The Journal of PLANNING & BUDGETING
Indexed In ISC
Vol. 26 | No. 2 | Summer 2021
PP 43-76
ISSN: 2251-9092

Substitution of Factors in the Cost Function of the Chemical Industry

Mansour Asgari[1] | m.asgari@itsr.ir
Tayyebeh Rahnenoon Piruj[2] | t.rahnemoon@itsr.ir
Saedeh Hoshmandghahar[3] | s.hooshmand@itsr.ir

Received: 2021/03/04 | Accepted: 2021/08/11

Abstract The chemical industry has one of the largest production value chains, and the products of these industries are widely used as intermediate goods in other industries. In this paper, as regards cost function, Allen's elasticities and own elasticities, price elasticities, Morishima elasticities, energy elasticity, and scales of economics have been estimated in seven selected activities of the chemical industry using statistics and information 2002(2)-2018(1). The results show that the average share of employment, wages, output, and energy of the chemical industry in the entire industrial sector are equal to 6.38, 8.41, 13.28, and 17.45% percentages, respectively (in the period under review). In manufacturing of fertilizers and nitrogen compounds, plastics and synthetic rubber in primary forms, man-made fibers, soap and detergents, cleaning and polishing preparations, perfumes, and also cosmetic preparations, changes in energy input prices affect production costs more in comparison with changes in the prices of other inputs. In all seven selected activities, capital stock demand is more sensitive to changes in its price than other input. In addition, the amount of cross-demand hedges are mostly small. In manufacturing of basic chemicals, fertilizers and nitrogen compounds, paints, varnishes, and similar coatings, printing ink, mastics, and man-made fibers, the price elasticity of natural gas is higher than other types of energy. In the manufacturing of other chemical products, soap and detergents, cleaning and polishing preparations, perfumes, and cosmetic preparations, and plastics and synthetic rubber in primary forms, the price elasticity of electricity is higher than other inputs. Furthermore, the selected activities in this study have increasing returns to scale, thus the larger units of which are preferable to the smaller units.

Keywords: Chemical Industry, Cost, Translog, Allen Elasticity, Morishima Elasticity.

JEL Classification: D11, D24, D33.

1. Assistant Professor of Econmics, The Institute for Trade Studies and Research (ITSR), Tehran, Iran (Corresponding Author).
2. Ph.D. Student in Economics, Razi University and Researcher of the Institute for Trade Studies and Research (ITSR), Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, Researcher of the Institute for Trade Studies and Research (ITSR), Tehran, Iran.

جانشینی عوامل در تابع هزینه صنایع شیمیایی[1]

منصور عسگری | m.asgari@itsr.ir

دانشیار موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

طیبه رهنمون‌پیروج | t.rahnemoon@itsr.ir

دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشگاه رازی کرمانشاه و پژوهشگر موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، تهران، ایران.

سعیده هوشمندگهر | s.hooshmand@itsr.ir

استادیار موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، تهران، ایران.

مقاله پژوهشی

دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۴ | پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۰

چکیده: صنایع شیمیایی دارندهٔ یکی از بزرگ‌ترین زنجیره‌های ارزش تولید در میان صنایع مختلف است و محصولات این صنایع به عنوان کالای واسطه‌ای در دیگر صنایع کاربرد وسیعی دارد. در این پژوهش تابع هزینه، کشش‌های جانشینی و خودی آلن، کشش‌های قیمتی، کشش‌های موریشیما، کشش انواع انرژی، و کشش بازدهی نسبت به مقیاس در هفت فعالیت منتخب صنایع شیمیایی با استفاده از آمار و اطلاعات سال‌های ۱۳۹۶/۴-۱۳۸۱/۱ برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهد متوسط سهم اشتغال، دستمزد، ستانده و انرژی در صنایع شیمیایی از اشتغال، دستمزد، ستانده و انرژی کل بخش صنعت در دوره مورد بررسی به‌ترتیب برابر ۶/۳۸، ۸/۴۱، ۱۳/۲۸، و ۱۷/۴۵ درصد است. در تولید صنایع کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن، تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی، تولید الیاف مصنوعی، و تولید سایر فرآورده‌های شیمیایی تغییرات قیمت نهاده انرژی بیش‌تر از قیمت سایر نهاده‌ها هزینه‌های تولید را تحت تاثیر قرار خواهد داد. همچنین، حساسیت تقاضای موجودی سرمایه به تغییرات قیمت سرمایه بیش از سایر نهاده‌هاست و مقادیر کشش‌های جانشینی متقاطع تقاضا کوچک هستند. در فعالیت‌های تولید مواد شیمیایی اساسی، تولید صنایع کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن، تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه، و تولید الیاف مصنوعی کشش قیمتی گاز طبیعی بیش از سایر انواع انرژی است. در فعالیت‌های تولید سایر فرآورده‌های شیمیایی، تولید صابون، شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی، و تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی کشش قیمتی برق بیش‌تر از سایر نهاده‌هاست. فعالیت‌های منتخب در این مطالعه دارای بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس هستند و واحدهای بزرگ‌تر آن‌ها بر واحدهای کوچک‌تر ارجح است.

کلیدواژه‌ها: صنایع شیمیایی، هزینه، ترانسلوگ، کشش‌های آلن، کشش‌های موریشیما

طبقه‌بندی JEL: D33, D24, D11.

۱. این پژوهش برگرفته از طرح پژوهشی با عنوان «طراحی الگوی کلان‌سنجی بخش‌های صنعت، معدن و تجارت ایران» در موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی است.

فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی و بودجه | شاپا (چاپی) ۹۰۹۲-۲۲۵۱ | نمایه در ISC
سال بیست و ششم | شماره ۲ | تابستان ۱۴۰۰ | ص ص ۷۶-۴۳

مقدمه

هزینه و سهم هر یک از عوامل تولید، نقش بسیار مهمی در ادامه فعالیت و بقای هر صنعت تولیدی دارد. آگاهی از چگونگی هزینه‌ها در فرایند تولید سبب افزایش کارایی، زمینه‌ساز بهبود قیمت‌ها، افزایش توان رقابتی، افزایش سطح رفاه اجتماعی، و پایداری رشد اقتصادی خواهد شد. از طرفی، نقش صنعت در اقتصاد کلان ناشی از تاثیری است که بر رشد و توسعه می‌گذارد. رشد صنعت امکان می‌دهد قدرت نیروهای تولیدی مدام در حال افزایش باشد و این افزایش با توجه به توسعه روزافزون علم و فناوری به‌طور منظم روند صعودی را طی می‌کند. با رشد صنعتی شدن کشور ایران، این امکان فراهم می‌شود که نیازهای جامعه بیش‌تر تامین شود و تولید و وضعیت اجتماعی ارتقا یابد. فرایند تولید صنعتی که فرایند فنی انسانی است، از نظر اقتصادی، به‌ویژه در سطح کلان و در بلندمدت، از ویژگی‌هایی برخوردار بوده که تحت عنوان نقش صنعت در رشد و توسعه اقتصادی مورد بحث اقتصاددانان و اندیشمندان مختلف قرار گرفته است. از سوی دیگر، شناخت کافی از وضعیت عملکرد بخش صنعت، سیاستگذار را در تهیه بسته‌های حمایتی برای بهبود وضعیت بخش‌های صنعتی کمک خواهد نمود. یکی از شاخص‌های عملکردی در بخش صنعت کشور، هزینه تولید است. در شرایطی که احتمال افزایش قیمت حامل‌های انرژی و تعدیل قیمت این حامل‌ها وجود دارد، داشتن تصویری از وضعیت هزینه تولید در بخش‌های مختلف صنعتی، به‌ویژه بخش تولید صنایع شیمیایی، می‌تواند به عنوان یک مولفه در کنار سایر مولفه‌ها، نحوه و میزان توزیع کمک‌های حمایتی را برای سیاستگذار مشخص نماید.

صنایع شیمیایی ازجمله صنایع مادر و اشتغال‌زا در ایران است که می‌تواند نقش اساسی در رشد و توسعه و سیاست‌های صنعتی کشور داشته باشد. صنایع شیمیایی ازجمله بخش‌هایی است که بیش‌ترین قابلیت‌ها را در تنوع محصولی گسترده، سودآوری، بازارهای مصرف گسترده، اشتغال‌زایی بالا، نرخ بازگشت سرمایه بیش‌تر در مقایسه با صنایع دیگر دارد و اثرگذاری بیش‌تری در حرکت به سوی تولیدات رقابتی و صادرات‌گرا بر بخش صنعت کشور می‌گذارد. به دلیل وجود ذخایر عظیم نفت و گاز در ایران از یک‌سو، و وجود سرمایه انسانی متخصص و کارآزموده از سوی دیگر، و همچنین وجود روابط پسین و پیشین گسترده این صنعت با صنایع دیگر می‌توان این صنعت را به عنوان پیشران صنایع کشور مورد توجه ویژه قرار داد.

در این پژوهش تابع هزینه برای هفت فعالیت منتخب تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی به تفکیک کدهای چهار رقمی استاندارد فعالیت‌های صنعتی (ISIC)[1] دارای ۱۰ نفر کارکن

1. International Standard Industrial Classification (ISIC)

و بیش‌تر در دورهٔ زمانی ۱۳۹۶/۱-۱۳۸۱/۴ با استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ[1] برآورد می‌شود که شامل فعالیت‌های تولید مواد شیمیایی اساسی (۲۰۱۱)، تولید کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن (۲۰۱۲)، تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی در شکل اولیه (۲۰۱۳)، تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه (۲۰۲۲)، تولید صابون و شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی (۲۰۲۳)، تولید سایر فرآورده‌های شیمیایی طبقه‌بندی‌نشده در جای دیگر (۲۰۲۹)، و تولید الیاف مصنوعی (۲۰۳۰) است. تابع ترانسلوگ از نظر مفهوم ساده است و هیچ محدودیت پیشینی بر کشش‌های جایگزینی ایجاد نمی‌کند، از این‌رو در تجزیه‌وتحلیل تجربی از آن استفاده گسترده می‌شود. از تابع هزینه ترانسلوگ برای بررسی جایگزینی نهاده، تغییرات فنی، رشد بهره‌وری و کارایی تولید استفاده می‌شود و برای برآورد معادلات سهم هزینه اغلب تحت شرایط فرض بازارهای کاملاً رقابتی نهاده و ستاده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این پژوهش، رفتار هزینه صنایع شیمیایی به تفکیک کدهای چهار رقمی در قالب مدل و معیارهای اقتصادی تجزیه‌وتحلیل شده است. هدف از این پژوهش، تخمین تابع هزینه ترانسلوگ در بخش صنایع شیمیایی ایران است. پژوهش حاضر در راستای دستیابی به هدف خود به دنبال پاسخی برای این پرسش‌هاست: ۱. آیا جانشینی بین عوامل تولید در صنایع شیمیایی ایران وجود دارد؟ ۲. موثرترین عامل تولید بر هزینه صنایع شیمیایی کشور کدام است؟ و ۳. بازدهی نسبت به مقیاس در صنایع شیمیایی ایران چگونه است؟

برای پاسخ به این پرسش‌ها از تابع هزینه ترانسلوگ استفاده می‌گردد و در ادامه با استفاده از تابع مذکور هزینه، سهم هزینه‌ای نیروی کار، سرمایه و انرژی، کشش‌های جانشینی آلن[2]، کشش‌های قیمتی تقاضا، کشش‌های جانشینی موریشیما[3]، و نوع ارتباط جانشینی و مکملی عوامل تولید (نیروی کار، سرمایه، و انرژی) به‌دست می‌آید. در خصوص سهم[4] این پژوهش در پیشبرد ادبیات تجربی و کاربرد مبانی نظری در بخش صنعت و صنایع شیمیایی کشور باید گفت که شکاف‌هایی در استفاده از داده‌های فصلی در بخش صنعت و صنایع شیمیایی، استفاده از آمار و اطلاعات صنایع شیمیایی به تفکیک کدهای چهار رقمی استاندارد فعالیت‌های صنعتی (ISIC) دارای ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر، تخمین کشش‌های مهم آلن و موریشیما و سایر کشش‌ها با استفاده از تخمین تابع ترانسلوگ، و

1. Translog Cost Function
2. Allen Substitution Elasticity
3. Morishima
4. Contribution

محاسبه کشش انواع انرژی در هزینه صنایع شیمیایی کشور وجود دارد که پژوهش حاضر با استفاده از مبانی نظری معتبر مانند کریستنسن و همکاران[1] (۱۹۷۳)، گولیکی و لاول[2] (۱۹۸۰)، استرن[3] (۱۹۹۴)، و کوردا[4] (۱۹۸۷) به مسئلهٔ پژوهش پاسخ می‌دهد.

