توابع تولید نئوکلاسیک

Neoclassical Production Functions

تابع تولید یک ابزار تحلیلی بسیار مهم در نظریه نئوکلاسیک است. طبق تعریف متعارف، تابع تولید حداکثر محصول از یک سطح معین نهاده را نشان می‌دهد (شفارد، ۱۹۷۰). اولین بار اقتصاددانانی به نام فیلیپ ویکستد (۱۸۹۴) رابطه جبری میان نهاده و ستانده را مطرح نمود. یوهان فون تونن برای نخستین بار تابع تولید نمایی را برای تولید کشاورزی مطرح نمود. همچنین وی نخستین اقتصاددانی است که از حساب دیفرانسیل در نظریه تولید و مسائل بهینه‌یابی اقتصادی استفاده نمود. وی مشتقات جزئی تابع تولید را به‌عنوان بهره‌وری نهایی تفسیر نمود (Blaug, 1985). برخی اقتصاددانان مارژینالیست ازقبیل جونز، منگر و والراس نیز تابع تولیدی را طرح نمودند که همانند تابع تولید لئونتیف (Leontief) بود. والراس در الگوی تعادل عمومی خویش نسبت‌های ثابتی میان ستانده و نهاده درنظر گرفت که جانشینی میان نهاده‌ها امکان‌پذیر نیست.

نوت ویکسل در ابتدای قرن بیست تابعی مشابه با تابع تولید کاب- داگلاس طراحی نمود. متعاقباً در سال ۱۹۲۸ نیز پل داگلاس اقتصاددان با کمک یک استاد ریاضی به نام چارلز کاب با تکیه بر سری‌های زمانی تولید صنعتی، نهاده کار و نهاده سرمایه بازه زمانی ۱۸۸۹ تا ۱۹۲۲ در آمریکا یک تابع تولید به فرم $P = AK^{\alpha}L^{\beta}$ ارائه نمودند. دو تعمیم اصلی از این تابع ارائه شد: تابع تولید ترانسندنتال که توسط هالتر و همکاران (Halter et al., 1957) مطرح شد و دارای فرم $P = Ae^{aK+bL}K^{\alpha}L^{\beta}$ است. نکته‌ای که در مورد توابع تولید ترانسندنتال وجود دارد این است که این توابع نمی‌توانند فرم خطی را به‌عنوان یک فرم خاص خود دربرگیرند. در الگو ضرایب ثابت هارود- دومار از یک اقتصاد روبه‌رشد، تابع تولید خطی واجد اهمیت ویژه‌ای است. ازاین‌رو هر تابع تولید نئوکلاسیکی بایستی فرم خطی $P = aK + bL$ را نیز شامل شود تا با این الگو سازگار باشد (Revankar, 1971).

تعمیم دوم از تابع تولید کاب- داگلاس توسط ارو و همکاران (Arrow et. al, 1961) ارائه شد. این تابع که به تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) معروف شد تمامی فرم‌های کاب- داگلاس، لئونتیف، و خطی را به‌عنوان حالت‌های خاصی از خود شامل می‌شد. اما این توابع نیز بلافاصله با مشکلاتی روبه‌رو شدند. مشکل اول ناظر به ثبات کشش جانشینی میان عوامل بر روی یک منحنی هم‌مقداری و بین منحنی‌های هم‌مقداری بود. مشکل دوم ناشی از تعریف کشش جانشینی به هنگامی بود که با بیش از دو عامل تولید مواجه باشیم (Mishra, 2007). اوزاوا (Uzawa, 1962) و مک‌فادن (McFadden, 1963) اثبات کردند که هنگامی‌که بیش از دو عامل تولید داشته باشیم دستیابی به یک فرم تابعی تولید که مجموعه‌ای از کشش‌های جانشینی ثابتی داشته باشد ناممکن است که به «قضیه امکان‌ناپذیری اوزاوا و مک‌فادن» معروف شد. در راستای حل این دو مشکل اساسیِ توابع با کشش جانشینی ثابت (CES)، طیف جدیدی از توابع تولید معرفی شدند. دسته اول این توابع به دنبال تعمیم‌هایی از این توابع بودند که در آنها کشش جانشینی امکان تغییر داشته باشد. اما دسته دوم به دنبال تعمیم تابع تولید CES به حالت‌های بیش از دو عامل تولید بودند (اوزاوا (۱۹۶۲) و کازو ساتو (Sato, 1967) دستاوردهای مهمی در این زمینه داشتند).

