

# طراحی یک الگوی خود توضیح برداری عاملی تعمیم یافته (FAVAR) برای اقتصاد ایران با تاکید بر شوک های نفتی و پولی

حسن حیدری<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۷

## چکیده

اخیرا توجه زیادی به مدل های معطوف شده است که در آنها از مجموعه گسترده تری از اطلاعات اقتصادی استفاده می شود. این امر با ابداع مدل های FAVAR از طریق تلفیق مدل های سنتی VAR با یک یا چند عامل غیر قابل مشاهده امکان پذیر شده است. بر خلاف این سیر گسترده از مطالعات در زمینه به کارگیری مدل های تکامل یافته FAVAR، مطالعات داخلی در این زمینه بسیار محدود است و هنوز این روشها به صورت گسترده ای درباره اقتصاد ایران به کار گرفته نشده اند. از این رو در این مقاله تلاش شده است تا یک مدل FAVAR برای اقتصاد ایران برآورد شود تا در آن با تاکید بر شوک های نفتی و شوک های پولی بتوان واکنش دسته گسترده ای از متغیرهای اسمی و حقیقی را برآورد کرد. بدین منظور مجموعه ای از ۳۵ متغیر مهم اقتصاد ایران در دامنه زمانی سالهای ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۳ برای برآورد الگو انتخاب شد. نتایج حاصل از برآورد توابع واکنش الگوی FAVAR نشان داد که واکنش «بخش حقیقی» اقتصاد ایران به شوک مثبت درآمدهای نفتی مثبت و معنادار است و مدت زمان تقریباً ۵ سال طول می کشد که اثر آن به طور کلی تخلیه شود. همچنین واکنش «بخش اسمی» اقتصاد ایران به یک شوک مثبت درآمدهای نفتی نیز در ابتدا مثبت اما بی معنا بوده و نسبت به واکنش بخش حقیقی سریع تر و کوتاه تر و نوسانی تر است. همچنین نتایج نشان می دهد که متغیرهای اسمی به شوک پایه پولی واکنشی مشابه و مثبت نشان می دهند اما اثر این شوک موقتی و در حد ۲ تا ۴ سال است.

**واژه های کلیدی:** درآمد نفتی، مدل های FAVAR، شوک پولی.

**طبقه بندی JEL:** E5, C32.

Email: hassan.heydari@modares.ac.ir

۱. استادیار اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس، نویسنده مسئول

## ۱. مقدمه

مدل های VAR به طور گسترده ای برای تجزیه و تحلیل تاثیر شوک ها بر متغیرها و بخش های مختلف اقتصادی به کار گرفته می شوند. اما یکی از اصلی ترین ویژگی های این مدل ها این است که نمی توان تعداد زیادی از متغیرها را در آن به کار گرفت. از دلایل اصلی برای به کارگیری تعداد اندک متغیرها در مدل های سنتی VAR این است که با افزایش تعداد متغیرهای به کار گرفته شده در این الگو به سرعت از درجه آزادی آن کاسته می شود، زیرا در هر معادله، متغیر وابسته بر روی وقفه های خودش و وقفه های سایر متغیرهای الگو برآورد می شود. لذا امکان به کارگیری تعداد زیادی از متغیرها در این الگو وجود ندارد. تعداد اندک متغیرها در مدل های مرسوم و سنتی VAR سبب می شود که در تحلیل اثرات شوک ها بر اقتصاد از اطلاعات موجود در آمارهای اقتصادی به صورت کارآمدی استفاده نشود، بلکه تنها از تعداد محدودی از متغیرها به صورت گزینشی استفاده می شود و لذا ارزیابی اثرات شوک ها بر اقتصاد نیز جامع و کامل نخواهد بود.

درواقع مدل های سنتی VAR که معمولاً برای ارزیابی سیاست اقتصادی به کار گرفته می شوند، تنها شامل تعداد اندکی از متغیرها هستند. این در حالیست که سیاست گذاران اقتصادی در سازمان های دولتی و بانکهای مرکزی تعداد زیادی از متغیرها را در هنگام طراحی سیاست و نیز ارزیابی آن به کار می گیرند. در این شرایط اگر متغیرهای مهمی از مدل VAR به هر دلیلی کنار گذاشته شده باشند، مدل از نظر مجموعه اطلاعاتی که حامل آن است، دچار نقصان شده و بنابراین تخمین های توابع واکنش به شوک ها تورش خواهند داشت. از سوی دیگر، تصمیم گیری درباره اینکه آیا یک متغیر باید در داخل مدل باقی بماند یا خیر بسیار سخت خواهد بود، بنابراین ممکن است این پیشنهاد مطرح شود که همه متغیرهایی که اطلاعاتی درباره موضوع مورد نظر دارند، در مدل لحاظ شوند. اما مدل های سنتی VAR به دلیل محدودیت درجه آزادی چنین امکانی را فراهم نمی کنند. علاوه بر آن در بسیاری از موارد سیاست گذاران و تحلیل گران اقتصادی مایل به ارزیابی تاثیر شوک ها،

مثلا شوک پولی در سطحی جزئی تر<sup>۱</sup> از سطوح معمول جمعی<sup>۲</sup> متغیرها مانند سطح عمومی قیمت ها و تولید کل هستند. مثلا ممکن است واکنش قیمت های بخشی در کنار هم و نیز سطح فعالیت ها در زیربخش ها نیز مد نظر باشد. چنین سطحی از جزئی نگری در مدلسازی نیازمند به کارگیری داده هایی جزئی تر و بسیار گسترده تر است که مجددا با محدودیت مدل های سنتی VAR در لحاظ تعداد زیاد متغیرها امکان آن وجود ندارد، زیرا با افزایش تعداد متغیرها به سرعت تعداد پارامترهای برآوردی در مدل افزایش یافته و درجه آزادی آن کاسته می شود. همچنین دقت تخمین های این مدل ها نیز با کاهش درجه آزادی به سرعت کاهش می یابد (کیلان و لوتکپل، ۲۰۱۷).<sup>۳</sup>

با توجه به این مشکلات، اخیرا توجه زیادی به مدل هایی معطوف شده است که در آنها از مجموعه گسترده تری از اطلاعات اقتصادی استفاده می شود. این امر با تکمیل کردن مدل های سنتی VAR با استفاده از یک یا چند "عامل"<sup>۴</sup>، امکان پذیر شده است. اولین مطالعات پیشرو در این زمینه عبارتند از برنانکه و بویوین، ۲۰۰۳، و برنانکه، بویوین و الیاسز، ۲۰۰۴.<sup>۵</sup> دستاورد این دو مطالعه این بوده است که مدل سنتی VAR را با اضافه نمودن چند عامل تکمیل کرده اند. پس از این مطالعه، مقالات دیگری نیز منتشر شده است که مطالعات مشابهی را انجام داده اند و هر یک نوآوری خاصی را در این زمینه انجام داده اند که از آن جمله می توان به استوک و واتسون، ۲۰۰۵، دیو، درستلر و ژانگ، ۲۰۰۹،<sup>۶</sup> و بویوین، کیلی و میشکین، ۲۰۱۰<sup>۸</sup> و کیلیان و لوتکپل، ۲۰۱۷<sup>۹</sup> (فصل ۱۶) اشاره نمود. بر خلاف این سیر گسترده از مطالعات در زمینه به کارگیری مدل های تکامل یافته

1. disaggregate level
2. aggregate level
3. Killian and Lutkepohl
4. Factors
5. Bernanke and Boivin, Bernanke, Boivin and Elias
6. Stock and Watson
7. Dave, Dressler, and Zhang
8. Boivin, Kiely, and Mishkin
9. Killian and Lutkepohl

FAVAR، مطالعات داخلی در این زمینه بسیار محدود است و هنوز این روش ها به صورت گسترده ای درباره اقتصاد ایران به کار گرفته نشده اند. از این رو در این مقاله تلاش شده است تا یک مدل FAVAR برای اقتصاد ایران برآورد شود تا در آن با تاکید بر شوک های نفتی و شوک های پولی بتوان واکنش دسته گسترده ای از متغیرهای اسمی و حقیقی را برآورد کرد.

مقاله حاضر در شش بخش تنظیم شده است. در بخش اول ادبیات نظری الگوهای FAVAR تبیین شده است، سپس در بخش دوم مطالعات تجربی پیشین در این زمینه مرور شده است. در بخش سوم ساختار الگوی FAVAR و نحوه برآورد آن معرفی شده است و در بخش چهارم یک الگوی FAVAR با تاکید بر شوک های نفتی و پایه پولی برای اقتصاد ایران تصریح شده است. در بخش پنجم الگوی مذکور با استفاده از داده های اقتصاد ایران برآورد شده و در بخش آخر نتیجه گیری مقاله ارائه گردیده است.

## ۲. مبانی نظری مدل های FAVAR

پیروی مطالعات برنانکه و بلایندر، ۱۹۹۲<sup>۱</sup> و سیمز، ۱۹۹۲<sup>۲</sup>، حجم بسیار گسترده ای از مطالعات با استفاده از الگوی خود توضیح برداری (VAR) به طور گسترده ای برای ارزیابی تاثیر سیاست های اقتصادی بر بخش های مختلف اقتصاد، بویژه مکانیسم انتقال پولی به کار گرفته شد. با این حال، به دلیل اینکه مدل های VAR از تعداد اندکی متغیر استفاده می کنند، کوچک مقیاس بوده و همین نیز یکی از انتقادات وارد بر این مدل ها بوده است. به طور خاص، مشکل مهم مدل های VAR این بوده است که مجموعه اطلاعاتی که از آن برای تجزیه و تحلیل سیاست های اقتصادی و واکنش اقتصاد به آن استفاده می کند، بسیار کوچک و محدود بوده و بنابراین حاوی اطلاعات ناقصی درباره مکانیسم تاثیر گذاری سیاست مذکور بر اقتصاد خواهد بود. مثلاً در زمینه سیاست پولی این انتقاد به مدل های مرسوم VAR وارد می شود که سیاست گذاران پولی برای طرح ریزی سیاست ها به مجموعه

1. Bernanke and Blinder
2. Sims

گسترده‌ای از متغیرها توجه می‌کنند. بنابراین عدم لحاظ آنها در مدلسازی به دلیل محدودیتهای مدل VAR سبب می‌شود اعتبار نتایج تجربی حاصل از توابع ضربه-پاسخ که از این مدل‌ها حاصل می‌شود زیر سوال برود.<sup>۱</sup>

مشکل اصلی مدل VAR این است که تعداد پارامترها با افزایش تعداد متغیرها به سرعت افزایش می‌یابد و در نتیجه درجه آزادی نیز کاهش پیدا می‌کند. به همین دلیل در عمل تنها می‌توان تعداد محدودی متغیر را در داخل یک الگوی VAR معمول جای داد. در این صورت اگر متغیر یا متغیرهای دیگری خارج از الگو باشند که در فرآیند مورد بررسی اهمیت داشته و نقش مهمی داشته باشند، در این صورت تورش ناشی از حذف آنها به کل سیستم سرایت کرده و نتایج را تحت تاثیر قرار می‌دهد. برنانکه، بویوین و الیاسز، ۲۰۰۴<sup>۲</sup> به سه مشکل و پیامد ناشی از این مساله اشاره کرده‌اند. پیامد اول این است که اگر الگوی VAR حاوی اطلاعاتی نباشد که بانک‌های مرکزی و بخش خصوصی در فرآیند طرح‌ریزی سیاست پولی و واکنش به آن مد نظر قرار می‌دهند، نتایج تجربی آن نیز مخدوش خواهد بود. مثال معروف این موضوع یافته‌های تجربی مدل‌های VAR مبنی بر این است که برخلاف انتظارات نظری، انقباض در سیاست پولی با یک افزایش در سطح قیمت‌ها همراه است که سیمز، ۱۹۹۲، از آن به عنوان «معمای قیمت»<sup>۳</sup> نام می‌برد. سیمز، ۱۹۹۲، این معما را ناشی از نقص اطلاعات تجربی درباره مجموعه اطلاعاتی می‌داند که در اختیار بانک‌های مرکزی است و در عمل بر اساس آن تصمیم‌گیری می‌کنند.

