انتشـار تکنولـوژی جدیـد: مطالعه موردی کود شیمیایی و تراکتور در ایران

منصور خلیلی عراقی
استاد دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران
قهرمان عبدلی
استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۲/۱۰
تـاریخ تـاییـد: ۸۶/۰۴/۱۵

چکیده

هرچند اختراع و اکتشاف در مقطعی از زمان رخ می‌دهد ولی انتشار و نفوذ آن در جامعه به صورت تدریجی و آهسته انجام می‌شود و به تبع آن رشد و بهره‌وری اقتصاد نیز به تدریج تحت تأثیر قرار می‌گیـرد. انتـشار و نفـوذ تـدریجی تکنولـوژی جدید در جامعه به فرآیند تحلیل فایده و هزینه پذیرنده‌های بالقوه آن مرتبط است؛ زیرا منافع پذیرش تکنولـوژی جدیـد در آینده رخ می‌دهد و افراد از لحاظ سلیقه، ترجیحات، درجه ریسک پذیری و دسترسی به اطلاعات متفاوت هـستند. بـه تبع آن سرعت نفوذ و انتشار تکنولوژی جدید در جامعه در طی زمان متفاوت خواهد بود. لذا اگر ذخیره پذیرنـده‌هـا را در مقابل زمان رسم کنیم منحنی مربوط معمولاً به صورت S شکل می‌باشد، که عوامل اقتـصادی و غیـر اقتـصادی در سـرعت انتشار تکنولوژی جدید و در نتیجه شکل و موقعیت منحنی نقش دارند. این مقاله به دلایـل اقتـصادی پیـدایش منحنـی S شکل نفوذ کود شیمیایی و تراکتور به عنوان تکنولوژی جدید در میان روستائیان ایران می‌پردازد. نتایج نشان مـی‌دهـد کـه منحنی S شکل تراکتور در ایران شکل گرفته و در طی زمان منتقل می‌شـود و دلیـل انتقـال بکـارگیری مـدل‌هـای جدیـد تراکتور است در حالی که منحنی S شکل کودشیمیایی هنوز شکل کامل خود را بدست نیاورده است و در مرحله صـعودی فزاینده منحنی قرار دارد. برطبق یافته‌های این مقاله درآمد، قیمت تکنولوژی جدید، سودآوری آن و نرخ بهره نقش تعیین کننده در پیدایش منحنی S و نفوذ تکنـولوژی جدید دارند. با توجه به اینکه استفاده از تراکتور فرآیندی فنـی‌تـر از کـود شیمیایی را می‌طلبد، لذا سرعت انتشار آن کندتر بوده است.

واژگان کلیدی: انتشار تکنولوژی جدید، تراکتور، کود شیمیایی، مدل KS، مدل باس و مدل اپیدمی
طبقه‌بندی موضوعی: O33, O38

مقدمه

برخلاف اختراع و اکتشاف تکنولوژی و محصول جدید که در یک زمان رخ مـی‌دهـد، انتـشار آن در جامعه برای استفاده و بهره‌برداری امری پیوسته و نسبتاً آهسته است. آنچـه کـه بهـره‌وری کـل اقتصاد و رشد اقتصادی را متأثر می‌سازد خود اختراع و اکتشاف نیست بلکه استفاده و انتـشار آن در اقتصاد و جامعه است. تا زمانی که افـراد کمتـری از جامعـه اختـراع و اکتـشاف جدیـد را در تولیـد و مصرف بکار می‌گیرند، نباید انتظار آسایش و زندگی بهتـر را بـه دلیـل اختراعـات داشـته باشـیم. لـذا

بررسی کارکرد فرآیند انتشار نقطه اساسی در فهم چگونگی وقوع تغییرات تکنولوژی در طی زمان است. انتشار تکنولوژی جدید حاصل تحلیل هزینه ـ فایده استفاده از آن توسط گروهی از افراد جامعه است که به این نتیجه رسیده‌اند که منافع بکارگیری بیشتر از هزینه‌های آن است. ولی این تحلیل هزینه ـ فایده در یک محیط نامطمئن رخ می‌دهد زیرا وقوع منافع در آینده است که در گذشته تجربه‌ای از آن وجود ندارد، زیرا با توجه به جدید بودن تکنولوژی اطلاعات مربوط به آن بسیار محدود است. رفتار عرضه‌کننده تکنولوژی جدید نیز در این میان نقشی تعیین‌کننده دارد، نتیجه آنکه نرخ انتشار تکنولوژی جدید برآیند تصمیمات تقاضاکنندگان و عرضه‌کنندگان می‌باشد.

گفته شده است که مسئله مهم این نیست که آیا تکنولوژی جدید را باید پذیرفت و یا رد کرد بلکه آن است که آیا تکنولوژی جدید را امروز پذیرفت و یا اینکه آن را به آینده موکول کرد. زیرا منافع پذیرش تکنولوژی جدید به صورت جریان خواهد بود و وقتی که پذیرفته شد در زمان‌های آتی به صورت پیوسته نصیب پذیرنده می‌شود، ولی هزینه‌های آن در زمان آغاز پذیرش رخ می‌دهد و شخص باید آن را متحمل شود و برگشت‌ناپذیر است پس هزینه قطعی ولی منافع نامطمئن می‌باشد.

محققان زیادی اشاره به این دارند که اگر استفاده‌کنندگان از تکنولوژی یا محصول جدید را در مقابل زمان رسم کنیم منحنی S شکل بوجود می‌آید. به عنوان مثال گریلیچز (Griliches, Z, 1957)، در مطالعه خود مربوط به انتشار و بکارگیری بذر ذرت اصلاح شده در میان کشاورزان ایالت‌های مختلف آمریکا از زمان معرفی آن منحنی S شکل را استخراج کرد. همچنین مانسفیلد (Manisfield, E. 1979) نیز فرآیند انتشار تکنولوژی جدید کارخانه‌ای را به صورت منحنی S شکل نشان داد.