طیف دیگری از اقتصاددانان توابع تولید ترانسلوگ را مطرح نمودند که این امکان را فراهم می‌نمود که کشش‌های جانشینی متغیر برای دو یا تعداد بیشتر از دو عامل تولید وجود داشته باشد (Griliches and Ringstad, 1971; Berndt and Christensen, 1973). همچنین این توابع انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به تابع کاب‌داگلاس داشتند و شواهد تجربی هم پشتیبانی بیشتری از آن داشت. برای حالتی که n عامل تولید وجود داشته باشد تابع تولید ترانسلوگ به صورت زیر تصریح می‌شود:

$$\ln(P) = a_0 + \sum_{i=1}^{n} a_i \ln(x_i) + 0.5\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} b_{ij} \ln(x_i)\ln(x_j); b_{ij} = b_{ji}$$

انتقاد وارده به این دسته از توابع این بود که نسبت به واحد اندازه‌گیری نهاده‌ها و ستاده‌ها ثبات نداشتند. همچنین تخمین پارامترهای این توابع معمولاً دچار مشکل هم‌خطی جمعی می‌شدند (به‌دلیل وجود همزمان $\ln(x_i)$ و $\ln(x_j)$).

تا اواسط دهه هفتاد میلادی، تعمیم توابع کاب- داگلاس و CES تکمیل شد. این توابع فرض می‌کردند که نرخ نهایی جانشینی میان عوامل تولید صرفاً به قیمت نسبی عوامل تولید بستگی دارد و از پیشرفت فنی یا سطح محصول تولیدشده مستقل است و به‌عبارت‌دیگر پیشرفت تکنولوژیک، «خنثای

Encyclopedia of Economics
enceco.ihcs.ac.ir

هیکسی» است. هنگامی پیشرفت تکنولوژیک خنثای هیکسی است که نسبت تولید نهایی سرمایه به تولید نهایی کار در یک نسبت معین سرمایه- کار ثابت باقی بماند (Hicks, 1932). جرجسکو روجن (Georgescu-Roegen, 1971) بر اهمیت انرژی به‌عنوان یک نهاده تولید در سیستم اقتصادی تأکید نمود. اما شاید بتوان گفت که هولیس چنری (Chenery, 1950) اولین اقتصاددانی بود که نشان داد اطلاعات مهندسی می‌تواند برای بهبود مطالعات تجربی تولید و پر کردن شکاف میان تحلیل‌های نظری و تجربی تولید مورد استفاده قرار گیرد.

توابع تولید تجمیعی

یکی از دشوارترین حوزه‌های تحقیقاتی در اقتصاد تولید، مبحث توابع تولید تجمیعی است. ازآنجاکه تابع تولید ماهیتاً یک مبحث اقتصاد خردی است که رابطه عوامل تولید و میزان محصول تولید شده توسط یک بنگاه خاص را نشان می‌دهد، تعمیم آن به کل اقتصاد و یا حتی یک صنعت یا یک بخش دارای ماهیت متفاوتی است. در تابع تولید تجمیعی در اقتصادی که بنگاه‌ها از نهاده‌های متفاوت، هزینه‌های مختلف و مقیاس و بازار متنوعی برخوردارند چه معنایی دارد. پس از بحران بزرگ ۱۹۲۹ تا پایان جنگ جهانی دوم این مسئله اساسی برای اقتصاددانان مطرح شد که چگونه می‌توان به یک رشد باثبات و بدون نوسان دست یافت. این تحقیقات متوجه شدند که تابع تولید تجمیعی حائز اهمیتی اساسی است. در این دوره تابع تولید کاب- داگلاس به‌عنوان تابعی که کاملاً می‌تواند تغییرات تکنولوژیکی در طول زمان را وارد سیستم تولید نموده شناخته شد (بدون اینکه سهم عوامل را تغییر چندانی دهد). مدل رشد فون‌نویمن (Von Neumann, 1937) گرچه از تابع تولید کاب- داگلاس استفاده نکرد ولی همچنان به تجمیع تولید در سطح کلان وفادار ماند.

