مدلسازی افزایش نقدینگی در اقتصاد ایران با استفاده از رویکرد پویایی شناسی سیستم‌ها

مرجان پوراکبر[1]،توحید فیروزان سرنقی[2]

تاریخ دریافت:۹۳/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش:۹٤/۳/۲۲

چکیده

افزایش بی رویه نقدینگی در سال‌های جاری باعث بروز مشکلات فراوانی از جمله تشدید تورم و تضعیف صنایع شده است. ممانعت از چنین افزایش چشم گیری مستلزم چاره اندیشی‌های علمی می‌باشد. بر این اساس هدف پژوهش حاضر ایجاد یک مدل پویا جهت شبیه سازی و مطالعه روند آتی تغییرات نقدینگی می‌باشد. برای این هدف، قسمتی از بخش پولی اقتصاد ایران با استفاده از ابزارهای سیستم دینامیک و محاسبات نرم مدل شده است. روش محاسبات نرم پژوهش تلفیقی از شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک است. پس از اعتبارسنجی مدل و اطمینان از صحت عملکرد آن، سناریوهایی جهت مطالعه روند آینده نقدینگی طراحی و شبیه سازی شده اند. مشاهدات حاصل از پیاده سازی مدل حاکی از آن است که در شرایطی که درآمدهای

---

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه خوارزمی Marjan.pourakbar@gmail.com

۲ . استادیار اقتصاد دانشگاه خوارزمی (نویسنده مسئول) گروه مدیریت امور بانکی t_firoozan@yahoo.com

نفتی با توجه به از روندی مشابه سال‌های اخیر پیروی کند، نرخ مالیات در حدود ۰,۰۶ باشد و نرخ رسمی ارز به قیمتی پائین تر از ۳۰۰۰۰ ریال برسد، نقدینگی به طور تقریبی تا حد ۲ هزار میلیارد ریال کاهش خواهد یافت. نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند در سیاست گذاری‌های بانک مرکزی، تنظیم بودجه، کنترل سطح قیمت‌ها و سایر مطالعات اقتصادی مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: نقدینگی، کسری بودجه، بدهی دولت به سیستم بانکی، سیستم دینامیک، شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک

۱- مقدمه

یکی از ارکان ثبات اقتصادی، متعادل بودن نقدینگی می‌باشد [۷]. کمبود و ازدیاد نقدینگی هر دو باعث بروز عدم تعادل در اقتصاد خواهند شد. کمبود نقدینگی به خودی خود باعث کاهش تولید و ایجاد رکود اقتصادی می‌شود. از طرف دیگر ازدیاد نامتناسب نقدینگی در یک برهه زمانی باعث ایجاد و تشدید تورم [۲, ۶]، تضعیف بخش صنعت، افزایش فعالیت‌های نامولد و سوداگرانه در اقتصاد [۹]، اختلال در توزیع درآمد و بهم زدن رابطه مبادله شهر و روستا خواهد شد. از تبعات دیگر افزایش نابجای نقدینگی به هم خوردن مقادیر بخش‌های مبادله ای و غیرمبادله ای است به طوری که با افزایش فعالیت‌های سوداگرانه بخش مبادله ای به تدریج تضعیف شده و بخش غیرمبادله ای با رشد ناگهانی مواجه می‌شود. این امر باعث از بین رفتن تدریجی بخش‌های تولیدی و صنایع خواهد شد.

بدهی دولت به بانک مرکزی، بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی و خالص دارایی‌های خارجی از جمله عوامل تاثیرگذار بر پایه پولی می‌باشد که در سال‌های اخیر منجر به افزایش نقدینگی شده اند.با توجه به اینکه کسری بودجه سالانه بیانگر بیشتر بودن هزینه‌های دولت نسبت به درآمد دولت است، با افزایش استقراض از بانک مرکزی در پی جبران هزینه‌های دولت، بدهی دولت به بانک مرکزی افزایش می‌یابد.