دو رویکرد پیشرو و اصلی پیرامون توضیح منحنی S شکل وجود دارد: ۱- ناهمگن بودن پذیرنده‌های تکنولوژی جدید و یا پذیرنده‌های یادگیر؛ ۲- مدل یادگیری یا مدل اپیدمی مدل اول فرض می‌کند که افراد مختلف ارزش‌گذاری متفاوتی به تکنولوژی و محصول جدید دارند در این حالت تحت فروض زیر منحنی S شکل پدیدار می‌شود: اول اینکه توزیع ارزش‌گذاری افراد به تکنولوژی جدید، توزیع نرمال داشته باشد. دوم، هزینه پذیرش در طول زمان ثابت یا نزولی باشد. سوم، افراد موقعی تکنولوژی جدید را می‌پذیرند که ارزش حال منافع بیش از هزینه حال آن باشد. در مدل یادگیری و یا اپیدمی مصرف‌کننده‌ها یا پذیرنده‌های بالقوه دارای ترجیحات و سلیقه یکسان هستند و هزینه پذیرش تکنولوژی جدید ثابت بوده ولی تمام پذیرنده‌های بالقوه در یک زمان در جریان اطلاعات قرار ندارند. در جریان اطلاعات قرار گرفتن تدریجی منجر می‌شود که نرخ انتشار تکنولوژی جدید در هر زمان متفاوت باشد. بکارگیری دو رویکرد فوق با داده‌های ثبت شده به خوبی توانسته است شکل S منحنی انتشار تکنولوژی جدید را توضیح دهد. همچنین زاویه

جدیدی از تحقیقات در این زمینه توسط کارشناس و استون من (۱۹۹۲) و باس (۱۹۶۹) مطرح گردیده است. به اعتقاد استون من (۲۰۰۲) پذیرش تکنولوژی جدید همانند سرمایه‌گذاری در شرایط عدم اطمینان است و لذا روش برخورد با این مسئله همانند رویکرد دیکزیت و پیندایک (۱۹۹۴) می‌باشد. به اعتقاد او تحت شرایط عدم اطمینان پذیرش تکنولوژی یا محصول جدید با مشخصه‌های زیر همراه است: ۱- منافع آن در آینده و در شرایط عدم اطمینان رخ دهد. ۲- هزینه‌های آن آنی و از نوع از دست رفته (Sunk Cost) است. ۳- فرصت برای پذیرش آن در زمان‌های آینده وجود دارد. بر طبق این رویکرد تمایل افراد به ریسک و عدم اطمینان متفاوت است و لذا هر فرد در هر زمان از پذیرش تکنولوژی و محصول جدید منافعی بیشتر از هزینه بدست می‌آورد. این رویکرد توسط آدلا(۱۹۹۸) در مورد تعدادی از تکنولوژی‌های کارخانه‌ای مورد آزمون قرار گرفت و منحنی S شکل استخراج گردید. کاسلی (۲۰۰۱) در یک مطالعه تجربی نشان داد که پذیرش کامپیوتر در میان کشورهای OECD در دوره ۱۹۹۰ـ ۱۹۷۰ تحت تأثیر تمایل کاربران درجه باز بودن اقتصادها و سرمایه‌گذاری در تولید کامپیوتر بوده است. مطالعه کنکل و کواست (۱۹۹۷) نشان داده که در آمریکا، عامل اصلی در پذیرش بانک الکترونیکی، آموزش، مهارت و سرعت یادگیری بوده است. الن و المستد(۲۰۰۰) در یک مطالعه پیرامون چگونگی پذیرش تراکتورهای گازوئیلی در میان کشاورزان آمریکا طی دوره ۱۹۶۰ـ۱۹۱۰، به این نتیجه رسیدند که عامل اصلی شکل‌گیری منحنی S شکل و کندی انتشار، مسائل فنی در میان کشاورزان بوده است. قاسم اوغلی، جانسون و رابینسون (۲۰۰۵) همچنین دیگو و بارت (۲۰۰۶) عامل بهره‌وری تکنولوژی جدید را نیز در انتشار آن مؤثر می‌دانند.

با توجه به پیشینه و سابقهٔ مذکور مطالعه انتشار تکنولوژی‌های جدید در کشورهای در حال توسعه بخصوص ایران نیز می‌تواند در طراحی سیاست‌گزاری‌ها مؤثر واقع شود در این مطالعه هدف بررسی انتشار استفاده تراکتور و کود شیمیایی به‌عنوان تکنولوژی جدید مدنظر است.

استفاده از تراکتور در سال ۱۳۰۸ هـ ش. در ایران آغاز گردید ولی تا سال ۱۳۳۶ عملاً تعداد تراکتورهای اضافه شده قابل توجه نبود. در سال ۱۳۳۶ تعداد تراکتورها فعال در بخش کشاورزی ۷۲۵ عدد بود از این سال ضریب نفوذ استفاده از آن سرعت بیشتری می‌گیرد تا سال ۱۳۶۲ ضریب نفوذ تراکتور در ایران صعودی و فزاینده است ولی از سال ۱۳۶۲ به بعد ضریب نفوذ و بکارگیری آن صعودی و کاهنده است و در سال ۱۳۶۸ به حد اشباع می‌رسد ولی پس از آن با آمدن مدل‌های جدید با کارکردها متفاوت از قبل و با کارآیی بالا سری جدید از شکل‌گیری منحنی S شکل را مشاهده هستیم (به جدول۳ و نمودار ۲ مراجعه شود).

ضریب نفوذ استفاده از کودشیمیایی در ایران حالت نمایی دارد و منحنی S شکل آن هنوز کامل نگردیده و استفاده از انواع کودشیمیایی در کشاورزی تا سال ۱۳۴۷ به صورت پراکنده، موردی و قابل توجه نبوده است ولی از سال ۱۳۴۷ تاکنون استفاده از این محصول در بخش کشاورزی روند صعودی فزاینده دارد و هنوز کشاورزانی هستند که اصلاً از کود استفاده نمی‌کنند و به عنوان پذیرنده بالقوه مطرح می‌باشند.

