پژوهشنامه اقتصاد و کسب و کار
شاپا: ۸۳۹۶-۲۰۰۸
سال سوم ، شماره اول، (صفحه ٦٥ تا ٧٤)، زمستان ۱۳۹۱

استفاده از رگرسیون انتقال هموار (STR) در پیش‌بینی سیکل‌های تجاری

هارمونی شاه‌مرادی*[۱]*؛ دکتر حمید ابریشمی[۲]؛ دکتر اورانوس پریور[۳]

چکیده

پیش‌بینی سیکل‌های تجاری در اقتصاد کلان، اهمیت ویژه‌ای دارد و بخش مهمی از فرایند تصمیم‌گیری و سیاستگذاری در اقتصاد را تشکیل می‌دهد. در سال‌های اخیر، به مدل‌های غیرخطی برای پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی بیشتر توجه شده و گسترش به‌کارگیری این مدل‌ها به بهبود چشمگیری در عرصهٔ مدل‌سازی رفتار متغیرها در حیطهٔ اقتصاد کلان و به‌ویژه اقتصاد مالی منجر شده است. در این مقاله، مدلی مناسب و قوی برای پیش‌بینی سیکل‌های تجاری با استفاده از رگرسیون انتقال هموار (STR) ارائه شده است. نتایج، خطای بسیار کمی را نشان می‌دهد که بر کارآیی قابل قبول مدل دلالت دارد.

کلیدواژه‌ها: پیش‌بینی، سیکل‌های تجاری، مدل‌های غیرخطی، رگرسیون انتقال هموار.

Using Smooth Transition Regression (STR) to predict Business Cycles

Harmony Shahmoradi, Msc; Hamid Abrishami , Ph.D. ; Oranus Parivar, Ph.D.

Abstract

Forecasting business cycles is very important in macroeconomic and it is an important part in process of economic decision-making and policy. In recent years, non-linear models have been considered more for forecasting economic variables and application of these models has been made a significant improvement in modeling of the behavior of variables in the area of macroeconomic and particularly financial economics. This article provides a convenient and powerful model for forecasting business cycles by using smooth transition regression **(STR).** The results show that very little error that indicates model performance is acceptable.

Keywords: forecasting, business cycles, non-linear models, smooth transition regression.

۱. کارشناس ارشد علوم اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی ـ واحد تهران جنوب
۲. استاد دانشکدهٔ اقتصاد دانشگاه تهران
۳. استادیار دانشکدهٔ حقوق، علوم سیاسی و اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی ـ واحد تهران جنوب
* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: shehmoradi.harmony@gmail.com

مقدمه

پیش‌بینی سیکل‌های تجاری در اقتصاد کلان، اهمیت ویژه‌ای دارد. اقتصادهای مدرن معمولاً فراز و نشیب‌های بسیاری را طی می‌کنند که به آنها سیکل‌های تجاری می‌گویند. سیکل‌های تجاری در هر کشوری، نوسانات تولید ملی را منعکس می‌کنند که این نوسانات در عملکرد هر کشوری نقش مهمی دارند. اگرچه سیکل‌های تجاری ازنظر طول زمان و شدت چرخه متفاوت از یکدیگرند، ویژگی‌های مشترکی دارند که مهم‌ترین آنها مسری‌بودن، فراگیربودن، تغییر متغیرهای اقتصادی در ارتباط با یکدیگر و تأثیرگذاری آن بر روند رشد بلندمدت است. از آنجا که در سراسر تاریخ اقتصادی کشورهای مبتنی بر بازار، این رفتار نوسانی در عملکرد کلی اقتصاد آنها اثرگذار بوده، پیش‌بینی سیکل‌های تجاری و درنتیجه به‌کارگرفتن سیاست‌های مناسب جهت تخفیف و کنترل آن تقریباً مورد نظر همهٔ مکاتب اقتصادی قرار گرفته است.

هدف از نگارش این مقاله، ارائهٔ مدلی مناسب و قوی برای پیش‌بینی سیکل‌های تجاری است؛ که برای این منظور، مدل‌های غیرخطی اقتصادسنجی مدنظر قرار داده شده است.

انتخاب سری زمانی سیکل‌های تجاری جهت پیاده‌سازی روش‌های پیش‌بینی، به دو دلیل عمده صورت گرفت: دلیل اول، اهمیت سیکل‌های تجاری در اقتصاد کلان است، که با پیش‌بینی آنها می‌توان بسته‌های سیاستی مناسب را برای عملکرد بهتر اقتصادی درنظر گرفت؛ دلیل دوم، ماهیت سری زمانی سیکل‌ها است، و از آنجا که پیش‌بینی در این بازار دشوار است و مسائل و ظرافت‌های خاصی دارد، ازنظر علمی مطالعهٔ این سری زمانی و سعی در پیش بینی آن اهمیت زیادی دارد.

شایان ذکر است که این پژوهش کوششی است درجهت پاسخ‌دادن به سؤال زیر:

آیا مدل غیرخطی رگرسیون انتقال هموار (STR)، کارآیی لازم در امر پیش‌بینی را دارد؟

فرضیهٔ درنظرگرفته‌شده به قرار زیر است:

مدل غیرخطی رگرسیون انتقال هموار (STR) ، کارآیی بالایی (خطای بسیار کمی) در پیش‌بینی سیکل‌های تجاری دارد.