در سال‌های اخیر با تزریق ناگهانی پول حاصل از افزایش قیمت نفت به بودجه دولت، هزینه‌های دولت و در پی آن درآمد دولت افزایش یافته است. همچنین این وضعیت در دهه‌های گذشته که غالبا با افزایش کسری بودجه نیز همراه بوده باعث افزایش بدهی دولت به سیستم بانکی شده و آن نیز به نوبه خود افزایش نقدینگی را دامن زده است. از طرفی با بالا رفتن سطح قیمت‌ها، وجود تورم خود باعث افزایش نقدینگی شده است و بنابراین نقدینگی در یک چرخه به تدریج بیشتر و بیشتر گردیدهاست. چنین چرخه ای با توجه به وابستگی اقتصاد ایران به نفت مشخصه اصلی اقتصاد ایران در سال‌ها و دهه‌های گذشته بوده است.

زراء نژاد و سعادت مهر (۱۳٦۸) در مطالعه ای مدل تجربی عرضه پول را به شکل بلندمدت و کوتاه مدت با استفاده از مدل تصحیح خطای مدل خودرگرسیونی و توزیع با وقفه [1]تخمین زدند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که نرخ بهره (نرخ سود علی الحساب تسهیلات اعطایی بانک‌ها) هم در بلندمدت و هم در کوتاه مدت تاثیر مثبت و معنی داری بر عرضه پول در اقتصاد ایران دارد. به عبارتی عرضه پول در اقتصاد ایران درونزا می‌باشد و درونزایی آن از طریق نرخ سود علی الحساب تسهیلات اعطایی بانک‌های تجاری و تخصصی صورت می‌گیرد. بنابراین فرضیه اول تحقیق مبنی بر وجود رابطه مثبت و معنی دار بین عرضه پول و نرخ سود علی الحساب تسهیلات اعطایی بانک‌های تجاری و تخصصی پذیرفته شده است [۵].

کاخکی و همکاران (۱۳۸۸) سعی در تخمین تابع تقاضای نقدینگی داشته اند. آن‌ها با استفاده از داده‌های سری زمانی دوره ۱۳۵۲-۱۳۷۹ نشان دادند که درآمد ملی، نرخ ارز، درآمدهای نفتی و نرخ بهره در کوتاه مدت و بلندمدت از عوامل تاثیرگذار در تقاضای نقدینگی هستند. آن‌ها با اشاره به این که ایران از شرایط تورمی رنج می‌برد، بیان کرده اند که بهتر است در بررسی تابع تقاضای پول نرخ تورم و نرخ ارز نیز لحاظ شود، زیرا کالاها و دارایی‌های خارجی می‌توانند جانشین واحد پول داخلی شوند. همچنین تغییر نرخ ارز به عنوان جانشین نرخ داخلی تورم در تابع تقاضای پول کشورهایی با نرخ تورم بالا عمل می‌کند. علاوه بر این ممکن است به عنوان نرخ تنزیل و بنابراین هزینه فرصت نگهداری واحد پول داخلی در مقابل واحد پول خارجی نیز محاسبه شود. در نهایت تابع تقاضای نقدینگی با متغیرهای درآمد ملی، نرخ بهره، نرخ ارز، درآمدهای نفتی و نرخ تورم مورد بررسی قرار داده اند [٤].

از طرف دیگر سحابی و همکاران (۱۳۹۲) اثرات رشد نقدینگی بر تورم در اقتصاد ایران را با استفاده از مدل‌های مختلف تغییر رژیم بررسی کرده اند. آن‌ها به این نتیجه رسیده اند که عامل افزایش تورم در دوره‌های تورم بالا در اقتصاد ایران بر اساس نظریه

1. Autoregressive Distributed Lag (ARDL)

مقداری پول قابل تفسیر نبوده و عوامل دیگری همچون تورم سمت عرضه و یا تورم ساختاری به عنوان عوامل تداوم تورم در دوره‌های تورم بالای اقتصاد ایران عمل می‌کنند و بنابراین تنها در دوره‌های تورم متوسط در اقتصاد ایران، با محدود کردن رشد نقدینگی می‌توان تا حد زیادی از تداوم رشد تورم در اقتصاد ایران جلوگیری کرد. همچنین پژوهش مذکور نشان دهنده رشد نقدینگی در تداوم و اثرگذاری مثبت بر تورم اقتصاد ایران در دوره‌های مثبت است [٦].