مشکل دوم ناشی از این است که در مدلسازی مرسوم VAR سعی می‌شود مفاهیم نظری مانند «سطح عمومی قیمت‌ها» و «سطح فعالیت‌های اقتصادی» با متغیرهای واقعی مانند شاخص CPI و تولید ناخالص داخلی جایگزین شوند، درحالی‌که این مفاهیم بسیار گسترده‌تر از آن هستند که تنها بتوان با یک یا دو متغیر محدود آنها را مدلسازی کرد.

- 
1. Soares
  2. Bernanke, Boivin and Elias
  3. Price Puzzle

مشکل سوم این است که توابع ضربه-پاسخ که از یک الگوی VAR حاصل می شود تنها محدود به متغیرهایی است که در همان الگو به کار گرفته شده اند. به توجه به تعداد کم این متغیرها در یک الگوی مرسوم VAR، این امکان وجود ندارد که توابع ضربه-پاسخ برای طیف گسترده تری از متغیرها نیز به کار گرفته شوند. این درحالیست که اثرات واقعی یک سیاست ممکن است بر طیف بسیار گسترده تری از متغیرها وارد شود.

به دلیل این انتقادات بود که مدل سازی اقتصادی به سمت کاربرد طیف وسیع تر و گسترده تر متغیرهای اقتصادی متمایل شد. «الگوهای پویای عاملی»<sup>۱</sup> از این دسته مدل ها هستند که در آن می توان بین طیف گسترده ای از متغیرها ارتباط برقرار کرد. اگرچه استفاده از این الگوها برای تجزیه و تحلیل های اقتصاد کلان به حدود یک دهه اخیر باز می گردد، اما اولین تلاشها در این زمینه به مطالعات گوک،<sup>۲</sup> ۱۹۷۷، و سارجنت و سیمز،<sup>۳</sup> ۱۹۷۷، باز می گردد. در حال حاضر از نظر تجربی دو رویکرد برای تخمین این الگوها مرسوم است که عبارتند از رویکرد تجزیه و تحلیل عوامل عمده<sup>۴</sup> (PC) و رویکرد مبتنی بر حداکثر درست نمایی<sup>۵</sup> (ML). برای تخمین با استفاده از روش PC دو رویکرد عمده در ادبیات ظهور کرده است. رویکرد اول موسوم به «تجزیه و تحلیل دامنه زمانی»<sup>۶</sup> مرسوم تلاش های استوک و واتسون،<sup>۷</sup> ۱۹۹۸، ۱۹۹۹، ۲۰۰۲a و ۲۰۰۲b، بوده و مبتنی بر برآورد الگوی عاملی ایستا با استفاده از روش PC<sup>۸</sup> است. رویکرد دوم موسوم به «دامنه فراوانی»<sup>۹</sup> مبتنی بر الگوی عاملی پویا<sup>۱۰</sup> است که به وسیله فورنی و همکاران،<sup>۱۱</sup> ۲۰۰۰، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵، معرفی شد. همچنین در زمینه تخمین با استفاده از روش حداکثر درست نمایی نیز برجسته ترین

1. Dynamic Factor Models (DFM)
2. Geweke
3. Sargent and Sims
4. Principal Component Analysis
5. Maximum Likelihood
6. Time Domain Analysis
7. Stock and Watson
8. Static Principal Component
9. Frequency Domain Approach
10. Dynamic Principal Component
11. Forni et. al

مطالعات توسط دوز و همکاران،<sup>۱</sup> ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷، و همچنین ریز و واتسون،<sup>۲</sup> ۲۰۰۷، انجام شده است.

اولین بار برنانکه و دیگران، ۲۰۰۵، با استفاده از رویکرد استوک و واتسون به الگوهای عاملی، آنرا با الگوی VAR ترکیب کردند. آنها الگوی حاصل شده را الگوی خود توضیح برداری عاملی تعمیم یافته (FAVAR)<sup>۳</sup> نام گذاری کردند. به اعتقاد آنان، به دلیل اینکه الگوی مذکور امکان به کارگیری تعداد زیادی متغیر و ترکیب آنها به صورت عوامل<sup>۴</sup> را می دهد، لذا مشکل کاهش درجه آزادی که در الگوهای VAR مرسوم وجود دارد نیز حل می شود، ضمن اینکه می توان برای طیف بسیار گسترده ای از متغیرها توابع ضربه-پاسخ استخراج نمود. همچنین به دلیل به کارگیری تعداد بسیار زیادی از متغیرها در الگو، می توان نقصان اطلاعات در الگوی VAR برای مدلسازی رفتار سیاستگذاران اقتصادی را نیز حل نمود.

الگوهای FAVAR در حال تکامل سریع هستند. پیشرفت های زیادی در این مدل ها بویژه با ترکیب آنها با سایر مدل ها از جمله مدل های خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر<sup>۵</sup> (TVP-VAR) که حاصل آن الگوی TVP-FAVAR می باشد، و همچنین استفاده از رویکردهای بیزی<sup>۶</sup> حاصل شده است. به هر ترتیب این شاخه از ادبیات به سرعت در حال گسترش است و به نظر می رسد در سال های آینده یکی از رویکردهای غالب در زمینه مدلسازی اقتصادی خواهد بود.

## ۲-۱. نمایش کلی از یک مدل FAVAR

اگرچه در ادامه جزئیات فنی این مدل تشریح می شود، اما لازم است ابتدا به صورت ساده تر توضیح داده شود که مدل FAVAR چگونه می تواند سه مشکل اصلی مدل های VAR را که در بالا اشاره شد، را حل می کند. این سه مشکل عبارتند از:

1. Doz et al
2. Reis and Watson
3. Factor Augmented VAR
4. Factors
5. Time Varying Parameter VAR
6. Bayesian Approach

۱- افزایش سریع تعداد پارامترها و عدم امکان به کارگیری تعداد زیادی از متغیرها و در نتیجه نقصان اطلاعاتی مدل،

۲- تناظر ناقص مفاهیم نظری مانند «سطح عمومی قیمت‌ها» و «سطح فعالیت‌های اقتصادی» با تعداد اندک متغیرهایی که به ناچار از بین چندین متغیر رقیب انتخاب می‌شوند،

۳- محدودیت در تصریح توابع ضربه-پاسخ برای تعداد اندک متغیرها و عدم امکان تصریح این توابع برای طیف گسترده‌ای از متغیرهایی که واقعا از یک شوک سیاستی تاثیر می‌پذیرند.

به طور ساده، یک مدل FAVAR شامل دو لایه است. لایه اول شامل تعداد زیادی از متغیرهایی است که در مجموع هر یک اطلاعاتی جزئی از بخش‌هایی از یک اقتصاد را نمایان می‌کنند، مثلا انواع شاخص‌های قیمت در سطوح زیربخش، و انواع متغیرهای حقیقی مرتبط با تولید و سرمایه‌گذاری مانند تولید و سرمایه‌گذاری در سطح زیربخش‌ها، و نیز تجارت، مصرف برق، و سایر نهاده‌ها که در سطح زیربخش‌های یک اقتصاد در جریان است. این لایه که در بخش ۲-۱ با معادله (۲) نشان داده می‌شود، سطح اثرگذاری شوک‌های مختلف بر اقتصاد را نشان می‌دهد که بر خلاف مدل‌های سنتی VAR در سطح اجزای اقتصاد به ما اطلاعاتی درباره نحوه واکنش این متغیرها به شوک‌ها ارائه می‌دهد. منتها برای اینکه مشکل درجه آزادی حل شود، در این لایه مفاهیم نظری مانند «سطح عمومی قیمت‌ها»، و «سطح فعالیت‌های اقتصادی» در قالب «عوامل» پنهان تعریف می‌شوند که از مجموعه گسترده‌ای از متغیرها در سطح زیربخش‌های اقتصاد تاثیر می‌پذیرند. تعداد این عوامل یا توسط محقق و بر اساس نظریه مورد بحث انتخاب می‌شوند یا بر اساس آزمون‌هایی خاص که در ادامه توضیح داده می‌شوند. به دلیل روش برآورد این عوامل پنهان که معمولا با روش تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی<sup>۱</sup> (PC) برآورد می‌شوند، هر چه تعداد متغیرهای تشکیل دهنده یک عامل پنهان بیشتر باشد، تخمین دقیق‌تری نیز از آن بدست خواهد آمد. در این مرحله مرحله تعداد زیاد متغیرهای الگو با هم یک یا چند عامل پنهان را می‌سازند که در لایه دوم مدل FAVAR به کار می‌آیند.

## 1. Principal Component Analysis

در لایه دوم، «عوامل» پنهان در کنار متغیرهای قابل مشاهده نماینده شوک‌هایی که به اقتصاد وارد می‌شوند، در قالب یک مدل VAR معمول در کنار هم قرار می‌گیرند (معادله (۱) در بخش ۱-۲). در این صورت مدل به صورت معمول برآورد شده و توابع واکنش عوامل پنهان به شوک‌ها تصریح می‌شود. سپس با استفاده از ارتباط بین متغیرهایی که در سطح زیربخش‌ها لایه اول را تشکیل داده‌اند، توابع واکنش طیف گسترده متغیرهای اقتصادی به شوک اقتصادی تصریح می‌شود (معادله (۶) در بخش ۳-۱).

در اینجا ممکن است این پرسش مطرح شود که در روش برآورد عوامل پنهان از طیف گسترده متغیرهای اقتصادی استفاده می‌شود، اما چگونه است که با افزایش تعداد این متغیرها، مشکل درجه آزادی برای مدل ایجاد نمی‌شود؟ پاسخ این است که اصولاً روش تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی (PC) مبتنی بر این است که تعداد هر چه بیشتر متغیرهایی که گمان می‌رود یک عامل پنهان را می‌سازند با یکدیگر ترکیب شده و هر متغیر را به صورت یک بردار در نظر گرفته می‌شود که هر یک وجهی از عامل پنهان را نمایندگی می‌کنند. سپس برداری ساخته می‌شود که برآیند همه این بردارها است که این بردار همان عامل پنهان است. در این روش مجموعه متغیرهای سازنده عوامل پنهان یک ماتریس را می‌سازند و عوامل پنهان با کمک ریشه‌های مشخصه و بردارهای ویژه آن ماتریس ایجاد می‌شوند. درواقع بردارهای عوامل پنهان متناظر با  $K$  مقدار ویژه که بزرگتر از سایر مقادیر ویژه این ماتریس هستند استخراج می‌شوند. بنابراین در این روش تعداد زیاد متغیرها تاثیری بر درجه آزادی مدل ندارد، بلکه برعکس هر چه تعداد این متغیرها بیشتر باشد، عوامل پنهان با دقت بیشتری برآورد می‌شوند، زیرا هر متغیر یک بعد از این عوامل را نمایندگی می‌کند و هر چه تعداد این متغیرها بیشتر باشد، ابعاد این عوامل پنهان با دقت بیشتری مشخص می‌شود.