در این تحقیق، از داده‌های حقیقی، فصلی و تعدیل‌شدهٔ کشور امریکا از سال ۱۹۸۲ تا پایان سال ۲۰۱۰، به‌عنوان کشوری بزرگ، باز و تأثیرگذار به‌لحاظ اقتصادی استفاده شده است. نتایج پیش‌بینی در کشورهای کوچک اقتصادی، به‌دلیل محدودیت‌هایی همچون نبودِ اطلاعات و آمارهای لازم و نیز صحیح‌نبودن آمارها کمتر نزدیک به واقعیت است. با وجود این، با پیش‌بینی سیکل‌های تجاری در کشورهای اثرگذار می‌توان سیاست‌های مناسب را جهت تخفیف و کنترل اثرات این سیکل‌ها به‌کار گرفت. روش تحقیق از نوع تجربی و روش گردآوری اطلاعات به‌صورت کتابخانه‌ای است. البته از روش‌های میدانی مانند مصاحبه با متخصصان صاحب‌نظر برای بررسی اطلاعات و تطبیق مدل با واقعیت نیز استفاده شده است. ابزار گردآوری اطلاعات، منابع اسنادی مانند مقاله‌ها و پایان‌نامه‌ها، جدول‌های آماری، کارت مصاحبه و فیش‌برداری از منابع مورد اطمینان را دربر می‌گیرد. شایان ذکر است که در این تحقیق، برای تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط، از نرم‌افزارهای کاربردی Eviews، Jmulti و Excel استفاده شده است.

پیشینهٔ موضوع

مبانی نظری

مباحث نظری مربوط به سیکل‌های تجاری درقالب ۶ دسته مطرح شده‌اند: تئوری‌های سیکل تجاری قبل از کینز، کینز و تئوری‌های سیکل تجاری کینزین، تئوری سیکل تجاری فریدمن، تئوری‌های سیکل تجاری سیاسی، تئوری‌های کلاسیک جدید سیکل تجاری، و تئوری‌های کینزین جدید سیکل تجاری.

تئوری‌های قبل از کینز براساس عواملی که موجب نقطهٔ برگشت اقتصاد می‌شوند، درقالب تئوری‌های تقاضای پولی سیکل ــ که در آنها به نقش متغیرهای پولی و نرخ بهره به‌عنوان عامل اصلی ایجاد سیکل‌های تجاری توجه می‌شود ــ تئوری‌های تقاضای غیرپولی چرخه ــ که عوامل غیرپولی مؤثر بر سیکل تجاری ازجهت تقاضا درنظر گرفته می‌شود و خود به دو دسته تئوری‌های غیرپولی سرمایه‌گذاری بیشتر از اندازه و مصرف کمتر از اندازه تقسیم می‌شوند ــ و تئوری‌های عرضهٔ چرخه ــ که در آنها نقش عوامل جهت عرضه، مانند حاشیهٔ سود برروی سیکل‌های تجاری لحاظ می‌شود ــ تقسیم شد.

کینز به عوامل روانی و تأثیر آن بر منحنی کارآیی نهایی سرمایه‌گذاری در ایجاد سیکل توجه می‌کند درحالی‌که تئوری‌های کینز بیشتر در چهارچوب ضریب تکاثری و اصل شتاب تئوری‌های کینز فرمول‌بندی می‌شود.

فریدمن به نقش پول و تئوری‌های سیاسی سیکل تجاری به نقش عملیات دولت برای کسب قدرت مجدد در ایجاد سیکل تجاری توجه دارد.

در تئوری‌های کلاسیک جدید، در چهارچوب تسویهٔ پیوستهٔ بازارها، انتظارات عقلانی و عرضهٔ کل عمودی، دو تئوری لوکاس و سیکل تجاری حقیقی عرضه می‌شود. لوکاس ابهام

اطلاعاتی کارگزاران درمورد حرکت قیمت‌های نسبی و سطح عمومی قیمت‌ها و نقش آن در ایجاد سیکل تجاری را بررسی می‌کند؛ و در تئوری سیکل تجاری حقیقی، به نقش عوامل حقیقی مانند شوک تکنولوژی، قطع عرضهٔ نفت، تغییر سلیقه، ... در ایجاد سیکل تجاری توجه می‌شود.

در تئوری‌های کینزین جدید سیکل تجاری، با تأکید بر وجود بازار رقابت ناقص، به عوامل جهت تقاضا در ایجاد سیکل تجاری توجه می‌شود. در این دسته از تئوری‌ها، انقباض و تعادل اشتغال ناقص، نتیجهٔ منطقی عملکرد کارگزاران اقتصادی بوده و انبساط حالتی خاص است که یا نتیجهٔ افزایش مستقل در تقاضای کل مؤثر یا نتیجهٔ اعمال سیاست پولی و مالی انبساطی دولت است.(سلطانی، ۱۳۸۰)

بنابراین، همان‌طور که درقالب نظریات مختلف سیکل تجاری اشاره شد، می‌توان گفت که اگرچه سیکل‌های تجاری درکل اجزای مشترکی دارند، مشابهتی با یکدیگر ندارند و لذا نمی‌توان آنها را با یک عامل و یک مکانیسم بیان کرد. به‌طور کلی، چنین استنباط می‌شود که تمامی متغیرهای حقیقی، مالی و انتظارات در پیدایش این نوسانات مهم تلقی می‌شوند و نمی‌توان با ارائهٔ یک نظریهٔ واحد، علت پیدایش سیکل تجاری را توضیح داد؛ و لذا با درک علت پیدایش این سیکل تجاری می‌توان شرایط اقتصادی را بهتر و دقیق‌تر پیش‌بینی کرد. به همین جهت است که شناخت نظریه‌های سیکل تجاری و شناسایی رفتار متغیرهای کلان درطول سیکل تجاری، کمک زیادی در این راستا محسوب می‌شود(محمدعلی، ۱۳۸۹).