مبانی نظری پژوهش

بر اساس نظریه دوگانگی[5]، وریان[6] (۱۹۹۲) ساختار تولید یک صنعت را با استفاده از توابع تولید و هزینه مورد مطالعه قرار می‌دهد. از طرفی، هر تابع تولید حداکثر دارای یک تابع هزینه حداقل به عنوان سیستم ثانویه است. بنابراین، تمام روابط بین سطوح تولید و عوامل مستتر در تابع تولید بازتابی در تابع هزینه دارد. با این اوصاف، استفاده از تابع هزینه دارای چندین مزیت است که عبارت‌اند از: ۱. در تابع هزینه، ضرورتی ندارد که فرض شود تابع تولید نسبت به عوامل، همگن از درجه یک است، زیرا باعث تحمیل محدودیت‌هایی بر مدل می‌گردد. اما در مقابل فرض همگن خطی بودن تابع هزینه نسبت به قیمت عوامل منطقی است، مثلاً k-برابر شدن قیمت عوامل، هزینه کل را نیز بدون تاثیر بر نسبت عوامل k-برابر می‌کند و همین فرض همگن خطی بودن تابع هزینه نسبت به قیمت عوامل برای رسیدن به معادلات قابل‌برآورد مدل کافی است. و ۲. استفاده از قیمت‌ها به‌جای مقادیر کمّی نهاده‌ها برتری دارد، زیرا در تابع هزینه، میزان هزینه تابعی از قیمت نهاده‌هاست و احتمال بروز همخطی میان قیمت نهاده‌ها کم‌تر از مقادیر آن‌هاست (Ray, 1982). یک تابع هزینه، رابطهٔ بهینه‌ای میان هزینه بنگاه، قیمت نهاده‌ها، و سطح تولید ارائه می‌کند که فرم ضمنی آن به صورت رابطه (۱) است:

$$C = C(P_1, P_2, P_3, \ldots, P_i, Q) \qquad (۱)$$
$$Q = Q(X_1, X_2, \ldots, X_n)$$

که در آن C هزینه کل تولید، P_i قیمت هر واحد نهاده i-ام بکاررفته در تولید، Q مقدار محصول تولیدی، و X_i مقدار عوامل تولید است. بنابراین، تابع هزینه به صورت رابطه (۲) ارائه می‌شود:

$$C(P, Q) = \text{Min } P.X \qquad (۲)$$
$$\text{s.t}$$
$$H(X) \geq Q$$

1. Christensen *et al.*
2. Guilkey & Lovell
3. Stern
4. Kuroda
5. Dual
6. Varian

برای به‌دست آوردن تابع هزینه لازم است بودجه بنگاه با توجه به محدودیت فناوری کمینه {= حداقل} گردد یا تولید بنگاه با نسبت به محدودیت بودجه بیشینه {= حداکثر} گردد که در واقع این دو معادل یکدیگرند. یافتن راه‌حل برای مسئله فوق منوط به تساوی نرخ جایگزینی فنی با منفیِ نسبت قیمت نهاده‌های تولیدی است. تابع هزینه را می‌توان با شیوه‌های کمینه کردن رابطه هزینه به‌دست آورد. همچنین، با مفروض بودن تابع هزینه، می‌توان تابع تولید و فناوری تولیدی را که چنین تابع هزینه‌ای ایجاد کرده است، به‌دست آورد. به عبارت دیگر، هر مفهومی که برحسب ویژگی‌ها و خواص تابع تولید تعریف شود، یک تعریف هم‌ارز برحسب ویژگی‌ها و خواص تابع هزینه دارد، و برعکس (Diewert, 1971). در برآورد تابع هزینه می‌توان فرم‌های گوناگونی را مانند تابع ترانسلوگ، لئونتیف[1]، و درجه دوم بکار برد.

با توجه به این‌که تابع هزینه ترانسلوگ، ساختار تولید را محدود به هموتتیک[2] بودن و همگنی نمی‌کند و هیچ محدودیتی روی کشش‌های جانشینی نهاده‌های تولید ندارد، لازم است این محدودیت‌ها از نظر آماری روی تابع هزینه ترانسلوگ آزمون شوند تا ضمن کسب اطمینان از صحت مدل انتخابی و نبود اریب در پارامترهای برآوردشده، شاخص‌های لازم بررسی شوند (Huang, 2001).

فرضیه هموتتیک بودن تابع تولید: هموتتیک نبودن به این معناست که تغییر مقیاس تولید در نسبت یا سهم استفاده از عوامل تولید، اریب‌دار خواهد شد، یعنی با تغییر مقیاس تولید، نسبت بکارگیری عوامل نیز تغییر می‌کند و تولیدکننده با اریب تغییر مقیاس مواجه می‌شود. اگر تابع هزینه برآوردشده به صورت $C = F(Y).H(W)$ قابل‌تفکیک باشد، تابع تولید هموتتیک است که در آن $F(Y)$ تابعی پیوسته و غیرنزولی از Y است که به آن تابع هزینه هر واحد گویند. $H(W)$ یک تابع غیرمنفی، همگن خطی، غیرنزولی، و مقعر نسبت به قیمت عوامل است (Lopez, 1980)، که این فرض محدودیت رابطه (۳) را بر پارامترهای تابع هزینه و معادلات سهم هزینه اعمال می‌کند. در صورتی که تابع هزینه هیچ‌گونه اریب در پیشرفت فناوری نسبت به هیچ‌کدام از عوامل تولید نداشته باشد، تابع هزینه باید شرایط (۳) را تامین نماید:

$$b_{it} = 0, \quad i = K, L, E \qquad (۳)$$

در صورت لزوم آزمون این‌که فناوری تولید، هموتتیک باشد و هیچ‌گونه اریبی در پیشرفت فناوری نباشد، محدودیت‌های خطی باید آزمون شوند. در رابطه (۳)، اگر تمام پارامترهای $i = K, L, E$

1. Leontief
2. Homothetic

تفاوت معناداری از صفر نداشته باشند، فناوری تولید هموتتیک[1] است و اثر تغییر مقیاس بر استفاده از نهاده‌ها اریب دارد (Gervais *et al*., 2006). برای اندازه‌گیری این اریب برحسب پارامترهای تابع هزینه ترانسلوگ از رابطه (۴) استفاده می‌شود:

$$N_i = \frac{\partial LnS_i}{\partial LnQ} = \frac{\partial S_i}{\partial LnQ} \times \frac{1}{S_i} = \beta_{iQ} \times \frac{1}{S_i} \qquad (۴)$$

که در آن، N_i میزان اریب ناشی از غیرهموتتیک بودن تابع تولید برای نهاده i-ام، S_i سهم عامل i، Q مقدار تولید، و β_{iQ} پارامتر ضرب متقاطع لگاریتم قیمت نهاده i در لگاریتم مقدار تولید است. اگر $N_i \succ 0$ باشد، تغییر مقیاس در جهت افزایش میزان استفاده از آن نهاده است، و اگر $N_i \prec 0$ باشد، تغییر مقیاس موجب کاهش میزان استفاده از آن نهاده است. همچنین اگر $N_i = 0$ باشد، تغییر مقیاس خنثی است و نسبت بکارگیری نهاده‌ها را تغییر نمی‌دهد.

آزمون فرضیه بازدهی ثابت نسبت به مقیاس: فناوری تولید دارای بازده ثابت نسبت به مقیاس است، در صورتی که تابع هزینه به صورت $C(Q.P) = Q.H(P)$ قابل‌تجزیه باشد. در این حالت، تابع باید همگن از درجه یک باشد و افزایش مقدار معین نهاده‌ها به افزایش همان مقدار در میزان تولید منجر شود و از آن‌جا که هزینه متوسط، با وجود تغییر سطح تولید، ثابت است پس عامل فزایندگی (کاهندگی) هزینه متوسط یعنی $(LnQ)^2$ باید حذف شود، که در رابطه (۵) داریم:

$$g_{iQ} = g_{QQ} = 0, \qquad i = K, L, E \qquad (۵)$$

آماره این فرضیه مانند آماره هموتتیکی با استفاده از نسبت درست‌نمایی محاسبه می‌شود، به‌طوری که دو الگوی مقید و نامقید از طریق آزمون χ^2 با آماره $LR = -2(L_r - L_u) = -2Ln\lambda$ یا همان نسبت درست‌نمایی آزمون می‌شود که L_r لگاریتم تابع درست‌نمایی در حالت مقید و L_r لگاریتم تابع درست‌نمایی در حالت نامقید است (Gervais *et al*., 2006).

لازمهٔ آزمون همگنی و واحد بودن کشش جانشینی واحد، برقراری ویژگی رابطه (۶) است:

$$\gamma_{QQ} = \gamma_{iQ} = \gamma_{ii} = 0, \qquad i = K, L, E \qquad (۶)$$

برای این آزمون، ابتدا باید تابع هزینه به صورت نامقید و سپس مقید برآورد شود. سپس باید با استفاده از آمارهٔ F، فرضیه H_0 مطابق رابطه (۷) مورد آزمون قرار گیرد:

$$F_{(R,\,d,\,f)} = \frac{SSR_R / SSE_{IJ}}{SSE_{IJ} / df} \qquad (۷)$$

۱. هر تابعی که بتواند تابعی صعودی و یکنواخت از یک تابع همگن باشد، تابع هموتتیک نامیده می‌شود.

در فرمول (۷)، SSE_R و SSE_{IJ} به‌ترتیب مجموع مجذورات جملات پسماند مدل مقید و مجموع مجذورات جملات پسماند مدل نامقید، R تعداد قیود، N تعداد مشاهده‌ها، K تعداد پارامترهای مدل نامقید، و $df = N - K$ درجه آزادی (مخرج) است (Kuroda, 1987).

تابع ترانسلوگ از اشکال انعطاف‌پذیر و غیرخطی تابع تولید و هزینه است که برای تخمین مستقیم تابع تولید و هزینه بکار می‌رود. تابع ترانسلوگ که اولین بار توسط کریستنسن و همکاران (۱۹۷۳) ارائه گردید، به پژوهشگران اجازه می‌دهد آزمون‌های مربوط به نظریه تولید و هزینه را انجام دهند و کشش‌ها و سایر پارامترهای تولید و هزینه را تحت یک‌سری حداقل مفروضات اولیه تخمین بزنند که در این ارتباط نظریه‌هایی در خصوص میزان دقت تخمین‌های ترانسلوگ از پارامترها وجود دارد. از آن‌جایی که تابع ترانسلوگ تنها یک تقریب از یک فناوری ناشناخته تولید است، کریستنسن و همکاران (۱۹۷۳) تابع ترانسلوگ را به واسطهٔ شباهت آن به سری مرتبه دوم تیلور توجیه می‌کنند. وایت[1] (۱۹۸۰)، نشان می‌دهد که یک برآورد حداقل مربعات معمولی (OLS) از تابع ترانسلوگ یک تقریب از سری‌های تیلور برای یک تابع حقیقی نیست و این یک تقریب کلی است، مگر این‌که یک تقریب جزئی باشد. گالانت[2] (۱۹۸۱)، در همین ارتباط استفاده از بسط فوریه[3] را برای ارائه یک تقریب کلی در مورد توابع تولید و مطلوبیت پیشنهاد می‌کند. تعدادی از پژوهشگران نیز از تکنیک‌های شبیه‌سازی برای آزمون تابع ترانسلوگ در مدلسازی فناوری‌های تولید یا رفتارهای مصرف‌کننده که به عنوان کشش‌ها شناخته می‌شوند، استفاده می‌کنند.

والز[4] (۱۹۷۷)، از تکنیک‌های مونت‌کارلو[5] به منظور آزمایش عملکرد تابع ترانسلوگ استفاده می‌کند و تابع مطلوبیت لئونتیف را در یک ترتیب کشش با مقادیر متفاوت تعمیم می‌دهد و درمی‌یابد که عملکرد هر دو تابع همچنان که یکی از آن‌ها از مقدار ایده‌آل کشش فاصله می‌گیرد، با کاهش مواجه می‌شوند (عدد یک برای تابع ترانسلوگ و عدد صفر برای تابع لئونتیف تعمیم‌یافته). گولیکی و لاول (۱۹۸۰)، آزمایش‌های مونت‌کارلو را به منظور تشخیص توانایی تابع ترانسلوگ در ایجاد تخمین‌های دقیق برای فناوری‌هایی که مقیاس‌های پیچیده و ویژگی‌های جایگزینی در آن‌ها بود، انجام می‌دهند و این تجزیه‌وتحلیل را با آزمایش اثرات مقدار و پراکندگی داده‌ها بسط می‌دهند. در مجموع، آن‌ها نتیجه‌گیری می‌کنند که تابع ترانسلوگ یک تقریب وابسته از واقعیت ارائه می‌دهد،

1. White
2. Gallant
3. Fourier Series
4. Wales
5. Monte Carlo

به شرطی که این واقعیت خیلی پیچیده نباشد. همچنین در ادامه این پژوهش، برنت و کرستیزین[1] (۱۹۷۳) تلاش می‌کنند سطح اطمینان[2] تابع ترانسلوگ را تحت یک‌سری حداقل مفروضات اولیه با در نظرگرفتن شکل فناوری تولید مورد آزمون قرار دهند. آن‌ها چنین بحث می‌کنند که ویژگی یک ارتباط صریح بین ورودی‌ها و خروجی‌ها، که توسط گولیکی و لاول (۱۹۸۰) مطرح شد، ممکن است بر تخمین‌های مربوط به کشش‌ها اثر بگذارد. آن‌ها در ادامه یک تابع هزینه ترانسلوگ را با رویکرد سهمیه‌بندی هزینه تخمین می‌زنند و پی می‌برند که کشش متقاطع قیمتی و کشش قیمتی در هر مورد از کشش‌های شناسایی‌شده، که برای ایجاد داده‌ها در نظرگرفته شده بود، به‌طور چشمگیری تفاوت دارند (Stern, 1994).

پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهند تابع ترانسلوگ یک تخمین‌زن خوب و معقول برای تابع هزینه است، همچنان که میزانی از اختلال در این تابع با پیچیده‌تر شدن فناوری یا فاصله گرفتن کشش‌های جانشینی از مقادیر ایده‌آل اتفاق می‌افتد. استرن (۱۹۹۴)، در نشان می‌دهد زمانی که فناوری تحت بررسی ساده اما نامشخص باشد، تابع ترانسلوگ تخمین‌های قابل‌قبولی از کشش‌های قیمتی و کشش‌های متقاطع قیمتی ارائه می‌دهد. تجزیه‌وتحلیل‌ها نشان می‌دهد که توابع هزینه ترانسلوگ و لئونتیف برای تمام پارامترهای انتخابی نمی‌توانند به‌طور نظری و کلی سازگار باشند. ولی با صرف‌نظر کردن از مقادیر قیمتی بسیار پایین، سازگاری نظری تابع هزینه ترانسلوگ نسبت به تابع هزینه لئونتیف بسیار بیش‌تر می‌شود.

