعنی پارچه و پوشاک و صنایع خودرو و قطعات مشهود است یا نه؟ نتایج

نشان می‌دهد که از لحاظ آماری اثرات یادگیری ضمن صادرات به طور قابل توجهی در صنعت پارچه و پوشاک بیشتر از صنعت خودرو و قطعات است. ماهیت بسیار متمرکز و سرمایه‌اندوز صنعت خودرو و قطعات دلیل اصلی اثرگذاری کمتر یادگیری ضمن انجام صادرات در این بخش است.

اوهاشی (Ohashi, 2004)، به تحلیل اثرات یادگیری و نقش یارانه صادرات بر رشد صنعت آلومینیم ژاپن طی سال‌های ۱۹۶۰-۱۹۵۰ پرداخته‌است. 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.

مانی و هاوانگ (Mani & Hwang, 2004)، در یک مدل یادگیری ضمن انجام کار تأثیر توزیع درآمد در یک کشور کمتر توسعه‌یافته را بر الگوهای تجاری آن، از طریق تأثیر در الگوهای تقاضای بازار داخلی بررسی می‌کند. در یک مدل یادگیری ضمن انجام کار با ترجیحات غیرهمسان، نویسندگان نشان می‌دهند که جایگزینی واردات تحت نابرابری کم، آموزش متمرکز بیشتری ایجاد می‌کند و پتانسیل تجاری را به طور موثرتری افزایش می‌دهد. مدل پیش‌بینی می‌کند که کشورهای کمتر توسعه‌یافته دارای نابرابری بالا، احتمالاً صادرکنندگان کالاهای بدون مهارت یا با مهارت کم باقی بمانند در حالیکه کشورهای کمتر توسعه‌یافته دارای نابرابری کم احتمالاً بیشتر در تولیدات کارخانه‌ای ساده و فراتر از آن رشد می‌کنند، که این پیش‌بینی با الگوهای تجارت جهانی کشورهای کمتر توسعه‌یافته سازگار است.

ناکاجیما (Nakajima, 2003)، بررسی می‌کند زمانی که یادگیری ضمن انجام کار و اختراع موتورهای رشد اقتصادی هستند و کشورها از طریق تجارت بین‌الملل با یکدیگر در تعامل هستند چگونه توزیع درآمد جهانی در طی زمان رشد می‌کند. یافته‌های اصلی عبارتند از: برطرف کردن عقب‌ماندگی امکان‌پذیر است، در مدل سه کشوری پویایی‌های انتقال بسیار غنی‌تر از مدل دو کشور است. به‌ویژه برطرف کردن عقب‌ماندگی ممکن است به نوبت اتفاق بیفتد، ممکن است در مرحله اول کشور با درآمد متوسط رشد سریع داشته‌باشد، در حالیکه شکاف با ثروتمندترین کشور را پر می‌کند اما تفاوت درآمد را با فقیرترین کشورها افزایش دهد و سپس در مرحله دوم، فقیرترین کشور جلو می‌زند یعنی عقب‌ماندگی را برطرف می‌کند.

یانگ ((Young, 1991))، با استفاده از یک مدل رشد درونزا که در آن یادگیری ضمن انجام کار سرریز دانش را بین محصولات نشان می‌دهد، اثرات پویا تجارت بین‌الملل را مورد بررسی قرار می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که در تجارت آزاد کشورهای کمتر توسعه یافته از نرخ‌های پیشرفت فنی کمتر و رشد GDP کمتر یا برابر با شرایط آتارکی بهره‌مند هستند. از این رو برحسب پیشرفت فنی و رشد کشورهای کمتر توسعه یافته زیان‌های پویای تجارت و کشورهای توسعه یافته سودهای پویای تجارت را تجربه می‌کند.

فیض‌پور و حبیبی (۱۳۹۵)، با تلفیق دو مدل خطی لگاریتمی و تابع هزینه کاپ داگلاس و نیز تعریف ارائه شده توسط OECD در طبقه‌بندی صنایع بر حسب سطوح تکنولوژی، تأثیر سطوح مختلف تکنولوژی را بر یادگیری در صنایع تولیدی ایران مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده این است که اگرچه در دوره میان‌مدت مورد بررسی در اکثر صنایع پدیده یادگیری رخ داده، اما نسبت به صرفه‌های مقیاس نرخ یادگیری تأثیر کمتری بر کاهش هزینه‌ها داشته‌است و بیشترین یادگیری متعلق به صنایع با تکنولوژی برتر است.

نورانی آزاد و خداداد کاشی (۱۳۹۶)، شدت یادگیری و اثرات آن بر عملکرد صنایع کارخانه‌ای ایران را با استفاده از منحنی یادگیری مورد ارزیابی قرار داده‌اند. در این مقاله از داده‌های ۱۳۰ صنعت فعال کد چهار رقمی ISIC ایران طی سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۹۲ استفاده شده‌است. نتایج پژوهش دلالت بر آن دارد که شیب منحنی یادگیری در تمامی زیر بخش‌های صنایع ایران مطابق انتظار منفی است. علاوه بر این اثر شدت یادگیری همانند بقیه متغیرهای مؤثر بر سودآوری مثبت و معنی‌دار است. بررسی‌های تکمیلی مؤید آن است که در صنایع با ارزش افزوده بالا به دلیل استفاده از تکنولوژی برتر میزان یادگیری بالاتر از متوسط یادگیری در بخش صنعت است.