علت و ضرورت استفاده از مدل‌های غیرخطی

براساس تئوری‌های اقتصادی، برخی از متغیرها سری زمانی هستند و بسیاری از مدل‌های کلان اقتصادی رفتار غیرخطی دارند؛ برای مثال، دستمزدها فرم انعطاف‌ناپذیر نزولی دارند. به‌علاوه، ثابت شده است که در چرخه‌های تجاری، آهنگ نزولی‌بودن متغیرهای کلیدی کلان اقتصادی همچون تولید و اشتغال در دوره‌های رکود پرشتاب‌تر از آهنگ افزایش آنها در دوره‌های رونق است. درنتیجه، از آنجا که مدل‌های استاندارد ARIMA مبتنی بر معادلات تفاضلی خطی هستند، تصریح‌های پویای جدیدی برای مدل‌سازی رفتار غیرخطی متغیرها لازم می‌آید.

گسترش به‌کارگیری مدل‌های غیرخطی، به بهبود چشمگیری در عرصهٔ مدل‌سازی رفتار متغیرها در حیطهٔ اقتصاد کلان و به‌ویژه اقتصاد مالی منجر شده است. اگرچه تخمین‌های خطی از پدیده‌های اقتصادی که رفتار غیرخطی از خود نشان می‌دهند برای مدل‌سازان ارجحیت بیشتری دارد (آسان‌تر است)، در بسیاری از موارد تصریح خطی از چنین متغیرهایی به نتایج غلطی سوق داده می‌شود؛ که این امر، ضرورت استفاده از مدل‌های رگرسیونی غیرخطی را نشان می‌دهد.(حبیب‌نیا، ۱۳۸۹) در سال‌های اخیر، برای پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی، به مدل‌های غیرخطی بیشتر توجه شده است. در این زمینه می‌توان به مطالعات استاک و واتسون[1] (۱۹۹۹)، تی‌سی[2] (۲۰۰۲)، کلمنتس، فرانسس و سوانسون[3] (۲۰۰۴)، و مارسلینو[4] (۲۰۰۲ و ۲۰۰۵) اشاره کرد. نکته‌ای که باید در زمینهٔ تصریح مدل‌های غیرخطی به آن توجه کرد، این است که با کنارگذاشتن فرض خطی‌بودن، انواع فراوانی از فرایندهای خطی بالقوه ظاهر می‌شود و لذا تعیین مناسب‌ترین الگوی غیرخطی بسیار مهم خواهد بود. از همه مهم‌تر اینکه استفاده از یک تصریح غیرخطی مناسب، بسیار مشکل است و بنابراین نباید تعجب کرد که چرا این حوزه از اقتصادسنجی همچنان جزءِ حوزه‌های مهم تحقیقات اخیر به‌شمار می‌رود.

رایج‌ترین مدل‌های غیرخطی معرفی‌شده در ادبیات اقتصادسنجی عبارت‌اند از:

مدل‌های اتورگرسیو غیرخطی(NLAR)[5]، مدل‌های اتورگرسیو آستانه‌ای(TAR)[6]، مدل‌های رگرسیونی غیرخطی(NLR)[7] و مدل‌های رگرسیونی انتقال هموار(STR)[8]؛ که هریک، زیرشاخه‌های متعددی دارند. از آنجا که تمرکز این مقاله برروی مدل‌های انتقال هموار است، در اینجا این مدل معرفی و نحوهٔ استفاده از آن توضیح داده می‌شود.

مطالعات پیشین

زهرا سلطانی (۱۳۸۰) در رسالهٔ دکتری خود با عنوان «بررسی تئوری‌های ادوار تجاری و کاربرد آن در اقتصاد ایران»، آزمون تجربی درمورد ایران را به دو بخش تقسیم کرده است: بخش اول، متغیرهای غیرپولی اثرگذار بر رشد اقتصادی و بخش دوم، متغیرهای پولی را دربر می‌گیرد. وی به این نتیجه رسیده است که متغیرهای پولی درمجموع چندان به قدرت توضیح‌دهندگی مدل اضافه نکرده اند؛ و این، مبین تأکید تئوریسین‌های ادوار تجاری حقیقی بر نقش پول به‌عنوان واسطهٔ مبادلات است.

حسین کاکاوند (۱۳۸۷) در رسالهٔ دکتری خود تحت عنوان «تبیین آثار درآمدهای نفتی و سیاست پولی»، درقالب یک الگوی سیکل تجاری واقعی برای اقتصاد ایران، قابلیت کاربرد الگوهای تعادل عمومی پویای تصادفی را –که حالت تعمیم‌یافتهٔ الگوهای سیکل‌های تجاری حقیقی است – بررسی کرده و به

1. Stock and Watson
2. Tsay
3. Clements, Franses and Swanson
4. Marcellino
5. Non Lsinear Auto Regressive
6. Treshold Auto Regressive
7. Non Linear Regression Model
8. Smooth Transition Regression

این نتیجه رسیده است که برآورد الگوی ادوار تجاری حقیقی بر الگوهای کینزی جدید اولویت دارد و با آن می‌توان جنبه‌هایی از واقعیات اقتصاد ایران را توضیح داد.

علی حبیب‌نیا (۱۳۸۹) در پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد خود با عنوان «پیش‌بینی قیمت جهانی طلا»، علاوه بر مدل‌های غیرخطی دیگر، از مدل رگرسیون غیرخطی انتقال هموار با حافظهٔ بلندمدت FI-STR نیز بهره برده و نتایج پیش‌بینی او نشان‌دهندهٔ کارآیی قابل قبول مدل ذکرشده است.

گرنجر[1]، تراسورتا[2] و اندرسون[3] (۱۹۹۳) در مقاله‌ای با عنوان «ساخت مدل‌های غیرخطی برای سیکل‌های تجاری»، به‌طور کامل، مدل رگرسیون انتقال هموار (STR) را به‌عنوان یک مدل غیرخطی مناسب برای پیش‌بینی معرفی کرده‌اند. به‌اعتقاد آنها، در وهلهٔ اول مهم این است که خطی‌بودن درمقابل غیرخطی‌بودن آزمون شود و فقط درصورتی‌که خطی‌بودن رد شد، مدل غیرخطی ساخته شود.