حقایق آشکار شده فوق این سؤال و مسئله را طرح می‌نماید که چه عواملی در تسریع ضریب نفوذ و انتشار استفاده از دو محصول را در بین کشاورزان ایران می‌تواند تبیین نماید و مسیر زمانی آن را نشان دهد. بنابراین در این مطالعه قصد ما بررسی چگونگی انتشار تکنولوژی جدید در میان جامعه روستائیان ایران با تاکید بر مدل‌های انتشار تکنولوژی جدید می‌باشد. برای این منظور دو محصول به عنوان تکنولوژی جدید در نظر گرفته شده است: ۱- مصرف کود شیمیایی؛ ۲- صاحب تراکتور شدن روستائیان. در ابتدا این موضوع را بررسی کرده‌ایم که آیا آمار و اطلاعات مربوط منحنی S شکل را نشان می‌دهند و ثانیاً عوامل مؤثر در شکل‌گیری این منحنی کدامند؟ این مقاله از بخش‌های زیر تشکیل شده است: بخش اول مقدمه، بخش دوم مدل، بخش سوم داده‌ها، متغیرها و مفروضات بخش چهارم منحنی S شکل در استفاده از تراکتور و کود شیمیایی، بخش پنجم بررسی نتایج تخمین و بخش ششم خلاصه و نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی.

۱ـ مدل

تکنولوژی جدیدی را در نظر می‌گیریم که می‌تواند از طریق خرید یک کالای با دوام بدست آید. در جامعه N نفر یا بنگاه پذیرنده بالقوه وجود دارند. هر پذیرنده بالقوه خریدار حداکثر یک کالای با دوام می‌باشد و تقاضای جایگزین وجود ندارد. فرض می‌شود تا زمان t مقدار S(t) نفر آن را خریداری کرده‌اند. لذا تعداد افرادی که در فاصله زمان t تا t+1 آن را پذیرفته‌اند را می‌توان با استفاده از مدل باس ۱۹۶۹ به صورت زیر نشان داد:

$$\frac{ds}{dt} = [q + P\frac{S}{N}](N - S) \qquad (۱)$$

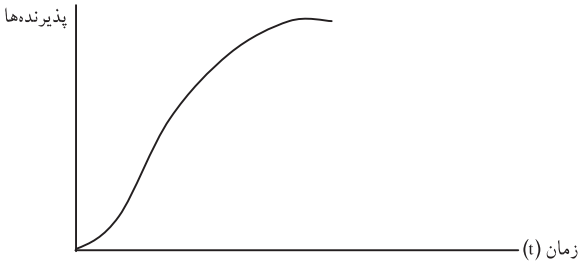
در معادله (۱) مقادیر q، p و $\frac{S}{N}$ به ترتیب زیر تعریف شده‌اند:

$$q = \frac{\text{آن تعداد از جمعیت N که در زمان t تکنولوژی جدید را نپذیرفته‌اند}}{N}$$

$$p = \frac{\text{آن تعداد از جمعیت N که در زمان t تکنولوژی جدید را نپذیرفته‌اند ولی با پذیره‌ها در تماس هستند}}{N}$$

$$\frac{S}{N} = \frac{\text{ذخیره پذیرنده‌ها در زمان t}}{N}$$

معادله (۱) یک معادله دیفرانسیلی است که با حل و رسم آن نمودار (۱) بدست می‌آید



نمودار (۱) ـ منحنی s شکل انتشار تکنولوژی جدید

طبق این معادله دیفرانسیل تغییر در ذخیره پذیرنده‌ها S(t+1) در فواصل زمانی کوتاه (dt) به صورت نسبت ثابتی از p ، q و $\frac{S}{N}$ می‌باشد. تعبیر مدل باس بدین گونه است که تغییر در ذخیره پذیرنده‌ها در فواصل زمانی کوچک عبارت است از نسبت ثابتی از آنهایی که هنوز آن را در زمان t نپذیرفته‌اند (q) به علاوه نسبت آنهایی که در زمان t تکنولوژی جدید را نپذیرفته‌اند ولی با پذیرنده‌ها در تماس هستند (p) ضربدر احتمال اینکه آنها در معرض ملاقات یا تماس با یک پذیرنده باشند، $\frac{S}{N}$.

در مدل باس q را ضریب اکتشاف یا عامل برونزای موثر در انتشار تکنولوژی جدید می‌دانند و همچنین p را ضریب تقلید یا عامل درونزای موثر در انتشار تکنولوژی با محصول جدید در نظر می‌گیرند. اهمیت نسبی عامل برونزا (q) و درونزا (p) در فرآیند انتشار را می‌توان از طریق تخمین مرحله‌ای q و p بدست آورد. به نظر کارشناس و استون من (KS) عامل درونزا نقش مسلطی در مدل باس دارد. البته لازم است عامل مسلط از طریق تخمین تجربی بدست آید. در مدل باس اگر q=0 باشد، خواهیم داشت:

(۲)

که همان مدل اپیدمی انتشار تکنولوژی جدید می‌باشد. که در آن N-S نفر پذیرنده بالقوه وجود دارند که هنوز تکنولوژی جدید را نپذیرفته‌اند که در هر دوره $P\frac{S}{N}$ از افراد مذکور به پذیرنده‌ها می‌پیوندند. مدل کارشناس و استون من (KS) از دو جنبه تفاوت اساسی با مدل باس دارد:

۱- در مدل KS فرض می‌شود که پارامتر p تابعی از متغیرهای اقتصادی است که منجر می‌شود به اینکه p در طی زمان ثابت نماند یعنی P(t).

۲- در مدل ساده اپیدمی و حتی مدل باس فرض بر همگن بودن جمعیت است یعنی افراد از جهت ترجیحات، سلیقه و ریسک‌پذیری همگن هستند.