با مروری بر مطالعات انجام شده، پژوهش حاضر تنها پژوهشی است که با در نظر گرفتن صرفه‌های مقیاس، بر مدل منحنی یادگیری نگاهی جدید داشته‌است. این پژوهش درصدد است با دیدگاهی متفاوت و با استفاده از داده‌های ترکیبی، منحنی یادگیری را برای صنایع شیمیایی ایران تخمین زده و به بررسی اثر یادگیری در این صنعت بپردازد.

۴. داده‌های آماری و روش تحقیق

در این پژوهش با توجه به موضوع و هدف تحقیق روش مناسب الگوی تحلیلی-کمی است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق در دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۹۴ از مرکز آمار ایران و بانک مرکزی استخراج شده است. روش گردآوری اطلاعات به صورت کتابخانه‌ای می-باشد و از وبسایتها و پایگاه‌های داده‌ای نیز استفاده شده است. در این مطالعه متغیر وابسته هزینه متوسط و متغیر مستقل تولید تراکمی و ارزش ستانده می‌باشد. متغیرهای اسمی با استفاده از شاخص قیمت کالای صنعتی (به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰) واقعی شده‌اند. در تخمین مدل یادگیری از اطلاعات کدهای ISIC چهاررقمی بخش صنایع شیمیایی ایران در فاصله زمانی ۱۳۹۰-۱۳۹۴ استفاده شده است. همچنین از اطلاعات ۷ صنعت شیمیایی ایران که داده‌های آن در دسترس است، جهت تخمین منحنی یادگیری استفاده شده است که این صنایع در جدول (۱) معرفی شده است.

جدول(۱): فهرست صنایع شیمیایی مورد بررسی در این مطالعه

کد صنعت	نام صنعت
۲۴۱۲	تولید کود شیمیایی و ترکیبات ازت
۲۴۱۳	تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی
۲۴۲۱	تولید سموم دفع آفت و سایر فرآورده‌های شیمیایی مورد استفاده کشاورزی
۲۴۲۲	تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش های مشابه و بتانه
۲۴۲۴	تولید صابون و مواد پاک‌کننده و لوازم بهداشت و نظافت و عطرها و لوازم آرایش
۲۴۲۹	تولید سایر محصولات شیمیایی طبقه بندی نشده در جای دیگر
۲۴۳۰	تولید الیاف مصنوعی

منبع: مرکز آمار ایران

در جدول (۲) آمار توصیفی متغیرها به طور خلاصه بیان شده است. در این جدول داده ها به میلیون ریال گزارش شده است. برای مثال تولید تراکمی که مهم ترین متغیر در محاسبه اثر یادگیری است، برای صنایع مورد بررسی بین حداقل ۲۲۵۶۴۳۸۷ میلیون ریال در صنعت تولید سموم دفع آفات و سایر فرآورده‌های شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی (در سال ۱۳۹۰) و حداکثر ۴۱۶۰۰۰۰۰۰۰۰۰ میلیون ریال در صنعت تولید مواد پلاستیکی و ساخت لاستیک مصنوعی (در سال ۱۳۹۴) قرار دارد. انحراف معیار، تغییرات نسبتاً زیاد این شاخص

را بین صنایع مورد بررسی و برای دوره مورد تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد. ارزش ستانده نیز بین حداقل ۹۴۷۰ میلیون ریال در صنعت تولید سموم دفع آفات و سایر فرآورده‌های شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی (در سال ۱۳۹۰) و حداکثر ۱۹۰۱۷۷۱ ریال در صنعت تولید مواد پلاستیکی و ساخت لاستیک مصنوعی (در سال ۱۳۹۳) متغیر است.

جدول (۲) آمار توصیفی متغیرهای مستقل و وابسته (به میلیون ریال)

نام متغیر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
هزینه متوسط	۰/۰۰۰۱۳۹	۰/۰۰۰۱۴۵	۰/۰۰۰۷۸۹	۰/۰۰۰۷۵۴
تولید تراکمی	۸۷۳۰۰۰۰۰۰	۱۰۹۰۰۰۰۰۰۰	۲۲۵۶۴۳۸۷	۴۱۶۰۰۰۰۰۰۰
ارزش ستانده	۳۵۷۵۹۶	۵۹۹۵۹۲	۹۴۷۰	۱۹۰۱۷۷۱