با توسعه برنامه‌ریزی خطی به‌عنوان یک روش بهینه سازی، این حوزه پژوهشی سرعتی مضاعف یافت. تابع تولید کل مورد انتقاداتی نیز واقع شد. جون رابینسون (Robinson, 1953) معتقد بود: «تابع تولید یک ابزار قوی برای بدآموزی است. دانشجویان اقتصاد یاد گرفته‌اند که بنویسند $Q=f(L,K)$ که K مقدار سرمایه است و L مقدار کار و Q مقدار تولید است. ایشان یاد گرفته‌اند که تمامی کارگران مشابه هم هستند و L تعداد ساعات نیروی کار است. چیزهایی در مورد مشکل عدد شاخص نیز می‌آموزند که به هنگام تعیین یک واحد تولید با آن مواجه می شویم. اما راجع به اینکه K چگونه سنجیده می شود چیزی نمی‌آموزند. قبل از آنکه هرگز این سؤالات را از خود بپرسد به مقام استادی می‌رسد. و بدین‌ترتیب این عادات فکری از نسلی به نسل بعدی منتقل می شود». براین‌اساس بود که از سال ۱۹۵۳ میلادی مناقشه دامنه‌داری شروع شد و تا اواسط دهه هفتاد میلادی ادامه یافت که میان دو کمبریج یعنی کمبریج انگلیس به رهبری پیرو سرافا، جون رابینسون، لویجی پاسینتی، پیرآنجلو گارگنانی و کمبریج ماساچوست آمریکا به رهبری پل ساموئلسن، رابرت سولو و فرانک هان که قائل به استفاده از تابع تولید کل بودند درگرفت و به «مناقشه کمبریج» معروف شد. هارکورت (Harcourt, 1969) که از حامیان مکتب کمبریج انگلیس بود تبیین دقیقی از این مناقشه انجام داده است. تبیین جامع‌تری از این مناقشه را کوهن و هارکورت (Cohen and Harcourt, 2003) ارائه نموده‌اند. این مناقشه نشان داد که تمامی توابع تولید ازجمله تابع تولید کاب- داگلاس اغلب استخراجاتی جبری بیش نیستند و منطق اقتصادی چندانی در پس آن وجود ندارد. مقالات انور شیخ (Shaikh, 1974) با عنوان «فریبکاری تابع تولید» می‌بایست تابع تولید کاب- داگلاس را برای همیشه از تحلیل‌های اقتصادی به بیرون می‌راند. اما فلیپ و فیشر و همکارانش (Felipe and Fisher, 2003) با انتشار مقالاتی مجدداً اعتباری به تابع تولید کل به ارمغان آوردند.

نظریه‌پردازان کمبریج انگلستان اعتقاد داشتند که تصور یک مقدار سرمایه انتزاعی (K در تابع تولید کل) مستقل از نرخ‌های بهره و دستمزد ناممکن است. حال آنکه چنین استقلالی، پیش‌شرط هر نوع ساخت تابع تولید کل و منحنی‌های هم‌مقداری تولید است. تابع تولید بدون اطلاع از قیمت‌ها قابل تصریح نیست. شیب منحنی هم‌مقداری تولید تنها زمانی قابل استخراج است که چنین قیمت‌هایی معین باشند حال آنکه طرفداران تابع تولید از شیب منحنی هم‌مقداری برای تعیین قیمت‌های نسبی عوامل استفاده می‌کنند. ساموئلسن (Samuelson, 1966) در اظهارنظر معروفی گفته است: «تا