در حالی که در مدل KS چنین فرضی لازم نیست. این دو تفاوتهای مذکور را به صورت زیر در مدل می‌توان گنجانند:

ذخیره پذیرنده‌های تکنولوژی جدید به دو گروه تفکیک می‌شوند:

$$S=X+Y \qquad (۳)$$

که در معادله (۳)، X آن دسته از پذیرنده‌ها هستند که روی جمعیتی که هنوز تکنولوژی جدید را نپذیرفته‌اند تأثیر می‌گذارند. و Y آن دسته از پذیرنده‌ها هستند که روی جمعیتی که هنوز تکنولوژی جدید را نپذیرفته‌اند هیچ تأثیری ندارند. در هر لحظه از زمان a درصد از جمعیت X به Y تبدیل می‌شوند. اگر a کوچک باشد مدت زمان زیادی به طول می‌کشد تا تکنولوژی جدید در جامعه منتشر شود. بنابراین مدل KS را می‌توان به صورت زیر ارائه داد:

[redacted]

تقسیم S به دو بخش X و Y تفاوتهای عمده‌ای بین مدل باس با مدل KS ایجاد می‌کند. در حالی که مدل باس همیشه به سطح اشباع می‌رسد، یعنی عاقبت همه پذیرنده‌های بالقوه به ذخیره پذیرنده‌ها تبدیل می‌شوند ولی در مدل KS اگر هیچ عامل برونزایی انتشار را تحریک نکند، ممکن است برای مدت زمان زیادی سطح پذیرنده‌ها کمتر از کل جمعیت بالقوه پذیره باشند. کل جمعیت بالقوه پذیرنده (N) را به یک نرمالیزه می‌کنیم و فرم گسسته مدل KS را به صورت مدل تفاضلی در می‌آوریم:

[redacted]

[redacted] متناسب با تغییرات

است. معادله (۷) را به صورت زیر می‌نویسم:

[redacted]

معادله (۸) را برای زمان‌های مختلف تکرار و به‌جای Y در معادله (۷) جایگزینی می‌کنیم، در این صورت معادله ۹ را خواهیم داشت:

[redacted]

در مدل KS پارامتر a نشان دهنده نرخ کاهش استفاده از یک پذیرنده به عنوان منبع اطلاعات برای پذیرنده‌های بالقوه دیگر است. بنابراین اگر a نزدیک به صفر باشد مدت زمان زیادی طول خواهد کشید تا یک پذیرنده به انتشار اطلاعات مبادرت ورزد. در تکنولوژی جدید پیچیده یک پذیرنده برای مدت زمان زیادی منبع اطلاعاتی باقی می‌ماند، در حالی که در تکنولوژی جدید ساده یک پذیرنده زمان کوتاهی می‌تواند منبع اطلاعاتی باقی بماند. پس a در تکنولوژی‌های مختلف، متفاوت خواهد بود. مدل KS مدل عمومی است، اگر a=۰ باشد، مدل باس را خواهیم داشت و اگر q=0 و a=۰ باشد مدل اپیدمی حاصل می‌شود(معادله ۲). با تخمین مدل KS و آزمون فرضیه‌های a=۰ یا q=0 و q=0 مدل مناسب فرآیند انتشار تکنولوژی بدست می‌آید. برای اینکه مدل‌های مختلف انتشار تکنولوژی آثار متغیرهای اقتصادی را نشان دهند و قابلیت مقایسه با هم را داشته باشند، می‌توان مدل باس را به صورت زیر نوشت:

و با فرض نرمالیزه کردن N به یک خواهیم داشت:

به همین صورت می‌توان مدل اپیدمی را به صورت زیر نوشت:

معادلات (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) مدل‌های اصلی برای تحلیل هستند. در این مدل‌ها P_t تابعی از متغیرهای اقتصادی و غیر اقتصادی در نظر گرفته می‌شوند. انعطاف‌پذیری مدل KS و باس برای نشان دادن اثرات متغیرهای اقتصادی بیشتر از سایر مدلهای انتشار تکنولوژی است. در این مدل‌ها P_t به صورت تابعی از زمان تغییر می‌کند و تغییرات آن در طی زمان متأثر از متغیرهای اقتصادی است. بر طبق نظر KS می‌توان P_t را به صورت تابعی از متغیرهای اقتصادی به صورت زیر لحاظ نمود:

در رابطه (۱۳)، $\Pr ice_{t-i}$ قیمت تکنولوژی جدید و i میزان تأخیر را نشان می‌دهد که بستگی به برازش مدل دارد، YD_{t-j} درآمد قابل تصرف پذیرنده‌های تکنولوژی می‌باشد و مجدداً j میزان تاخیر می‌باشد، R_{t-k} نرخ بهره را نشان می‌دهد با میزان تاخیر K و Z_{t-l} سایر متغیرها می‌باشند که

با یک تأخیر بر پذیرش تکنولوژی جدید موثر هستند. معادله (۱۳) را در معادلات (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) قرار داده سپس لگاریتم می‌گیریم، در این صورت معادلات قابل تخمین برای تعیین عوامل مؤثر بر انتشار تکنولوژی بدست می‌آید.

۲ـ داده‌ها، متغیرها و مفروضات

برای بدست آوردن منحنی S شکل صاحب تراکتور شدن روستائیان از داده‌های سال‌های ۱۳۸۱ـ۱۳۳۶ استفاده شده است و حال آنکه در مورد تخمین معادلات آمار شاخص‌های مربوط تنها برای دوره ۱۳۸۱ــ ۱۳۵۱ موجود بود. به همین طریق در مورد مصرف کود شیمیایی توسط روستائیان برای بدست آوردن منحنی S شکل از داده‌های سال‌های ۱۳۸۱ـ۱۳۴۷ استفاده شد و حال آنکه برای تخمین معادلات از آمار موجود در دوره ۱۳۸۱ـ۱۳۵۱ بهره‌برداری گردید.