منبع: یافته‌های تحقیق

۵. معرفی متغیرها و مدل پژوهش و تخمین الگو

همان طور که در قسمت مبانی نظری بیان گردید اقتصاددانان و پژوهشگران معمولاً از روش‌های عملی و فرم‌های تبعی متفاوت برای اندازه‌گیری یادگیری در بخش صنعت استفاده می‌کنند. برای تخمین اثرات یادگیری باید از منحنی یادگیری استفاده کرد. روش‌های مختلفی در ارتباط با یادگیری وجود دارد و عنصر اصلی یادگیری، هزینه متوسط است. مقاله حاضر تلاش دارد با ادغام منحنی یادگیری و تابع تولید نئوکلاسیکی توانی، به اندازه‌گیری شدت یادگیری در صنعت شیمیایی بپردازد. جهت کمی نمودن شدت یادگیری از فرم کلی منحنی یادگیری و تابع تولید توانی کاب داگلاسی تصریح شده در مطالعات تجربی به صورت زیر استفاده می‌شود:

$$Q_t = A_t L_t^{\alpha_1} K_t^{\alpha_2} M_t^{\alpha_3} \quad (6)$$

در این تابع تولید Q ستاده، L ، K و M ، نیروی کار، سرمایه، مواد اولیه و واسطه‌ای، A وضعیت تکنولوژی و α_1 ، α_2 و α_3 کشش تولید نسبت به نهاده‌هاست. همچنین r که مجموع کشش‌هاست به بازدهی نسبت به مقیاس اشاره دارد.

$$r = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \quad (7)$$

اگر $r = 1$ باشد بازده نسبت به مقیاس ثابت است. اگر $r < 1$ باشد بازده کاهنده نسبت به مقیاس و اگر $r > 1$ باشد بازده فزاینده نسبت به مقیاس وجود دارد. در ابتدا

معادله هزینه یعنی $C_t = \sum P_i x_i$ ، با توجه به فید تابع تولید کاب داگلاس حداقل شده و تابع هزینه کاب داگلاس زیر بدست می آید:

$$c = ky^{1/r} p_1^{\alpha_1/r} p_2^{\alpha_2/r} p_3^{\alpha_3/r} \quad (۸)$$

$$k = r[A\alpha_1^{\alpha_1} \alpha_2^{\alpha_2} \alpha_3^{\alpha_3}] \quad (۹)$$

$$\ln c = \ln k + \frac{1}{r} \ln y + \frac{\alpha_1}{r} \ln p_1 + \frac{\alpha_2}{r} \ln p_2 + \frac{\alpha_3}{r} \ln p_3 \quad (۱۰)$$

یکی از مدل های منحنی یادگیری که معمولاً استفاده می شود بصورت زیر است:

$$C_t = C_1 x_t^{-b} e^{u_t} \rightarrow \ln C_t = \ln C_1 - b \ln x_t + u_t \quad (۱۱)$$

C_t : هزینه متوسط واقعی تولید در زمان t

C_1 : هزینه متوسط واقعی در زمان شروع تولید

x_t : مقدار تولید تراکمی تا زمان t

b : کشش هزینه واحد نسبت به تولید تراکمی (شیب منحنی یادگیری)

u_t : جزء اخلال تصادفی می باشد.

در ادامه توجیه اقتصادی استفاده از رابطه (۱۱) به عنوان منحنی یادگیری بیان می شود. تابع هزینه (۱۰) که از تابع تولید کاب داگلاس استخراج شده است، پایه تئوریک دارد و رابطه زیر برقرار است:

$$\frac{\alpha_3}{r} = 1 - \frac{\alpha_1}{r} - \frac{\alpha_2}{r} \quad (۱۲)$$

در ادامه رابطه (۱۲) را در رابطه (۱۰) جایگزین می کنیم:

$$\ln c - \ln p_3 = \ln k + \frac{1}{r} \ln y + \frac{\alpha_1}{r} (\ln p_1 - \ln p_3) + \frac{\alpha_2}{r} (\ln p_2 - \ln p_3) \quad (۱۳)$$

$$\ln c^* = B_0 + B_Y \ln y + B_1 \ln p_1^* + B_2 \ln p_2^* \quad (۱۴)$$

در مدل (۱۴) پایه تئوریک کاملاً برقرار است. می خواهیم منحنی یادگیری و تابع هزینه کاب داگلاس را ادغام کنیم، یعنی از رابطه (۱۴) به رابطه (۱۱) برسیم. ذکر این نکته ضروری است که توسعه دانش از طریق گسب مهارت نیروی کار می تواند موجب افزایش بهره وری و کاهش در میزان نیروی کار 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 می شود:

$$A_t = H x_t^{-b} \quad (۱۵)$$

با جایگذاری رابطه (۱۵) در رابطه (۹)، تابع هزینه زیر بدست می آید.