نرخ رشد بهینه نقدینگی در ایران با استفاده از الگوهای تعادل عمومی پویای تصادفی کینزی جدید[1] با مقاله تقوی و صفرزاده (١٣٩١) مورد بررسی قرار گرفته است. در این الگوها انواع مختلف نقصان‌ها و چسبندگی‌ها در بازار کالاها و عوامل تولید و دارایی‌ها در کنار طیف وسیعی از اختلالات تصادفی تبیین و تصریح می‌شوند. آن‌ها با استفاده از این الگوها نرخ بهینه تورم و رشد نقدینگی را به طور فصلی به ترتیب ٢ و ٣,٠٠٣ درصد بدست آوردند. همچنین آن‌ها به این نتیجه رسیدند که سلطه درآمدهای نفتی بر سیاست‌های مالی و پولی اثرات قابل ملاحظه ای بر روی تغییرات نقدینگی و تورم دارد. علاوه بر این آن‌ها پیشنهادهایی دادند که با توجه به تاثیرپذیری بخش واقعی اقتصاد از سیاست‌های پولی به نظر می‌رسد تناظر یک به یک بین تورم و نقدینگی در اقتصاد ایران برقرار نیست، لذا کنترل حجم نقدینگی نمی‌تواند تنها راه کنترل تورم در شرایط کنونی باشد [٢].

تحقیقات در زمینه نقدینگی با رویکرد پویایی شناسی موضوعی است که به اندازه کافی به آن پرداخته نشده است. از جمله پژوهش‌های پویایی شناسی داخلی که در اقتصاد ایران انجام شده و در عین حال متغیر نقدینگی را نیز لحاظ کرده است، مقاله محقر و همکاران (١٣٨٩) است. در این مقاله سعی بر یافتن بهترین تصمیم جهت کاهش یا عدم کاهش نرخ سود بانکی بوده است، به این منظور، دو متغیر اعطای وام و سپرده‌گذاری کوتاه مدت دو عامل افزایش نقدینگی هستند. سطح اعطای وام و منابع

1. New Keynesian Dynamic Stochastic General Equilibrium

بانکی دو متغیری هستند که در یک حلقه منفی همدیگر را به تعادل می‌رسانند. نقدینگی نیز تنها عامل افزایش دهنده نرخ تورم در این مدل ذکر شده است و با افزایش نرخ تورم و در پی آن افزایش تفاوت میان نرخ بهره و نرخ تورم، تقاضا برای وام زیاد شده و به تبع آن اعطای وام افزایش یافته و درنهایت موجب تشدید نقدینگی می‌شود که باعث ایجاد یک حلقه مثبت تقویتی شده است. از طرف دیگر با افزایش تفاوت میان نرخ بهره و نرخ تورم، نرخ سپرده‌گذاری کوتاه مدت افزایش پیدا می‌کند و موجب افزایش نقدینگی می‌شود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهند که کاهش دستوری نرخ سود اسمی، اعم از یک‌باره یا تدریجی، نخواهد توانست موجب کاهش و تعادل بلندمدت نرخ تورم در اقتصاد ایران شود. سیاستی که بر اساس این پژوهش می‌تواند چنین پیامد مطلوبی را ایجاد نماید این است که با در نظر گرفتن تعامل پویای بلندمدت این دو، نرخ سود اسمی تابعی از نرخ تورم لحاظ گردد[۱۰]. در این پژوهش به عوامل موثر بر پایه پولی که دلیل اصلی تغییرات نقدینگی هستند، اشاره نشده است.