با توجه به توضیحات داده شده، می‌توان گفت که روش FAVAR سه مشکل بیان شده مدل VAR سنتی را به این شکل حل می‌کند:

افزایش تعداد متغیرها در لایه اول این امکان را می‌دهد که اطلاعات بیشتری به مدل وارد شود، اما از آنجا که این متغیرها با روش‌هایی مانند روش PC با یکدیگر ترکیب می‌شوند، تعداد زیاد متغیرها مشکل درجه آزادی ایجاد نمی‌کند، چون درجه آزادی از

مدل مصرف نمی شود و روش PC اطلاعات بیشتر را با افزایش تعداد متغیرها کسب می کند. از سوی دیگر، با تعریف عوامل پنهان بر اساس ترکیبی از تعداد بسیار زیاد متغیرها، امکان تعریف مفاهیم نظری مانند «سطح عمومی قیمت ها» و «سطح فعالیت های اقتصادی» فراهم می شود و در نهایت با تصریح توابع واکنش برای طیف بزرگی از متغیرها در لایه اول، تأثیرات جزئی شوک های اقتصادی را بر اجزای یک اقتصاد نمایش می دهد. با توجه به توضیحات بیان شده در این بخش، اکنون می توان جزئیات تکنیکی این روش را در بخش های بعدی مقاله بهتر درک کرد.

## ۲-۲. ساختار الگوی FAVAR و نحوه برآورد آن

فرض کنید که  $Y_t$  با ابعاد  $M \times 1$  و  $X_t$  با ابعاد  $N \times 1$  دو بردار از متغیرهای اقتصادی هستند که ما قصد بررسی آنها را داریم و  $t=1, 2, \dots, T$  نیز نشانگر بعد زمان است. در واقع  $Y_t$  عبارت از متغیرهای برونزایی هستند که توسط سیاستگذاران اقتصادی کنترل می شوند (مثل پایه پولی) و یا در بیرون از اقتصاد تعیین می شوند (مثل درآمدهای نفتی) و  $X_t$  نیز یک مجموعه بزرگی از داده های اقتصادی مربوط به سایر متغیرهای اقتصادی است. فرض می کنیم که برخی از عوامل<sup>۱</sup> یا نیروهای بنیادی غیرقابل مشاهده وجود دارند که بر پویایی های  $X_t$  در طول زمان تأثیر می گذارند. اگر این عوامل را به صورت بردار  $F_t$  که دارای ابعاد  $K \times 1$  است نمایش دهیم، در این صورت پیروی برنانه و دیگران، ۲۰۰۵، می توان پویایی مشترک  $F_t$  و  $Y_t$  را در قالب معادله گذار<sup>۲</sup> به این صورت بیان کرد:

$$\begin{bmatrix} F_t \\ Y_t \end{bmatrix} = \Phi^*(L) \begin{bmatrix} F_{t-1} \\ Y_{t-1} \end{bmatrix} + v_t \quad (۱)$$

که در آن  $L$  عبارتست از عملگر وقفه،  $\Phi^*(L)$  عبارتست از چندجمله ای وقفه و  $v_t$  عبارتست از جمله اخلاص با میانگین صفر و ماتریس واریانس-کوواریانس  $Q$ . می توان معادله (۱) را به صورت زیر نیز نوشت:

$$\Phi(L) \begin{bmatrix} F_t \\ Y_t \end{bmatrix} = v_t \quad (۱')$$

که در آن  $\Phi(L) = I - \Phi^*(L)L = I - \Phi_1 L - \dots - \Phi_P L^P$  چندجمله ای وقفه از درجه  $P$  بوده و  $\Phi_i$  ها عبارتند از ماتریس ضرایب الگو. با توجه به استفاده از  $F_t$  ها به

1. Factors
2. Transition Equation

عنوان عوامل غیر قابل مشاهده، برنانکه و همکاران (۲۰۰۵) معادله (۱) را یک الگوی خود رگرسیونی برداری عاملی تعمیم یافته (FAVAR) می نامند.  $F_t$  ها که غیر قابل مشاهده هستند را می توان به عنوان نیروهای پیش ران اقتصاد<sup>۱</sup> تفسیر کرد. در عین حال بین  $X_t$ ،  $F_t$  و  $Y_t$  رابطه زیر برقرار است که به آن الگوی عوامل پویا<sup>۲</sup> گفته می شود:

$$X_t = \Lambda^f F_t + \Lambda^y Y_t + e_t \quad (2)$$

که در آن ماتریس  $\Lambda^f$  با  $N$  سطر و  $K$  ستون ضرایب عوامل<sup>۳</sup> بوده، ماتریس  $\Lambda^y$  با  $N$  سطر و  $M$  ستون ارتباط مستقیم بین متغیرهای برونزا و متغیرهای  $X_t$  را نشان می دهد و در نهایت  $e_t$  برداری  $N$  سطر از اجزای خطا است که میانگین صفر داشته و می تواند همبستگی های زمانی و مقطعی محدودی نیز داشته باشد. با توجه به اینکه  $K+M < N$  می باشد، (به این معنا که تعداد متغیرهای بردار  $X_t$  به اندازه کافی بزرگ هستند)، لذا در این صورت در مقایسه با مدل مرسوم VAR اطلاعات بیشتری از طریق  $F_t$  ها به الگوی FAVAR منتقل می شود، ضمن اینکه می توان توابع ضربه-پاسخ را نیز برای تمامی متغیرهای بردار  $X_t$  محاسبه کرد.

### ۳-۲. روش برآورد

برآورد الگوی FAVAR با دو رویکرد کلی امکان پذیر است. رویکرد اول که بیشتر نیز در ادبیات تجربی مرسوم شده است، رویکرد دو مرحله ای است. به این معنا که ابتدا معادله (۲) برآورد می شود، و سپس با استفاده از مقادیر برآوردی  $F_t$  ها در این مرحله، معادله (۱) برآورد می شود. رویکرد دوم مبتنی بر روش یک مرحله ای است که در آن عمدتاً با استفاده از روشهای برآورد بیزی و الگوریتم های نمونه گیری گیس کل سیستم به یکباره برآورد می شود. با توجه به اینکه رویکرد دو مرحله ای محاسبات کمتری نیاز دارد، در ادبیات تجربی از اقبال بیشتری نیز روبرو شده است.

در روش دو مرحله ای می توان ماتریسهای  $\Lambda$  و همچنین  $F_t$  ها را با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی<sup>۴</sup> (PC) برآورد کرد. به این معنا که با استفاده از تکنیک

1. Driving Forces of the Economy
2. Dynamic Factor Model
3. Factor Loadings
4. Principal Component Analysis

PC، از ماتریس  $X_t$  بردارهای مولفه های اصلی آن استخراج می شود. از بین این مولفه های اصلی تعداد  $K$  مولفه متناظر با  $K$  مقدار ویژه ماتریس  $X_t$  که از بزرگ به کوچک مرتب شده اند انتخاب می شود. درواقع بردارهای  $F_{it}$  متناظر با  $K$  مقدار ویژه که بزرگتر از سایر مقادیر ویژه هستند استخراج می شود. باید توجه کرد که برای اینکه ماتریس  $F$  و نیز ماتریس  $\Lambda$  متناظر با آن قابل تشخیص باشند، باید قید  $\Lambda' \Lambda = I$  به سیستم تحمیل شود. روش تخمین PC این قابلیت را دارد و در نتیجه آن با استفاده از تخمین  $\Lambda$  می توان ماتریس عوامل را به صورت  $\hat{F}_t = \hat{\Lambda} X_t$  برآورد کرد.

پس از برآورد  $\hat{F}_t$  می توان از آن برای برآورد معادله (۱) استفاده کرد. درواقع معادله (۱) یک معادله استاندارد VAR نامقید است که می توان آنرا با استفاده از روشهای معمول حداکثر درستنمایی یا حداقل مربعات معمولی برآورد نمود.

در اینجا پرسش مهمی که مطرح می شود این است که چه تعداد عامل غیرقابل مشاهده باید در نظر گرفت؟ به بیان دیگر،  $K$  باید چه عددی باشد؟ دو رویکرد کلی برای این منظور در ادبیات وجود دارد. یک رویکرد به این صورت است که از قبل با دسته بندی اجزای ماتریس  $X_t$  مشخص شود که به طور کلی هر کدام از عوامل غیرقابل مشاهده می تواند نماینده چه مجموعه ای از متغیرهای قابل مشاهده باشد. در واقع از این طریق قیدهایی بر ماتریس  $\Lambda$  در معادله (۲) اعمال می شود. مثلاً متغیرهای اسمی یا متغیرهای نمایانگر سطح قیمت ها را می توان در یک دسته قرار داد که با هم یکی از بلوکهای ماتریس  $F$  تشکیل می دهند و از سوی دیگر می توان دسته دیگر از متغیرهای نمایانگر متغیرهای حقیقی را در یک بلوک دیگر جای داد که همگی با هم یک یا چند بلوک از ماتریس  $F$  را تشکیل می دهند. مثلاً می توان عامل برآوردی از بلوک متغیرهای اسمی را نماینده «سطح قیمت ها» و عامل یا عوامل برآوردی از بلوک متغیرهای حقیقی اقتصاد را نماینده «سطح فعالیتهای اقتصادی» تفسیر نمود.

رویکرد دوم مبتنی بر استفاده از ملاکهای بهینه تعیین کننده  $K$  بوده و از قبل قیدهایی را بر معادله (۲) اعمال نمی شود بلکه تعداد بهینه عوامل با استفاده از برخی از معیارهای محاسباتی تعیین می شود. معروف ترین این معیارها توسط بای و انجی، ۲۰۰۲<sup>۱</sup> معرفی شده -

1. Bai and Ng

اند که عبارتست یک تابع زیان که در تعداد بهینه  $K$  حداقل می شود. به طور مشخص معیار بای و انجی بر اساس معادله (۳) محاسبه می شود:

$$IC_2(K) = \ln \left[ (NT)^{-1} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (X_{it} - \hat{\Lambda}_t \hat{F}_t)^2 \right] + K \left( \frac{N+T}{NT} \right) \ln(\min\{N, T\}) \quad (3)$$

لازم به ذکر است که در این مقاله از معیار بای و انجی برای تعیین تعداد عوامل استفاده شده است.

## ۲-۴. توابع ضربه-پاسخ

هدف نهایی از برآورد الگوی FAVAR محاسبه و تحلیل توابع ضربه-پاسخ<sup>۱</sup> یا توابع واکنش برای تعداد زیاد متغیرهای موجود در بردار  $X_t$  است. برای محاسبه توابع ضربه-پاسخ ابتدا باید توابع واکنش ناشی از شوک های ساختاری در معادله (۱) استخراج شوند. بدین منظور اگر  $B$  ماتریس قیدهای ساختاری باشد که برای تشخیص شوک های ساختاری  $\varepsilon_t$  از شوک های  $v_t$  به کار گرفته شود، در این صورت شکل تخمین زده شده معادله (۱') با استفاده از قیدهای ساختاری به این صورت خواهد بود:

$$\Psi(L) \begin{bmatrix} \hat{F}_t \\ Y_t \end{bmatrix} = \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t = B v_t, \quad \Psi(L) = B \hat{\Phi}(L) \quad (4)$$

در این صورت می توان توابع واکنش ناشی از شوک های ساختاری به معادله FAVAR را به صورت معادله زیر نوشت:

$$\begin{bmatrix} \hat{F}_t \\ Y_t \end{bmatrix} = \hat{\delta}(L) \varepsilon_t, \quad \hat{\delta}(L) = \hat{\Psi}(L)^{-1} \quad (5)$$

در این صورت با توجه به معادله (۲)، می توان واکنش متغیرهای بردار  $X_t$  به شوک های ساختاری را به این صورت تصریح نمود:

$$X_t^{IRF} = [\hat{\Lambda}^f \quad \hat{\Lambda}^y] \begin{bmatrix} \hat{F}_t \\ Y_t \end{bmatrix} = [\hat{\Lambda}^f \quad \hat{\Lambda}^y] \hat{\delta}(L) \varepsilon_t, \quad (6)$$

### ۳. مطالعات پیشین

ادبیات تجربی در زمینه الگوهای FAVAR به سرعت در حال گسترش است. همان طور که بیان شد، اولین بار برنانکه و دیگران، ۲۰۰۵ الگوی FAVAR را برای ارزیابی سیاست پولی در آمریکا به کار بردند. بعد از آن مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است. در این زمینه می توان به مطالعه سوآورز، ۲۰۱۳، اشاره نمود که سعی کرده است تا با استفاده از چارچوب الگوی FAVAR برنانکه و دیگران، ۲۰۰۴، سیاست پولی در اتحادیه اروپا را ارزیابی کند. وی الگوی مذکور را با استفاده از تجزیه چولسکی در معادله VAR مربوط به الگوی FAVAR و برای حل مساله معمای قیمت در اقتصاد اتحادیه اروپا به کار برده است.