شهبازی و فدایی (۲۰۱۷)، با برآورد توابع هزینه‌های بنگاه و تقاضای نهاده‌های تولید در بخش صنعت طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۲ در چارچوب یک مدل پویا و استخراج کشش‌های قیمتی و جانشینی میان نهاده‌ها، رابطه جانشینی یا مکملی میان نهاده‌های تولید و نیز حامل‌های انرژی را استخراج می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد در سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹، نهاده‌های انرژی و سرمایه مکمل نیروی کار و نهاده‌های انرژی و نیروی کار مکمل سرمایه هستند. همچنین سرمایه و نیروی کار، جانشین انرژی می‌شوند. اما این روابط در دوره سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ تغییر می‌کند و میان همه نهاده‌های تولید، رابطه جانشینی کم‌کشش برقرار است. می‌توان گفت بین همه حامل‌های انرژی در بخش صنعت رابطه جانشینی وجود دارد. به علاوه، بررسی کشش‌های قیمتی تقاضای حامل‌ها، روند کاهش تقاضای همه حامل‌های انرژی را بر اثر افزایش قیمت این حامل‌ها در مسیر کوتاه‌مدت به

1. Berndt & Christensen
2. Reliability

بلندمدت نشان می‌دهد. عسگری و همکاران (۱۳۹۹)، با استفاده از آمار و اطلاعات سال‌های ۱۳۹۶/۴-۱۳۸۱/۱ نتیجه‌گیری می‌کنند که در فعالیت ۲۰۱۱، کشش متوسط تولید نسبت به موجودی سرمایه، اشتغال و انرژی به‌ترتیب برابر ۰/۴۷، ۰/۱۵، و ۰/۳۹ است، و متغیرهای سرمایه و انرژی مکمل و متغیرهای سرمایه، اشتغال، و انرژی جانشین یکدیگر هستند. تحریم بیش‌ترین تاثیر منفی را بر اشتغال فعالیت‌های ۲۰۲۹ با ۰/۱۱-، فعالیت ۲۰۲۹ با ۰/۱۰-، و فعالیت ۲۰۲۳ با ۰/۰۹- داشته است. بالاترین کشش تقاضای واردات صنعتی نسبت به نرخ ارز حقیقی به‌ترتیب در فعالیت‌های ۱۴۱۰ با ۰/۳۳-، فعالیت ۲۰۱۲ با ۰/۲۵-، و فعالیت ۲۷۴۰ با ۰/۱۳- است. عسگری (۲۰۱۹)، با استفاده از تحلیل‌های مرزی تصادفی و استفاده از تابع ترانسلوگ و آمار و اطلاعات سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۸۸، تولید و کارایی فنی بخش صنعت ایران را به تفکیک کدهای چهار رقمی ISIC محاسبه می‌کند و نتیجه می‌گیرد صنایع شیمیایی و نفت و زغال سنگ در رتبه اول کارایی، و صنایع نساجی و پوشاک و چرم، صنایع چوب و محصولات چوبی، و صنایع کاغذ و مقوا و چاپ و انتشار در رتبه چهارم کارایی قرار دارند. اسدی مهماندوستی و همکاران (۲۰۱۸)، شاخص‌های بهره‌وری و کشش قیمت و جانشینی عوامل تولید را به عنوان پارامترهای مهم بخش صنعت اقتصاد ایران در دو حالت کل عوامل تولید و شاخص بهره‌وری انرژی با استفاده از تابع هزینه انعطاف‌پذیر درجه دوم نرمال‌شده طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۵۳ برآورد می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد متوسط شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید و شاخص بهره‌وری انرژی به‌ترتیب ۰/۳۲ درصد و ۰/۶۲ درصد است و بر اساس کشش‌های هزینه محاسبه‌شده هر دو عوامل تولید و حامل‌های انرژی نهاده‌های نرمال هستند و کشش خودی آلن برای نهاده‌های مختلف مطابق نظریه، منفی بوده است. از طرفی، کشش جانشینی موریشیما بین این دو متغیر برای تمام نهاده‌ها غیر از یک مورد برای عوامل تولید مثبت و کوچک‌تر از یک است که بیانگر جانشینی محدود عوامل تولید و حامل‌های انرژی در بخش صنعت ایران است. لطفعلی‌پور و همکاران (۲۰۱۸)، جایگزین کردن نیروی کار به‌جای انرژی و تاثیر آن بر اقتصاد را به دلیل آثار مخرب مصرف انرژی بررسی می‌کنند. آن‌ها کشش جانشینی بین نهاده‌های نیروی کار و انرژی را برای بخش صنعت ایران با استفاده از تابع تولید CES و مشاهده‌های دوره ۱۳۹۲-۱۳۵۹ برآورد می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد کشش جانشینی بین نهاده‌ها ۰/۴۸ درصد است و با افزایش قیمت انرژی می‌توان مصرف آن را کاهش داد و با توجه به جانشینی این دو نهاده، افزایش تقاضا برای نیروی کار قابل‌انتظار است. کاغذیان و همکاران (۲۰۱۶)، به برآورد تابع هزینه بانک رفاه با سهم نهاده‌های تولید بر اساس اطلاعات درآمد و هزینه کل بانک در سراسر کشور در دورهٔ زمانی ۱۳۹۰-۱۳۷۰ می‌پردازند. در این پژوهش، تابع

ترانسلوگ برای برآورد پارامترهای مربوط به معادلات تقاضای مشتق‌شده نهاده‌های تولید و محاسبه کشش جانشینی قیمت عوامل استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد عوامل تولید بانک رفاه جانشین هم است و کشش متقاطع سرمایه فیزیکی و نیروی انسانی بیش‌تر از کشش متقاطع نیروی انسانی و سرمایه فیزیکی است که نشان از تاثیر بیش‌تر سرمایه بر هزینه‌های بانک دارد. از طرف دیگر، کشش قیمتی نهاده سرمایه نسبت به سایر نهاده‌ها بیش‌تر است و بیانگر حساسیت بیش‌تر این نهاده در مقابل تغییر قیمت‌های نهاده‌هاست. همچنین، بانک رفاه با صرفه‌های ناشی از مقیاس و بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس مواجه است. سامتی و همکاران (۱۳۸۶)، به بررسی سهم عامل نیروی کار در تابع هزینه صنایع با استفاده از نظریه دوگان و تابع هزینه ترانسلوگ می‌پردازند و نتیجه‌گیری می‌کنند که کشش میان تمام نهاده‌ها منفی و بیانگر رابطه مکملی میان آن‌هاست.

دینینگر و همکاران[1] (۲۰۱۸)، به بررسی رابطه جانشینی بین عوامل و شدت انرژی بنگاه‌های صنعتی می‌پردازند و درجه جانشینی میان عوامل سرمایه، کار، انرژی و مواد اولیه را با سهم هزینه انرژی کم، متوسط، و زیاد و با استفاده از روش پانل دیتا در بنگاه‌های صنعتی سوییس در دورهٔ زمانی ۲۰۰۸-۱۹۹۹ بررسی می‌کنند و نتیجه می‌گیرند در بنگاه‌های پرمصرف انرژی، سرمایه و انرژی مکمل یکدیگر هستند و یک درصد افزایش در قیمت‌های انرژی، میزان استفاده از سرمایه را ۰/۰۹ درصد کاهش می‌دهد که این رابطه مکملی نیز به‌تدریج در شدت مصرف انرژی بنگاه‌ها در حال افزایش است. لین و تین[2] (۲۰۱۷)، نتیجه‌گیری می‌کنند که اصلاح قیمت برق برای صرفه‌جویی در انرژی صنایع سبک چین بسیار دارای اهمیت است. همچنین، اثر جایگزینی بین عوامل تولیدی نیروی محرکهٔ بسیار مهمی است و ترویج استفاده و حفاظت از فناوری جدید و اصلاح قیمت برق را به عنوان سیاست‌های پیشنهادی آینده ارائه می‌دهند. آن‌ها بر اساس تابع هزینه ترانسلوگ، مقدار اثر برگشتی را در صنایع سبک چین برای اولین بار با استفاده از حداقل مربعات معمولی پویا و روش‌های رگرسیون به‌ظاهر غیرمرتبط تخمین می‌زنند و درمی‌یابند که با در نظرگرفتن اثرات نامتقارن قیمت‌های انرژی بر مصرف انرژی، اثر برگشتی تقریباً ۳۷/۷ درصد است و تمام عوامل تولید به‌جز نیروی کار و انرژی جانشین یکدیگر هستند. بولوک و کوچ[3] (۲۰۱۰)، تابع هزینه ترانسلوگ را با چهار عامل سرمایه، نیروی کار، مواد واسطه‌ای، و انرژی برق طی سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۸۰ تخمین می‌زنند و هدف آن‌ها تحلیل ساختاری اثرات آزادسازی قیمت برق است. نتایج نشان می‌دهد تقاضای برق نسبتاً به قیمت

1. Deininger *et al*.
2. Lin & Tian
3. Bölük & Koç

حساس است و عوامل برق ـ نیروی کار و برق ـ و سرمایه دوبه‌دو مکمل هستند، در حالی که بین برق و مواد واسطه‌ای امکان جانشینی وجود دارد. فنگ و سرلتیز[1] (۲۰۰۸)، با استفاده از آمار عوامل تولید و رویکرد اقتصادسنجی به محاسبه بهره‌وری، انحراف تغییرات فناوری، کشش قیمتی، و کشش جانشینی برای صنعت ایالات متحده در دورهٔ زمانی ۲۰۰۱-۱۹۵۳ می‌پردازند. در این پژوهش از چهار تابع هزینه انعطاف‌پذیر لئونتیف، ترانسلوگ، درجه دوم نرمال‌شده، و مدل ایده‌آل کاملاً انعطاف‌پذیر استفاده می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش برای پاسخگویی به پرسش‌های مورد نظر از تابع هزینه ترانسلوگ استفاده شده و با استفاده از تابع مذکور، سهم هزینه‌ای نیروی کار، سرمایه و انرژی، کشش‌های جانشینی آلن، کشش‌های قیمتی تقاضا، کشش‌های جانشینی موریشیما و نوع ارتباط جانشینی و مکملی عوامل تولید (نیروی کار، سرمایه، و انرژی) به‌دست آمده است. رابطه (۸)، نشان‌دهنده توابع تولید و هزینه مورد نظر است.

$$\begin{aligned} &Q = f(L,K,E) \\ &Q = AL^{\alpha}K^{\beta}E^{\gamma}e^{ut} \\ &C = f(P_L,P_K,P_E,q) \end{aligned} \qquad (۸)$$

تابع هزینه ترانسلوگ را با استفاده از سه عامل تولید موجودی سرمایه (K)، نیروی کار (L)، انرژی (E) و تولید (q) به صورت رابطه (۹) تصریح می‌شود که قیمت سرمایه (PK)، دستمزد (PL)، قیمت انرژی (P_E)، هزینه (C)، و تولید (q) و Ln اپراتور لگاریتم است.

$$C = f(P_L,P_K,P_E,q) \qquad (۹)$$

$$\begin{aligned} LnC = {} & \alpha + \beta_K LnP_K + \beta_L LnP_L + \beta_E LnP_E + \beta_{KK} \tfrac{1}{2} Ln^2P_K + \beta_{KL} LnP_K LnP_L + \beta_{KE} LnP_K LnP_E \\ & + \beta_{LL} \tfrac{1}{2} Ln^2P_L + \beta_{LE} LnP_L LnP_E + \beta_{EE} \tfrac{1}{2} Ln^2P_E + \beta_{qK} LnqLnP_K + \beta_{qL} LnqLnP_L + \beta_{qE} LnqLnP_E \\ & + \beta_q Lnq + \beta_{qq} \tfrac{1}{2} Ln^2q + \varepsilon_C \end{aligned}$$

برای محاسبه کشش‌ها در تابع هزینه ترانسلوگ، معادلات سهم عوامل تولید در رابطه (۱۰) ارائه می‌شود.

$$\begin{aligned} S_K &= \beta_K + \beta_{KK} LnP_K + \beta_{KL} LnP_L + \beta_{KE} LnP_E + \beta_{qK} Lnq + \varepsilon_K \\ S_L &= \beta_L + \beta_{KL} LnP_K + \beta_{LL} LnP_L + \beta_{LE} LnP_E + \beta_{qL} Lnq + \varepsilon_L \\ S_E &= \beta_E + \beta_{KE} LnP_K + \beta_{LE} LnP_L + \beta_{EE} LnP_E + \beta_{qE} Lnq + \varepsilon_E \end{aligned} \qquad (۱۰)$$

1. Feng & Serletis

در سیستم معادلات (۱۰)، ۱۵ پارامتر وجود دارد که با استفاده از شروط تقارن ارائه‌شده در رابطه (۱۱) تعداد پارامترها به ۱۲ پارامتر تقلیل می‌یابد.

$$\beta_{KL}=\beta_{LK},\quad \beta_{KE}=\beta_{EK},\quad \beta_{EL}=\beta_{LE} \qquad (11)$$

که با توجه به فرض همگن بودن ضرایب نسبت به قیمت‌ها خواهیم داشت:

$$\begin{aligned}
&\beta_K+\beta_L+\beta_E=1 \quad\rightarrow\quad \beta_E=1-(\beta_K+\beta_L)\\
&\beta_{KK}+\beta_{LK}+\beta_{EK}=0 \quad\rightarrow\quad \beta_{EK}=-(\beta_{KK}+\beta_{LK})\\
&\beta_{KL}+\beta_{LL}+\beta_{EL}=0 \quad\rightarrow\quad \beta_{EL}=-(\beta_{KL}+\beta_{LL})\\
&\beta_{KE}+\beta_{LE}+\beta_{EE}=0 \quad\rightarrow\quad \beta_{EE}=-(\beta_{KE}+\beta_{LE})\\
&\beta_{qE}=-(\beta_{qK}+\beta_{qL})
\end{aligned} \qquad (12)$$

شرط خطی بودن نیز در رابطه (۱۳) بیان شده است.

$$\beta_{LE}=\beta_{KE}=0 \qquad (13)$$

$$C=\sum_{i=1}^{3}P_i x_i,\qquad S_i=\frac{P_i x_i}{C},\qquad \sum_{i=1}^{3}S_i=1$$

در ادامه، پارامترهای مربوط به متغیر انرژی یا همان E با استفاده از رابطه (۱۲) در رابطه (۹) جایگزین می‌شود و در نهایت پس از ساده‌سازی رابطه (۱۰) به صورت رابطه (۱۴) بازنویسی می‌گردد.