تراسورتا، دیجک[4] و مارسلینو (۲۰۰۵)، سری‌های زمانی کلان اقتصادی را پیش‌بینی کرده‌اند. نتیجهٔ کلی نشان‌دهندهٔ نتایج قابل قبول با استفاده از مدل LSTR است. آنان همچنین خاطرنشان کرده‌اند که لازمهٔ ساختن مدل‌های غیرخطی، احتیاط در مراحل مدل‌سازی است که اثر مثبتی برروی دقت پیش‌بینی می‌گذارد.

تراسورتا (۲۰۰۵) در مقاله‌ای با عنوان «پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی با مدل‌های غیرخطی» و کوک و تراسورتا (۲۰۱۰) در تحقیق خود با عنوان «پیش‌بینی با مدل‌های غیرخطی سری زمانی»، چندین مدل غیرخطی ازجمله STR را معرفی کردند و نشان دادند که پیش‌بینی با مدل‌های غیرخطی بسیار برتر از پیش‌بینی با مدل‌های خطی است. ترکیب چند مدل غیرخطی نیز امر پیش‌بینی را آسان‌تر می‌کند.

همتی، مهرآرا و سایه‌میری (۲۰۱۱) هم در مقالهٔ خود با عنوان «دیدگاه تازه در ارتباط بین درآمد و بازیافت آب در بخش صنعت»، از مدل STR به‌عنوان یک مدل غیرخطی کارآ برای تخمین داده‌های خود استفاده کردند.

معرفی مدل رگرسیون انتقال هموار (STR)

شکل استاندارد مدل STR بصورت زیر است:

$$y_t = \varphi z_t + \theta z_t G(y, s_t, c) + u_t = \{\varphi + \theta G(y, s_t, c)\} + u_t \quad (۱)$$

$$T= 1,\ldots,T$$

تابع انتقال $G(\gamma, S_T, C)$ یک تابع کران برحسب متغیر گذار[5] ، Zt و St بردار متغیرهای توضیحی ، و پارامتر شیب است.

$C = (c_1 , c_2 , \ldots , c_k)$، برداری از پارامترهای موضعی[6] است، به‌نحوی‌که $c_1 \leq c_2 \leq \ldots \leq c_k$ است. آخرین عبارت در معادلهٔ بالا بیانگر این است که مدل را می‌توان به این صورت نیز تفسیر کرد: «یک مدل خطی با ضرایبی که به‌طور تصادفی درطی زمان تغیر می کنند»[7]. براساس مطالعات صورت‌گرفته، تابع گذار[8] تابعی لاجستیک است که معادلهٔ عمومی آن به‌صورت است:

$$F(\gamma,s_t,c) = (1 + \exp\{-\gamma \prod_{k=1}^{k}(s_t - c_t)\})^{-1}, \gamma > 0 \quad (۲)$$

در این معادله، همواره $\gamma > O$ است؛ و اگر دو معادلهٔ بالا را با هم درنظر بگیریم، به مدل STR لاجستیک (LSTR)[9] می‌رسیم.

عموماً مقادیر رایج برای k در مطالعات $k=1$ و $k=2$ است. برای $k=1$، پارامترهای $\varphi + \theta G(\gamma , St , c)$ به‌عنوان تابعی از St به‌صورت یکنواخت از φ به $\varphi + \theta$ تغییر می‌کنند اما برای $K = 2$ به‌صورت متقارن حول نقطهٔ میانی $(C1 + C2)/2$ (وقتی که این تابع لاجستیک به مقدار مینیمم خود می رسد) تغییر می‌کنند. مینیمم بین صفر و نیم قرار می‌گیرد. وقتی $\gamma \to \infty$ مینیمم به صفر می‌رسد و برابر نیم می‌شود و وقتی $C2 = C1$ ، پارامتر γ شیب را $C2$ و $C1$و محل تابع گذار را منتقل می‌کنند.

مدل LSTR با $k = 1$ (مدل LSTR1)، قابلیت مدل‌سازی رفتار متقارن متغیرها را دارد؛ برای مثال، تصور کنید که St به اندازه‌گیری فاز (دوره) سیکل تجاری می‌پردازد. مدل LSTR1 می‌تواند برای توصیف فرایندهایی که ویژگی‌های پویایی (دینامیک) آنها از یک رژیم به رژیم دیگر متفاوت است (و به عبارتی، در دوره های رونق، رفتاری متفاوت از دوره‌های رکودی دارند) و انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر به‌صورت ملایم انجام می‌گیرد، مدلی قابل اتکا و مناسب باشد. اما مدل $(K = 2)$ $LSTR2$ برای شرایطی مناسب است که فرایند تعدیل دینامیک در مقادیر بالا و پایین St رفتاری مشابه داشته باشد و فقط در مقادیر میانی رفتاری متفاوت از خود نشان دهد.

اگر $\gamma = 0$ باشد، تابع گذار $G(\gamma = St, C) =$ 0.5 خواهد شد و بنابراین مدل STR به یک مدل خطی تبدیل می‌شود. از سوی دیگر، وقتی $\gamma \to \infty$، مدل LSTR1 به مدل رگرسیونی تغییر وضعیت با دو رژیم (که دو رژیم آن واریانس

1. Clive W. J. Granger
2. Timo Terasvirta
3. Heather M. Anderson
4. Dick van. Dijk
5. Transition variable
6. Local parameters
7. Time- Varying parameters
8. Transition function
9. Logistic Smooth Transition Regression

برابر با هم دارند) تبدیل می‌شود. در مدل LSTR2، اگر $\gamma \to \infty$، مدل STR به مدل تغیر وضعیت دیگری با سه رژیم تبدیل می‌شود، به‌نحوی‌که رفتار متغیر در رژیم میانی متفاوت از دو رژیم دیگر است و دو رژیم بالایی و پایینی رفتاری مشابه خواهند داشت.