به غیر از این مطالعات زیادی نیز وجود دارند که این الگو را برای اقتصادهای دیگر به کار برده اند. به عنوان مثال، روشیو، ۲۰۱۵<sup>۱</sup>، این الگو را برای مدلسازی سیاست پولی در اقتصاد رومانی با استفاده از ۹۲ متغیر به کار برده است. همچنین هو و دیگران، ۲۰۱۴<sup>۲</sup>، از یک الگوی FAVAR برای تجزیه و تحلیل همزمانی چرخه های تجاری در ۱۰ اقتصاد شرق آسیا به کار برده اند. همچنین هه لیانگ و چونگ، ۲۰۱۳<sup>۳</sup>، از یک الگوی FAVAR برای تجزیه و تحلیل سیاست پولی در اقتصاد چین استفاده کرده اند. علاوه بر آن مونچ، ۲۰۰۸<sup>۴</sup>، از یک الگوی FAVAR برای تجزیه و تحلیل منحنی عایدی در ایالات متحده آمریکا استفاده کرده است. همچنین کیلیک و کانکایا، ۲۰۱۵<sup>۵</sup>، از یک الگوی FAVAR برای تجزیه و تحلیل ارتباط بین اعتماد مصرف کنندگان و سطح فعالیت های اقتصادی در ایالات متحده آمریکا استفاده کرده اند. همچنین لیو و دیگران، ۲۰۱۴<sup>۶</sup>، از یک الگوی TVP-FAVAR برای تجزیه و تحلیل اثرات شوک های بیرونی بر اقتصاد بریتانیا استفاده کرده اند.

- 
1. Rosoiu, A
  2. Huh, et al
  3. He, Leung, and Chong
  4. Moench
  5. Kilic and Cankaya
  6. Liu, Mumtaz, and Theophilopoulou

مطالعات داخلی که از الگوی FAVAR استفاده کرده‌اند هنوز محدود هستند ولی به سرعت در حال گسترش می‌باشند. در این زمینه می‌توان به برخی اشاره کرد که عمدتاً در دهه ۱۳۹۰ شمسی انجام شده‌اند. به عنوان مثال، می‌توان به حیدری، ۱۳۹۰، اشاره کرد که الگوی FAVAR را برای بخش مسکن در ایران به کار برد. در این مطالعه دو متغیر پنهان سطح فعالیتها در بخش مسکن و سطح قیمت‌ها در این بخش مورد نظر بوده‌اند و توابع واکنش برای آن نیز استخراج و تحلیل شده است.

همچنین می‌توان به مطالعه خضری و دیگران، ۱۳۹۴، اشاره کرد که در آن اثر بازده بخش سوداگری در اقتصاد ایران بر نرخ تورم در چارچوب یک الگوی TVP-FAVAR به کار گرفته شده است. الگوی مذکور همان چارچوب FAVAR را با پارامترهای متغیر در طول زمان به کار می‌گیرد.

همچنین می‌توان به مطالعه مرزبان و دیگران، ۱۳۹۵، نیز اشاره کرد که در آن کارایی سیاست پولی در ایران با استفاده از یک الگوی FAVAR ارزیابی شده است. در این مطالعه از داده‌های ۱۲۰ متغیر اقتصادی و در بازه زمانی ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۲ برای برآورد الگو استفاده شده است. در مجموع مطالعات در این زمینه در ایران جدید است و هنوز تعداد کمی از مطالعات وجود دارند که برای اقتصاد ایران از این نوع الگوها استفاده کرده باشند. در اکثر مطالعات نیز معمولاً یک منبع شوک (عمدتاً شوک‌های پولی) در نظر گرفته شده است. در این مطالعه تلاش شده است تا با استفاده از الگوی FAVAR همزمان هم شوک‌های پولی و هم شوک‌های ناشی از درآمد نفت بر اقتصاد ایران مدلسازی شده است.

#### ۴. الگوی تحقیق و برآورد آن برای اقتصاد ایران

ساختار کلی یک الگوی FAVAR و نحوه برآورد آن در بخش قبلی بیان شد. در این قسمت تلاش شده است تا اقتصاد ایران با تاکید بر شوک‌های نفتی و شوک‌های پایه پولی در قالب الگوی مذکور تصریح شود. بدین منظور ابتدا باید اجزای بردار  $Y_t$  تصریح می‌شود.

##### ۴-۱. متغیرهای برونزا

از آنجا که بردار  $Y_t$  شامل متغیرهای برونزا نسبت به کل اقتصاد می‌باشد، که یا تحت کنترل مقامات سیاست گذار اقتصادی است، یا اینکه از بیرون از اقتصاد به صورت برونزا بر

اقتصاد اثرگذار هستند، لذا در اینجا دو متغیر درآمدهای نفتی، OIL، و پایه پولی، H-Money، را به عنوان متغیرهای برونزا در نظر گرفته شده است. توجه این دسته بندی این است که اولاً درآمدهای نفتی به طور عمده تحت تاثیر بیرون از اقتصاد ایران اعم از قیمت های نفت، تحریم های نفتی و سایر عوامل برونزا هستند و بنابراین نسبت به اقتصاد ایران برونزا می باشند، ثانیاً پایه پولی نیز متغیری برونزا است که مستقیماً توسط مقامات پولی (در ایران از طریق ترکیبی از اقدامات دولت و بانک مرکزی) تعیین می شوند. بعد از تعیین شدن این دو متغیر و بروز شوک های مختلف از طریق آنها، سایر متغیرهای اقتصادی در قالب ارتباط آنها با عوامل غیرقابل مشاهده در الگوی VAR، به آن واکنش نشان می دهند. ب توجه به نامانایی هر دو متغیر پایه پولی و درآمدهای نفتی، هر دو به صورت تفاضل لگاریتم (نرخ رشد) در الگو به کار گرفته شده اند.

#### ۲-۴. متغیرهای بردار $X_t$

بعد از تعیین متغیرهای برونزا، باید اجزای بردار  $X_t$  تعیین شوند. در اکثر مطالعات تجربی در قالب الگوی FAVAR، متغیرهای بردار مذکور بسیار گسترده هستند، بطوریکه در کشورهایی که غنای آماری مناسبی دارند، تعداد اجزای این بردار بسیار گسترده خواهد بود. این موضوع می تواند اطلاعات بیشتری را به الگوی FAVAR منتقل کرده و در نهایت برآوردهای بهتری حاصل شود. در اینجا ما از ۳۳ متغیر با فراوانی سالانه استفاده کرده ایم. با توجه به نامانای بودن اکثر غریب به اتفاق متغیرهای مذکور، همگی به صورت نرخ رشد در الگو لحاظ شده اند. در نهایت از آنجا که بازه زمانی مشترک همه متغیرها بعد از محاسبه نرخ رشد شامل بازه زمانی سالهای ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۳ بوده است، لذا بازه زمانی مذکور برای تمامی داده ها در نظر گرفته شده است. جدول ۱ اطلاعات مربوط به متغیرهای بردار  $X_t$  به همراه متغیرهای برونزای OIL و H-Money را که در بخش قبل معرفی شدند را نشان می دهد. همه داده ها از طریق بانک اطلاعات سری زمانی بانک مرکزی تهیه شده است.

جدول ۱. معرفی متغیرهای بردار  $X_t$  و متغیرهای پرونرای بردار  $Y_t$  (۱۳۵۲ تا ۱۳۹۳)

| شرح مختصر متغیر                                     | علامت اختصاری | شرح مختصر متغیر                         | علامت اختصاری    |
|-----------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------|------------------|
| صادرات نفت و گاز (میلیون دلار)                      | OIL           | ساختمان و مسکن (میلیارد ریال)           | Loan_housing     |
| صادرات غیر نفتی (میلیون دلار)                       | Non-oilExport | درآمد مالیاتی (میلیارد ریال)            | Tax_income       |
| واردات (میلیون دلار)                                | Import        | سایر درآمدها (میلیارد ریال)             | Other_income     |
| بایه پولی بر حسب منابع (میلیارد ریال)               | H_money       | پرداختهای جاری (میلیارد ریال)           | Govern_Expence   |
| نقدینگی بر حسب عوامل موثر بر عرضه آن (میلیارد ریال) | Liquidity     | پرداختهای عمرانی (میلیارد ریال)         | Govern_Invest    |
| نرخ بازار غیر رسمی (ریال)                           | Exchange      | کسری (-) یا مازاد (+) (میلیارد ریال)    | Budget_Balance   |
| تمام بهار (طرح قدیم) (هزار ریال)                    | Gold          | ارزش معاملات (میلیارد ریال)             | Stock            |
| بازرگانی داخلی، خدمات و متفرقه (میلیارد ریال)       | Loan_services | شاخص کل (بدون واحد)                     | CPI              |
| کشاورزی (میلیارد ریال)                              | Loan_agri     | ارزش افزوده گروه کشاورزی (میلیارد ریال) | V_Agri           |
| ارزش افزوده معدن (میلیارد ریال)                     | V_Mining      | شاخص قیمت ضمنی بخش آب، برق و گاز        | P_Utilities      |
| ارزش افزوده صنعت (میلیارد ریال)                     | V_Manufacture | شاخص قیمت ضمنی بخش ساختمان              | P_Housing        |
| ارزش افزوده آب و برق و گاز (میلیارد ریال)           | V_Utilities   | شاخص قیمت ضمنی بخش خدمات                | P_Services       |
| ارزش افزوده ساختمان (میلیارد ریال)                  | V_Housing     | ماشین آلات (میلیارد ریال)               | Invest_machin    |
| ارزش افزوده کل گروه خدمات (میلیارد ریال)            | V_service     | ساختمان (میلیارد ریال)                  | Invest_Bulding   |
| استهلاک سرمایه‌های ثابت (میلیارد ریال)              | Depreciation  | تغییر در موجودی انبار (میلیارد ریال)    | Inventory        |
| شاخص قیمت ضمنی بخش کشاورزی                          | P_agri        | صنعت و معدن (میلیارد ریال)              | Loan_Manufacture |
| شاخص قیمت ضمنی بخش نفت                              | P_oil         | ارزش افزوده گروه نفت (میلیارد ریال)     | V_OIL            |
| شاخص قیمت ضمنی بخش معدن                             | P_mining      | شاخص قیمت ضمنی بخش صنعت                 | P_Manufacture    |

## ۳-۴. تعیین تعداد عوامل غیرقابل مشاهده

بعد از تعیین متغیرهای الگو و قبل از برآورد و تحلیل آن باید تعداد عوامل غیرقابل مشاهده که درواقع ابعاد ماتریس  $F$  می باشند مشخص شود. برای این منظور در اینجا از معیار بای و انجی، ۲۰۰۲، استفاده شد. با برآورد تعداد مختلف عوامل غیرقابل مشاهده و سپس محاسبه معیار زیان بای و انجی بر اساس معادله (۳)، در نهایت تعداد ۲ عامل غیرقابل مشاهده به عنوان تعداد بهینه برای اقتصاد ایران با توجه به داده های مورد استفاده تعیین گردید (جدول (۲)).