$$\begin{aligned}
S_K&=\beta_K+\beta_{KK}\mathrm{Ln}(\frac{P_K}{P_E})+\beta_{KL}\mathrm{Ln}(\frac{P_L}{P_E})+\beta_{qK}\mathrm{Lnq}+\varepsilon_K\\
S_L&=\beta_L+\beta_{KL}\mathrm{Ln}(\frac{P_K}{P_E})+\beta_{LL}\mathrm{Ln}(\frac{P_L}{P_E})+\beta_{qL}\mathrm{Lnq}+\varepsilon_L
\end{aligned} \qquad (14)$$

کشش‌های تابع هزینه ترانسلوگ

کشش جانشینی آلن-اوزاوا بیانگر تغییرات درصدی در نسبت دو عامل تولیدی ناشی از یک درصد تغییر در قیمت‌های نسبی آن‌هاست و برای مشخص نمودن رابطه جانشینی و مکملی بین هر جفت از نهاده‌ها بکار می‌رود. این کشش برای تابع هزینه ترانسلوگ به صورت رابطه (۱۵) محاسبه می‌شود.

$$AES_{ij} = \frac{\sum f_i}{X_i}, \frac{X_i}{X_j}, \frac{|B_{ij}|}{|B|} \qquad (۱۵)$$

$$AES_{ij} = \frac{(\gamma_{ij} + S_i S_j)}{S_i S_j}, \quad AES_{ii} = \frac{(\gamma_{ii} + S_i^2 - S_j)}{S_i^2}$$

در رابطه (۱۵)، AES_{ii} و AES_{ij} به‌ترتیب معرف کشش جزئی خودی و جانشینی آلن است. S_i و S_j سهم عوامل i و j و γ_{ij} پارامتر ضرب متقاطع لگاریتم قیمت نهاده i در لگاریتم قیمت نهاده j در تابع ترانسلوگ است. در ارتباط با کشش‌های جزئی خودی آلن، علامت مورد انتظار منفی است، چرا که تقاضای هر کالا (به‌جز گیفن) با قیمت آن رابطه عکس دارد. همچنین، در ارتباط با کشش جانشینی آلن، اگر $AES_{ij} \succ 0$ باشد، دو کالای i و j جانشین و در غیر این صورت، دو کالا مکمل هستند(Kuroda, 1987).

کشش قیمتی عوامل تولید

کشش‌های قیمتی تقاضای نهاده‌ها به عنوان شاخص حساسیت نسبی تقاضا به نوسانات قیمت و کشش متقاطع قیمتی تقاضا، با فرض ثبات قیمت سایر نهاده‌های تولیدی برای تبیین رابطه جانشینی و مکملی میان نهاده‌های تولید بکار گرفته می‌شود که به صورت رابطه (۱۶) قابل‌محاسبه است.

$$\varepsilon_{ij} = \frac{(\gamma_{ij} + S_i S_j)}{S_i}, \qquad \varepsilon_{ii} = \frac{(\gamma_{ii} + S_i^2 S_j)}{S_i} \qquad (۱۶)$$

$$\varepsilon_{ij} \neq \varepsilon_{ji} \qquad i, j = K, L, E$$

$$\varepsilon_{ii} = AES_{ii}.S_i \qquad i = j$$

$$\varepsilon_{ij} = AES_{ij}.S_j \qquad \varepsilon_{ji} = AES_{ij}.S_i \qquad i \neq j$$

ε_{ii} و ε_{ij} به‌ترتیب کشش قیمتی خودی تقاضا و کشش قیمتی متقاطع تقاضای نهاده‌ها را نشان می‌دهند. در مورد کشش‌های قیمتی تقاضای نهاده‌ها اگر $\varepsilon_{ij} \succ 1$ باشد، تقاضا برای نهاده کشش‌پذیر و اگر $\varepsilon_{ij} \prec 1$ باشد، تقاضا برای نهاده کشش‌ناپذیر و اگر $\varepsilon_{ij} = 1$ باشد، تقاضا برای نهاده دارای کشش واحد است، به علاوه، این کشش‌ها نامتقارن هستند و کشش متقاطع ij با ji متفاوت است.

کشش موریشیما

کشش جانشینی موریشیما با استفاده از رابطه (۱۷) قابل‌محاسبه است.

$$MES_{ij} = AES_{ij} - AES_{jj} \qquad (۱۷)$$

که AES_{jj} کشش جزئی خودی و AES_{ij} و کشش جانشینی آلن است.

در مواردی که کشش جانشینی آلن دارای اطلاعات کم باشد، اندازه‌گیری دیگری از جانشینی عوامل وجود دارد که تحت عنوان کشش جانشینی موریشیما (MSE) شناخته می‌شود و از طریق مشتق لگاریتمی نسبت نهاده‌ها نسبت به نرخ نهایی جایگزینی یا نسبت قیمت نهاده‌ها به‌دست می‌آید و فرمول آن به صورت رابطه (۱۸) است.

$$MES_{ij} = \partial \frac{(\ln X_i / X_j)}{\partial \ln P_j} = (\frac{\beta_{ji}}{S_i}) - (\frac{\beta_{ij}}{S_j}) + 1 = AES_{ij} - AES_{jj} \quad , \text{for } i \neq j \qquad (۱۸)$$

$\partial(\frac{\ln X_i}{X_j})$ مشتق لگاریتمی نسبت نهاده X_i به نهاده X_j و $\partial \ln P_j$ نرخ نهایی جایگزینی یا نسبت قیمت نهاده‌هاست. این کشش، انحنای منحنی تولید یکسان و اثرات تغییر را در قیمت نسبی بر سهم نسبی هزینه بیان می‌کند (Morishima, 1967). در این ارتباط، اگر کشش نسبت دو نهاده به یکدیگر مثبت و بزرگ‌تر از یک باشد، جانشینی قوی بین آن جفت نهاده وجود دارد که این موضوع در کشش جانشینی آلن نیز قابل‌مشاهده است. در صورتی که کشش نسبت دو نهاده به یکدیگر مثبت و کوچک‌تر از یک باشد، جانشینی بین آن جفت نهاده وجود دارد، اما درجه جانشینی بین آن‌ها ضعیف است. اما اگر کشش نسبت دو نهاده به یکدیگر منفی و بزرگ‌تر از یک باشد، رابطه مکملی قوی بین آن جفت نهاده وجود دارد، و در صورتی که این کشش کوچک‌تر از یک باشد، رابطه مکملی بین آن دو نهاده ضعیف است.

کشش خودی و جانشینی آلن-اوزاوا بیانگر تغییرات درصدی در نسبت دو عامل تولیدی، ناشی از یک درصد تغییر در قیمت‌های نسبی آن‌هاست و برای تشخیص قابلیت جانشینی و مکملی هر جفت از نهاده‌هاست. این نوع کشش برای تابع هزینه ترانسلوگ به صورت رابطه (۱۹) محاسبه می‌شود.

$$AES_{ii} = \frac{\gamma_{ij} + S_i^2 + S_i}{S_i^2} \quad i = j \qquad , \qquad AES_{ij} = \frac{\gamma_{ij}}{S_i S_j} + 1 \quad i \neq j \qquad (۱۹)$$

AES_{ii} و AES_{ij} به‌ترتیب، معرف کشش جزئی خودی و جانشینی آلن است. S_i و S_j به‌ترتیب سهم عوامل i و j و γ_{ij} پارامتر ضرب متقاطع لگاریتم قیمت نهاده i در لگاریتم قیمت نهاده j در تابع ترانسلوگ است. در ارتباط با کشش‌های جزئی خودی آلن، انتظار بر این است که علایم این نوع کشش‌ها منفی باشند، چرا که تقاضای هر کالا (به‌جز کالای گیفن) با قیمت آن رابطه عکس دارد. در رابطه با کشش جانشینی آلن اگر $AES_{ij} > 0$ باشد دو نهاده جانشین، و اگر $AES_{ij} < 0$ باشد دو نهاده مکمل یکدیگرند (Kuroda, 1987).

کشش مقیاس

اغلب به صورت افزایش در تولید تعریف می‌شود، هنگامی که همه نهاده‌ها به یک نسبت افزایش می‌یابند. برای محاسبه کشش مقیاس با استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ، ابتدا کشش هزینه مورد محاسبه قرار می‌گیرد، سپس کشش مقیاس به صورت معکوس کشش هزینه تعریف می‌شود که به‌ترتیب از طریق رابطه (۱۸) محاسبه می‌شود.

$$\varepsilon_C = \frac{\partial LnC}{\partial Lnq} = \frac{MC}{AC} = \beta_q + \beta_{qq} Lnq + \sum_{i=1}^{3} \beta_{iq} LnP_i = \frac{\partial C}{\partial q} . \frac{q}{C} \qquad (۲۰)$$

$$\varepsilon_S = \frac{1}{\varepsilon_C} = (\varepsilon_C)^{-1}$$

اگر کشش مقیاس $\varepsilon_S \succ 1$ یا $\varepsilon_C \prec 1$ باشد، فناوری تولید با صرفه‌های ناشی از مقیاس مواجه است و واحدهای تولیدی بزرگ، اقتصادی‌تر از واحدهای کوچک‌تر هستند و اگر $\varepsilon_S \succ 1$ یا $\varepsilon_C \prec 1$ باشد، فناوری تولید با نبود صرفه‌های ناشی از مقیاس مواجه است و واحدهای تولیدی کوچک، اقتصادی‌تر از واحدهای بزرگ هستند.

یافته‌های تجربی

به‌منظور برآورد تابع هزینه از یک دستگاه معادلات همزمان، به‌طور عام از روش رگرسیون تعمیم‌یافته و به‌طور خاص از روش‌های رگرسیون به‌ظاهر نامرتبط (SUR)[1] استفاده می‌شود و دلیل استفاده از این روش، وجود همبستگی بین جملات اخلال است. دلیل وجود ارتباط بین جملات اخلال معادلات متفاوت این است که جمع سهم‌های هزینه برابر یک است و اگر طرف اول معادلات با هم جمع شوند، جمع طرف دوم معادلات نیز باید برابر یک شود (رابطه ۲۱).

$$\sum_{i=1}^{n} \beta_i = 1 \qquad \sum_{i=1}^{n} \gamma_{ij} = 0 \qquad \sum_{i=1}^{n} \gamma_{ji} = 0 \qquad (۲۱)$$

جمع جملات اخلال معادلات باید برابر صفر باشد و این به مفهوم ارتباط خطی جملات اخلال معادلات متفاوت است و چون متغیرهای مستقل تمام معادلات تقاضا یکسان است، مجموعه تمام متغیرهایی که وارد مدل نشده‌اند در جملات اخلال ظاهر می‌شوند و بین جملات همبستگی ایجاد می‌کنند (Moss *et al*., 2003).

در روش SUR فرض می‌شود بین جملات اخلال یک معادله خودهمبستگی وجود ندارد و این

1. Seemingly Unrelated Regressions (SUR)

جملات دارای واریانس همسان هستند. در حالی که جملات اخلال در معادلات متفاوت دارای واریانس ناهمسانی هستند. از طرف دیگر، همبستگی همزمانی بین جملات اخلال معادلات متفاوت وجود دارد، ولی همبستگی غیرهمزمانی بین جملات اخلال معادلات متفاوت وجود ندارد. زیرا در روش SUR در مرحله اول، مجموعه معادلات به صورت تک‌معادله به روش حداقل مربعات معمولی (OLS)[1] برآورد می‌گردد و ماتریس واریانس ـ کوواریانس جملات اخلال محاسبه و برای مرحله بعدی آماده می‌شود. وقتی تمام معادلات با هم برآورد می‌شوند، با توجه به $\sum_{j=1}^{n}\varepsilon_i = 0$ ماتریس واریانس ـ کوواریانس جملات منفرد خواهند بود و امکان تخمین وجود نخواهد داشت (گجراتی، ۱۳۸۵). این‌که کدام یک از معادلات باید از سیستم معادلات حذف شود، اغلب در روش SUR معادله‌ای حذف می‌شود که کم‌ترین سهم را در هزینه داشته باشد. به منظور دوری از این محدودیت، به‌جای روش SUR از روش رگرسیون‌های به‌ظاهر نامرتبط تکراری (ISUR)[2] استفاده می‌شود، زیرا برآوردهای ISUR نسبت به معادله حذف‌شده از سیستم حساس نیست و به سمت برآوردهای روش بیشینهٔ درست‌نمایی[3](ML) که منحصر به فرد و مستقل از معادله حذف‌شده است، همگرا می‌شوند (Alvarez & Lawrence, 2008).

مدل رگرسیون به‌ظاهر نامرتبط (SUR) روشی برای تحلیل سیستم‌هایی با چند معادله رگرسیونی مرتبط است. این مدل برای تحلیل هر معادله رگرسیونی، با بکارگیری همزمان اطلاعات موجود در مشاهده‌های آن معادله و اطلاعات موجود در مشاهده‌های سایر معادلات، کارایی برآورد پارامترها را افزایش می‌دهد. مدل رگرسیون به‌ظاهر نامرتبط در بسیاری از علوم، به‌ویژه در اقتصاد، کاربرد دارد. از آن‌جا که سیستم معادلات همزمان به لحاظ ساختاری متفاوت با رگرسیون‌های چندمتغیره است، ممکن است تامین‌کنندهٔ فروض کلاسیک حاکم بر رگرسیون‌های چندمتغیره نباشد. یکی از مشخصه‌های سیستم معادلات همزمان این است که متغیر وابسته در یک معادله به عنوان متغیری توضیحی در معادل‌های دیگر از سیستم ظاهر می‌شود. چنین متغیر توضیحی ممکن است با جمله پسماند معادله‌هایی که در آن به عنوان متغیر توضیحی وارد شده است، همبسته باشد و همبسته بودن متغیر توضیحی با جمله پسماند در یک معادله، فرض کلاسیک $\mathrm{Cov}(x_i, u_i) = 0$ را نقض می‌کند. بنابراین، به دلیل نبود استقلال بین متغیرهای توضیحی درون‌زا و جزء اخلال، روش OLS برای تخمین یک معادله در سیستم همزمان نامناسب است و کاربرد روش رگرسیون به‌ظاهر نامرتبط کارایی بیش‌تری در این موارد دارد. یک سیستم به‌ظاهر نامرتبط ترکیبی از چندین رابطه مجزا

1. Ordinary Least Squares (OLS)
2. Iterative Seemingly Unrelated Regression (ISUR)
3. Maximum Likelihood (ML)

(منفرد) است که بر اساس همبستگی اجزای اخلال خود با هم رابطه دارند. دو مزیت روش SUR آن است که این روش بر اساس ترکیب اطلاعات معادلات متفاوت تخمین کارایی را به‌دست می‌دهد و دیگری، قیودی را که شامل پارامترهای معادلات مختلف است نیز لحاظ می‌کند، که می‌توان گفت بر اساس روابط ارائه‌شده در بخش قبلی، مدل این پژوهش در قالب روش SUR به دلیل مزایای آن برای تخمین مدل انتخاب شده است.