در این تحقیق تراکتور و کود شیمیایی به عنوان تکنولوژی جدید برای روستائیان فرض شده است. منحنی انتشار آنها نیز متأثر از متغیرهای اقتصادی درآمد روستائیان، قیمت تکنولوژی جدید و همچنین شاخص قیمت محصولات کشاورزی به عنوان جایگزینی برای سودآوری استفاده از تکنولوژی‌های جدید در کشاورزی در نظر گرفته شده است. به علاوه از آنجائی که نرخ بهره حقیقی در دسترس نبود از شاخص نرخ تورم به عنوان جایگزین آن استفاده شد.

آمارهای مورد استفاده از سالنامه‌های آماری، سرشماری عمومی نفوس و مسکن و آمار فروش نهاده‌های کشاورزی به روستائیان و همچنین ترازنامه‌های بانک مرکزی بدست آمده است. در این تحقیق فرض شده است که تراکتور یک کالای با دوام بوده و هر خانوار روستایی یک پذیرنده بالقوه است. بنابراین در زمان وارد شدن تراکتور به روستا، کل خانوارهای روستایی پذیرنده بالقوه آن بوده‌اند. همچنین از آنجائی که بانک مرکزی هر ساله برآوردی از آمار جمعیت روستایی را ارائه می‌دهد می‌توان با استفاده از سرشماری عمومی نفوس و مسکن بعد خانوار روستایی را در فاصله دو سرشماری به آن تعمیم داد و لذا تعداد خانوارهای روستایی در هر سال را بدست آورد. از آنجائی که آمار مربوط به درآمد قابل تصرف روستاییان در دسترس نبود از هزینه هر خانوار روستایی به جای آن استفاده شد. برای محاسبه متغیر a به طریق زیر عمل شده است: از آنجائی که $0<a<1$ است لذا مقادیر $a=\{0.1, 0.2, \ldots, 0.9\}$ به نوبت در رابطه (۹) قرار داده شد و مقدار Y بدست آمد که برای تخمین معادله KS به روش NLS استفاده شده است. مقدار a در محدوده $0<a<0.1$ برای کود شیمیایی و همچنین $0<a<0.1$ برای تراکتور در معادلات تخمین زده شده نتایج بهتری نسبت به سایر مقادیر ارائه داد، لذا روش مذکور در دامنه‌های

محدود شده مذکور مجدداً تکرار گردید. بهترین نتایج نسبی برای کود شیمیایی در a=0.03 یعنی Y(a=0.03)و تراکتور a=0.00063 یعنی Y(a=0.00063)حاصل گردید که در جداول ۱ و ۲ گزارش شده است.

جدول (۱) نتایج معادلات رگرسیون صاحب تراکتورشدن روستائیان روش (NLS)

۱- با فرض a=0.00063

$$Ln\Delta S_t = -7.737 + 0.6191 LnCP(-1) - 0.269 LnCP_2(-1) + 0.535 LnYD - 0.611 LnINF$$

$$2 \qquad -2$$

۲- با فرض a=0

$$Ln\Delta S_t = -11.136 + 0.814 LnCP_1(-1) - 0.426 LnCP_2(-1) + 0.964 LnYD - 0.218 LnINF$$

$$+ Ln(\,0.121 - Y(a=0) + S_{t-1}\,) + 0.961 Ln(\,1 - S_{t-1}\,)$$

$$2 \qquad -2$$

جدول (۲) ـ نتایج معادلات رگرسیونی استفاده از کود شیمیایی در میان روستائیان(NLS)

۱- با فرض a=0.03

$$Ln\Delta S_t = -20.568 + 1.186 LnCP_1(-1) - 1.017 LnCP_2 + 1.392 LnYD + 0.456 LnINF$$