توجه به این نکته حائز اهمیت است که یک مدل جایگزین (ساده‌تر) برای LSTR2 وجود دارد که مدلSTR نمایی (ESTR)[1] نامیده می‌شود.

$$G_E(\gamma, S_T, C) = 1 - \exp\{-\gamma (s_t - c_1^*)\}^2 \quad \gamma > 0 \quad (۳$$

در مدل ESTR، تابع حول نقطهٔ ESTR، تابع حول نقطهٔ $St = Ct*$ متقارن است و و در مقادیر پایین و میانی متغیر، پارامتر شیب (γ) تقریباً مقدار یکسانی دارد؛ و از آنجا که این تابع یک پارامتر کمتر از مدل LSTR2 دارد، جانشین مناسبی برای مدل LSTR2 تلقی می‌شود. مدل ESTR در شرایطی که مقدار γ بزرگ بوده و $C_2 - C_1$ نیز با صفر فاصلهٔ معناداری داشته باشد، تخمین مناسبی از LSTR2 نیست ولی در سایر موارد می‌تواند جایگزین مناسبی باشد.

متغیر گذار St یک متغیر تصادفی و اغلب یکی از متغیرهای Zt است. البته متغیر گذار می‌تواند ترکیبی از چند متغیر نیز باشد؛ و در برخی موارد، متغیر گذار ممکن است تفاضل یکی از متغیرهای موجود در Zt باشد. درکل می‌توان گفت که مدل LSTR دو رژیم بالایی و پایینی دارد و رفتار پارامترها در دو رژیم متفاوت از یکدیگر است (به عبارت دیگر، این مدل برای مدل‌سازی رفتار نامتقارن پارامترها، مدل مناسبی است)؛ اما مدل ESTR دو رژیم بالایی و یک رژیم میانی دارد که پارامتر در دو رژیم حدی رفتاری مشابه با دو رژیم دیگر و در رژیم میانی رفتاری متفاوت از دو رژیم دیگر از خود نشان می‌دهد (و به عبارتی، این مدل برای مدل‌سازی متغیرهایی که رفتار متقارن از خود نشان می‌دهند، مدلی ایده‌آل است).

با ایجاد تغییراتی در مدل STR می‌توان به انواع دیگری از مدل‌های رگرسیونی انتقال دست یافت؛ برای مثال، در موردی که St = t باشد، مدل به یک مدل خطی تبدیل خواهد شد.

همچنین در وضعیت $St = yt - d$ یا $S_t = \Delta$ ، $d > 0$ ، مدل STR به یک مدل یک‌متغیرهٔ خودرگرسیونی انتقال هموار[2] تبدیل می‌شود. مدل STAR نمایی (ESTAR)، نوع تعمیم‌یافتهٔ مدلی است که هاگان و اُزاکی[3] (۱۹۸۱) معرفی کردند(تراسورتا، ۲۰۰۵).

پیش‌بینی

مدل رگرسیونی انتقال ملایم یک مدل رگرسیونی سری زمانی غیرخطی است که با توجه به قابلیت‌های آن می‌توان از آن به‌عنوان مدلی مناسب برای پیش‌بینی سیکل‌های تجاری استفاده کرد.

با توجه به عوامل اثرگذار بر سیکل‌های تجاری ــ که در قسمت تاریخچه و درقالب تئوری‌های اقتصادی عنوان شد ــ در این مقاله، علاوه بر مشاهدات تأخیری سری زمانی GDPحقیقی، مشاهدات تأخیری سری زمانی شاخص تولیدات صنعتی(IP)، شاخص قیمت مصرف‌کننده(CPI)، نرخ بیکاری(UNEMP)، نرخ بهره(r)، حجم پول((M1، M2 و شاخص S & P هم به‌صورت حقیقی، فصلی و تعدیل‌شده از سال ۱۹۸۲ تا پایان سال ۲۰۱۰ به‌عنوان ورودی‌های اثرگذار در مدل وارد شده‌اند.

آزمون ایستایی (بررسی مانایی متغیرها)

هنگامی‌که یک رگرسیون سری زمانی با وجود متغیرهای نامانا برآورد می‌شود، همواره این احتمال وجود دارد که رگرسیون به‌دست‌آمده کاذب باشد و درواقع نامانایی سری‌های زمانی (داشتن ریشهٔ واحد) ممکن است به رگرسیون جعلی منجر شود. بنابراین، به‌کارگیری روش‌های معمول اقتصادسنجی با استفاده از داده‌های آماری نامانا موجب خواهد شد آزمون‌های F، Tو R2 اعتبار لازم را نداشته باشد و محقق به استنباط‌های غلطی درمورد شدت و میزان ارتباط بین متغیرها کشانده شود(اندرس، ۱۳۸۶).

برای تعیین ایستایی متغیرها، روش‌های مختلفی در ادبیات اقتصادسنجی وجود دارد (ازقبیل آزمون‌های دیکی ـ فولر تعمیم‌یافته، فیلیپس ـ پرون، الیوت ـ رتنبرگ، ...)؛ لذا ابتدا مانا یا نامانا بودن کلیهٔ متغیرهای مدل بررسی می‌شود.

همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، مطابق آزمون‌های دیکی ـ فولر تعمیم‌یافته و فلیپس ـ پرون، متغیرهای الگو نامانا هستند و فرض صفر وجود ریشهٔ واحد در سطح ۱٪ ، ۵٪ و ۱۰٪ رد نمی‌شود؛ و این نتیجه حکایت از آن دارد که سطح این متغیرها تحت تأثیر تکانه‌های دائمی قرار دارد، به‌طوری‌که متغیرها پس از هر تغییری، برای بازگشت به سمت روند خطی مشخص گرایش ندارند.

یکی از روش های مرسوم و متداول ماناکردن یک سری، روش تفاضل‌گیری است. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده

1. Exponential Smooth Transition Regression
2. Smooth Transition Autoregressive
3. Haggan, V. and T. Ozaki

می‌شود ، پس از تفاضل‌گیری مرتبهٔ اول، تمامی متغیرها در سطح ۱٪ ، ۵٪ و ۱۰٪ مانا شدند.

جدول۱. آزمون‌های ریشهٔ واحد

متغیر	آزمون دیکی ـ فولر تعمیم‌یافته					آزمون فیلیپس ـ پرون				
	t-Statistic	مقدار بحرانی ۱٪	مقدار بحرانی ۵٪	مقدار بحرانی ۱۰٪	Prob.	Adj. t-Stat	مقدار بحرانی ۱٪	مقدار بحرانی ۵٪	مقدار بحرانی ۱۰٪	Prob.
RGDP	-0/924	-3/490	-2/887	-2/580	0/7770	-0/848	-3/488	-2/886	-2/580	0/8009
CPI	0/160	-3/488	-2/886	-2/580	0/9689	0/188	-3/488	-2/886	-2/580	0/9708
IP	-1/625	-3/489	-2/887	-2/580	0/4664	-1/242	-3/488	-2/886	-2/580	0/6543
UNEMP	-1/902	-3/490	-2/887	-2/580	0/3304	-2/084	-3/488	-2/886	-2/580	0/2512
S&P	-1/346	-3/488	-2/886	-2/580	0/6058	-1/238	-3/488	-2/886	-2/580	0/6560
R	-1/929	-3/489	-2/887	-2/580	0/3180	-1/816	-3/488	-2/886	-2/580	0/3710
M1	-1/814	-3/489	-2/887	-2/580	0/3718	-1/739	-3/488	-2/886	-2/580	0/4087
M2	1/494	-3/488	-2/886	-2/580	0/9992	1/225	-3/488	-2/886	-2/580	0/9982

جدول ۲. آزمون‌های ریشهٔ واحد بعد از تفاضل‌گیری

متغیر	آزمون دیکی ـ فولر تعمیم‌یافته					آزمون فیلیپس ـ پرون				
	t-Statistic	مقدار بحرانی ۱٪	مقدار بحرانی ۵٪	مقدار بحرانی ۱۰٪	Prob.	Adj. t-Stat	مقدار بحرانی ۱٪	مقدار بحرانی ۵٪	مقدار بحرانی ۱۰٪	Prob.
RGDP	-3/134	-3/490	-2/887	-2/580	0/0269	-8/458	-3/488	-2/886	-2/580	0.0000
CPI	-8/058	-3/488	-2/886	-2/580	0/0000	-7/819	-3/488	-2/886	-2/580	0.0000
IP	-5/206	-3/489	-2/887	-2/580	0/0000	-4/060	-3/488	-2/886	-2/580	0.0016
UNEMP	-4/541	-3/490	-2/887	-2/580	0/0003	-13/148	-3/488	-2/886	-2/580	0.0000
S&P	-5/987	-3/488	-2/886	-2/580	0/0000	-6/024	-3/488	-2/886	-2/580	0.0000
R	-7/637	-3/489	-2/887	-2/580	0/0000	-9/647	-3/488	-2/886	-2/580	0.0000
M1	-4/761	-3/489	-2/887	-2/580	0/0001	-8/357	-3/488	-2/886	-2/580	0.0000
M2	-8/0034	-3/488	-2/886	-2/580	0/0000	-7/922	-3/488	-2/886	-2/580	0.0000

مراحل تصریح مدل رگرسیون انتقال هموار (STR)

برای تصریح این مدل غیرخطی، سه مرحلهٔ زیر باید انجام شود:

۱. تصریح یک مدل خطی، جهت ایجاد یک الگوی پایه برای آزمودن فرض صفر خطی‌بودن مدل؛

۲. انتخاب متغیر گذار و نوع مدل (پس از اطمینان از غیرخطی‌بودن مدل)؛

۳. تخمین پارامترهای مدل غیرخطی انتخاب‌شده.

برای اجرای مرحلهٔ اول ــ که تصریح یک مدل خطی است ــ با توجه به وجود متغیرهای مستقل به‌غیر از وقفه‌های خود متغیر وابسته و وجود حالت‌های مختلف برای تصریح تابع خطی،از معیارهای آکائیک (AIC) و نیز شوارز (SIC) استفاده می‌شود.برای آزمودن فرض صفر خطی‌بودن و اجرای مدل STR، پس از ورود داده‌ها (۸۰ درصد از داده‌ها) و معرفی مدل خطی تصریح‌شده، نرم‌افزار قابلیت آزمودن تمامی متغیرها و روند را به‌عنوان متغیر گذار دارد و مدل پیشنهادی بین مدل‌های لجستیک و نمایی LSTR و ESTR نیز ارائه می‌شود.

چنان‌که در نتایج (جدول ۳) مشاهده می‌شود، با توجه به آمارهٔ p-value آزمون‌های F می‌توان برداشت کرد که متغیر گذار (γ)، روند (TREND) بوده و مدل پیشنهادی و متناسب با داده‌ها LSTR2 است.