برای این‌که مدل را با استفاده از روش SUR برآورد کنیم، باید بین اجزای اخلال مدل برای دو معادله همبستگی زمانی وجود داشته باشد. بروش و پاگان[1] (۱۹۸۰)، برای بررسی وجود همبستگی بین اجزای اخلال آزمونی را با نام آزمون ماتریس همبستگی پسماندها معرفی می‌کنند که فرضیه صفر در این آزمون بیان‌کننده نبود همبستگی پسماندهاست که برای برآورد مدل از روش رگرسیون نامرتبط باید این آزمون را انجام داد. با اعمال این آزمون، فرضیه صفر مبنی بر نبود همبستگی بین پسماندها رد می‌شود و در نتیجه، پسماندها دارای همبستگی هستند که می‌توان مدل را از روش SUR برآورد نمود. برای محاسبه قیمت سرمایه از رابطه $P_K = (i+\delta)P_{FCFD}$ استفاده می‌شود که در آن: P_K قیمت سرمایه؛ i نرخ بهره بلندمدت؛ δ نرخ استهلاک، و P_{FCFI} : شاخص تعدیل‌کننده سرمایه‌گذاری است[2]. برای محاسبه موجودی سرمایه از رابطه $K_t = K_{t-1} + I_t - 0.05 * K_{t-1}$ استفاده شده است: K_t: موجودی سرمایه در دوره t، K_{t-1}: موجودی سرمایه در دوره t-1، و I_t: سرمایه‌گذاری در دوره t. نرخ استهلاک نیز برابر پنج درصد و مقدار اولیه موجودی سرمایه مربوط به سال ۱۳۸۰/۴ است.

داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از مرکز آمار ایران[3] دریافت شده است و شامل دورهٔ زمانی ۱۳۹۶-۱۳۸۱ است. در مرحله بعد متغیرها فصلی می‌شوند و از آن‌ها در برآورد و تخمین مدل‌ها استفاده می‌گردد. برای فصلی نمودن متغیرها از روش اسپلاین[4] و از برنامه X-11 در نرم‌افزار SAS[5] استفاده شده است. در این روش، ابتدا داده‌های سالیانه را با استفاده از برنامه Expand به داده‌های فصلی تبدیل می‌کنیم. در مرحله بعد، یک منحنی اسپلاین درجه سوم را به مقادیر اولیه داده‌ها (تبدیل‌شده به seasonal) برازش می‌کنیم که البته باید بهترین برازش (مجموع مربع خطاهای حداقل) باشد. در این‌جا

1. Breusch & Pagan
2. Gross Fixed Capital Formation Deflator (FCFD)
3. https://www.amar.org.ir
4. Spline
5. Statistical Analysis System

تابع اسپلاین درجه سوم را به شرطی که کل منحنی و مشتق‌های اول و دوم آن پیوسته باشند به‌دست می‌دهد. در مرحله بعد، تحت شرایط فوق بین نقاط اتصال (داده‌های seasonal) یک منحنی برازش می‌کنیم که نقاط به‌دست‌آمده از این منحنی همان داده‌های فصلی تعدیل‌شده (با حذف اثر seasonal) خواهند بود. نیاز به یادآوری است که معیار بهینه بودن برازش منحنی در این بخش آماره F است و احتمال این‌که بتوان F بزرگ‌تری به‌دست آورد، وجود دارد. در این بخش، خلاصه‌ای از آمار و اطلاعات مورد استفاده در مقایسه با کل بخش صنعت کشور در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱: سهم متغیرهای عمده تولید صنایع شیمیایی از بخش صنعت ایران (درصد)

سال	تعداد کارگاه	اشتغال	دستمزد	ستانده	نهاده	ارزش افزوده	صادرات	سرمایه‌گذاری	انرژی
۱۳۸۱	۴/۴۳	۵/۰۵	۶/۴۹	۹/۰۵	۷/۴۰	۱۱/۳۷	۳۲/۱۹	۸/۷۶	۸/۸۲
۱۳۸۲	۴/۸۹	۵/۰۰	۶/۱۹	۸/۳۳	۷/۰۷	۷/۹۷	۳۲/۷۶	۱۶/۸۴	۸/۰۲
۱۳۸۳	۵/۰۱	۴/۸۹	۵/۸۳	۸/۵۸	۷/۵۸	۱۰/۱۰	۲۹/۳۴	۸/۰۷	۷/۹۰
۱۳۸۴	۵/۱۳	۵/۰۷	۵/۶۶	۸/۷۰	۷/۷۱	۱۰/۳۴	۲۹/۶۳	۶/۵۲	۸/۰۴
۱۳۸۵	۴/۹۹	۵/۲۱	۶/۳۱	۱۰/۷۴	۱۰/۲۵	۱۰/۳۸	۳۰/۰۶	۲۳/۷۲	۹/۷۶
۱۳۸۶	۵/۲۹	۵/۴۳	۶/۶۵	۱۲/۱۶	۱۲/۰۰	۱۱/۹۸	۴۸/۹۲	۳۳/۲۸	۱۲/۵۹
۱۳۸۷	۵/۲۵	۶/۰۹	۷/۷۵	۱۵/۸۲	۱۶/۶۸	۱۳/۶۲	۵۸/۱۱	۲۷/۸۱	۱۵/۵۶
۱۳۸۸	۵/۸۲	۶/۶۳	۸/۵۵	۱۲/۷۱	۱۲/۱۱	۱۴/۱۰	۴۶/۶۰	۲۱/۶۷	۱۸/۹۵
۱۳۸۹	۵/۴۹	۷/۰۹	۹/۵۰	۱۴/۲۵	۱۳/۶۳	۱۵/۶۵	۴۹/۳۷	۱۴/۱۸	۱۶/۵۵
۱۳۹۰	۵/۶۸	۷/۳۲	۱۰/۱۲	۱۵/۲۶	۱۳/۷۵	۱۹/۴۳	۴۸/۳۰	۱۳/۸۲	۱۶/۵۹
۱۳۹۱	۵/۷۴	۷/۲۱	۹/۳۹	۱۶/۲۹	۱۴/۰۱	۲۱/۷۲	۵۲/۷۴	۲۰/۸۶	۲۱/۸۳
۱۳۹۲	۶/۲۳	۷/۶۸	۹/۱۴	۱۳/۳۷	۱۳/۰۳	۲۳/۱۳	۴۴/۴۲	۸/۹۵	۱۸/۷۸
۱۳۹۳	۶/۳۷	۷/۷۱	۹/۷۰	۱۶/۵۴	۱۴/۱۶	۲۳/۴۱	۴۶/۹۴	۱۵/۴۶	۲۷/۱۰
۱۳۹۴	۵/۲۹	۷/۲۴	۱۰/۲۳	۱۶/۳۷	۱۴/۳۸	۲۰/۷۶	۵۱/۵۰	۱۲/۰۵	۲۶/۷۲
۱۳۹۵	۵/۴۶	۷/۳۹	۱۱/۴۴	۱۶/۱۱	۱۴/۶۱	۱۸/۴۸	۴۶/۵۱	۲۲/۲۵	۳۰/۶۷
۱۳۹۶	۵/۱۵	۷/۰۳	۱۱/۶۲	۱۶/۱۶	۱۴/۳۲	۲۰/۳۹	۴۵/۱۴	۱۴/۳۲	۳۱/۴۰
متوسط دوره	۵/۳۹	۶/۳۸	۸/۴۱	۱۳/۲۸	۱۲/۰۴	۱۵/۹۹	۴۳/۶۶	۱۶/۷۸	۱۷/۴۵

منبع: مرکز آمار و محاسبات پژوهش

برای بررسی جایگاه صنایع شیمیایی در بخش صنعت ایران، به‌اختصار سهم متغیرهای عمده این صنایع را در جدول (۱) ارائه می‌کنیم. نتایج نشان می‌دهد سهم تعداد بنگاه‌ها در تولید صنایع شیمیایی از تعداد کل بنگاه‌های بخش صنعت از ۴/۴۳ درصد در ۱۳۸۱ به ۵/۱۵ درصد در ۱۳۹۶ افزایش یافته است. همچنین، متوسط سهم این متغیر در دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۱ حدود ۵/۳۹ درصد است. سهم اشتغال در تولید صنایع شیمیایی از اشتغال کل بخش صنعت از ۵/۰۵ درصد در ۱۳۸۱ به ۷/۰۳ درصد در ۱۳۹۶ رسیده است. متوسط سهم این متغیر در دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۱ حدود ۶/۳۸ درصد است. سهم دستمزد پرداختی در تولید صنایع شیمیایی از دستمزد پرداختی کل بخش صنعت از ۶/۴۹ درصد در ۱۳۸۱ به ۱۱/۶۲ درصد در ۱۳۹۶ رشد داشته است. متوسط سهم این متغیر در این دوره حدود ۸/۴۱ درصد است. سهم ستانده در تولید صنایع شیمیایی از ستانده کل بخش صنعت از ۹/۰۵ درصد در ۱۳۸۱ به ۱۶/۱۶ درصد در ۱۳۹۶ افزایش یافته و متوسط سهم این متغیر حدود ۱۳/۲۸ درصد بوده است. سهم نهاده در تولید صنایع شیمیایی از نهاده کل بخش صنعت از ۷/۴۰ درصد در ۱۳۸۱ به ۱۴/۳۲ درصد در ۱۳۹۶ رسیده است. متوسط سهم این متغیر حدود ۱۲/۰۴ درصد است. سهم ارزش‌افزوده در تولید صنایع شیمیایی از ارزش‌افزوده کل بخش صنعت از ۱۱/۳۷ درصد به ۲۰/۳۹ درصد افزایش یافته و متوسط سهم این متغیر در دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۱ حدود ۱۵/۹۹ درصد بوده است. سهم صادرات مستقیم در تولید صنایع شیمیایی از صادرات مستقیم کل بخش صنعت از ۳۲/۱۹ درصد به ۴۵/۱۴ درصد افزایش یافته و متوسط سهم این متغیر در دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۱ حدود ۴۳/۶۶ درصد بوده است. سهم سرمایه‌گذاری در تولید صنایع شیمیایی از سرمایه‌گذاری کل بخش صنعت از ۸/۷۶ درصد در ۱۳۸۱ به ۱۴/۳۲ درصد در ۱۳۹۶ افزایش یافته است. همچنین، متوسط سهم این متغیر در همان دوره حدود ۱۶/۷۸ درصد است. در نهایت، سهم انرژی مصرفی در تولید صنایع شیمیایی از انرژی مصرفی کل بخش صنعت از ۸/۸۲ درصد در ۱۳۸۱ به ۳۱/۴۰ درصد در ۱۳۹۶ افزایش یافته و متوسط سهم این متغیر حدود ۱۷/۴۵ درصد بوده است.

آمارهای این پژوهش به صورت فصلی و دوره زمانی ۱۳۹۶/۴-۱۳۸۱/۱ و سال پایه ۱۳۹۵ است[1] که در ادامه نتایج تخمین تابع هزینه ترانسلوگ صنایع شیمیایی بر اساس کدهای چهار رقمی (ISIC) دارای ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر صنایع شیمیایی در هفت فعالیت تولید مواد شیمیایی اساسی (۲۰۱۱)، تولید کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن (۲۰۱۲)، تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی در شکل اولیه (۲۰۱۳)، تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه (۲۰۲۲)، تولید صابون و شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی (۲۰۲۳)، تولید سایر فرآورده‌های شیمیایی طبقه‌بندی‌نشده در جای دیگر (۲۰۲۹)، و تولید الیاف مصنوعی (۲۰۳۰) در جدول (۲) ارائه می‌گردد (جدول ۲ از تخمین رابطه ۹ به‌دست آمده است).

۱. آخرین آمار و اطلاعات در دسترس بخش صنعت که به صورت رسمی منتشر شده است.