$$c = r[x_t^{-b} \alpha_1^{\alpha_1} \alpha_2^{\alpha_2} \alpha_3^{\alpha_3}]^{-1/r} y^{1/r} p_1^{\alpha_1/r} p_2^{\alpha_2/r} p_3^{\alpha_3/r} \quad (16)$$

$$k' = r[\alpha_1^{\alpha_1} \alpha_2^{\alpha_2} \alpha_3^{\alpha_3}]^{-1/r}$$

$$\ln c = \ln k' + \frac{b}{r} \ln x_t + \frac{1}{r} \ln y + \frac{\alpha_1}{r} \ln p_1 + \frac{\alpha_2}{r} \ln p_2 + \frac{\alpha_3}{r} \ln p_3 \quad (17)$$

در معادله (۱۷) قیمت نهاده وجود دارد، در حالیکه در رابطه (۱۱) قیمت نهاده وجود نداشت. یک فرض موثر در نظر گرفته و قیمت نهاده‌ها از تابع هزینه کاب داگلاس خارج می‌شود. جهت این کار قیمت نهاده‌ها از طریق شاخص تورم زدایی ضمنی تعریف می‌شود.

$$\ln GNPD = \frac{\alpha_1}{r} \ln p_1 + \frac{\alpha_2}{r} \ln p_2 + \frac{\alpha_3}{r} \ln p_3 \quad (18)$$

p_3 ، p_2 و p_1 قیمت عوامل تولید یعنی نیروی کار، سرمایه، زمین است.

$$C_t = \frac{C_t}{GNPD} \rightarrow \ln C_t = \ln C'_t + \ln GNPD \quad (19)$$

با جایگذاری رابطه (۱۸) در (۱۹) داریم:

$$\ln C_t = \ln C'_t + \frac{\alpha_1}{r} \ln p_1 + \frac{\alpha_2}{r} \ln p_2 + \frac{\alpha_3}{r} \ln p_3 \quad (20)$$

رابطه (۱۷) و (۲۰) را مساوی قرار داده و داریم:

$$\ln C'_t = \ln k' + \frac{b}{r} \ln x_t + \frac{1}{r} \ln y_t + u_t \quad (21)$$

تفاوت رابطه (۲۱) و (۱۱) را بررسی می‌کنیم، در رابطه (۲۱) عبارت k' و y_t داریم ولی در رابطه (۱۱)، این جملات وجود ندارد. در رابطه (۲۱)، $\ln C'_t$ هزینه کل است و در رابطه (۱۱) $\ln C_t$ هزینه متوسط واقعی است. لذا داریم:

$$C_t = \frac{C'_t}{y_t} \rightarrow \ln C'_t = \ln C_t + \ln y_t \quad (22)$$

از دو طرف رابطه (۲۱) y_t را کم می‌کنیم:

$$\ln C'_t - \ln y_t = \ln k' + \frac{b}{r} \ln x_t + \left(\frac{1}{r} - 1\right) \ln y_t + u_t$$

$$\ln C_t = \ln k' + \frac{b}{r} \ln x_t + \left(\frac{1-r}{r}\right) \ln y_t + u_t \quad (23)$$

به طور ساده رابطه (۲۳) را می‌توان به صورت زیر نوشت که در آن C_t هزینه متوسط

واقعی می‌باشد:

$$(24)$$

$$\ln C_t = B_0 + B_1 \ln x_t + B_2 \ln y_t + u_t$$

$$B_0 = \ln k', B_1 = \frac{b}{r}, B_2 = \frac{1-r}{r}$$

ابتدا منحنی یادگیری رابطه (۲۳) تخمین زده می‌شود. اگر در رابطه ۲۳، بازده ثابت نسبت به مقیاس برقرار باشد یعنی $F=1$ باشد پس $B_2=0$ است. فرضی که در نظر گرفته می‌شود بصورت زیر است:

$$H_0: B_2 = 0$$

$$H_1: B_2 \neq 0$$

اگر H_0 مورد پذیرش واقع شود، یعنی در تابع تولید بازده ثابت نسبت به مقیاس برقرار است و رابطه (۲۳) و (۱۱) باهم برابر می‌شوند و $\ln y_t$ چون ضریب آن بی‌معنا است حذف خواهد شد. پس وقتی تابع تولید دارای بازده ثابت نسبت به مقیاس است می‌توان مطابق مدل رایج منحنی یادگیری را تخمین زد.

پس از معرفی منحنی یادگیری، اکنون شرایط برای تخمین الگو فراهم است و می‌توان یادگیری را برای صنایع به تفکیک کدهای چهاررقمی تخمین زد تا تحقق یا عدم تحقق یادگیری در صنایع شیمیایی ایران مورد ارزیابی قرار گیرد. از آنجا که در این مطالعه از داده‌های ۷ صنعت شیمیایی در سطح کدهای ISIC چهار رقمی استفاده می‌شود، با توجه به شکل داده‌ها که به صورت سری زمانی و مقطعی است در این مطالعه برای تخمین از تکنیک داده‌های تابلویی استفاده می‌شود. پیش از برآورد مدل لازم است ایستایی یا مانایی تمام متغیرهای مورد استفاده در هر دو مدل مورد آزمون قرار گیرد. با توجه به کوتاه بودن دوره زمانی در این مطالعه نیازی به این آزمون وجود ندارد، لذا نتایج آزمون حذف می‌شود. در ادامه لازم است تا نوع داده‌ها از جهت Pool یا پنل بودن مشخص گردد و برای این منظور ابتدا آزمون F لیمر (چاو) انجام می‌شود. نتایج مربوط به محاسبه آماره F لیمر (چاو) و رد فرضیه صفر آن در جدول (۳) بدین مفهوم است که عرض از مبدأ برای هر یک از صنایع مورد بررسی متفاوت بوده و مدل منحنی یادگیری از نوع پنل 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. نتایج آزمون هاسمن در جدول (۳) نشان‌دهنده آن است که مدل منحنی یادگیری با اثرات ثابت است.