در مرحلهٔ بعد، پارامترهای بخش خطی و غیرخطی مدل رگرسیون انتقال هموار تخمین زده می‌شود؛ که نتایج تخمین ضرایب، در خروجی نرم‌افزار (جدول۴) ارائه شده است.

جدول۳. آزمون فرض صفر خطی‌بودن و مشخص‌کردن متغیر گذار

TESTING LINEARITY AGAINST STR

variables in AR part: CONST rgdp(t-1) rgdp(t-2) rgdp(t-3) rgdp(t-4) dunem(t) dsp(t) dr(t) dm2(t) dip(t
param. not under test:
sample range: [5, 114], T = 110

p-values of F-tests (NaN - matrix inversion problem):

transition variable	F	F4	F3	F2	suggested model
rgdp(t-1)	1.2581e-02	2.9557e-02	4.5004e-01	2.7076e-02	LSTR1
rgdp(t-2)	3.5947e-01	5.3814e-01	3.0016e-01	2.7624e-01	Linear
rgdp(t-3)	5.4877e-02	2.4682e-01	3.2497e-02	3.3957e-01	Linear
rgdp(t-4)	5.5704e-01	9.4044e-01	8.7144e-02	4.3595e-01	Linear
dunem(t)	8.5610e-02	8.7003e-02	1.6694e-01	5.7871e-01	Linear
dsp(t)	2.7433e-02	5.9762e-02	2.0405e-01	1.4297e-01	LSTR1
dr(t)	1.0836e-01	3.7695e-02	9.8711e-01	5.4351e-02	Linear
dm2(t)	1.0815e-01	1.2433e-01	4.7157e-01	1.5002e-01	Linear
dip(t)	4.3004e-01	7.7722e-01	3.8434e-01	9.3469e-02	Linear
dcpi(t)	2.6455e-02	5.0631e-02	3.6172e-01	7.0291e-02	LSTR1
dunem(t-1)	4.6736e-01	7.5633e-01	2.4480e-01	2.7405e-01	Linear
dsp(t-1)	3.2205e-01	5.1850e-01	4.4879e-01	1.1893e-01	Linear
dr(t-1)	3.9165e-01	8.8758e-01	2.5464e-01	5.9010e-02	Linear
dm2(t-1)	4.9418e-01	8.3297e-01	2.1684e-01	2.5152e-01	Linear
dm1(t-1)	1.9583e-02	1.6667e-01	1.8849e-02	2.2441e-01	LSTR2
dip(t-1)	8.1779e-02	4.1183e-01	2.7871e-02	2.9197e-01	Linear
dcpi(t-1)	1.3260e-02	1.7896e-01	2.7377e-01	2.0383e-03	LSTR1
TREND*	7.6805e-03	4.6889e-02	1.4655e-02	4.3289e-01	LSTR2

جدول ٤. تخمین ضرایب و پارامترهای مدل رگرسیون انتقال هموار

dip(t)	-10.47603	-13.06973	4.4334	-2.9480	0.0043
dcpi(t)	-22.75560	-30.72560	12.2304	-2.5122	0.0142
dunem(t-1)	-29.63723	-41.62777	15.4716	-2.6906	0.0088
dsp(t-1)	0.00302	0.00353	0.0025	1.3929	0.0479
dr(t-1)	-3.83329	-5.50274	2.5163	-2.1868	0.0320
dm2(t-1)	3.97841	6.66470	3.2980	2.0208	0.0470
dm1(t-1)	31.86669	38.46925	13.1708	2.9208	0.0046
dip(t-1)	-10.27892	-14.24437	5.4401	-2.6184	0.0107
dcpi(t-1)	25.90732	31.90463	11.2895	2.8261	0.0061
---- nonlinear part ----					
CONST	-0.72060	-3.65760	3.4136	-1.0715	0.2875
rgdp(t-1)	4.56938	6.02925	2.9658	2.0329	0.0457
rgdp(t-2)	-5.44422	-5.86438	2.7598	-2.1249	0.0370
rgdp(t-3)	-4.85513	-6.38988	2.4753	-2.5814	0.0118
rgdp(t-4)	3.10743	4.28545	1.6517	2.5946	0.0114
dunem(t)	27.89025	38.52828	14.4213	2.6716	0.0093
dsp(t)	-0.30572	-0.39074	0.1360	-2.8739	0.0053
dr(t)	10.98541	15.05991	5.9544	2.5292	0.0136
dip(t)	10.57874	13.11558	4.4189	2.9681	0.0041
dcpi(t)	22.09519	30.24948	12.4326	2.4331	0.0174
dunem(t-1)	29.53671	41.53071	15.4799	2.6829	0.0090
dr(t-1)	3.92641	5.58994	2.5383	2.2023	0.0308
dm2(t-1)	-3.93196	-6.62652	3.3562	-1.9744	0.0521
dm1(t-1)	-31.27191	-37.84055	13.1589	-2.8757	0.0053
dip(t-1)	10.39754	14.38001	5.4622	2.6327	0.0103
dcpi(t-1)	-25.24260	-31.36807	11.4310	-2.7441	0.0076
Gamma	10.00000	21.19738	7.1766	2.9537	0.0042
C1	102.48276	102.03041	26.5362	3.8450	0.0003
C2	110.00000	102.03043	26.5362	3.8450	0.0003

AIC:	-9.6057e-01
SC:	-5.2231e-02
HQ:	-5.9215e-01
R2:	6.9403e-01
adjusted R2:	0.6968
variance of transition variable:	1017.5000
SD of transition variable:	31.8983
variance of residuals:	0.2943
SD of residuals:	0.5425