$$2 \qquad -2$$

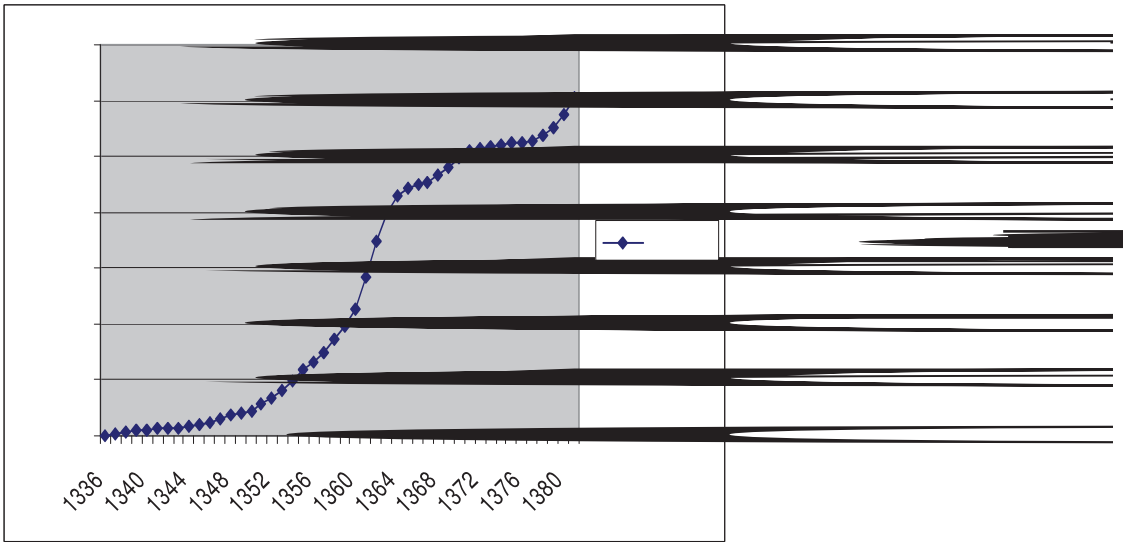
۲- با فرض a=0

$$t \qquad 1 \qquad 2$$

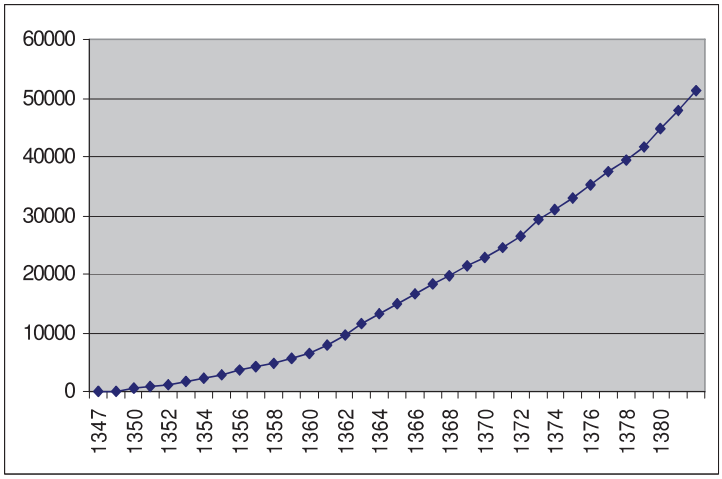
$$2 \qquad -2$$

۳ـ منحنی شکل انتشار تراکتور و کود شیمیایی

جداول ۱ و ۲ نتایج تخمین مربوط به انتشار تکنولوژی جدید تراکتور و کود شیمیایی را در میان روستائیان ایران طی دوره ۱۳۸۱ـ۱۳۵۱ نشان می‌دهد. همچنین نمودارهای ۲ و ۳ نیز شکل انتشار تکنولوژی‌های تراکتور و کود شیمیایی را نشان می‌دهند. جداول آماری مربوط به این دو نمودار در پیوست مقاله آمده است همانگونه که منحنی‌های مربوط و جداول نشان می‌دهند با برخی اغماض‌ها می‌توان گفت که انتشار تکنولوژی‌های مذکور در ایران به شکل منحنی S بوده است. بر طبق منحنی مذکور در زمان‌های اولیه پذیرنده‌های بالقوه با نرخ بیشتری به ذخیره پذیرنده‌ها تبدیل می‌شوند و به تدریج با اشباع پذیرنده‌ها یعنی با تبدیل بیشتر پذیرنده‌های بالقوه به بالفعل نرخ انتشار کاهش پیدا می‌کند. منحنی‌های مذکور نشان می‌دهند که در ایران مدل KS بهتر قابلیت تبیین منحنی S شکل را نسبت به منحنی باس دارد زیرا در مدل KS اشباع پذیری کامل ممکن است حاصل نشود و منحنی مذکور نیز گویای این است که هنوز منحنی S شکل به شیب صفر نرسیده است.



نمودار ۲: منحنی S شکل انتشار تکنولوژی تراکتور در ایران



نمودار ۳: منحنی انتشار استفاده از کود شیمیایی در میان روستائیان

۴ـ بررسی نتایج تخمین

جـــدول (۱) نتـایج مربـوط بـه تخمـین انتـشار تکنولـوژی جدیـد تراکتـور را در بـین روستائیان نشان می‌دهد. نتیجه بهتر زمانی بدست آمـده اسـت کـه متغیرهـای شـاخص قیمـت و شاخص قیمت تکنولوژی جدید $_2$ بـا یـک تـأخیر وارد معادله شده‌اند. علامـت دو متغیـر نیـز متناسـب بـا انتظـار تئـوریکی اسـت. یعنـی سـودآوری بکارگیری تکنولوژی جدید سبب تسهیل و تسریع انتشار آن می‌گردد و قیمت خود تکنولـوژی جدید اثر منفی در سرعت انتشار آن دارد. فـرض اساسـی ایـن اسـت کـه تکنولـوژی جدیـد در مراحل اولیه قیمت بالایی دارد و پذیرنده‌ها به این امر واقف هستند که با گذشت زمان قیمـت آن کاهش پیدا می‌کند و لذا خرید خود را به تعویق می‌اندازند. متغیر درآمد قابـل تـصرف کـه برای آن از جایگزین هزینه خانوار روستایی استفاده شده است عامل تسریع کننـده در انتـشار تکنولوژی جدید می‌باشد. زیرا برای تکنولوژی جدید به قدرت خرید نیـاز اسـت و بـالا بـودن درآمد، تسهیل کننده پذیرش تکنولوژی جدید است. علامت درآمد در این مدل موافق انتظـار تئوریکی بوده است. نرخ تورم که در اینجا به عنوان جایگزین برای نرخ بهره در نظر گرفته شده اثر منفی بر انتشار تکنولوژی جدید دارد. این یافته با انتظار تئوریکی سازکار است چرا که هر قدر نرخ بهره بالاتر باشد هزینه فرصت به تعویق انـداختن تـصمیم پـذیرش تکنولـوژی جدیـد پایین‌تر خواهد بود.

در این مدل در هر دوره ۰/۰۰۰۶۳ درصد پذیرنده‌های فعال ـ تأثیر گذار بر پذیرنده‌های بالقوه ـ به غیر فعال تبدیل گشته و نقش خود را در فرآیند یادگیری از دست می‌دهند. این یافته نشان می‌دهد که در دوره مذکور تکنولوژی تراکتور هنوز در مناطق روستایی ایران یک تکنولوژی نسبتاً فنی است و یک فرد پذیرنده برای مدت زمان زیادی می‌تواند به عنوان یاد دهنده نقش ایفا کند. تمام ضرایب معادله مذکور تقریباً معنادار هستند. هرچند $\bar{}^2$ معادله نسبتاً پایین است و نشان می‌دهد که عوامل دیگری غیر از عوامل اشاره شده در سرعت انتشار مؤثر هستند ولی متأسفانه اطلاعات لازم در این زمینه موجود نبود. زمانی که مدل را با فرض a=0 برازش کردیم نتایج بهتری بدست آمد از جمله قدرت توضیح‌دهندگی مدل، $\bar{}^2$، به ۷۵ درصد افزایش یافت. می‌توان چنین [illegible] فرایند انتشار تکنولوژی جدید تراکتور را در میان روستائیان ایران تبیین می‌نماید.