جدول (۳): نتایج آزمون‌های چاو و هاسمن برای منحنی یادگیری

آماره	مقدار	احتمال	نتیجه
آزمون چاو	۲۳/۵	۰/۰۰۰۶	داده‌های تابلویی
آزمون هاسمن	۸/۵	۰/۰۱	روش اثرات ثابت

منبع: یافته‌های تحقیق.

در ادامه بعد از انجام آزمون‌های مورد نیاز به برآورد منحنی یادگیری مطابق معادله (۲۴) می‌پردازیم:

$$\ln C_t = B_0 + B_1 \ln x_t + B_2 \ln y_t + u_t \quad (24)$$

متغیرهای این مدل به شرح زیر است:

C_t هزینه متوسط برای تولید X واحد محصول که برای محاسبه آن هزینه کل بر مقدار تولید تقسیم شده است. برای محاسبه هزینه کل کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفرکارکن و بیش‌تر مجموع ارزش داده‌های فعالیت صنعتی به علاوه جبران خدمت کارکنان در نظر گرفته می‌شود. این متغیر با استفاده از شاخص قیمت کالای صنعتی به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ واقعی شده است.

X تولید تراکمی کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفرکارکن و بیش‌تر است که مجموع ارزش ستاده به قیمت ثابت است و با استفاده از شاخص قیمت کالای صنعتی به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ واقعی شده است. پارامتر b کشش یادگیری را نشان می‌دهد و معمولاً منفی و بین ۰ و -۱ قرار دارد (آنزائلو و فوگلیاتو).

$Y_{i,t}$ معرف ارزش افزوده تولیدی کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفرکارکن و بیش‌تر است که با استفاده از شاخص قیمت کالای صنعتی به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ واقعی شده است. نتایج تخمین مدل یادگیری مطابق معادله (۲۴) در جدول (۴) گزارش شده است.

جدول (۴): نتایج تخمین منحنی یادگیری

نام متغیر	ضریب تخمین	آماره t	احتمال
constant	-۱/۱۸	۰/۰۸۵	۰/۹۳
$\ln x_{it}$	-۱/۰۱	-۳/۲۸	۰/۰۰۳
$\ln y_t$	۱/۲۰	۰/۸۳	۰/۴
آماره‌های تشخیصی	$\bar{R}^2 = ۰/۷۱$	$R^2 = ۰/۸۰$	
	DW = ۲/۰۷	F = ۶۸, Prob = ۰/۰۰۰	

منبع: یافته‌های تحقیق.

با توجه به اینکه ضریب متغیر تولید جاری بطور معناداری متفاوت از صفر نیست لذا مدل فوق را می توان به عنوان منحنی یادگیری در نظر گرفت. چون ضریب $\ln y_t$ بی معنی است و آماره t برابر $0/83$ می باشد، پس $\ln y_t$ از مدل حذف می شود و $B_2 = 0$ و $t=1$ می باشد و بازدهی نسبت به مقیاس ثابت است و می توان مطابق مدل خطی لگاریتمی رایت منحنی یادگیری را تخمین زد.

در مدل رایت رابطه بین هزینه متوسط و تولید تراکمی به صورت زیر تصریح می شود: اگر از طرفین این معادله لگاریتم بگیریم فرم خطی آن برای تخمین اثرات یادگیری به صورت معادله (۲۵) است:

$$\ln C_{xit} = C_0 + b \ln X_{it} \quad (25)$$

در رابطه (۲۵)، اندیس i بیانگر صنعت مورد نظر و اندیس t زمان را نشان می دهد. C_x هزینه متوسط برای تولید X واحد محصول و متغیر X نشان دهنده تولید تراکمی کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیش تر است که مجموع ارزش ستاده به قیمت ثابت می باشد و برای یک دوره قبل یعنی x_{t-1} در نظر گرفته می شود. پارامتر b اثر یادگیری و به عبارتی درصد تغییر در هر واحد هزینه به ازای درصد تغییر در تولید تراکمی را نشان می دهد. مقدار b معمولاً منفی و بین ۰ و -۱ قرار دارد و هرچه به (-۱) نزدیک تر می شود، نرخ یادگیری بالاتر و کاهش هزینه در طی زمان سریعتر صورت می گیرد. در این قسمت برای ارزیابی یادگیری، معادله (۲۵) تخمین زده می شود که نتایج در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول (۵): نتایج نهایی تخمین منحنی یادگیری

نام متغیر	ضریب تخمین	آماره t	احتمال
constant	-۹/۴	۱/۷۵	۰/۰۹۲
$\ln x_{it}$	-۰/۸۶	-۳/۵	۰/۰۰۱۹
آماره های تشخیصی	$\bar{R}^2 = 0/70$	$R^2 = 0/81$	
	DW = ۲.۱۳	F = ۷.۵, Prob = ۰/۰۰۰	

منبع: یافته های تحقیق.