جدول ۲: برآورد تابع هزینه صنایع شیمیایی

ردیف	فعالیت	هزینه متوسط			هزینه جانشینی		
		قیمت سرمایه یا β_k	قیمت اشتغال یا β_L	قیمت انرژی یا β_E	سرمایه و اشتغال یا β_{kL}	انرژی و سرمایه یا β_{Ek}	انرژی و اشتغال یا β_{EL}
۱	۲۰۱۱	۰/۲۹	۰/۳۷	۰/۳۴	-۰/۰۶	-۰/۹۴	-۱/۰۵
	آماره t	۳/۲۵	۴/۳۳	۳/۲۱	-۳/۶۱	-۲/۳۹	-۲/۱۱
۲	۲۰۱۲	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۷۲	-۰/۱۰	-۱/۲۹	-۱/۴۹
	آماره t	۲/۱۸	۳/۲۸	۲/۷۱	-۴/۳۳	-۵/۱۱	-۲/۶۱
۳	۲۰۱۳	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۴۹	-۰/۳۸	-۰/۸۶	-۱/۰۶
	آماره t	۳/۲۱	۱/۹۶	۳/۳۶	-۲/۰۴	-۳/۴۱	-۲/۷۷
۴	۲۰۲۲	۰/۳۸	۰/۲۹	۰/۳۳	۰/۴۲	-۰/۸۸	۰/۲۹
	آماره t	۲/۰۸	۲/۰۱	۲/۹۷	۲/۶۷	-۲/۷۹	۲/۳۲
۵	۲۰۲۳	۰/۴۱	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۶۱	-۰/۸۶	۰/۷۶
	آماره t	۱/۹۸	۲/۰۹	۲/۳۲	۲/۳۹	-۳/۹۱	۳/۵۵
۶	۲۰۲۹	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۶۷	-۱/۰۶	-۱/۷۴	-۱/۰۶
	آماره t	۲/۲۴	۳/۱۳	۴/۸۷	-۴/۰۴	-۱/۹۹	-۲/۰۹
۷	۲۰۳۰	۰/۳۸	۰/۱۹	۰/۴۴	۰/۱۲	-۱/۴۳	-۱/۲۶
	آماره t	۲/۶۱	۳/۴۲	۴/۲۲	۲/۶۰	-۲/۰۵	-۳/۲۸

نتایج نشان می‌دهد در تولید مواد شیمیایی اساسی (۲۰۱۱)، سهم متوسط هزینه نسبت به قیمت موجودی سرمایه، دستمزد، و قیمت انرژی به‌ترتیب برابر ۰/۲۹، ۰/۳۷، و ۰/۳۴ است. می‌توان گفت با فرض ثبات سایر شرایط، با افزایش یک درصد در قیمت موجودی سرمایه، قیمت نیروی کار، و قیمت انرژی هزینه در این فعالیت به‌ترتیب حدود ۰/۲۹، ۰/۳۷، و ۰/۳۴ درصد افزایش خواهد یافت. اشتغال، اثرگذارترین نهاده در هزینه و موجودی سرمایه به عنوان کم‌اثرترین نهاده در هزینه‌های این فعالیت است (یک واحد اشتغال در هزینه فعالیت تولید مواد شیمیایی اساسی بیش‌تر از سایر متغیرها و یک واحد موجودی سرمایه کم‌تر از سایر متغیرها بر هزینه‌های این فعالیت موثر است). از طرفی، متغیرهای موجودی سرمایه و اشتغال، انرژی و موجودی سرمایه، و انرژی و اشتغال دوبه‌دو مکمل یکدیگر هستند و برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها باید از هر دو نهاده کم‌تر استفاده شود.

در تولید کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن (۲۰۱۲)، سهم متوسط هزینه نسبت به قیمت

موجودی سرمایه، دستمزد، و قیمت انرژی به‌ترتیب برابر ۰/۱۵، ۰/۱۳، و ۰/۷۲ است. متغیرهای موجودی سرمایه و اشتغال، انرژی و موجودی سرمایه، و انرژی و اشتغال دوبه‌دو مکمل یکدیگر هستند و برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها باید از هر دو نهاده کم‌تر استفاده شود.

در تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی در شکل نخستین (۲۰۱۳)، سهم متوسط هزینه نسبت به قیمت موجودی سرمایه، دستمزد، و قیمت انرژی به‌ترتیب برابر ۰/۲۴، ۰/۲۷، و ۰/۴۹ است. متغیرهای موجودی سرمایه و اشتغال، انرژی و موجودی سرمایه، و انرژی و اشتغال مکمل یکدیگر هستند و برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها باید از هر دو نهاده کم‌تر استفاده شود.

در تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه (۲۰۲۲)، سهم متوسط هزینه نسبت به قیمت موجودی سرمایه، دستمزد، و قیمت انرژی به‌ترتیب برابر ۰/۳۸، ۰/۲۹، و ۰/۳۳ است. متغیرهای موجودی سرمایه و اشتغال، و انرژی و اشتغال دوبه‌دو جانشین یکدیگر هستند، یعنی برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌توان یکی از نهاده‌ها را جایگزین دیگری نمود، در حالی که متغیرهای انرژی و موجودی سرمایه مکمل یکدیگر هستند و برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها باید از هر دو نهاده کم‌تر استفاده شود.

در تولید صابون و شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی (۲۰۲۳)، سهم متوسط هزینه نسبت به قیمت موجودی سرمایه، دستمزد، و قیمت انرژی به‌ترتیب برابر ۰/۴۱، ۰/۲۵، و ۰/۳۵ است. موجودی سرمایه اثرگذارترین نهاده در هزینه و اشتغال به عنوان کم‌اثرترین نهاده در هزینه‌های این فعالیت است. متغیرهای موجودی سرمایه و اشتغال، و انرژی و اشتغال جانشین یکدیگر هستند، یعنی برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌توان یکی از نهاده‌ها را جایگزین دیگری نمود، در حالی که متغیرهای انرژی و موجودی سرمایه مکمل یکدیگر هستند و برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها باید از هر دو نهاده کم‌تر استفاده شود.

در تولید سایر فرآورده‌های شیمیایی طبقه‌بندی‌نشده در جای دیگر (۲۰۲۹)، سهم متوسط هزینه نسبت به قیمت موجودی سرمایه، دستمزد، و قیمت انرژی به‌ترتیب برابر ۰/۱۸، ۰/۱۵، و ۰/۶۷ است. متغیرهای موجودی سرمایه و اشتغال، انرژی و موجودی سرمایه، و انرژی و اشتغال مکمل یکدیگر هستند و برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها باید از هر دو نهاده کم‌تر استفاده شود.

در تولید الیاف مصنوعی (۲۰۳۰)، سهم متوسط هزینه نسبت به قیمت موجودی سرمایه، قیمت اشتغال، و قیمت انرژی به‌ترتیب برابر ۰/۳۸، ۰/۱۹، و ۰/۴۴ است. یک واحد انرژی در هزینه فعالیت تولید الیاف مصنوعی بیش‌تر از سایر متغیرها و یک واحد اشتغال، کم‌تر از سایر متغیرها بر هزینه‌های این فعالیت موثر است. از طرفی، متغیرهای موجودی سرمایه و اشتغال، انرژی و موجودی سرمایه، و انرژی

و اشتغال مکمل یکدیگر هستند و برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها باید از هر دو نهاده کم‌تر استفاده شود.

کشش‌های جانشینی آلن مربوط به تخمین تابع هزینه صنایع شیمیایی به تفکیک کدهای چهار رقمی (ISIC) در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳: کشش‌های جانشینی جزئی متقاطع و خودی آلن

فعالیت	کشش	کار	سرمایه	انرژی
۲۰۱۱	کار	-۰/۱۲	-۰/۱۱	۰/۰۰
	سرمایه		-۰/۷۷	-۱/۴۵
	انرژی			-۰/۷۹
۲۰۱۲	کار	-۰/۸۶	۱/۰۰	-۰/۲۴
	سرمایه		۰/۱۹	-۰/۱۷
	انرژی			-۰/۳۰
۲۰۱۳	کار	-۰/۸۰	-۰/۴۱	۰/۰۱
	سرمایه		-۰/۴۲	-۱/۸۷
	انرژی			-۰/۴۰
۲۰۲۲	کار	-۰/۷۸	-۱/۲۷	۰/۲۷
	سرمایه		-۰/۳۷	-۱/۲۴
	انرژی			-۰/۳۰
۲۰۲۳	کار	-۱/۴۵	-۳/۷۹	۰/۷۳
	سرمایه		۰/۴۵	-۰/۲۳
	انرژی			-۱/۱۵
۲۰۲۹	کار	-۰/۴۱	۱/۴۹	-۰/۳۸
	سرمایه		-۰/۹۳	-۳/۰۴
	انرژی			-۰/۳۸
۲۰۳۰	کار	-۰/۴۹	۱/۷۸	-۰/۲۹
	سرمایه		-۰/۹۶	-۲/۲۳
	انرژی			-۰/۷۸

علامت مورد انتظار برای کشش‌های جانشینی جزئی خودی آلن منفی است که بیانگر رابطه معکوس بین قیمت و مقدار تقاضای آن نهاده است. بدین معنا که با افزایش قیمت نهاده مقدار کم‌تری

از آن نهاده تقاضا می‌شود. قدر مطلق کشش جانشینی جزئی خودی برخی نهاده‌ها کم‌تر از یک است که بیانگر بی‌کشش بودن تقاضای این نهاده‌هاست، به‌طوری که با افزایش درصد معینی در قیمت هر نهاده، مقدار تقاضای آن به میزان کم‌تر از درصد تغییریافته در قیمت آن نهاده تغییر می‌کند. همچنین، مقادیر عددی مثبت کشش‌های جانشینی جزئی متقاطع آلن نشان می‌دهد که آن نهاده‌ها جانشین یکدیگر هستند و افزایش قیمت یک نهاده موجب افزایش استفاده از نهاده دیگر می‌شود، و بالعکس، در حالی که نهاده‌هایی با مقادیر عددی منفی کشش‌های جانشینی جزئی متقاطع آلن مکمل یکدیگرند، افزایش قیمت هر یک سبب کاهش مصرف دیگری می‌شود.

کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع تقاضای نهاده مربوط به تخمین تابع هزینه صنایع شیمیایی به تفکیک کدهای چهار رقمی (ISIC) دارای ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر در جدول (۴) نمایش داده شده است.

جدول ۴: کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع تقاضای نهاده‌ها

فعالیت	کشش	کار	سرمایه	انرژی
۲۰۱۱	کار	-۰/۴۰	-۰/۰۴	۰/۰۰
	سرمایه		۰/۳۰	-۰/۴۷
	انرژی			-۱/۱۵
۲۰۱۲	کار	-۰/۱۳	۰/۷۷	-۰/۰۴
	سرمایه		-۱/۳۵	-۰/۱۳
	انرژی			-۱/۸۰
۲۰۱۳	کار	-۰/۷۹	-۰/۱۰	۰/۰۰
	سرمایه		-۱/۴۳	-۰/۴۶
	انرژی			-۰/۹۳
۲۰۲۲	کار	-۰/۴۸	-۰/۳۹	۰/۰۵
	سرمایه		-۱/۷۵	-۰/۳۸
	انرژی			-۰/۱۶
۲۰۲۳	کار	-۰/۶۷	-۲/۴۵	۰/۱۱
	سرمایه		-۱/۴۸	-۰/۱۵
	انرژی			-۱/۲۴

ادامه جدول ۴: کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع تقاضای نهاده‌ها

فعالیت	کشش	کار	سرمایه	انرژی
۲۰۲۹	کار	-۰/۶۳	۰/۴۲	-۰/۰۷
	سرمایه		-۱/۲۰	-۰/۸۵
	انرژی			۵/۰۲
۲۰۳۰	کار	-۰/۲۴	۰/۵۴	-۰/۰۵
	سرمایه		-۱/۱۰	-۰/۶۸
	انرژی			-۱/۱۷

علامت صحیح مورد انتظار برای کشش‌های قیمتی خودی تقاضا منفی است که بیانگر رابطه معکوس بین قیمت و مقدار تقاضای آن نهاده است. بدین معنا که با افزایش قیمت نهاده مقدار کم‌تری از آن نهاده تقاضا می‌شود. از طرفی، تقاضای نهاده‌های دارای قدر مطلق کشش‌های قیمتی خودی تقاضا و بزرگ‌تر از یک باکشش هستند، به‌طوری که با افزایش درصد معینی در قیمت هر یک از این نهاده‌ها، مقدار تقاضای آن نهاده به میزان بیش‌تر از درصد تغییریافته در قیمت تغییر می‌کند. در هفت فعالیت مورد بررسی، کشش قیمتی خودی تقاضا برای موجودی سرمایه به‌طور کلی بیش از سایر نهاده‌هاست، یعنی حساسیت تقاضای موجودی سرمایه به تغییرات قیمت خود، بیش‌تر از بقیه نهاده‌هاست. با این حال، قدر مطلق کشش قیمتی خودی تقاضا برای برخی نهاده‌ها کم‌تر از یک است که بیانگر بی‌کشش بودن تقاضای این نهاده‌هاست، یعنی با افزایش درصد معینی در قیمت هر نهاده، مقدار تقاضای آن به میزان کم‌تر از درصد تغییریافته در قیمت تغییر می‌کند. با توجه به این‌که اکثر مقادیر کشش‌های جانشینی متقاطع تقاضا کوچک هستند، سیاست‌های تغییر قیمت در این نهاده‌ها تغییر چندانی در ترکیب هزینه‌ای فعالیت‌های مذکور نخواهد داشت و همچنین تغییرات قیمت یکی از نهاده‌ها تاثیر زیادی بر تقاضای دیگری نخواهد داشت. با وجود این، مقادیر نزدیک به یک یا بزرگ‌تر از یک در کشش‌های جانشینی متقاطع تقاضا بیانگر آن است که سیاست‌های تغییر قیمت در این نهاده‌ها ممکن است تغییراتی در ترکیب هزینه‌ای فعالیت‌های مذکور ایجاد نماید و ممکن است تغییرات قیمت یکی از نهاده‌ها تاثیر زیادی بر تقاضای دیگری داشته باشد.