جدول (۲) نتایج تخمین مدل مربوط به انتشار تکنولوژی جدید کود شیمیایی را در بین [illegible] وارد معادله شد. علامت‌های دو متغیر $_1$ و $_2$ نیز سازگار با انتظار تئوریکی بود. یعنی قیمت تکنولوژی جدید اثر منفی و سودآوری آن اثر مثبت بر پذیرنده‌ها و انتشار آن در جامعه روستائیان داشت، هرچند [illegible] معنادارتر بودند.

درآمد قابل تصرف ـ که از هزینه‌های خانوار روستایی به عنوان جایگزین برای آن استفاده گردید ـ اثر مثبت بر انتشار تکنولوژی جدید استفاده از کود شیمیایی دارد و کاملاً معنادار است. نرخ تورم که به عنوان جایگزینی برای نرخ بهره در نظر گرفته شده علامت خلاف انتظار داشته و البته از لحاظ آماری معنادار نمی‌باشد. متغیر $_2$ متغیر مجازی برای تفکیک دوره به قبل و بعد از انقلاب است و نشان می‌دهد که شرایط بعد از انقلاب اثر منفی در انتشار تکنولوژی جدید داشته است. شاید علت آن این باشد که در بعد از انقلاب به دلیل تقسیم اراضی فئودالها بین روستائیان، کشاورزی از حالت مکانیزه خارج شده و این مسئله به کندی انتشار تکنولوژی کمک کرده باشد. $_1$ متغیر مجازی برای سال‌هایی که شاخص قیمت‌ها سال پایه شان تغییر کرده است مورد استفاده قرار گرفته است.

a=0/03 برآورد گردیده است و حکایت از این دارد که در هر دوره ۰/۰۳ درصد پذیرنده‌های فعال و تأثیرگذار به غیر فعال و غیرتأثیرگذار در فرآیند یادگیری مبدل می‌شوند. مقایسه a تراکتور با کود شیمیایی نشان می‌دهد که پیچیدگی استفاده از تراکتور نسبت به کود شیمیایی در ایران بالاتر است. از میان متغیرهای اشاره شده مؤثرترین آنها در انتشار

تکنولوژی کود شیمیایی درآمد قابل تصرف کشاورزان است و قیمت تکنولوژی تأثیر منفی بر [redacted] نشان می‌دهد که مدل باس قدرت توضیح‌دهندگی کمتری نسبت به مدل KS در رابطه با انتشار تکنولوژی کود شیمیایی [redacted] و تفاوت چشمگیری با هم ندارند.

نتیجه‌گیری

در مدل‌های جدید رشد اقتصادی، ابداعات نقش تعیین‌کننده‌ای در جهش اقتصادی دارند. در این راستا نفوذ و انتشار ابداعات در میان تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان از اهمیت والایی برخوردار است. یافته‌های تاریخی نشان می‌دهد که ذخیره پذیرنده‌ها طی زمان منحنی S شکل دارد. دو رویکرد اصلی برای تبیین آن وجود دارد، یکی تأکید بر ناهمگن بودن پذیرنده‌های بالقوه و دیگری تأکید بر پذیرنده‌های یادگیر همگن دارند.

در هردو رویکرد، عامل اصلی تدریجی بودن انتشار تکنولوژی در میان پذیرنده‌های بالقوه و یا به عبارت دیگر افزایش ذخیره پذیرنده‌ها متأثر از متغیرهای اقتصادی و اجتماعی است. برای پی بردن به اشکال مختلف و انحنای منحنی S شکل لازم است مطالعات تجربی پیرامون هر تکنولوژی و یا محصول جدید در جامعه مورد نظر انجام داد. در تکنولوژی‌های پیچیده جدید معمولاً اشباع پذیرنده‌های بالقوه بسیار کند صورت می‌گیرد، زیرا هر پذیرنده برای مدت طولانی به عنوان منبع اطلاعاتی برای پذیرنده‌های بالقوه است در حالی که در تکنولوژی‌های ساده چنین نمی‌باشد.

مطالعه حاضر نشان می‌دهد که ذخیره استفاده کنندگان کود شیمیایی و نیز ذخیره صاحب تراکتور شدن روستاییان ایران منحنی S شکل دارد. این یافته نشان دهنده این است که عواملی که منجر به تشکیل منحنی S شکل در انتشار تکنولوژی‌های جدید میان پذیرنده‌های بالقوه می‌گردد برای این دو مورد نیز صادق است. در تخمین متغیرهای مؤثر در شکل‌گیری منحنی S شکل در مصرف کود شیمیایی، قیمت خود محصول جدید اثر منفی، سودآوری آن اثر مثبت و نرخ بهره اثر مثبت (خلاف انتظار) بر انتشار آن دارد. وقوع انقلاب و تأثیرپذیری مناطق روستایی از آن بر انحنا و شکل منحنی S بی‌تأثیر نبوده است. بر طبق این مطالعه در هر دوره ۰/۰۳ درصد از پذیرنده‌ها بی‌تأثیر می‌شوند. این یافته با برخی یافته‌های محققان در کشورهای دیگر برای محصول مشابه به سنخیت دارد. پیرآمون متغیرهای موثر در شکل گیری منحنی S شکل در صاحب تراکتور شدن

روستائیان ایران، معادلات تخمین زده شده نشان می‌دهد که قیمت تراکتور، سودآوری‌های استفاده از آن، درآمد کشاورزان به ترتیب اثر منفی، مثبت و مثبت بر نفوذ و انتشار آن میان روستائیان داشته است. اثر نرخ بهره نیز منفی بوده است. نرخ بی‌اثر شدن پذیرنده‌های بالفعل در این محصول ۰/۰۰۰۶۳ درصد است، که در مقایسه با کود شیمیایی حاکی از پیچیده‌تر بودن تکنولوژی تراکتور نسبت به کود شیمیایی در میان روستاییان ایران دارد.