جدول ۱ خلاصه ای از ادبیات موضوع را بر حسب یافته‌ها نشان می‌دهد.

جدول۱. یافته‌های ادبیات موضوع

سال	نویسنده	یافته‌ها
۱۳٦۸	زراء نژاد، سعادت مهر	وجود رابطه مثبت و معنی دار بین عرضه پول و نرخ سود علی الحساب تسهیلات اعطایی بانک‌های تجاری و تخصصی.
۱۳۸۸	کاخکی و همکاران	درآمد ملی، نرخ ارز، درآمدهای نفتی و نرخ بهره در کوتاه مدت و بلندمدت از عوامل تاثیرگذار در تقاضای نقدینگی هستند. تغییر نرخ ارز به عنوان جانشین نرخ داخلی تورم در تابع تقاضای پول کشورهایی با نرخ تورم بالا عمل می‌کند.
۱۳۸۹	محقر و همکاران	کاهش دستوری نرخ سود اسمی، اعم از یک‌باره یا تدریجی، نخواهد توانست موجب کاهش و تعادل بلندمدت نرخ تورم در اقتصاد ایران شود. سیاستی که بر اساس این پژوهش می‌تواند چنین پیامد مطلوبی را ایجاد نماید این است که با در نظر گرفتن تعامل پویای بلندمدت این دو، نرخ سود اسمی تابعی از نرخ تورم لحاظ گردد.

۱۳۹۱	تقوی و صفرزاده	درآمدهای نفتی بر سیاست‌های مالی و پولی اثرات قابل ملاحظه ای بر روی تغییرات نقدینگی و تورم دارد.
۱۳۹۲	سحابی و همکاران	عامل افزایش تورم در دوره‌های تورم بالا در اقتصاد ایران بر اساس نظریه مقداری پول قابل تفسیر نبوده و عوامل دیگری همچون تورم سمت عرضه و یا تورم ساختاری به عنوان عوامل تداوم تورم در دوره‌های تورم بالای اقتصاد ایران عمل می‌کنند و بنابراین تنها در دوره‌های تورم متوسط در اقتصاد ایران، با محدود کردن رشد نقدینگی می‌توان تا حد زیادی از تداوم رشد تورم در اقتصاد ایران جلوگیری کرد. همچنین پژوهش مذکور نشان دهنده رشد نقدینگی در تداوم و اثرگذاری مثبت بر تورم اقتصاد ایران در دوره‌های مثبت است.

مطالعات در زمینه نقدینگی از فراوانی زیادی برخوردار نیستند. با توجه به مطالعات پیشین، تا کنون هیچ پژوهشی به تغییرات نقدینگی با استفاده از روش پویایی شناسی سیستم نپرداخته است. اکثر مطالعات انجام شده در زمینه نقدینگی با استفاده از روش‌های آماری بوده اند و از آنجایی که استفاده از روش‌های آماری به طور پیش فرض نیازمند تائید فروضی است و در مطالعات انجام شده معمولا اشاره به تائید این فروض نشده است، بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از روش پویایی شناسی سیستم‌ها به جهت نداشتن پیش فرض برای مدیریت چنین سیستم‌هایی مناسب تر باشد و صحت و سقم نتایج حاصل از این روش نسبت به روش آماری بیشتر مورد تائید باشد. همچنین با استفاده از پویایی شناسی سیستم می‌توان از بازخوردها و حلقه‌های سیستم نیز بهره‌مند شد.

بنابراین هدف از این پژوهش مطالعه تغییرات نقدینگی با محوریت عوامل موثر بر پایه پولی است بطوری که با بهره گیری از روش پویایی شناسی سیستم‌ها و محاسبات نرم این امر تحقق یافته است.

در ادامه مقاله ابتدا مروری بر مبانی نظری و روش شناسی پژوهش پرداخته شده و در بخش دوم، مشاهدات حاصل از مدل ارائه می‌شود. بخش سوم شامل طراحی، تحلیل

و بررسی سناریوهایی بر روی مدل می‌باشدو در نهایت در بخش چهارم نتایج پژوهشارائه خواهد شد.