نتایج بیانگر آن است که صنعت پتروشیمی در مجموع از یادگیری برخوردار بوده است و تجربه تولید منجر به کاهش هزینه شده است. بر اساس نتایج، ضریب تولید تراکمی در سطح احتمال ۰.۵٪ معنادار و علامت آن مثبتی بر نظریه یادگیری است. با توجه به نتایج

تخمین مشخص می‌شود که ضریب یادگیری معادل $0/86$ است. به عبارت دیگر با افزایش تولید تراکمی هزینه متوسط کاهش می‌یابد. با توجه به مقدار ضریب یادگیری می‌توان اظهار داشت که هر بار که تولید تراکمی دو برابر شود، هزینه متوسط به ۵۵ درصد هزینه متوسط دوره قبل کاهش می‌یابد. در این معادله مقدار آماره های R^2 و F مؤید رضایت بخش بودن تخمین منحنی یادگیری است. در ادامه بحث به منظور بررسی‌های تکمیلی، علاوه بر متوسط شدت یادگیری در بخش صنایع شیمیایی، اندازه این متغیر بطور جزئی بررسی شده است که نتایج در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول (۶): اثر یادگیری در صنایع شیمیایی ایران

کد صنعت	نام صنعت	اثر یادگیری
۲۴۱۲	تولید کود شیمیایی و ترکیبات ازت	۰/۸۹
۲۴۱۳	تولید مواد پلاستیکی و ساخت لاستیک مصنوعی	۰/۷۹
۲۴۲۱	تولید سموم دفع آفات و سایر فرآورده‌های کشاورزی	۰/۸۸
۲۴۲۲	تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه	۰/۸۳
۲۴۲۴	تولید صابون و مواد پاک‌کننده و بهداشتی و آرایشی	۰/۸۴
۲۴۲۹	تولید محصولات شیمیایی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۰/۹۱
۲۴۳۰	تولید الیاف مصنوعی	۰/۸۶

منبع: یافته‌های تحقیق

طبق محاسبات و تخمین منحنی یادگیری در صنایع شیمیایی ایران، متوسط اثر یادگیری (نرخ یادگیری) $0/86$ است. نتایج جدول (۶) نشان می‌دهد که اثر یادگیری در زیر بخش - های صنایع شیمیایی ایران متفاوت است ولی در بخش عمده‌ای از صنایع مورد بررسی در سطحی نزدیک به متوسط اثر یادگیری قرار دارد. بطوریکه از هفت صنعت مورد بررسی، در چهار صنعت این کشش از مقدار متوسط بیشتر و در سه صنعت کمتر از مقدار متوسط قرار دارد ولی تفاوت‌ها چشم‌گیر نمی‌باشد.

۶. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

هدف اصلی این پژوهش ارزیابی اثر یادگیری در صنایع شیمیایی ایران می‌باشد. جهت دستیابی به این هدف از منحنی یادگیری رایت و داده‌های صنایع شیمیایی در سطح کدهای

چهار رقیمی ISIC طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۰ استفاده شده است. توجه به نوسانات شدید قیمت نفت و پایان‌پذیر بودن منابع نفتی، رهایی از اقتصاد تک محصولی و جلوگیری از خام فروشی از ضرورت‌های اساسی کشورهای در حال توسعه و بویژه ایران می‌باشد. لذا در این مطالعه اثر یادگیری در صنایع شیمیایی ایران مورد بررسی قرار گرفته است تا با تبدیل مواد خام به محصولات شیمیایی با ارزش افزوده بالا زمینه توسعه صنعتی و اقتصادی فراهم شود.