اگر بپذیریم که بکارگیری تراکتور و استفاده از کود شیمیایی می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری در تولیدات روستا شود لازم است عوامل تأثیرگذار بر انتشار آن مورد بررسی قرار گیرند. با عنایت به اینکه نحوه صحیح استفاده از این دو عامل مهم می‌باشد نقش مروجین کشاورزی از این زمینه بسیار تعیین‌کننده است. مقایسه a تراکتور با کود شیمیایی نشان داد که انتشار استفاده و بکارگیری تراکتور بسیار کندتر از کود شیمیایی در میان روستاییان ایران است، از این‌رو مجدداً نقش مروجین کشاورزی در تسریع این امر بسیار بارز می‌نمایاند.

پیوست

جدول شماره (۳)

ذخیره پذیرنده‌های تراکتور در ایران

سال	ذخیره پذیرنده‌ها	سال	ذخیره پذیرنده‌ها
1336	725	1359	98326
1337	2026	1360	113053
1338	3195	1361	142030
1339	4478	1362	174948
1340	5701	1363	198829
1341	6346	1364	214669
1342	6479	1365	221874
1343	7193	1366	225152
1344	8223	1367	226909
1345	9570	1368	233199
1346	11952	1369	240698
1347	14919	1370	248451
1348	18188	1371	254901
1349	20082	1372	257265
1350	22540	1373	259217
1351	28327	1374	260954
1352	33108	1375	261831
1353	40669	1376	262177
1354	49706	1377	263627
1355	59332	1378	268130
1356	66474	1379	275578
1357	73956	1380	288138
1358	85555	1381	301826

جدول شماره (۴)

ذخیره پذیرنده‌های استفاده کننده از کود شیمیایی در ایران

سال	ذخیره پذیرنده‌ها	سال	ذخیره پذیرنده‌ها
1347	130	1365	16512
1348	517	1366	18243
1350	845	1367	19670
1351	1224	1368	21344
1352	1706	1369	22803
1353	2322	1370	24503
1354	2946	1371	26617
1355	3548	1372	29225
1356	4275	1373	30905
1357	4812	1374	32851
1358	5702	1375	35076
1359	6607	1376	37500
1360	7886	1377	39442
1361	9527	1378	41814
1362	11458	1379	44733
1363	13133	1380	47821
1364	14813	1381	51229

منابع

الف - فارسی

۱ - **سالنامه آماری کشور** ـ مرکز آمار ایران ـ سال‌های مختلف

۲ - **ترازنامه بانک مرکزی** ـ بانک مرکزی ـ سال‌های مختف

۳ - **نتایج آمارگیری کشاورزی** ـ مرکز آمار ایران ـ سال‌های آمارگیری شده

۴ - **نتایج تفصیلی سرشماری‌های نفوس و مسکن کشور** ـ مرکز آمار ایران

۵ - آمار نامه کشاورزی ـ **وزارت جهاد کشاورزی و وزارت کشاورزی سابق** ـ سال‌های مختلف

ب - لاتین

6 - Alan, L. Olmstead, P. and Rhode, W. , **"The Diffusion of Tractor in U. S Agricultures 1910-1960"**; NBER WP 7947, 2000.

7 - Acemoglu, Johnson, and Robinson,**"Institutions as the Fundamental of Long Run Growth"**; Hand Book of Economic Growth, North Holland, 2005.

8 - Bain, A. D, **"The Growth of T. V. Ownership in UK"**; International Economic Review, 1962, No. 3 PP 145-157.

9 - Bass, F. M. ,**"A New Product Growth Model for Customer Durables"**; Management Science, 1969, No. 15 PP 215-227.

10 - Casselli, F. and Coleman, W. , **"Cross-Country Technology Diffusion-The Case of Computers"**; American Economic Review,2001, No. 91(2), PP 328-335.
11 - Diego C. and Bart H. , **"An Exploration of Technology Diffusion "**; NBER WP12314,2006.
12 - Diego C. and Bart H. , Appropriate Technology and Growth **Quarterly Journal of Economic**, 2005, No. 113، PP. 1025.
13 - Dixi, A. and Pindyek, R. , **" Investment Under Uncertainty"**; Princeton University Press, 1994.
14 - Geroski, P. A. , **" Models of Technology Diffusion"**; Research Policy, 2000, No. 24 PP 603-625.
15 - Griliches, Z. , **"Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change"**; Econometrica, 1957, No. 48 PP 501- 522.
16 - Karshenas, M. and Stoneman, P. , **"A Flexible Model of Technological Diffusion Incor porating Economic Factors With an Application to Spread of Colour T. V Ownership in the UK"**; Journal of Forecasting, 1992, No. 11 PP 577-601.
17 - Kennickell, A. and Kwast, M. , **" Who Use Electronic Banking? Results From the 1995 Survey of Consumers' Finances"**; Board of Governors of the Federal Reserve System"; Finance and Economic Discussion Paper Servies, 1997/35.
18 - Lehr, W. and Lichtenberg, I. , **"Computer Use and Productivity th in US Federal Government Agencies, 1987-1992"**; Journal of Industrial Economic, 1998, No. XLVI(2) PP 257-279.
19 - Mansfield, E. , **" Industrial Robots in Japan and U. S "**; Research Policy, 1989, No. 18 PP. 183-192.
20 - Ruigrok, W. ; Pelligrew, A. ; Peck, S. and Whittington,R. , **"Corporate Restructuring and New Forms of Organizing Evidence From Europe"**; Management International Review, 1999, No. 2 PP41-64.
21 - Stoneman, P. , **"The Rate of Imitation, Learning, and Profitability"**; Economic Letters, 1980, No. 6, PP 179-183.
22 - Stoneman, P. , **"The Economics of Technological Diffusion"**;Blackwell Publishers, 2000, PP149-171.
23 - Vickery, G. and Northcott, J. , **"Diffusion of Microelectronics and Advanced Manufacturing Technology: A Review of National Surveys"**; Economics of Innovation and New Technology, 1995, No. 3 PP 253-276.