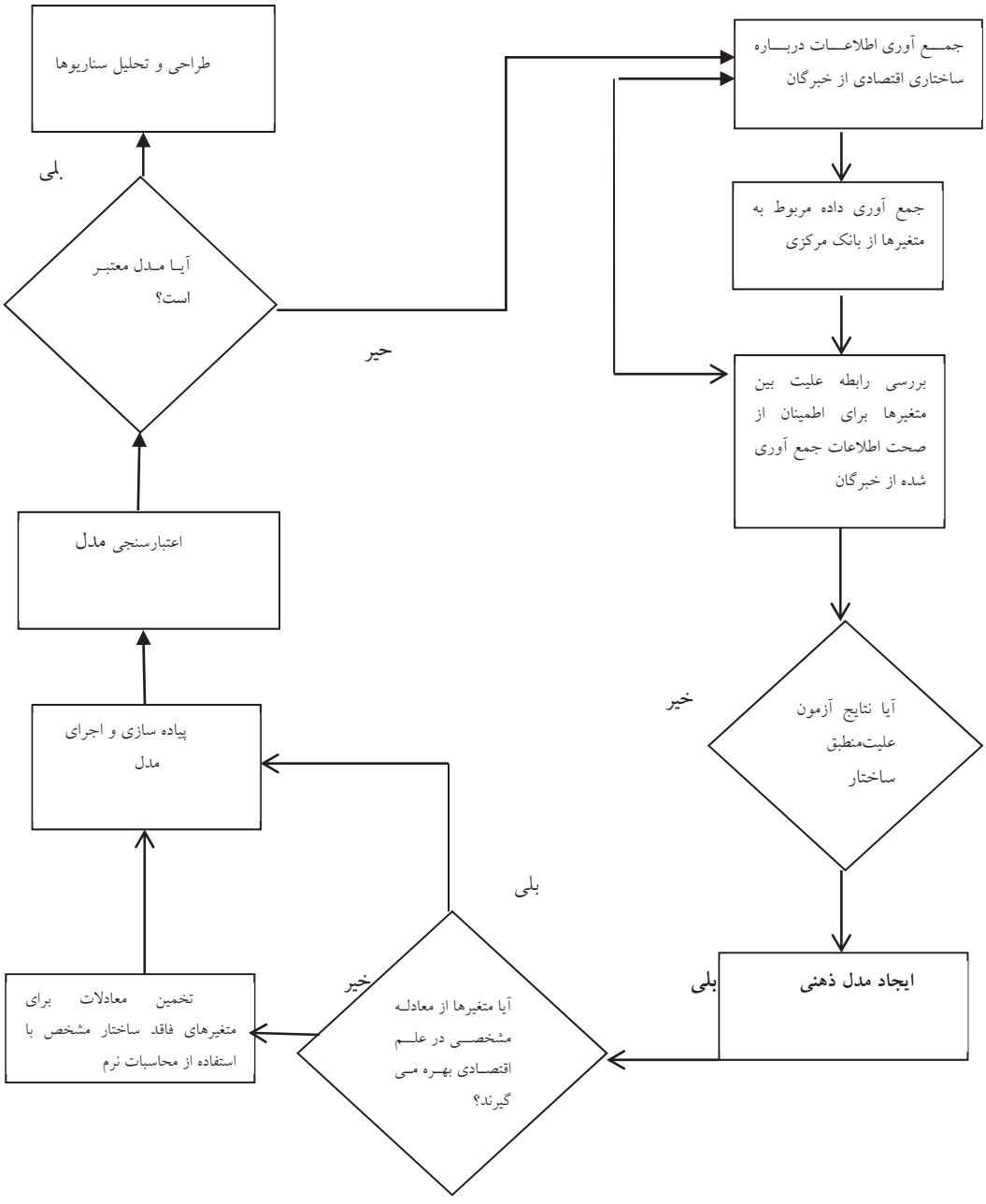
۲- روش شناسی تحقیق

در این قسمت ابتدا به بررسی نحوه انتخاب و ارتباط متغیرها در مدل با استفاده از آزمون علیت گرنجر خواهیم پرداخت و سپس مدلسازی سیستم دینامیک ارائه خواهد شد. در نهایت به نحوه تخمین متغیرها با استفاده از روش‌های محاسبات نرم می-پردازیم. فرآیند انجام پژوهش در نمودار (۱) خلاصه شده است.