جدول ۲. مقادیر معیار بای و انجی، ۲۰۰۲، به ازای تعداد عوامل مختلف ماتریس  $F$ 

| تعداد عوامل غیرقابل مشاهده | معیار بای و انجی (۲۰۰۲) |
|----------------------------|-------------------------|
| ۱                          | ۱۳/۰۴                   |
| ۲                          | ۱۲/۸۵                   |
| ۳                          | ۱۳/۲۳                   |
| ۴                          | ۱۳/۴۲                   |
| ۵                          | ۱۳/۶۲                   |
| ۶                          | ۱۳/۸۱                   |
| ۷                          | ۱۴/۰۰                   |
| ۸                          | ۱۴/۰۰                   |

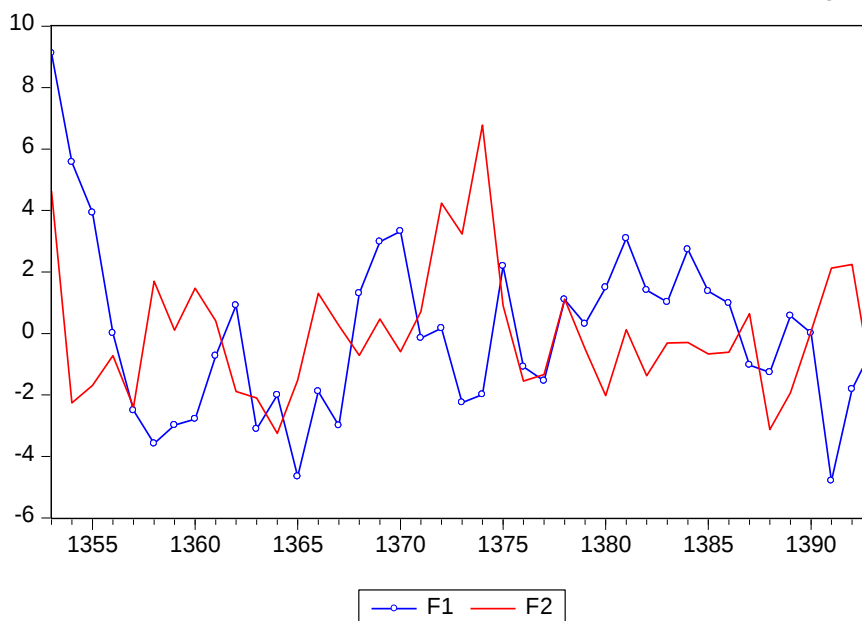
با توجه به اجزای بردار  $Y_t$  و نیز تعداد ۲ عامل غیرقابل مشاهده که بر اساس جدول ۲ تعیین شد، می توان الگوی FAVAR را برای اقتصاد ایران در قالب معادله (۱) به این صورت تصریح نمود:

$$\begin{bmatrix} F_{1t} \\ F_{2t} \\ OIL_t \\ H - Money_t \end{bmatrix} = \Phi^*(L) \begin{bmatrix} F_{1,t-1} \\ F_{2,t-1} \\ OIL_{t-1} \\ H - Money_{t-1} \end{bmatrix} + v_t \quad (7)$$

## ۵. برآورد الگوی و نتایج تجربی

### ۵-۱. برآورد عوامل غیرقابل مشاهده و تفسیر آنها

قبل از برآورد الگوی FAVAR، ابتدا باید عوامل غیرقابل مشاهده که اجزای بردار  $F$  هستند برآورد شوند. این کار با استفاده از دستور pcomp در نرم افزار Eviews انجام شده است. نتایج حاصل از برآورد PC اجزای ماتریس  $\Lambda = [\hat{\Lambda}_F \quad \hat{\Lambda}_y]$  خواهد بود که با استفاده از آنها می توان مقادیر  $F_1$  و  $F_2$  را محاسبه نمود. در اینجا این ماتریس ۲ ستون و ۳۵ سطر خواهد داشت که نتایج آن در پیوست ۱ ارائه شده است. با ضرب این بردارهای ویژه در بردار  $X_t$ ، مقادیر تخمینی برای  $F_{1t}$  و  $F_{2t}$  بدست می آیند. نتیجه برآورد این دو عامل غیرقابل مشاهده در نمودار ۱ مشخص شده است.



نمودار ۱. عوامل غیرقابل مشاهده برآورد شده برای اقتصاد ایران

همان‌طور که از نمودار ۱ مشخص می‌شود، دو عامل با یکدیگر همبستگی منفی دارند، و اوج یکی حضيض دیگری است. ضریب همبستگی محاسباتی بین  $F_1$  و  $F_2$   $-۰/۸۱$  بدست آمد که موید این موضوع است. همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد، ضریب همبستگی بین  $F_1$  با نرخ رشد متغیرهای مهم حقیقی در اقتصاد ایران مثبت و اکثراً قابل توجه است. لذا

می توان آنرا نماینده بخش حقیقی اقتصاد ایران تفسیر کرد. به همین ترتیب از آنجا که ضریب همبستگی بین  $F_2$  با نرخ رشد متغیرهای مهم اسمی از جمله نرخ تورم (CPI)، رشد نرخ ارز و رشد قیمت سکه طلا مثبت و قابل توجه است، لذا می توان آنرا به عنوان نماینده بخش اسمی اقتصاد ایران تفسیر نمود (جدول ۳).

جدول ۳. ضریب همبستگی بین  $F_2$  و  $F_2$  با نرخ رشد متغیرهای منتخب اقتصاد ایران

| نام متغیر     | ضریب همبستگی با $F_1$ | نام متغیر     | ضریب همبستگی با $F_2$ |
|---------------|-----------------------|---------------|-----------------------|
| V_AGRI        | ۰/۱۷                  | CPI           | ۰/۴۹                  |
| V_HOUSING     | ۰/۵۰                  | P_MANUFACTURE | ۰/۷۲                  |
| V_MANUFACTURE | ۰/۶۳                  | GOLD          | ۰/۴۵                  |
| INVEST_MACHIN | ۰/۵۷                  | LIQUIDITY     | ۰/۴۶                  |
| IMPORT        | ۰/۷۷                  | EXCHANGE      | ۰/۴۱                  |

## ۵-۲. برآورد الگوی خودرگرسیون برداری

در این مرحله با استفاده از این مقادیر تخمینی  $F_1$  و  $F_2$  و متغیرهای OIL و H-Money، معادله (۷) به روش حداقل مربعات معمولی برآورد شده است. از آنجا که معادله (۷) درواقع یک الگوی VAR مرسوم خواهد بود، در نتیجه باید برای آن تعداد مناسب وقفه و سایر آزمونهای کنترلی و تشخیصی مناسب نیز انجام شود. لذا تعداد مناسب وقفه بر اساس معیارهای تعیین وقفه بهینه تعیین شده است. در مرحله بعد، الگوی VAR برآورد شده است. قبل از تصریح توابع واکنش آزمونهای کنترلی و تشخیصی بر روی الگوی VAR مذکور نیز انجام شده است که عبارتند از آزمون خودهمبستگی و آزمون نرمال بودن پسماندهای الگو. ایده اساسی این است که اگر مدل مذکور به درستی تصریح شده باشد، طبیعتاً نباید پسماندها دچار خودهمبستگی باشند. همچنین نرمال بودن پسماندهای حاصل از برآورد الگو نشان می دهد که الگو تصریح مناسبی داشته است. نتایج حاکی از این است که فرضیه عدم وجود خودهمبستگی در اجزای اخلاص معادلات VAR و نیز

نرمال بودن پسماندها در سطح احتمال خطای نوع اول رد نمی شود. بنابراین می توان پذیرفت که الگوی مذکور تصریح مناسبی دارد.

### ۳-۵. تصریح توابع واکنش

یکی از مزیت های الگوی FAVAR این است که امکان برآورد توابع واکنش علاوه بر عوامل، برای تمامی متغیرهای بردار  $X_t$  نیز وجود دارد.

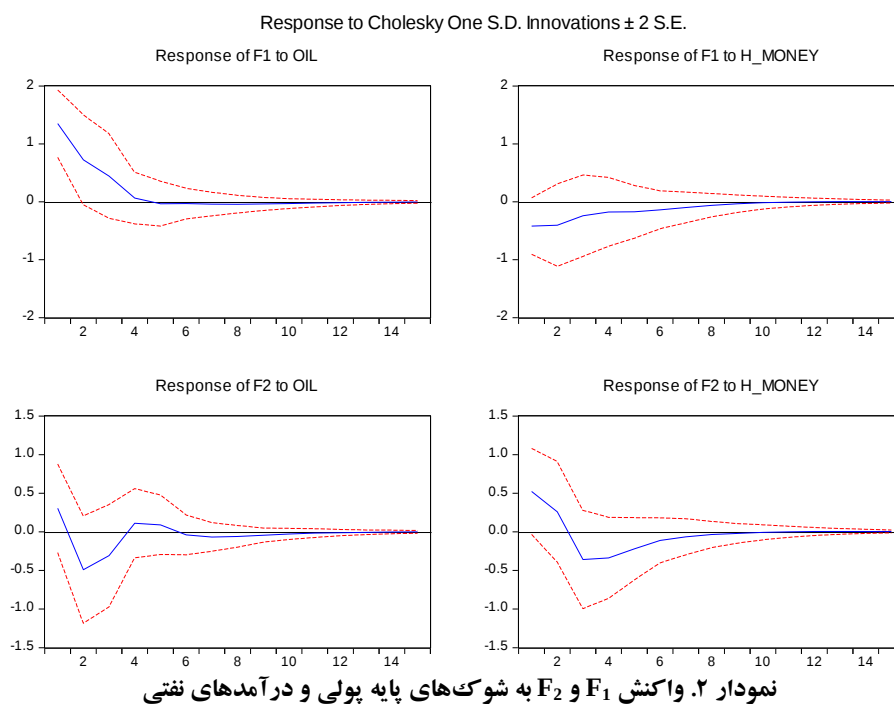
### ۳-۵-۱. توابع واکنش بردار F

بردار F شامل عوامل غیر قابل مشاهده  $F_1$  و  $F_2$  می باشد. همان طور که در بخش های قبلی بیان شد،  $F_1$  عمدتاً با متغیرهای حقیقی همبستگی دارد و لذا می توان آنرا نماینده بخش حقیقی اقتصاد ایران تفسیر نمود و  $F_2$  با متغیرهای اسمی همبستگی دارد و لذا می توان آنرا نماینده بخش اسمی اقتصاد ایران تفسیر کرد. برای تصریح توابع واکنش می توان از تجزیه چولسکی استفاده شده است. از آنجا که برای تصریح توابع واکنش با استفاده از تجزیه چولسکی باید ترتیب قرار گرفتن متغیرها از برونزاترین متغیر تا درونزاترین آنها مشخص شود، لذا، در اینجا ابتدا متغیر OIL که رشد درآمدهای نفتی است، سپس H-Money که رشد پایه پولی است و بعد از آن  $F_2$  و در نهایت  $F_1$  قرار گرفته است. منطق این ترتیب قرارگیری متغیرها این است که شوک های نفتی نسبت به اقتصاد ایران کاملاً برونزا هستند، بعد از آن شوک های پایه پولی هستند که توسط مقام پولی در ایران (بانک مرکزی و دولت) تعیین می شوند. بعد از بروز این دو شوک، متغیرهای اسمی،  $F_2$ ، به دلیل اینکه انعطاف پذیری بیشتری نسبت به متغیرهای حقیقی دارند، لذا زودتر از متغیرهای حقیقی،  $F_1$ ، قرار می گیرند که در انتهای زنجیره واکنشها قرار می گیرند. البته لازم به ذکر است که توابع واکنش با استفاده از توابع واکنش عمومی<sup>۱</sup> نیز تصریح شده است، اما نتایج تفاوت معناداری با تجزیه چولسکی نداشت، لذا در اینجا توابع واکنش حاصل از تجزیه چولسکی ارائه می شود (نمودار ۲).