یافته‌های این بررسی به طور کلی دلالت بر آن دارد که در بخش صنعت شیب منحنی یادگیری که بیانگر میزان متوسط اثر یادگیری است مطابق انتظار منفی و برابر با $-0/۸۶$ است. در نتیجه شدت یادگیری در صنایع شیمیایی ایران بالاست. با توجه به مقدار تخمین ضریب یادگیری، هر بار که تولید تراکمی دو برابر شود، هزینه‌ها به ۵۵ درصد سطح قبلی خود کاهش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد با افزایش تولید تراکمی، مهارت و تجاربی ضمن انجام کار بدست می‌آید که باعث کاهش هزینه متوسط و ایجاد مزیت رقابتی می‌شود که اصطلاحاً یادگیری ضمن انجام کار نامیده می‌شود. در طی دوره مورد بررسی طیف وسیعی از فارغ التحصیلان، جذب بخش صنعت ایران شدند. با توجه به سیاست‌گذاری بخش صنعت در برنامه ششم توسعه اقتصادی و اجتماعی ایران، همچنین اختصاص ارز قابل توجه، در طی دوره مورد بررسی تجهیزات سرمایه‌ای صنعت شیمیایی ایران نوسازی شد و از این بابت یادگیری در بخش صنایع شیمیایی محقق شد. نتیجه حاصل شده در این مطالعه با بررسی الشورافا، پاناس و دیگران و کلارک و همچنین نورانی آزاد و خداداد سازگار است. مهم‌ترین ضعف صنایع شیمیایی ایران غیر رقابتی بودن محصولات تولیدی است در حالیکه این حوزه به عنوان مزیت نسبی کشور خوانده می‌شود. با توسعه نظام‌مند صنایع پایین‌دستی پتروشیمی و ایجاد بنگاه‌های کوچک و متوسط دانش‌بنیان، لازم است زمینه تولید محصولات با ارزش، ایجاد نوآوری و تولید محصولات جدید، مدیریت و کاهش هزینه تولید از طریق یادگیری و در نهایت کسب حداکثر ارزش افزوده از مواد خام پتروشیمی فراهم شود. اعزام کارگران به دوره‌های آموزشی تخصصی و استفاده از مدیران با تجربه و متخصص در این صنعت، جهت ارتقا یادگیری پیشنهاد می‌شود. طبق مبانی نظری منابع یادگیری متعدد هستند می‌توان انتظار داشت که واردات هدف‌مند کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای به نیت تقلید و جذب فناوری خارجی، همچنین حمایت از صنایع نوزاد در امر تحقق یادگیری مؤثر باشد. همچنین یکی از شاخص‌های یادگیری تولید تراکمی است لذا با

توجه به تأثیر سوابق فعالیت و میزان تولید تراکمی بنگاه‌ها در ایجاد مزیت رقابتی از طریق اثر یادگیری، حمایت و تأکید بر ادامه فعالیت بنگاه‌هایی که دارای سوابق فعالیت مناسب هستند، جهت رشد تولیدات داخلی و رشد اقتصادی پیشنهاد می‌شود. همچنین لازم است آموزش‌های فنی و حرفه‌ای هدفمند، جهت کسب مهارت‌های لازم در زمینه تولید صنعتی مورد توجه مدیران بخش صنعت قرار گیرد و آموزش‌های ضمن خدمت و بازآموزی نیروی انسانی توصیه می‌شود.

طبق نتایج این پژوهش، در اکثر صنایعی که اثر یادگیری بالاتر از متوسط صنعت قرار دارد، نسبت سرمایه انسانی نیز بالاتر از متوسط قرار دارد. از آنجا که طبق نظر برخی اقتصاددانان یادگیری ضمن انجام کار، اثر خارجی انباشت سرمایه انسانی است، می‌توان این گونه استدلال کرد که در صنایعی که کیفیت کارگران شاغل پایین باشد یا نیروی کار آموزش ضمن خدمت و تحصیلات کمتری را دریافت کرده باشد، چون سطح سرمایه انسانی پایین است می‌تواند منجر به کاهش اثر یادگیری و دانش شود. لذا توجه به سرمایه‌گذاری مناسب در آموزش نیروی کار و افزایش مهارت و کیفیت نیروی کار جهت ارتقا سرمایه انسانی باید مورد توجه قرار گیرد. ارتباط بین بهره‌وری عوامل تولید و سرمایه انسانی و اثرات متقابل این متغیرها با یادگیری موضوعی است که می‌تواند در مطالعات بعدی مورد بررسی قرار گیرد.

پی‌نوشت

۱. این مقاله مستخرج از رساله دکتری گروه اقتصاد دانشگاه پیام نور است.

کتاب‌نامه

پورعباد الهان، محسن، اصغر پور، حسین، فلاحی، فیروز و عبدی، حسن (۱۳۸۸)، نقش سرمایه انسانی در صادرات زیربخش‌های صنعتی محصولات شیمیایی و فلزات اساسی ایران، مجله سیاست‌گذاری اقتصادی، سال اول، شماره ۲، صص ۹۹-۱۲۲.

خداداد، فرهاد (۱۳۹۱)، اقتصاد صنعتی (نظریه و کاربرد)، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

فیض پور، محمدعلی و حبیبی، مریم (۱۳۹۵)، منحنی یادگیری و سطوح تکنولوژی در بنگاه‌های جدیدالورود صنایع تولیدی ایران، پژوهش‌های اقتصاد صنعتی ایران، شماره ۲، صص ۷۴-۵۲.