۲-۱. متغیرها

با توجه به موضوع پژوهش که بررسی پویایی‌های نقدینگی در کشور می‌باشد، با مروری بر ادبیات موضوع و همچنین پرسش از خبرگان برخی از عوامل موثر بر نقدینگی مشخص شده اند که پویایی‌های نقدینگی را شکل می‌دهند. از جمله این عوامل سطح قیمت‌ها، خالص سرمایه گذاری، سطح واردات، کسری بودجه، هزینه‌های دولت، بدهی دولت و بانک مرکزی و ... می‌باشند. برای انتخاب نهایی متغیرها و نحوه استفاده آن‌ها ابتدا متغیرهای مذکور تحت آزمون علیت گرنجر قرار گرفته و سپس با توجه به مرز مدل، نحوه استفاده از متغیرها مشخص شده که باید به صورت برون‌زا، درون‌زا و یا متغیر مستثنی در مدل استفاده شوند. لازم به ذکر است داده به کار رفته در پژوهش مستخرج از بانک داده سری زمانی سامانه رسمی بانک مرکزی است و افق زمانی که در مدلسازی سیستم دینامیک مورد استفاده قرار گرفته مربوط به سال‌های ۱۳۵۲ تا ۱۳۸۹ می‌باشد.

نمودار۱. فرآیند انجام پژوهش



۲-۲. آزمون علیت گرنجر

فروض

الف. آینده نمی‌تواند علت گذشته باشد. گذشته علت حال و یا آینده است. به عبارتی علت قبل از معلول اتفاق می‌افتد.

ب. علت شامل اطلاعات منحصربه فردی درباره مقادیر آینده معلول است.

تعریف

X_t علت گرنجر Y_t نیست اگر برای تمام مقادیر $h > 0$:

(فرمول.۱)

$$F(Y_{t+h}|\Omega_t) = F(y_{t+h}|\Omega_t - X_t)$$

که در آن F بیانگر توزیع شرطی و تمام اطلاعات به استثنای سری X_t است. به زبان ساده، X_t علت گرنجر Y_t نیست اگر X نتواند به پیش‌بینی آینده Y کمک کند.

تعریف معادلاتی

برای یک فرآیند ایستای یک-بعدی، یک نمایش کانونی میانگین متحرک به صورت فرمول.۲ وجود دارد.

(فرمول.۲)

$$Z_t = \mu + \varphi(B)u_t = \mu + \sum_{i=1}^{\infty} \varphi_i u_{t-i}\,, \varphi_o = I_t$$

یک شرط لازم و کافی برای اینکه متغیر k علت گرنجر j نباشد، این است که برای تمام i=1,2,... ها $\varphi_{jk,i} = o$. اگر فرآیند برگشت پذیر باشد، سپس

(فرمول.۳)

$$\boldsymbol{Z_t = C + A(B)Z_{t-1} + u_t = C + \sum_{i=1}^{\infty} A_i Z_{t-i} + u_t}$$

اگر تنها دو متغیر یا دو گروه از متغیرها به نام j و k وجود داشته باشد، شرط لازم و کافی برای اینکه متغیر k علت گرنجر متغیر j نباشد این است که برای تمام مقادیر i=1,2,...ها، $A_{jk,i} = o$ باشد. [۱۲]

در پژوهش حاضر آزمون علیت گرنجر با استفاده از نرم افزار Eviews7 انجام شده است.