۱. توابع واکنش عمومی (Generalized Response) توسط پسران و شین، ۱۹۹۸، برای حل مساله حساس بودن تجزیه چولسکی به ترتیب قرار گرفتن متغیرها ابداع شد. نتایج در این روش به ترتیب متغیرها حساس نیست، زیرا برای تصریح شوک معادله  $\lambda$ م به طوری که با شوک های حاصل از سایر معادلات متعامد باشد، از عامل چولسکی برای آن معادله استفاده می شود؛ یعنی برای تصریح شوک در هر معادله، از یک ماتریس ضرایب چولسکی استفاده می شود که در آن، متغیر مربوط به آن معادله در ترتیب متغیرها در ابتدا قرار گرفته است.

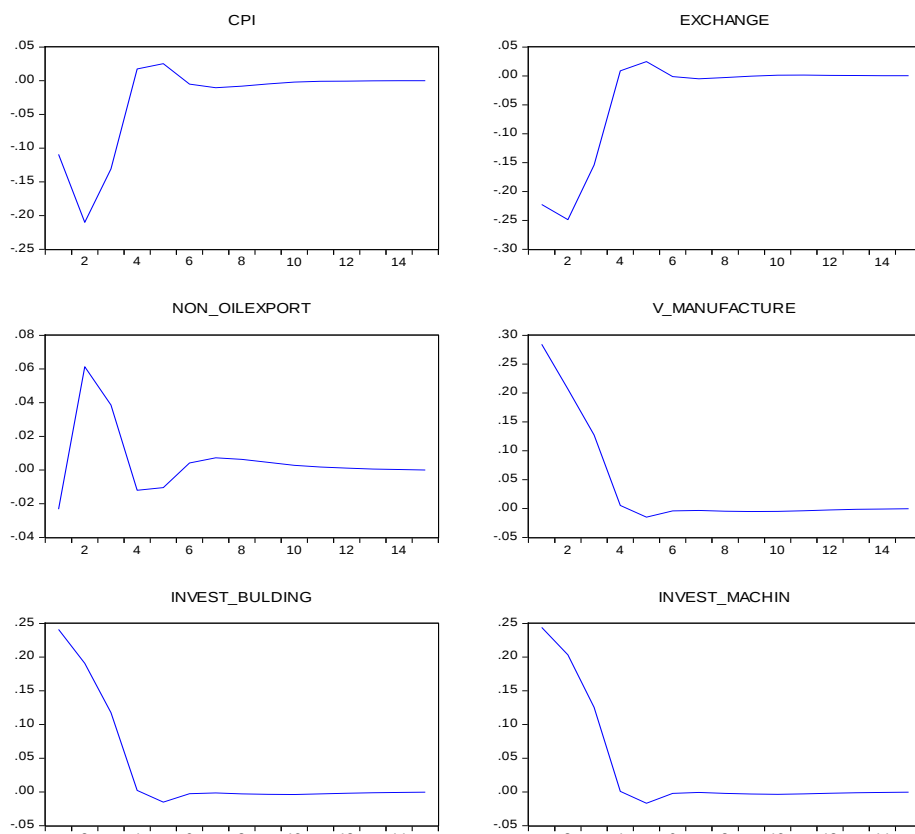
همان‌طور که بخش سمت چپ و بالای نمودار (۲) نشان می‌دهد، واکنش «بخش حقیقی» اقتصاد ایران ( $F_1$ ) به یک انحراف معیار شوک مثبت به درآمدهای نفتی مثبت و معنادار است و مدت زمان تقریباً ۵ سال طول می‌کشد که اثر آن به طور کلی تخلیه شود. در سمت چپ و پایین نمودار (۲) واکنش «بخش اسمی» اقتصاد ایران ( $F_2$ ) به یک شوک مثبت در درآمدهای نفتی به اندازه یک انحراف معیار نیز در ابتدا مثبت، اما با توجه به انحراف معیار محاسباتی، بی‌معنا است. همچنین واکنش مذکور نسبت به واکنش بخش حقیقی سریع‌تر و کوتاه‌تر و نوسانی‌تر است.

در سمت راست و بالای نمودار (۲)، واکنش بخش حقیقی اقتصاد ایران به شوکی به میزان یک انحراف معیار در پایه پولی را نشان می‌دهد. این واکنش با توجه به انحراف معیار محاسباتی معنادار نیست و نشان می‌دهد که بخش حقیقی اقتصاد ایران حتی در کوتاه‌مدت به افزایش پایه پولی واکنش قابل توجهی نشان نمی‌دهد. در نهایت در سمت راست و پایین نمودار (۲) واکنش بخش اسمی اقتصاد ایران به شوک پایه پولی را نشان می‌دهد. بر این اساس، این واکنش در ابتدا مثبت است، که نشان می‌دهد با افزایش پایه پولی در سالهای اولیه رشد بخش اسمی اقتصاد ایران (اعم از سطح قیمت‌ها، نرخ ارز، تسهیلات پرداختی به بخشهای اقتصاد و...) افزایش می‌یابد. با این حال بعد از گذشت ۲ سال این واکنش معکوس شده و در نهایت رشد بخش اسمی ناشی از افزایش پایه پولی به تعادل قبلی خود باز می‌گردد.

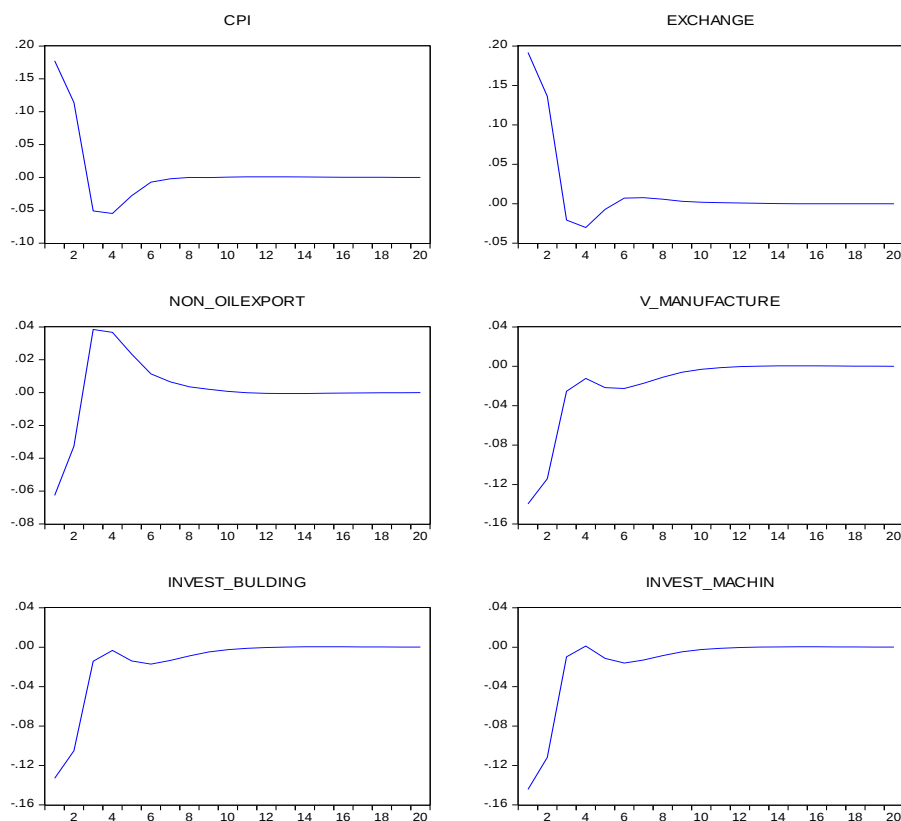


### ۵-۳-۲. توابع واکنش بردار $X$

در این بخش توابع واکنش برای متغیرهای بردار  $X$  ارائه می‌شود. با توجه به اینکه این بردار شامل ۳۳ متغیر مختلف بوده است، و از سوی دیگر واکنشها به دو شوک در OIL و H-Money می‌باشند، لذا در مجموع ۶۶ تابع واکنش تصریح شده است. به دلیل تعداد زیاد این توابع واکنش در اینجا تنها برخی از توابع واکنش ارائه شده‌اند (نمودارهای ۳ و ۴) اما در بخش پیوست مقاله تمامی ۶۶ تابع واکنش به صورت جداگانه ارائه شده‌اند. لازم به ذکر است که متغیرها به همراه علائم اختصاری آنها قبلاً در جدول ۱ معرفی شده‌اند. لازم به یادآوری است که برای پرهیز از مشکل نامانایی و رگرسیون کاذب، متغیرها همگی به صورت نرخ رشد هستند، لذا در تفسیر نتایج باید به این موضوع نیز توجه شود.



نمودار ۳. واکنش برخی متغیرها به یک انحراف معیار شوک در درآمدهای نفتی



نمودار ۴. واکنش برخی متغیرها به یک انحراف معیار شوک در پایه پولی

همانطور که نمودارهای ۳ و ۴ نشان می‌دهند، واکنش نرخ ارز به شوک درآمد نفتی منفی است اما شوک پایه پولی موجب افزایش نرخ ارز می‌شود. همچنین شوک نفتی باعث افزایش سرمایه‌گذاری در ماشین‌آلات و ساختمان و نیز ارزش افزوده بخش صنعت می‌شود، اما اثر آن بر صادرات غیرنفتی موقتی و گذرا است و بعد از ۴ سال اثر آن از بین می‌رود.

همچنین نمودار ۴ نشان می‌دهد که شوک پایه پولی با افزایش نرخ تورم (CPI) و نیز افزایش رشد نرخ ارز همراه است اما اثر آن بر متغیرهای حقیقی اعم از ارزش افزوده بخش صنعت، سرمایه‌گذاری در ساختمان و ماشین‌آلات منفی است و سپس اثر آن به سرعت صفر می‌شود. متنها شوک پایه پولی بر صادرات غیرنفتی اثر مثبتی داشته است.

در مجموع جدا از واکنشهای متفاوت برخی از متغیرهای اسمی و حقیقی نسبت به هم، به نظر می رسد که واکنش متغیرهای حقیقی به شوک های نفتی تقریباً به هم شبیه است، به این صورت که شوک مثبت نفتی باعث افزایش سطح فعالیت ها در بخش حقیقی اقتصاد ایران می شود. همچنین به نظر می رسد که واکنش متغیرهای اسمی به شوک پایه پولی نیز مشابه بوده و این شوک با افزایش سطح متغیرهای اسمی در اقتصاد ایران همراه است، اما اثر آن موقتی و در حد ۲ تا ۴ سال است.

### ۶. نتیجه گیری

بر خلاف این سیر گسترده از مطالعات در زمینه به کارگیری مدل های تکامل یافته FAVAR، مطالعات داخلی در این زمینه بسیار محدود است و هنوز این روشها به صورت گسترده ای درباره اقتصاد ایران به کار گرفته نشده اند. در این مقاله تلاش شد تا یک مدل FAVAR برای اقتصاد ایران برآورد شود تا در آن با تاکید بر شوک های نفتی و شوک های پولی بتوان واکنش دسته گسترده ای از متغیرهای اسمی و حقیقی را برآورد کرد. بدین منظور مجموعه ای از ۳۵ متغیر مهم اقتصاد ایران در دامنه زمانی سالهای ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۳ برای برآورد الگو استفاده شد. با توجه به ملاک بای و انجی، ۲۰۰۲، تعداد ۲ عامل برای اقتصاد ایران در نظر گرفته شد که عامل اول با متغیرهای حقیقی اقتصاد ایران همبستگی بالایی داشت، و از اینرو به عنوان «نماینده بخش حقیقی» اقتصاد ایران در نظر گرفته شد، و عامل دوم با متغیرهای اسمی اقتصاد ایران همبستگی بالایی داشت، و از اینرو به عنوان نماینده «بخش اسمی اقتصاد ایران» در نظر گرفته شد.