در پایان، برای محاسبهٔ RMSE (معیار مجذور مجموع مربعات خطا) این مدل، تابع کلی مدل رگرسیون غیرخطی انتقال هموار لجستیکی به‌صورت زیر استخراج می‌شود و داده‌های تست ــ که ۲۰ درصد انتهایی کل داده‌های تحقیق را دربر می‌گیرد – با تابع زیر تخمین زده می‌شوند:

(۴)

Y=1.076-4.583 * drgdp (-1) + 5.467 * drgdp (-2) + 4.734 * drgdp (-3) - 3.019 * drgdp (-4) - 10.476 * dip -22.755 * dcpi + 0.34 * dm2 -10.981 * dr+0.306 * dsp -27.965 * dunem -10.278 * dip (-1) + 25.907 * dcpi (-1) + 31.866 * dm1 (-1) + 3.978 * (dm2 (-1) - 3.833 * dr (-1) + 0.003 * dsp (-1) - 29.637 * dunem (-1) + (-0.72 + 4.569 * drgdp (-1) - 5.444 * drgdp (-2) - 4.855 * drgdp (-3) + 3.107 * drgdp (-4) + 10.578 * dip + 22.095 * dcpi +10.985 * dr -0.305 * dsp + 27.89 * dunem + 10.397 * dip (-1) - 25.242 * dcpi (-1) - 31.271 * dm1 (-1) -3.931 * dm2 (-1) + 3.926 * dr (-1) + 29.536 * dunem (-1)) * (1+EXP (-10 * (Trend-102.482)(Trend-110))) ^ (-1)

از مقایسهٔ داده‌های واقعی و داده‌های تخمین‌زده‌شده با تابع بالا، میزان **RMSE (1128/0)** به‌دست آمد.

نتیجه

از آنجا که رفتار داده‌های سری زمانی سیکل‌های تجاری غیرخطی هستند، در این مقاله، مدل‌سازی پیش‌بینی سیکل‌های تجاری براساس مدل غیرخطی رگرسیون انتقال هموار بررسی و از معیار RMSE برای ارزیابی عملکرد آن استفاده شد. ارزیابی یک مدل، زمانی امکان‌پذیر است که بتوان مقادیر پیش‌بینی‌شده را با مقادیر واقعی مقایسه کرد، تا از اختلاف میان این دو، مقدار خطای پیش‌بینی تعیین شود. بی‌تردید هر مدلی که خطای کمی داشته باشد، کارایی بالایی دارد و برای پیش‌بینی مناسب است. مجذور مجموع مربعات خطا در این تحقیق ۰/۱۱۲۸ بود که نشان‌دهندهٔ قابلیت این مدل در راستای هدف مقاله است. درنتیجه می‌توان از این رویکرد در پیش‌بینی سایر متغیرهای کلان اقتصادی چه به‌صورت یک مدل انفرادی و چه به‌صورت ترکیب با سایر مدل‌های غیرخطی استفاده کرد.

کتابنامه

اندرس، والتر. ۱۳۸۶. اقتصادسنجی سری‌های زمانی با رویکرد کاربردی. ترجمهٔ دکتر مهدی صادقی و سعید شوال‌پور. چاپ اول. انتشارات دانشگاه امام صادق(ع).

حبیب‌نیا، علی. ۱۳۸۹. پیش‌بینی قیمت جهانی طلا (با استفاده از مدل‌سازی شبکهٔ فازی ـ عصبی بهینه‌شده توسط الگوریتم ژنتیک (GA-ANFIS) و رگرسیون غیرخطی انتقال ملایم با حافظهٔ بلندمدت (FI-STR)) (پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد)، دانشکدهٔ اقتصاد دانشگاه تهران.

سلطانی، زهرا. ۱۳۸۰. بررسی تئوری‌های ادوار تجاری و کاربرد آن در اقتصاد ایران (رسالهٔ دکتری)، دانشکدهٔ اقتصاد دانشگاه تهران.

کاکاوند، حسین. ۱۳۸۷. تبیین آثار درآمدهای نفتی و سیاست‌های پولی (رسالهٔ دکتری)، دانشکدهٔ اقتصاد دانشگاه تهران.

محمدعلی، هانیه. ۱۳۸۹. علل پیدایش سیکل‌های تجاری در اقتصاد ایران (پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد)، دانشکدهٔ اقتصاد دانشگاه تهران.

Granger, Clive W. J.; Terasvirta, Timo & Anderson, Heather M. 1993. "Modeling Nonlinearity over the Business Cycle", Business Cycles, Indicators and Forecasting, National Bureau of Economic Research, Vol. 28.

Haggan, V. and T. Ozaki, 1981,

"Modelling Non-linear Random Vibrations Using an Amplitude-dependent Autoregressive Time Series Model", Biometrika 68: 189-196.

Kock, Anderson Bredahl & Trasvirta,Timo. 2010. Forecasting with Nonlinear Time Series Models. Aarhus University, DK-800 Aarhus C, Denmark.

Marcellino, M. 2002. "Instability and Non-linearity in the EMU", Discussion Paper, No. 3312, Center for Economic Policy Research

Marcellino, M. 2005. "Forecasting EMU Macroeconomic Variables", International Journal of Forecasting 20.

Economics and Finance 598.

Trasvirta,Timo; Dijk, Dick van. & Medeiros, Marcelo C. 2005. "Linear Models, Smooth Transition Autoregressions, and Neural Networks for Forecasting Macroeconomic Time Series: A Re-examination", International Journal of Forecasting 21.

Tsay, R. S. 2002. Nonlinear Models and Forecasting. Oxford. (p. 453-484).

Stock, J. H. and Watson, M. W. 1999. A Comparison of Linear and Nonlinear Univariate Models for Forecasting Macroeconomic Time Series. Oxford University Press. (p. 1-44(

Trasvirta, Timo. 2005. "Forecasting Economic Variables with Nonlinear Models", Working Paper Series in