۲-۳. نحوه استفاده از متغیرها در مدل

نحوه استفاده از متغیرهای در داخل مدل در جدول۲نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، متغیرهای اصلی مدل به سه دسته تقسیم شده اند: درون‌زا، برون‌زا، و کمکی.

متغیرهای درون‌زا متغیرهایی هستند که در مدل به صورت درون‌زا دیده شده اند و متغیرهای برون‌زا متغیرهایی هستند که به صورت بیرونی وارد مدل شده اند. متغیرهای کمکی متغیرهایی هستند که به بهتر دیدن ساختمان سیستم کمک می‌کنند و در نهایت ثابت‌های مدل نرخ‌های ثابتی هستند که در تمام مدت زمان شبیه سازی ثابت اند و پس از اجرای مدل برای تحلیل سناریو و بهینه سازی مدل می‌توان از آن‌ها بهره گرفت.ثابت‌ها متغیرهایی هستند که در طول دوره شبیه سازی عددی ثابت می‌گیرند، مانند ضرایب تغییرات سایر متغیرها. در ادامه متغیرها بر اساس چگونگی ماهیت آن‌ها در مدل دسته بنده شده اند.

جدول۲. نحوه استفاده از متغیرهای در مدل

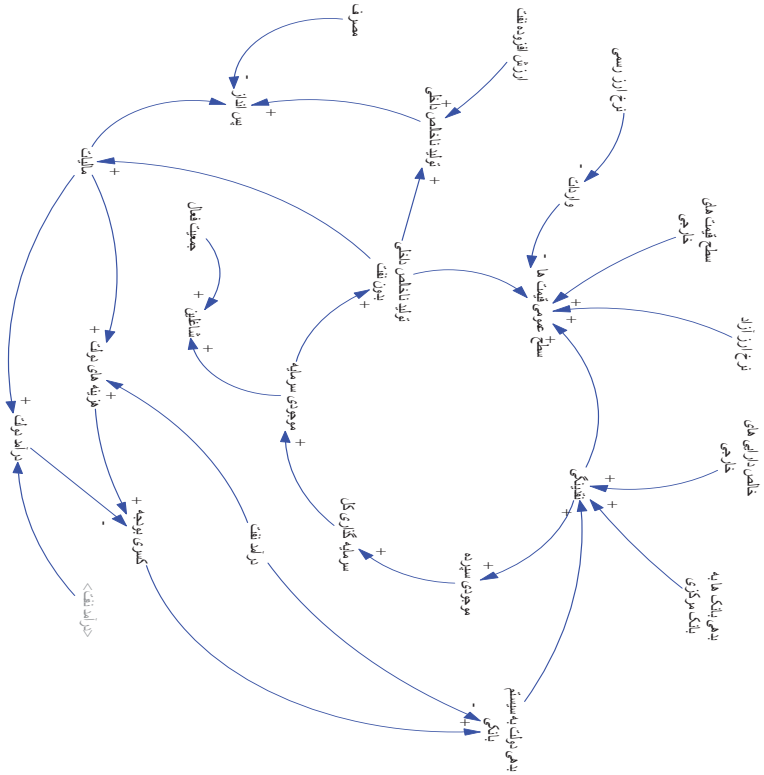
نوع متغیر	نام متغیر
برون‌زا	درآمد نفت، ارزش افزوده گروه نفت، جمعیت فعال، مصرف ملی، سایر درآمدها، نرخ مالیات، خالص دارایی‌های خارجی، بدهی بانک‌ها به سیستم بانکی، شاخص سطح عمومی قیمت‌های خارجی، نرخ رسمی ارز.
درون‌زا	بدهی دولت به بان مرکزی، هزینه‌های دولت، درآمد دولت، تعداد شاغلین، موجودی سرمایه، سرمایه‌گذاری کل، شاخص سطح قیمت‌ها، نرخ ارز آزاد، نقدینگی، تولید ناخالص داخلی بدون نفت، واردات و درآمد مالیات، موجودی سپرده و تسهیلات اعطایی، و پس انداز، قیمت‌های نسبی.
ثابت	نرخ موجودی سپرده، و نرخ تسهیلات اعطایی.
کمکی	تولید ناخالص داخلی، کسری بودجه، تورم، تغییر نقدینگی.