نتایج حاصل از برآورد توابع واکنش الگوی FAVAR نشان داد که واکنش «بخش حقیقی» اقتصاد ایران به شوک مثبت درآمدهای نفتی مثبت و معنادار است و مدت زمان تقریباً ۵ سال طول می کشد که اثر آن به طور کلی تخلیه شود. واکنش «بخش اسمی» اقتصاد ایران به یک شوک مثبت در درآمدهای نفتی نیز در ابتدا مثبت بوده اما بی معنا بوده و نسبت به واکنش بخش حقیقی سریعتر و کوتاه تر و نوسانی تر است.

واکنش بخش حقیقی اقتصاد ایران به شوک های مثبت پایه پولی معنادار نیست و نشان می دهد که بخش حقیقی اقتصاد ایران حتی در کوتاه مدت به افزایش پایه پولی واکنش

قابل توجهی نشان نمی دهد. در مقابل واکنش بخش اسمی اقتصاد ایران به شوک پایه پولی در ابتدا مثبت است، که نشان می دهد با افزایش پایه پولی در سالهای اولیه رشد بخش اسمی اقتصاد ایران (اعم از سطح قیمت ها، نرخ ارز، تسهیلات پرداختی به بخشهای اقتصاد و...) افزایش می یابد. با این حال بعد از گذشت ۲ سال این واکنش معکوس شده و در نهایت رشد بخش اسمی ناشی از افزایش پایه پولی به تعادل قبلی خود باز می گردد.

همچنین واکنش نرخ ارز به شوک درآمد نفتی منفی است اما شوک پایه پولی موجب افزایش نرخ ارز می شود. همچنین شوک نفتی باعث افزایش سرمایه گذاری در ماشین آلات و ساختمان و نیز ارزش افزوده بخش صنعت می شود، اما اثر آن بر صادرات غیرنفتی موقتی و گذرا است و بعد از ۴ سال اثر آن از بین می رود.

شوک پایه پولی با افزایش نرخ تورم و نیز افزایش رشد نرخ ارز همراه است اما اثر آن بر متغیرهای حقیقی اعم از ارزش افزوده بخش صنعت، سرمایه گذاری در ساختمان و ماشین آلات منفی است و سپس اثر آن به سرعت صفر می شود. منتها شوک پایه پولی بر صادرات غیرنفتی اثر مثبتی داشته است.

در مجموع واکنش متغیرهای حقیقی به شوک های نفتی تقریباً به هم شبیه است، به این صورت که شوک مثبت نفتی باعث افزایش سطح فعالیتها در بخش حقیقی اقتصاد ایران می شود. همچنین به نظر می رسد که واکنش متغیرهای اسمی به شوک پایه پولی نیز مشابه بوده و این شوک با افزایش سطح متغیرهای اسمی در اقتصاد ایران همراه است، اما اثر آن موقتی و در حد ۲ تا ۴ سال است.

## منابع و مأخذ

- Bai, J. and Ng, S. (2002), "Determining the Number of Factors in Approximate Factor Models". *Econometrica*, (70) 1, 191-221.
- Bernanke, B. and Blinder, A. (1992). "The Federal Funds Rate and the Channels of Monetary Transmission," *American Economic Review*, (82) 4, 901-921.
- Bernanke, B. S. & Boivin, J. (2003). "Monetary policy in a data-rich environment," *Journal of Monetary Economics*, (50) 3, 525-546.
- Bernanke, B., Boivin, J. and Elias, P. (2004). "Measuring the Effects of Monetary Policy: A Factor-Augmented Vector Autoregressive (FAVAR) Approach," NBER Working Papers 10220, *National Bureau of Economic Research*, Inc.
- Boivin, J., Michael, K., and Mishkin, F. (2010). "How Has the Monetary Transmission Mechanism Evolved Over Time?," *Handbook of Monetary Economics*, in: Benjamin M. Friedman & Michael Woodford (ed.), *Handbook of Monetary Economics*, edition 1, (3), chapter 8, 369-422 Elsevier.
- Dave, C. Dressler, S. J. and Zhang, L. (2009), "The Bank Lending Channel: a FAVAR Analysis", *Villanova School of Business and Economics*, Working Paper No. 4.
- Doz, C., Giannone, D. and Reichlin, L. (2006), "A Quasi Maximum Likelihood Approach for Large Approximate Dynamic Factor Models". Working Paper 674, September, *European Central Bank*.
- Doz, C., Giannone, D. and Reichlin, L. (2007), "A Two-Step Estimator for Large Approximate Dynamic Factor Models based on Kalman Filtering". Discussion Paper 6043, January, *CEPR*.
- Forni, M., Hallin, M., Lippi, M. and Reichlin, L. (2000), "The Generalized Dynamic Factor Model: Identification and Estimation". *The Review of Economics and Statistics*, (82) 4, 540-554.
- Forni, M., Hallin, M., Lippi, M. and Reichlin, L. (2004), "The Generalized Dynamic Factor Model, Consistency and Convergence Rates". *Journal of Econometrics*, (119) 2, 231-255.
- Forni, M., Hallin, M., Lippi, M. and Reichlin, L. (2005), "The Generalized Dynamic Factor Model, One Sided Estimation and Forecasting". *Journal of the American Statistical Association*, (100), 830-840.
- Geweke, J. (1977), "The Dynamic Factor Analysis of Economic Time Series". In: Aigner, D. and Goldberger, A. (Eds.), *Latent Variables in Socio-Economic Models*, Amsterdam: North-Holland
- He, Q. Leung, PH. and Chong, TTL. (2013), "Factor-augmented VAR analysis of the monetary policy in China", *China Economic Review*, (25), June 2013, 88-104.
- Heydari, H. (2012), "The Effects of Monetary Shocks on the Price Level and Economic Activities in Iranian Housing Sector: a Factor-

- Augmented Vector Autoregressive (FAVAR) Analysis”, *Journal of Economic Modeling Research*, 6: 129-153.
- Huh, H. Kim, D. Kim, W. J. and Park, C. Y. (2014), “A Factor-Augmented Vector Autoregression Analysis of Business Cycle Synchronization in East Asia and Implications for a Regional Currency Union”, *Asian Development Bank Working Paper Series*, No. 385.
  - Khezri, M.; Sahabi, B.; Yavari, K. Heydari, H.; (2015), “Speculation Effects on Inflation in Iran Economy: TVP-FAVAR Model”, *Economics Research* 15 (57): 193-228.
  - Kilic, E. and Cankaya, S. (2015), “Consumer Confidence and Economic Activity: A Factor Augmented VAR Approach”, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2668785> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2668785>
  - Killian, L. and Lutkepohl, H. (2017),” Structural Vector Autoregressive Analysis”, *Cambridge University Press*.
  - Liu, P. Mumtaz, H. and Theophilopoulou A. (2014), “The transmission of international shocks to the UK. Estimates based on a time-varying factor augmented VAR”, *Journal of International Money and Finance*, (46), 1–15
  - Marzban, H.; Dehghan, Z.; Akbarian, R., (2018), “The theory of Measuring Effects of Interest rate shock on the Macro factors in Iran: A Factor-Augmented Vector Autoregressive, Approach”, *Quarterly Journal of Applied Economic Studies in Iran, (AESI)*, 7(25): 29-54.
  - Marzban, H.; Dehghan, Z.; Akbarian, R., Farahani, M.; (2016), “Assessing the effectiveness of monetary policy on the economy: FAVAR approach”, *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, 13(2): 71-92.
  - Moench, M. (2008), “Forecasting the yield curve in a data-rich environment: A no arbitrage factor-augmented VAR approach”, *Journal of Econometrics*, (146), 1, 26–43
  - Rosoiu, A. (2015), “Monetary Policy and Factor-Augmented VAR Model”, *Procedia Economics and Finance*, (32), 400-407.
  - Sargent, T. and Sims, C. (1977), “Business Cycle Modelling without pretending to have too much a-priori Economic Theory”. In: Sims (Ed.), *New Methods in Business Cycles Research*. Minneapolis: *Federal Reserve Bank of Minneapolis*.
  - Sims, C. (1992), “Interpreting the Macroeconomic Time Series Facts: The Effects of Monetary Policy”, *Cowles Foundation Discussion Paper* No. 1011.
  - Soares, R. (2013), “Assessing monetary policy in the euro area: a factor-augmented VAR approach”, *Applied Economics*, (45), 19, 2724-2744.
  - Stock, J. and Watson, M. (1998), “Diffusion Indexes”. Working Paper 6702, August, *NBER*.

- Stock, J. and Watson, M. (1999), "Forecasting Inflation". *Journal of Monetary Economics*, (44) 2, 293-335.
- Stock, J. and Watson, M. (2002a), "Forecasting using Principal Components from a Large Number of Predictors". *Journal of the American Statistical Association*, (97), 1167-1179.
- Stock, J. and Watson, M. (2002b), "Macroeconomic Forecasting using Diffusion Indexes". *Journal of Business and Economic Statistics*, (20) 2, 147-162.
- Stock, J. and Watson, M. (2005), "Implications of Dynamic Factor Models for VAR Analysis". Working Paper 11467, June, *NBER*.
- Stock, J. H. and Watson, M. W. (2005) "Implications of Dynamic Factor Models for VAR Analysis", *NBER Working Paper No. 11467*.

## (پیوست ۱)

توضیح مختصری درباره روش اجزای عمده (PC) و ارائه بردارهای ویژه  
حاصل از برآورد اجزای عمده (PC) برای الگوی FAVAR

ایده روش مولفه‌های اصلی مبتنی بر این است که بتوان تعداد کمتری از ترکیب‌های خطی از متغیرهای (یا بردارهای) همبسته را برای توصیف بیشترین میزان تغییرات در همه آنها پیدا کرد، به گونه‌ای که بتوان آن متغیرها را در تعداد کمی متغیر (یا بردار) ناهمبسته خلاصه کرد که در واقع ترکیبی خطی از آنها است. در این روش داده‌ها به گونه‌ای با هم ترکیب می‌شوند که اولین بردار ترکیبی از متغیرها (اولین ترکیب خطی بردارها) بیشترین سهم از کل واریانس متغیرها را توضیح دهد، بردار دوم رتبه دوم در سهم توضیح دهنده‌گی واریانس‌ها را دارا باشد و الی آخر تا آخرین بردار که سهم بسیار ناچیزی از واریانس را بر عهده خواهد داشت. بنابراین با انتخاب تعداد کمی از اولین بردارهای ترکیبی می‌توان خلاصه اطلاعات تعداد زیادی از متغیرها را (مثلاً از بین ۱۰۰ متغیر) در قالب یک یا چند متغیر ترکیبی بیان کرد. درواقع، بردارهای ترکیبی یا مولفه‌های اصلی<sup>۱</sup> ترکیبی خطی از متغیرهای اصلی هستند، به طوریکه اگر  $V_i$  به ازای  $i = 1, \dots, N$  عبارت باشد از هر یک از متغیرهایی که از ابتدا انتخاب می‌کنیم، هر یک از مولفه‌های اصلی به صورت زیر بدست می‌آیند:

$$PC_k = \sum_{i=1}^n a(i)_k V_i$$

که در آن  $PC_k$  عبارتست از مولفه اصلی  $k$ ام،  $a(i)_k$  عبارتست از وزن متغیر  $i$ ام در تشکیل مولفه اصلی  $k$ ام و  $V_i$  عبارتست از متغیر  $i$ ام. به عنوان مثال اگر ۱۰ متغیر هر یک جنبه‌ای از یک پدیده را توضیح می‌دهند اما ما به دنبال یک شاخص ترکیبی از این ده