Encyclopedia of Economics
enceco.ihcs.ac.ir

هنگامی‌که قوانین ترمودینامیک نقض شـوند، من به ارتباط میان تولید و عوامل تولید ادامه خواهم داد- یعنی همچنان اعتقاد به وجود تابع تولید خواهم داشـــت. مگر آنکه عوامل تولید از دریافت عواید خویش که ازطریق مزایده در بازارهای شبه‌رقابتی تعیین می‌شـــود ســـرباز زنند، والا من همچنان به تقریب‌های تعمیم‌یافته نئوکلاســـیکی برای تبیین پاداش بازاری آنها وفادار خواهم ماند». ســـولو (۱۹۵۷) یک مطالعه تجربی مهم انجام داد که نشـــان می‌داد تابع تولید کل برازش خوبی از داده‌های تولید در آمریکا از سال ۱۹۰۹ تا ۱۹۴۹ انجام می‌داد و تغییرات خنثای تکنولوژ یک را همچون انتقالاتی در تابع تولید به نمایش می‌گذاشت. این مطالعه نشان می‌داد که تابع تولید کل می‌تواند ابزار تحلیلی قوی در این حوزه باشد. ساموئلسن (۱۹۶۲) یک تابع تولید بدیل طراحی کرد که مقدار تولید ســـرانه را به مقدار سرمایه سرانه مرتبط می ساخت و می‌توانست برای پیش‌بینی تمامی رفتارهای نرخ‌های دســـتمزد و ســـود در تعادل‌های بلندمدت کاربرد داشـــته باشـــد. چنانکه هریس (Harris, 1973) متذکر شده است این تابع تولید بدیل از چنان فروض شدیداً محدودکننده‌ای اســـتفاده کرده بود که عملاً آن را بســـیار آسیب‌پذیر و شـــکننده برای کاربردپذیری در واقعیت می‌نمود. یکی از قضایای زیربنایی برای اثبات محاسبه‌پذیری سرمایه و امکان‌پذیری تجمیع آن، «قضـــیه عدم وجود بازگزینی» بود. لوهاری و ســـاموئلســـن (Levhari and Samuelson, 1966) با انتشار مقاله‌ای اعتراف کردند که «مایلیم تصریح کنیم که قضیه عدم بازگزینی منســـوب به ما قطعاً اشـــتباه اســـت. در این زمینه مدیون دکتر پاســـینتی هســـتیم». نتیجه نهایی مناقشـــه کمبریج را می‌توان از زبان بورمیستر (Burmeister, 2000) شنید: «کمبریج انگلســـتان پیروز اعلام می‌شـــود: لوهاری اشـــتباه کرده بود، ساموئلسن اشتباه کرده بود، سولو اشتباه کرده بود، MIT اشتباه کرده بود، و بنابراین اقتصـــاد نئوکلاســـیکی اشـــتباه کرده بود. درنتیجه گروهی از اقتصاددانان اقتصاد نئوکلاسیکی را وانهادند تا اقتصـــاد کلاســـیکی را از این اشـــتباهات پالایش نمایند. اما در آمریکا اقتصاد جریان متعارف به راه خود ادامه داد انگار نه انگار که اصلاً مناقشه‌ای درگرفته است. کتب اقتصاد کلان از «سرمایه» جوری صحبت می‌کردند که گویی یک مفهوم کاملاً تعریف‌شده و مشـــخص اســـت، درحالی‌که چنین نبود. مســـئله کالاهای ســـرمایه‌ای ناهمگن در انقلاب انتظارات عقلایی و در واقع کل کارهای اقتصادسنجی مورد غفلت قرار گرفت».