ارزیابی میزان تحقق یادگیری در صنایع شیمیایی ایران ... (سهیلا میرزابابازاده و دیگران) ۱۳۹

نورانی، سمانه و خداداد کاشی، فرهاد(۱۳۹۶)، شدت یادگیری در بخش صنعت و اثرات آن بر عملکرد صنایع کارخانه‌ای ایران، نظریه‌های کاربردی اقتصاد، شماره ۱، صص ۱۹۶-۱۷۳.

- Ambler, S., Cardia, E., & Farazli, J. (1999). Export promotion, learning by doing and growth. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 23(5-6), 747-772.
- Anzanello, M. J., & Fogliatto, F. S. (2012). Selecting the best clustering variables for grouping mass-customized products involving workers' learning. *International Journal of Production Economics*, 92, 11- 19.
- Arrow, K. J. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing, *Review of Economic Studies*, 29, 155-173.
- Asher, H. (1956). Cost-quantity relationships in the airframe industry. *The Rand Corporation, Santa Monica*, R-291.
- Badiru, A. B. (1992). Manufacturing cost estimation: A multivariate learning curve approach. *Journal of Manufacturing Systems*, 10(6), 431-441.
- Bardhan, P. K. (1971). Economic Growth, Development and Foreign Trade. *Industrial Economics*, 14, 275-282.
- Boldrin, M., & Scheinkman, J. A. (1988). Learning-by-doing, international trade and growth: A note. *The Economy as an evolving complex system*, 285-300
- Baloff, N. (1971). Extension of learning curve some empirical results. *Operational Research Quaterly*, 22(4), 329-340.
- Carr, W. (1946). Parametric cost estimating requires new learning curves. *Aviation*, 45, 76-77.
- Clarke, A. (2008). Learning-by-doing and productivity dynamics in manufacturing industries: Department of Economics, University of Melbourne. *Working paper series*, 1032, 1-50.
- Dejong, R. J. (1957). The effect of increasing Skill on Cycle time and its consequence for time standards. *Ergonomics*, 1(1), 51-60.
- Elshurafa, A. M., Albardi, S. R., Bigerna, S., & Bollino, C. A. (2018). Estimating the learning curve of solar PV balance-of-system for over 20 countries: Implications and policy recommendations. *Journal of Cleaner Production*, 196, 122-134.
- Fafchamps, M., El Hamine, S., & Zeufack, A. (2008). Learning to export: Evidence from Moroccan manufacturing. *Journal of African Economies*, 17(2), 305-355.
- Fellner, W., (1969). Specific Interpretation of Learning by Doing, *Journal of Economic Theory*, 1, 119-140.
- Goh, A. T., & Olivier, J. (2002). Learning by doing, trade in capital goods and growth. *Journal of International Economics*, 56(2), 411-444.
- Heng, T. M. (2010). Learning Curves and Productivity in Singapore Manufacturing Industries. In *Second Annual Conference of the Academic Network for Development in Asia (ANDA)* (pp. 8-10).
- Leahy, D., & Neary, J. P. (1999). Learning by doing, precommitment and infant-industry promotion. *The Review of Economic Studies*, 66(2), 447-474

- Mani, A., & Hwang, J. (2004). Income Distribution, Learning-by-Doing, and Comparative Advantage. *Review of Development Economics*, 8(3), 452-473.
- Mao, Z.Y. (2012). Learning-by-Doing and Its Implications for Economic Growth and International Trade. <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/40112/>.
- Nakajima, T. (2003). Catch-up in turn in a multi-country international trade model with learning-by-doing and invention. *Journal of Development Economics*, 72, 117– 138.
- Ohashi, H. (2016). Learning by doing, export subsidies and industry growth, *Journal of international Economics*, 104(2), 297-323.
- Panas, A., & Pantouvakis, J. P. (2018). On the use of learning curves for the estimation of construction productivity. *International Journal of Construction Management*, 18(4), 301-309.
- Teignier, M. (2013). Trade Policy Analysis under Learning-by-Doing Externalities: Is the Dutch Disease a Disease? University of Barcelona.
- Trappey, A. J., Trappey, C. V., Tan, H., Liu, P. H., Li, S. J., & Lin, L. C. (2016). The determinants of photovoltaic system costs: an evaluation using a hierarchical learning curve model. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1709-1716.
- Stokey, N. L. (1988). Learning by doing and the introduction of new goods. *Journal of Political Economy*, 96(4), 701-717.
- Wright, T. P. (1936). Factors affecting the cost of airplanes. *Journal of Aeronautical Science*, 3(2), 122-128.
- Young, A. (1991). Learning by doing and the dynamic effects of international trade. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 369-405.
- Yelle, L. E. (1979). The learning curve: Historical review and comprehensive survey. *Decision sciences*, 10(2), 302-328
- Yasar, M., Garcia, P., Nelson, C. H., & Rejesus, R. M. (2007). Is there Evidence of Learning-by-Exporting in Turkish Manufacturing Industries? *International Review of Applied Economics*, 21(2), 293-305.
- Yokota, K. (2007). Export-led Growth of Developing Countries and Optimal Trade Policy. *Area Studies*, 41, 133-144.