کشش‌های متقاطع موریشیما مربوط تخمین تابع هزینه صنایع شیمیایی به تفکیک کدهای چهار رقمی (ISIC) دارای ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵: کشش‌های متقاطع موریشیما

فعالیت	کشش	سرمایه	انرژی
۲۰۱۱	کار	۱/۶۰	۰/۳۲
	سرمایه		-۰/۴۳
۲۰۱۲	کار	۰/۵۷	-۰/۲۰
	سرمایه		۱/۲۸
۲۰۱۳	کار	۱/۲۲	۱/۱۱
	سرمایه		-۱/۱۸
۲۰۲۲	کار	۱/۹۳	۱/۸۹
	سرمایه		-۰/۲۲
۲۰۲۳	کار	۱/۹۹	۱/۰۰
	سرمایه		۱/۹۲
۲۰۲۹	کار	-۰/۷۲	-۱/۰۷
	سرمایه		-۱/۹۵
۲۰۳۰	کار	-۱/۶۵	-۱/۲۷
	سرمایه		-۱/۰۳

در مواردی که کشش جانشینی آلن دارای اطلاعات کم است، اندازه‌گیری دیگری از جانشینی عوامل وجود دارد که تحت عنوان کشش جانشینی موریشیما (MSE) شناخته می‌شود و از طریق مشتق لگاریتمی نسبت نهاده‌ها نسبت به نرخ نهایی جایگزینی یا نسبت قیمت نهاده‌ها به‌دست می‌آید. این کشش، انحنای منحنی تولید یکسان و اثرات تغییر در قیمت نسبی را بر سهم نسبی هزینه بیان می‌کند. در این ارتباط، اگر کشش نسبت دو نهاده به یکدیگر مثبت و بزرگ‌تر از یک باشد، جانشینی قوی بین آن جفت نهاده وجود دارد که این موضوع در کشش جانشینی آلن نیز قابل‌مشاهده است. در صورتی که کشش نسبت دو نهاده به یکدیگر مثبت و کوچک‌تر از یک باشد، جانشینی بین آن جفت نهاده وجود دارد، اما درجه جانشینی بین آن‌ها ضعیف است. اما اگر کشش نسبت دو نهاده به یکدیگر منفی و بزرگ‌تر از یک باشد، رابطه مکملی قوی بین آن جفت نهاده وجود دارد و در صورتی که این کشش کوچک‌تر از یک باشد، رابطه مکملی بین آن دو نهاده ضعیف است. در ادامه، نتایج بازدهی نسبت به مقیاس فعالیت‌های منتخب صنایع شیمیایی در دورهٔ زمانی ۱۳۹۶/۴-۱۳۸۱/۱ در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ۶: کشش‌های مقیاس

ردیف	کد	شرح	کشش مقیاس
۱	۲۰۱۱	تولید مواد شیمیایی اساسی	۱/۰۸
۲	۲۰۱۲	تولید کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن	۱/۱۱
۳	۲۰۱۳	تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی در شکل اولیه	۱/۰۳
۴	۲۰۲۲	تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه	۱/۰۹
۵	۲۰۲۳	تولید صابون و شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی	۱/۱۰
۶	۲۰۲۹	تولید سایر فرآورده‌های شیمیایی طبقه‌بندی‌نشده در جای دیگر	۱/۰۷
۷	۲۰۳۰	تولید الیاف مصنوعی	۱/۰۲

ملاحظه می‌گردد که تمام هفت فعالیت مورد بررسی دارای بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس هستند، یعنی آن‌که واحد بزرگ‌تر آن‌ها به واحدهای کوچک‌تر ترجیح دارند که ضرورت دارد سیاستگذار این بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس را مورد توجه قرار دهد. تولید کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن و تولید صابون و شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی دارای بازدهی بالاتری نسبت به سایر فعالیت‌ها هستند.

در جدول (۷)، کشش‌های قیمتی انواع انرژی به تفکیک (کل انرژی، گازوییل، گاز طبیعی، بنزین، برق، و سایر انرژی‌ها) به تفکیک کدهای چهار رقمی (ISIC) دارای ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر در تابع هزینه صنایع شیمیایی ارائه شده است. کشش‌های قیمتی خودی تقاضا بیانگر رابطه معکوس بین قیمت و مقدار تقاضای آن نهاده است، بدین معنا که با افزایش قیمت نهاده مقدار کم‌تری از آن نهاده تقاضا می‌شود. از طرفی، تقاضای نهاده‌های دارای قدر مطلق کشش‌های قیمتی خودی تقاضا و بزرگ‌تر از یک باکشش هستند.

جدول ۷: کشش قیمتی انرژی

فعالیت	کل انرژی	گازوییل	گاز طبیعی	بنزین	برق	سایر انرژی‌ها
۲۰۱۱	-۱/۰۷	-۰/۰۳	-۰/۵۱	-۰/۰۱	-۰/۴۴	-۰/۰۷
۲۰۱۲	-۱/۲۸	-۰/۰۲	-۰/۷۶	-۰/۰۱	-۰/۴۴	-۰/۰۵
۲۰۱۳	-۱/۵۱	-۰/۰۲	-۰/۵۴	-۰/۰۲	-۰/۸۱	-۰/۱۳
۲۰۲۲	-۱/۶۷	-۰/۱۶	-۰/۷۹	-۰/۱۱	-۰/۵۳	-۰/۰۹
۲۰۲۳	-۱/۶۵	-۰/۱۶	-۰/۵۵	-۰/۰۷	-۰/۸۰	-۰/۰۸
۲۰۲۹	-۱/۳۳	-۰/۱۴	-۰/۵۵	-۰/۰۳	-۰/۶۰	-۰/۰۲
۲۰۳۰	-۱/۵۶	-۰/۰۳	-۰/۷۵	-۰/۰۱	-۰/۷۳	-۰/۰۴

قدر مطلق کشش قیمتی خودی تقاضا برای کل انرژی در فعالیت تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه (۲۰۲۲) بیش از سایر فعالیت‌هاست. همچنین، حساسیت تقاضای انرژی به تغییرات قیمت خود بیش‌تر از بقیه نهاده‌هاست، در حالی که این کشش در فعالیت تولید مواد شیمیایی اساسی (۲۰۱۱) کم‌تر از سایر فعالیت‌هاست و حساسیت تقاضای انرژی به تغییرات قیمت خود کم‌تر از بقیه نهاده‌هاست. قدر مطلق کشش قیمتی خودی تقاضا برای گازوییل، در فعالیت‌های تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه (۲۰۲۲) و تولید صابون و شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی (۲۰۲۳) بیش از سایر فعالیت‌هاست و حساسیت تقاضای گازوییل نیز به تغییرات قیمت خود بیش‌تر از بقیه نهاده‌هاست، در حالی که این کشش در فعالیت‌های تولید کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن (۲۰۱۲) و تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی در شکل اولیه (۲۰۱۳) کم‌تر از سایر فعالیت‌هاست و در آن‌ها حساسیت تقاضای گازوییل به تغییرات قیمت خود کم‌تر از بقیه نهاده‌هاست. قدر مطلق کشش قیمتی خودی تقاضا برای گاز طبیعی در فعالیت تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه (۲۰۲۲) بیش از سایر فعالیت‌هاست، در حالی که این کشش در فعالیت تولید مواد شیمیایی اساسی (۲۰۱۱) کم‌تر از سایر فعالیت‌هاست و حساسیت تقاضای گاز طبیعی به تغییرات قیمت خود کم‌تر از بقیه نهاده‌هاست. قدر مطلق کشش قیمتی خودی تقاضا برای بنزین در فعالیت تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه (۲۰۲۲) بیش از سایر فعالیت‌هاست، در حالی که این کشش در فعالیت تولید مواد شیمیایی اساسی (۲۰۱۱)، تولید کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن (۲۰۱۲) و تولید الیاف مصنوعی (۲۰۳۰) کم‌تر از سایر فعالیت‌هاست و حساسیت تقاضای بنزین به تغییرات قیمت خود کم‌تر از بقیه نهاده‌هاست. قدر مطلق

کشش قیمتی خودی تقاضا برای برق در فعالیت تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی در شکل اولیه (۲۰۱۳) بیش از سایر فعالیت‌هاست و این کشش در فعالیت تولید مواد شیمیایی اساسی (۲۰۱۱) و تولید کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن (۲۰۱۲) کم‌تر از سایر فعالیت‌هاست و حساسیت تقاضای برق به تغییرات قیمت خود کم‌تر از بقیه نهاده‌هاست. قدر مطلق کشش قیمتی خودی تقاضا برای سایر انرژی‌ها (گاز مایع، نفت کوره، و زغال سنگ)، در فعالیت تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی در شکل اولیه (۲۰۱۳) بیش از سایر فعالیت‌هاست و این کشش در فعالیت تولید سایر فرآورده‌های شیمیایی طبقه‌بندی‌نشده در جای دیگر (۲۰۲۹) کم‌تر از سایر فعالیت‌هاست و حساسیت تقاضای سایر انرژی‌ها به تغییرات قیمت خود کم‌تر از بقیه نهاده‌هاست.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش تجزیه‌وتحلیل تابع هزینه و محاسبه انواع کشش‌ها در صنایع شیمیایی ایران به تفکیک کدهای چهار رقمی استاندارد فعالیت‌های صنعتی (ISIC) دارای ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر در دوره ۱۳۹۶/۴-۱۳۸۱/۱ با استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ است. برای تخمین تابع هزینه از متغیرهای موجودی سرمایه، اشتغال، انرژی، و تولید استفاده شده، تابع هزینه صنایع شیمیایی در هفت فعالیت منتخب برآورد گردیده، و در ادامه کشش‌های جانشینی و خودی آلن، کشش‌های قیمتی، کشش‌های موریشیما، کشش انواع انرژی، و کشش بازدهی نسبت به مقیاس محاسبه شده است.

نتایج برآورد تابع هزینه صنایع شیمیایی نشان می‌دهد در تولید صنایع کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن، تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی، تولید الیاف مصنوعی و تولید سایر فرآورده‌های شیمیایی طبقه‌بندی‌نشده، با فرض ثبات سایر شرایط، تغییرات قیمت نهاده انرژی بیش‌تر از قیمت سایر نهاده‌ها هزینه‌های تولید را تحت تاثیر قرار خواهد داد. در حالی که در فعالیت تولید مواد شیمیایی اساسی، نهاده اشتغال اثرگذارترین در هزینه است. ضمن آن‌که در تولید همه فعالیت‌ها، نهاده‌های تولید دوبه‌دو مکمل یکدیگر هستند، پس برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها لازم است مصرف هر دو نهاده مکمل کاهش یابد. از سوی دیگر، در فعالیت‌های تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه و تولید صابون، شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی این قیمت نهاده سرمایه است که بیش‌ترین سهم را در هزینه تولید دارد. همچنین، در این فعالیت‌ها نهاده‌های سرمایه و اشتغال، و انرژی و اشتغال دوبه‌دو جانشین یکدیگر هستند، یعنی برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌توان یکی از نهاده‌ها را جایگزین دیگری نمود.

به علاوه، پژوهش حاضر نتایج برآورد کشش‌های جانشینی جزئی متقاطع و خودی آلن، میزان و جهت رابطه بین قیمت و تقاضای نهاده‌ها، و همچنین میزان و جهت تاثیرپذیری تقاضای یک نهاده از قیمت نهاده دیگر را در فعالیت‌های مختلف نشان داده است. به عنوان یک نمونه ملموس، در فعالیت تولید صابون، شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی اثر افزایش قیمت نهاده کار (دستمزد) در تابع هزینه تولید می‌تواند از طریق جایگزین نمودن نهاده موجودی سرمایه با افزایش ۳/۸ درصد جبران شود. همچنین، کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع تقاضای نهاده‌ها برآورد گردیده است. یافته‌ها حاکی از آن است که در هر هفت فعالیت مورد بررسی، حساسیت تقاضای موجودی سرمایه به تغییرات قیمت خود بیش از بقیه نهاده‌هاست. به علاوه، عمدتاً مقادیر کشش‌های جانشینی متقاطع تقاضا کوچک هستند، یعنی تغییرات قیمت یکی از نهاده‌ها تاثیر زیادی بر تقاضای دیگری نخواهد داشت.

این پژوهش همچنین کشش‌های قیمتی خودی انواع انرژی به تفکیک (کل انرژی، گازوییل، گاز طبیعی، بنزین، برق، و سایر انرژی‌ها) را در هر هفت فعالیت برآورد کرده است. نتایج این برآورد حاکی از آن است که در فعالیت‌های تولید مواد شیمیایی اساسی، تولید صنایع کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن، تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه و تولید الیاف مصنوعی کشش قیمتی خودی گاز طبیعی بیش از سایر انواع انرژی است. این در حالی است که در فعالیت‌های تولید سایر فرآورده‌های شیمیایی طبقه‌بندی‌نشده، تولید صابون، شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی و تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی کشش قیمتی خودی برق بیش‌تر از سایر نهاده‌هاست. همچنین، فعالیت‌های منتخب در این پژوهش دارای بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس هستند که واحدهای بزرگ‌تر آن‌ها بر واحدهای کوچک‌تر ارجح است.

یکی از سیاست‌های دولت‌ها برای مدیریت مصرف انرژی و جبران کسری بودجه، افزایش قیمت انرژی است. از طرفی، تغییرات قیمت انرژی به عنوان نهاده‌ای مهم در هزینه و عملکرد بسیاری از صنایع و نیز اثرگذارترین نهاده در فعالیت‌های تولید صنایع کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن (۲۰۱۲)، تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی (۲۰۱۳)، تولید الیاف مصنوعی (۲۰۳۰)، و تولید سایر فرآورده‌های شیمیایی طبقه‌بندی‌نشده (۲۰۲۹) است. بنابراین، تغییر قیمت انرژی بیش‌تر از تغییر قیمت سایر نهاده‌ها موجب افزایش هزینه‌های تولید این صنایع می‌شود. در نتیجه، در سیاست‌های تغییر قیمت انرژی لازم است این ملاحظات و برایند سیاست مذکور و تبعات آن بر تولید این صنایع لحاظ شود، سپس تصمیم نهایی اتخاذ گردد.

با توجه به این‌که در فعالیت‌های تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه (۲۰۲۲) و تولید صابون، شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی (۲۰۲۳)، قیمت نهاده سرمایه موثرترین نهاده در هزینه است و دیگر آن‌که نهاده‌های این فعالیت‌ها دوبه‌دو جانشین یکدیگر هستند، در صورت تغییر قیمت یکی از نهاده‌ها برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌توان نهاده دیگر را جایگزین نمود.

تصمیم‌گیران تولید مواد شیمیایی اساسی (۲۰۱۱)، باید مطلع باشند که اشتغال، اثرگذارترین نهاده در هزینه این فعالیت است، پس در سیاست‌های مرتبط با تعیین دستمزد یا تعدیل نیروی کار، برآورد هزینه‌های تحمیلی بر تولید این فعالیت دارای اهمیت است. در فعالیت‌های تولید صنایع کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن (۲۰۱۲) و تولید صابون، شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی (۲۰۲۳)، رابطه معکوس بین قیمت و مقدار تقاضای موجودی سرمایه وجود ندارد، پس سیاست تغییر قیمت نهاده سرمایه در این فعالیت‌ها تاثیری بر میزان تقاضای سرمایه ندارد.