«مناقشه سرمایه» با نقد بنیان‌برافکن خویش در مورد استفاده از تابع تولید کل برای توضیح و توجیه سهم نسبی عوامل اثرات بســـیار ســـهمگین و مهیبی برای اقتصـــاد نئوکلاســـیکی به دنبال داشت. به بیان لاوویه (Lavoie, 2001): «مناقشه سرمایه مفاهیم جانشـــینی عوامل یا کمیابی ســـرمایه یا نیروی کار را که مورد حمایت اقتصـــاد نئوکلاســـیکی اســـت بی‌معنا و مهمل می‌ســـازد. ازاین‌رو این مناقشـــه، نظریه نئوکلاســـیکی ســـرمایه و منحنی تقاضای عوامل تولید را به خطر می‌اندازد. این مناقشه همچنین نظریات نئوکلاســـیکی تعیین ســـطح تولید و اشـــتغال و همچنین نظریات پولی ویکســـلی را به مخاطره می‌افکند. ازاین‌رو نتایج این مناقشـــه برای اقتصـــاد نئوکلاســـیکی ویرانگر بود». دامنه تأثیرات مخرب این مناقشـــه بســـیار وســـیع بوده و بســـیاری از حوزه‌های اقتصـــاد نئوکلاســـیکی ازقبیل نظریه تجارت بین‌الملل هکشر- اوهلین- ساموئلسن، مفهوم خنثایی هیکسی پیشرفت تکنولوژیک، نظریه اصـــابت مالیاتی نئوکلاســـیکی، نظریه مالیات‌ســـتانی پیگویی و... را دچار مشـــکل می‌نماید (Gehrke and Lager, 2001). تنها دفاعیه‌ای که برای حامیان کنونی اقتصاد نئوکلاسیکی باقی مانده است این است که منتقدان نظریه تابع تولید کل هیچ ابزار نظری و توصـــیفی جایگزینی برای تحلیل‌های تعادلی ارائه نکرده‌اند (نفری، ۱۳۷۷).

کتاب‌شناسی

نفری، ا. (۱۳۷۷). مختصری پیرامون تابع تولید نئوکلاسیک. *آینده پژوهی مدیریت*، ۱۰(۲)، ۴۷-۳۳.

Arrow, K., Chenery, H., Minhas, B., and Solow, R. (1961). Capital Labour Substitution and Economic Efficiency. *Review of Economics and Statistics*, *43*(3), 225-50.

Berndt, E. R., and Christensen, L. R. (1973). The Translog Function and the Substitution of Equipment, Structures, and Labor in U.S. Manufacturing 1929-68. *Journal of Econometrics*, *1*(1), 81 - 113. https://doi.org/10.1016/0304-4076(73)90007-9

Blaug, M. (1985). *Economic Theory in Retrospect* (4rd ed.). Cambridge University Press.

Burmeister, E. (2000). The Capital Theory Controversy. In H. D. Kurz (Ed.), *Critical Essays on Piero Sraffa's Legacy in Economics* (pp. 305-314). Cambridge University Press.

Chenery, H. B. (1950) *Engineering Bases of Economic Analysis* [Unpublished doctoral dissertation]. Harvard University.

Cohen, A. J., and Harcourt, G. C. (2003). Retrospectives Whatever Happened to the Cambridge Capital Theory Controversies? *Journal of Economic Perspectives*, *17*(1), 199 - 214. https://doi.org/10.1257/089533003321165010

Felipe, J., and Fisher, F. M. (2003). Aggregation in Production

Encyclopedia of Economics

enceco.ihcs.ac.ir

106. https://doi.org/10.2307/2296002

Samuelson, P. A. (1962). Parable and Realism in Capital Theory: The Surrogate Production Function. *The Review of Economic Studies*, *29*(3), 193 – 206. https://doi.org/10.2307/2295954

Samuelson, P. A. (1966). Samuelson on Induced Innovation: Rejoinder: Agreements, Disagreements, Doubts, and the Case of Induced Harrod-Neutral Technical Change. *The Review of Economics and Statistics*, *48*(4), 444 – 448. https://doi.org/10.2307/1924624

Sato, K. (1967). A Two-Level Constant-Elasticity-of-Substitution Production *Function*. *The Review of Economic Studies*, *34*(2), 201 – 218. https://doi.org/10.2307/2296809

Shaikh, A. (1974). Laws of Production and Laws of Algebra: The Humbug Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, *56*(1), 115 – 120. https://doi.org/10.2307/1927538

Shephard, R. W. (1970) *Theory of Cost and Production Functions*. Princeton University Press.