---

1. Principal Components

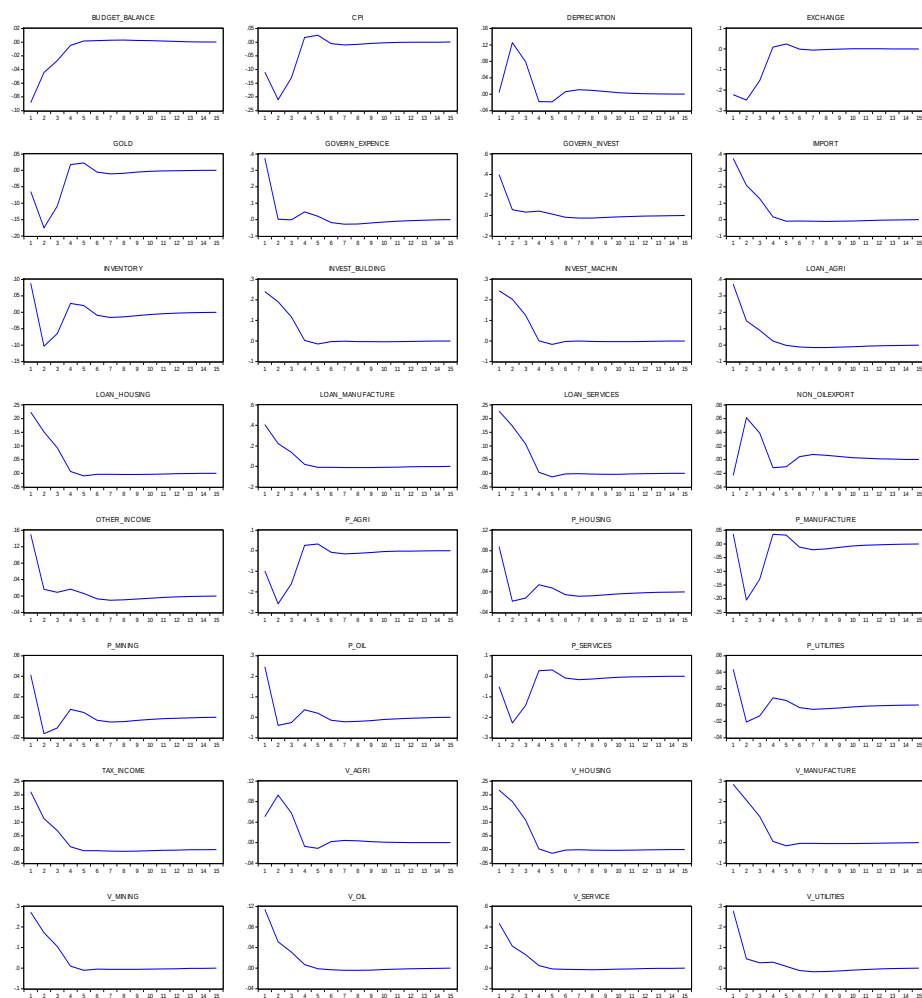
متغیر باشیم که اطلاعات خلاصه شده همه این ۱۰ متغیر را در خود داشته باشد، با استفاده از فرمول بالا ۱۰۰ مولفه اصلی ترکیبی از این ۱۰۰ متغیر بدست می آید که اولی بیشترین سهم از واریانس کل ۱۰۰ متغیر را در بر دارد و دومی سهم باقیمانده واریانس و الی آخر تا صدمین مولفه اصلی که سهم بسیار ناچیز از واریانس را در بر خواهد داشت. لذا اگر بسته به معیار انتخاب تعداد مولفه های اصلی یک یا دو مولفه اول را انتخاب کنیم، خلاصه اطلاعات این متغیرها در قالب یک شاخص ترکیبی بدست می آید. درواقع آنچه که در پیوست ۱ در جدول پیوست ۱ ملاحظه می شود در ستون اول شامل متغیرهای اصلی است که در فرمول بالا با  $V_i$  نشان داده شدند. ستون دوم و سوم وزن های مربوط به هر متغیر در تشکیل دو مولفه اصلی حاصل از این متغیرها است که با PC1 و PC2 نشان داده می شوند. درواقع اعداد این دو ستون همان  $a(i)_k$  ها هستند که در اینجا  $k = 2$  است و ستون زیر PC1 عبارتست از وزن های  $a(i)_1$  و ستون زیر PC2 عبارتست از وزن های  $a(i)_2$ . به این ترتیب مثلاً وزن CPI در مولفه اصلی اول (یعنی PC1) عبارتست از  $a(1)_1 = -0.133387$  و وزن آن در PC2 عبارتست از  $a(1)_2 = 0.231834$ . همچنین وزن متغیر BUDGET\_BALANCE در مولفه PC2 عبارتست از  $a(2)_2 = -0.004555$ .

جدول پیوست ۱. بردارهای ویژه حاصل از برآورد اجزای عمده (PC) برای الگوی FAVAR

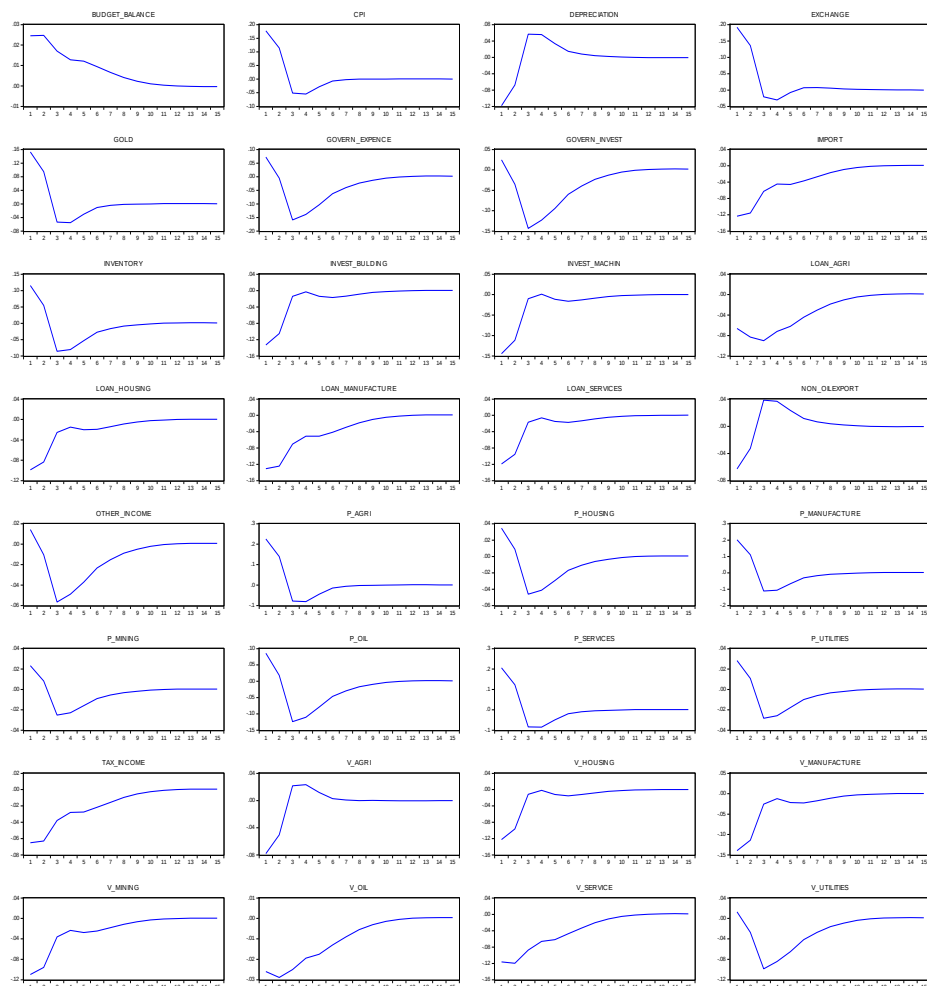
| PC 2      | PC 1      | Variable         |
|-----------|-----------|------------------|
| 0.231834  | -0.133387 | CPI              |
| -0.004555 | -0.064275 | BUDGET_BALANCE   |
| -0.188735 | 0.045944  | DEPRECIATION     |
| 0.198210  | -0.209700 | EXCHANGE         |
| 0.214355  | -0.096495 | GOLD             |
| 0.303890  | 0.207955  | GOVERN_EXPENCE   |
| 0.239666  | 0.240471  | GOVERN_INVEST    |
| 0.230621  | 0.013223  | INVENTORY        |
| -0.093872 | 0.199912  | INVEST_BULDING   |
| -0.110539 | 0.205916  | INVEST_MACHIN    |
| 0.079483  | 0.256552  | LOAN_AGRI        |
| -0.047226 | 0.176402  | LOAN_HOUSING     |
| -0.006396 | 0.303526  | LOAN_MANUFACTURE |
| -0.078389 | 0.186097  | LOAN_SERVICES    |
| -0.112918 | 0.008350  | NON_OILEXPORT    |
| 0.098699  | 0.088852  | OTHER_INCOME     |
| 0.314274  | -0.143884 | P_AGRI           |
| 0.100216  | 0.042567  | P_HOUSING        |
| 0.343700  | -0.050773 | P_MANUFACTURE    |
| 0.058584  | 0.017432  | P_MINING         |
| 0.262728  | 0.123339  | P_OIL            |
| 0.307284  | -0.107258 | P_SERVICES       |
| 0.067727  | 0.016866  | P_UTILITIES      |
| 0.001167  | 0.156454  | TAX_INCOME       |
| -0.100516 | 0.060372  | V_AGRI           |
| -0.089001 | 0.181068  | V_HOUSING        |
| -0.082903 | 0.229496  | V_MANUFACTURE    |
| -0.040246 | 0.211052  | V_MINING         |
| 0.015480  | 0.081316  | V_OIL            |
| 0.031502  | 0.317142  | V_SERVICE        |
| 0.160975  | 0.170537  | V_UTILITIES      |
| -0.012223 | 0.278841  | IMPORT           |
| 0.220675  | 0.195572  | LIQUIDITY        |
| 0.191190  | 0.054227  | H_MONEY          |
| 0.163314  | 0.204143  | OIL              |

(پیوست ۲)

واکنش متغیرهای بردار X به شوک نفتی



## واکنش متغیرهای بردار $X$ به شوک پایه پولی



# Constructing a Factor Augmented VAR Model to Analyze Transmission of Oil and Monetary Shocks to Iranian Economy

Hassan Heydari<sup>1</sup>

Received: 2017/08/25

Accepted: 2019/01/17

## Abstract

There is a growing attention to models which contain a broader set of economic data. In recent decade, introduction of Factor Augmented VAR models through augmentation of traditional VAR models with unobservable “factors” has made a new route to econometric modeling. In spite of the growing number of international papers and researches which have used FAVAR approach to modeling policy shocks to various economies, there is little about Iranian economy. So the paper is an attempt to fill the gap in the literature using an FAVAR model to analyze transmission of oil and monetary shocks to Iranian economy. The model contains 35 major macroeconomic annual variables spanning from 1974 to 2014. The results show that “real sector” of Iranian economy responds positively to oil shocks up to 5 years. Also “nominal sector” of the economy responds positively to oil shocks but the responses are shorter, smaller and more volatile than “real sector” responses. Finally the model results show responses of “nominal sector” of Iranian economy to monetary shocks are positive which its duration varies between 2 and 4 years.

**Keywords:** Oil Incomes, FAVAR Models, Monetary Shocks.

**JEL Classification:** E5, C32.

---

1 . Assistant Professor of Tarbiat Modares University, Email: Hassan.heydari@modares.ac.ir