طبق بررسی کشش جانشینی جزئی خودی و متقاطع آلن در تخمین تابع هزینه نهاده‌ها و با وجود جانشین بودن نهاده‌های کار و انرژی در فعالیت‌های تولید مواد شیمیایی اساسی (۲۰۱۱)، تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی در شکل اولیه (۲۰۱۳)، تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه (۲۰۲۲)، و تولید صابون و شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی (۲۰۲۳)، اما درجه جانشینی این دو نهاده در این فعالیت‌ها ضعیف است. برای کسب اطلاعات دقیق‌تر از درجه جانشینی این دو نهاده در این فعالیت‌ها از کشش موریشیما استفاده شده که بیانگر وجود جانشینی قوی بین دو نهاده کار و انرژی در همه فعالیت‌های مذکور، به‌استثنای فعالیت تولید مواد شیمیایی اساسی (۲۰۱۱) (درجه جانشینی ضعیف) بوده است. بر اساس این، می‌توان به منظور صرفه‌جویی در هزینه‌ها با تغییر قیمت یکی از این نهاده‌ها، مقدار تقاضای نهاده دیگر را تغییر داد. برای مثال، به منظور افزایش اشتغال‌زایی می‌توان قیمت نهاده انرژی را افزایش داد، که به تبع آن افزایش اشتغال حاصل می‌شود. همچنین، لحاظ کردن این نکته نیز ضروری است که اعمال این سیاست برای فعالیت تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی در شکل اولیه (۲۰۱۳) و با توجه به حساسیت بالای هزینه‌های تولید این فعالیت به تغییر قیمت انرژی نسبت به سایر نهاده‌ها لازم است برایند سیاست مذکور و تبعات آن بر تولید این صنایع لحاظ شود، سپس تصمیم نهایی اتخاذ گردد.

در کشش جانشینی متقاطع آلن نهاده‌های کار و سرمایه در فعالیت‌های تولید کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن (۲۰۱۲)، تولید سایر فرآورده‌های شیمیایی طبقه‌بندی‌نشده در جای دیگر (۲۰۲۹)

و تولید الیاف مصنوعی (۲۰۳۰) جانشین هستند، اما در بررسی کشش موریشیما به‌استثنای فعالیت تولید کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن (۲۰۱۲) این دو نهاده مکمل هستند. همچنین، بین دو نهاده کار و سرمایه در فعالیت‌های تولید مواد شیمیایی اساسی (۲۰۱۱)، تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی در شکل اولیه (۲۰۱۳)، تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه (۲۰۲۲)، و تولید صابون و شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی (۲۰۲۳)، جانشینی قوی و در فعالیت تولید کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن (۲۰۱۲)، جانشینی ضعیف وجود دارد. بنابراین، به منظور اشتغال‌زایی می‌توان قیمت سرمایه را افزایش داد تا از طریق آن بتوان افزایش اشتغال را به‌دست آورد. اما در این‌جا قید این نکته نیز ضروری است که قوی و ضعیف بودن درجه جانشینی نیز باید مد نظر قرار گیرد و با توجه به قوی بودن درجه جانشینی این دو نهاده در فعالیت‌های مذکور، می‌توان نتایج خوبی را از این سیاست به‌دست آورد. به عنوان ملاحظه باید در نظر داشت که اعمال این سیاست، موجب عقب‌افتادگی فعالیت‌های مذکور در استفاده از فناوری‌های به‌روز نشود.

همچنین، مطابق بررسی کشش قیمتی خودی و متقاطع تقاضای نهاده‌ها در فعالیت‌های صنایع شیمیایی و با توجه به این‌که بیش‌تر مقادیر کشش‌های جانشینی متقاطع تقاضا کوچک هستند، سیاست‌های تغییر قیمت در این نهاده‌ها تغییر چندانی در ترکیب هزینه‌ای فعالیت‌های مذکور نخواهد داشت. همچنین، تغییر قیمت یکی از نهاده‌ها تاثیر زیادی بر تقاضای نهاده دیگر ندارد. با وجود این‌که کشش قیمتی خودی گاز طبیعی در فعالیت‌های تولید مواد شیمیایی اساسی (۲۰۱۱)، تولید کود شیمیایی و ترکیبات نیتروژن (۲۰۱۲)، تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه (۲۰۲۲)، و تولید صابون و شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی (۲۰۲۳) در مقایسه با سایر انرژی‌ها بیش‌تر است، اما به‌طور کلی بی‌کشش است و سیاست قیمتی گاز طبیعی اثر کم‌تری بر میزان تقاضای گاز طبیعی دارد. همچنین، سیاست افزایش قیمت به منظور صرفه‌جویی در میزان مصرف گاز طبیعی نیز نتایج قابل‌قبولی ارائه نخواهد داد.

کشش قیمتی خودی برق در فعالیت‌های تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی در شکل اولیه (۲۰۱۳)، تولید صابون و شوینده‌ها، ترکیبات تمیزکننده و براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی (۲۰۲۳)، و تولید سایر فرآورده‌های شیمیایی طبقه‌بندی‌نشده در جای دیگر (۲۰۲۹) در مقایسه با سایر انرژی‌ها بیش‌تر است، اما به‌طور کلی بی‌کشش است و سیاست قیمتی برق اثر کم‌تری بر میزان تقاضای برق خواهد داشت. همچنین، سیاست افزایش قیمت به منظور صرفه‌جویی در میزان مصرف برق نیز نتایج قابل‌قبولی ارائه نخواهد داد.

در تمامی کدهای مورد بررسی، تقاضای هر دو انرژی بنزین و گازوییل نسبت به تغییر قیمت آن‌ها بی‌کشش است و افزایش قیمت تاثیری بر میزان تقاضای این انرژی‌ها در فعالیت‌های صنایع شیمیایی و صرفه‌جویی در هزینه‌ها نخواهد داشت.

در خصوص سهم پژوهش حاضر می‌توان ادعا نمود این پژوهش در مواردی چون دورهٔ زمانی، استفاده از کدهای چهار رقمی (ISIC) دارای ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر، دسته‌بندی فعالیت‌های صنعتی شبیه به هم در یک گروه، استفاده از متغیر انرژی مصرفی در بخش صنعت به عنوان یکی از عوامل تولید، و استفاده از داده‌های فصلی بخش صنعت دارای تفاوت است که می‌توان گفت در موارد ذکرشده نسبت به مطالعات گذشته در ایران سهمی متفاوت در ادبیات تجربی دارد.

در خصوص پیشنهادهای آتی به پژوهشگران توصیه می‌گردد مطالعه برای تمام زیرگروه‌های بخش صنعت صورت پذیرد و نتایج زیربخش‌های مختلف با یکدیگر مقایسه گردد. عمده‌ترین محدودیت این پژوهش به‌روز نبودن آمار و اطلاعات اقتصادی کشور ایران، به‌ویژه بخش صنعت است که این موضوع سبب می‌شود، نتایج از ویژگی به‌روز نبودن رنج ببرند.

اظهاریه

با توجه به آن‌که پژوهش حاضر برگرفته از طرح پژوهشی است که در موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی انجام شده است، نویسندگان از مساعدت موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی و همکاران طرح «طراحی الگوی کلان‌سنجی بخش‌های صنعت، معدن و تجارت ایران»، داوران، و ویراستار محترم نشریه علمی «برنامه‌ریزی و بودجه» (مازیار چابک) تشکر و قدردانی می‌کنند.

منابع

الف) انگلیسی

Alvarez, M. A., & Lawrence, N. D. (2008). *Sparse Convolved Gaussian Processes for Multi-Output Regression.* Paper Presented at the NIPS.

Asadi Mehmandosti, E., Bazzazan, F., & Mousavi, M. H. (2018). Calculating Total Factor Productivity and Substitution Elasticities in the Manufacturing Sector in Iran. *Iranian Journal of Economic Research, 23*(74), 1-32. https://dx.doi.org/10.22054/ijer.2018.8824

Asgari, M. (2019). Technical Efficiency in Iran's Industry Sector: A Stochastic Frontier

Analysis (SFA) Approach. *The Journal of Planning and Budgeting, 24*(3), 61-85. http://jpbud.ir/article-1-1876-fa.html

Berndt, E. R., & Christensen, L. R. (1973). The Translog Function and the Substitution of Equipment, Structures, and Labor in US Manufacturing 1929-1968. *Journal of Econometrics, 1*(1), 81-113. https://doi.org/10.1016/0304-4076(73)90007-9

Bölük, G., & Koç, A. A. (2010). Electricity Demand of Manufacturing Sector in Turkey: A Translog Cost Approach. *Energy Economics, 32*(3), 609-615. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.01.007

Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and Its Applications to Model Specification in Econometrics. *The Review of Economic Studies, 47*(1), 239-253. https://doi.org/10.2307/2297111

Christensen, L. R., Jorgenson, D. W., & Lau, L. J. (1973). Transcendental Logarithmic Production Frontiers. *The Review of Economics and Statistics, 55*(1), 28-45. https://doi.org/10.2307/1927992

Deininger, S. M., Mohler, L., & Mueller, D. (2018). Factor Substitution in Swiss Manufacturing: Empirical Evidence Using Micro Panel Data. *Swiss Journal of Economics and Statistics, 154*(1), 1-15. https://doi.org/10.1186/s41937-017-0016-5

Diewert, W. E. (1971). An Application of the Shephard Duality Theorem: A Generalized Leontief Production Function. *Journal of Political Economy, 79*(3), 481-507. https://doi.org/10.1086/259764

Feng, G., & Serletis, A. (2008). Productivity Trends in US Manufacturing: Evidence from the NQ and AIM Cost Functions. *Journal of Econometrics, 142*(1), 281-311. https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.06.002

Gallant, A. R. (1981). On the Bias in Flexible Functional Forms and an Essentially Unbiased Form: The Fourier Flexible Form. *Journal of Econometrics, 15*(2), 211-245. https://doi.org/10.1016/0304-4076(81)90115-9

Gervais, J.-P., Bonroy, O., & Couture, S. (2006). Economies of Scale in the Canadian Food Processing Industry. *Munich Personal RePEc Archive (MPRA) Paper,* No. 64.

Guilkey, D. K., & Lovell, C. K. (1980). On the Flexibility of the Translog Approximation. *International Economic Review, 21*(1), 137-147. https://doi.org/10.2307/2526244

Huang, B. (2001). Fertilizer Usage in Mainland China. Agricultural Policy and Agriculture.

Kaghazian, S., Naghdi, Y., & Sepehri, Y. (2016). Surveying the Influence of Inputs on the Cost Function of Refah Bank and the Possibility of Inputs Substitution. *Iranian Journal of Trade Studies, 20*(79), 155-176. http://pajooheshnameh.itsr.ir/article_22209.html

Kuroda, Y. (1987). The Production Structure and Demand for Labor in Postwar Japanese Agriculture, 1952–1982. *American Journal of Agricultural Economics, 69*(2), 328-337. https://doi.org/10.2307/1242283

Lin, B., & Tian, P. (2017). Energy Conservation in China's Light Industry Sector: Evidence from Inter-Factor and Inter-Fuel Substitution. *Journal of Cleaner Production, 152*(1), 125-133. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.099

Lopez, R. E. (1980). The Structure of Production and the Derived Demand for Inputs in Canadian Agriculture. *American Journal of Agricultural Economics, 62*(1), 38-45. https://doi.org/10.2307/1239470

Lotfalipour, M. R., Falahi, M. A., & Zohoorian, E. (2018). The Review of Substitution between

Energy and Labor in Industry Sector of Iran (With Emphasis on Environmental Policy). *Quarterly Energy Economics Review, 13*(55), 39-68. http://iiesj.ir/article-1-839-fa.html
Morishima, M. (1967). A Few Suggestions on the Theory of Elasticity. *Keizai Hyoron (Economic Review)*, 16(1), 144-150.
Moss, C. B., Erickson, K. W., Ball, V. E., & Mishra, A. K. (2003). *A Translog Cost Function Analysis of US Agriculture: A Dynamic Specification.* Paper Prepared for Presentation at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Montreal, Canada.
Ray, S. C. (1982). A Translog Cost Function Analysis of US Agriculture, 1939–1977. *American Journal of Agricultural Economics, 64*(3), 490-498. https://doi.org/10.2307/1240641
Shahbazi, M., & Fadaee, M. (2017). The Relationship between Production Inputs and Energy Carriers in Iran's Manufacturing Sector. *The Journal of Planning and Budgeting, 21*(4), 134-171. http://jpbud.ir/article-1-1501-en.html
Stern, D. I. (1994). Accuracy of the Translog Function. *Applied Economics Letters, 1*(10), 172-174. https://doi.org/10.1080/135048594357943
Varian, H. (1992). *Microeconomic Analysis:* WW Norton and Company.
Wales, T. J. (1977). On the Flexibility of Flexible Functional Forms: An Empirical Approach. *Journal of Econometrics, 5*(2), 183-193. https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90023-9
White, H. (1980). Using Least Squares to Approximate Unknown Regression Functions. *International Economic Review, 21*(1), 149-170. https://doi.org/10.2307/2526245

ب) فارسی

سامتی، مرتضی؛ همایونی‌راد، سعید، و کریم‌زاده، فاطمه (۱۳۸۶). بررسی سهم عامل نیروی کار در تابع هزینه صنایع. *نشریه بررسی‌های اقتصادی*، ۴(۲)، ۲۴-۵.

عسگری، منصور؛ ولی‌بیگی، حسن؛ رهنمون‌پیروج، طیبه؛ هوشمندگهر، سعیده، و وجدانی، هدیه (۱۳۹۹). *طراحی الگوی کلان‌سنجی بخش‌های صنعت، معدن و تجارت ایران*. طرح پژوهشی موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

گجراتی، دامودار (۱۳۸۵). *مبانی اقتصادسنجی* (جلد ۱). ترجمهٔ حمید ابریشمی، انتشارات دانشگاه تهران.