Smith, A. (1776), *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. Methuen.

Solow, R. M. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, *39*(3), 312 – 320. https://doi.org/10.2307/1926047

Uzawa, H. (1962). Production Functions with Constant Elasticities of Substitution. *The Review of Economic Studies*, *29*(4), 291 – 299. https://doi.org/10.2307/2296305

Von Neumann, J. (1937). Uber Ein Okonomisches Gleichungssystem Und Eine Verallgemeinerung des Brouwerschen Fixpunktsatzes, Ergebnisse Eines Math. *Kolloquiums*, *8*, 73-83.

Wicksteed, P. H. (1894), *An Essay on the Co-ordination of the Laws of Distribution*. Macmillan.

سید عقیل حسینی

استادیار گروه اقتصاد دانشکده علوم انسانی دانشگاه یاسوج

علیرضا رعنائی

دانشگاه شیراز

Functions: What Applied Economists Should Know. *Metroeconomica*, *54*(2-3), 208 – 262. https://doi.org/1010.1111/1467-999x.00166

Gehrke, C., and Lager, C. (2001) Sraffian Political Economy. In P. A. O'Hara (Ed.), *Encyclopedia of Political Economy* (Vol. 2). Routledge.

Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press.

Griliches, Z., and Ringstad, V. (1971). *Economies of Scale and the Form of the Production Function: An Econometric Study of Norwegian Manufacturing Establishment Data*. North-Holland.

Halter, A. N., Carter, H. O., and Hocking, J. G. (1957). A Note on the Transcendental Production Function. *Journal of Farm Economics*, *39*(4), 966-974. https://doi.org/10.2307/1234207

Harcourt, G. C. (1969). Some Cambridge Controversies in the Theory of Capital. *Journal of Economic Literature*, *7*(2), 369 – 405.

Harris, D. J. (1973). Capital, Distribution, and the Aggregate Production Function. *The American Economic Review*, *63*(1), 100 – 113.

Hicks, J. R. (1932). *The Theory of Wages* (2rd ed.). Macmillan.

Kurz, H. D., and Salvadori, N. (2003). Fund – Flow Versus Flow – Flow in Production Theory: Reflections on Georgescu-Roegen's Contribution. *Journal of Economic Behavior and Organization*, *51*(4), 487 – 505. https://doi.org/10.1016/s0167-2681(02)00143-9

Lavoie, M. (2001). Capital Reversing. In In P. A. O'Hara (Ed.), *Encyclopedia of Political Economy* (Vol. 1). Routledge.

Levhari, D., and Samuelson, P. A. (1966). The Nonswitching Theorem is False. *The Quarterly Journal of Economics*, *80*(4), 518 – 519. https://doi.org/10.2307/1882912

McFadden, D. (1963). Constant Elasticity of Substitution Production Functions. *The Review of Economic Studies*, *30*(2), 73-83. https://doi.org/10.2307/2295804

Mishra, S.K. (2007) *A Brief History of Production Functions*. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/5254/1/MPRA_paper_5254.pdf

Revankar, N. S. (1971). A Class of Variable Elasticity of Substitution Production Functions. *Econometrica*, *39*(1), 61 – 71. https://doi.org/10.2307/1909140

Robinson, J. (1953). The Production Function and the Theory of Capital. *The Review of Economic Studies*, *21*(2), 81 –

Encyclopedia of Economics

enceco.ihcs.ac.ir