۲-٤. مدل‌سازی پویا

۲-٤-۱. نمودار علی و معلولی

بخشی از نمودار علی و معلولی مدل پیشنهادی در شکل (۱) ارائه شده است.

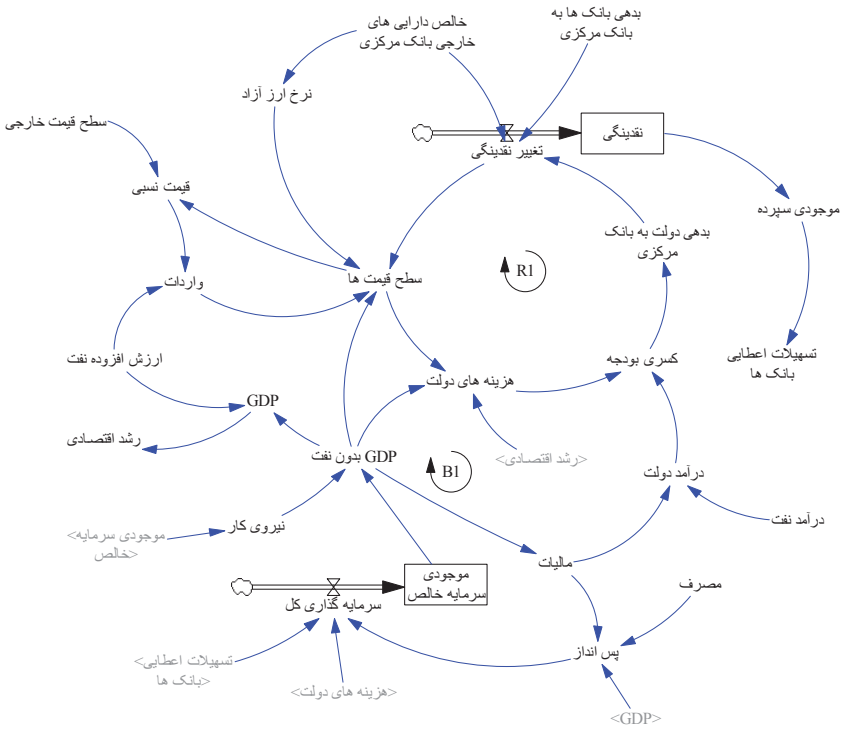
شکل ۱. نمودار علی و معلولی مدل



۲-٤-۲. نمودار جریان

خلاصه ای از نمودار جریان مدل در شکل (۲) ارائه شده است.

شکل ۲. نمودار جریان مدل



همان گونه که مشاهده می‌شود، نقـدینگی و موجـودی سـرمایه خـالص دو متغیـر حالت در مدل می‌باشند که هرکدام صرفا از طریق یک متغیر نرخ تغییر پیدا می‌کنند.

کسری بودجه با توجه به معادله حسابداری به صورت تفاضل میان درآمد دولـت و هزینه‌های دولت در نظر گرفته شده اسـت. درآمـد دولـت بـه صـورت تقریبـی معـادل مجموع درآمد نفت و درآمد مالیاتی کشور است که درآمد نفت به صورت متغیر بـرون

زا در مدل به کار رفته است.هزینه‌های دولت به صورت معادلـه ای از رشـد اقتصـادی، تولید ناخالص داخلی بدون نفت و سطح قیمت‌ها محاسبه شده اسـت. رشـد اقتصـادی عموما معادل تغییرات تولید ناخالص داخلی است. از طـرف دیگـر بـا افـزایش کسـری بودجه دولت استقراض بیشتری از بانک مرکزی انجـام داده و بـدهی دولـت بـه بانـک مرکزی بالا خواهد رفـت.تغییرات نقـدینگی، نـرخ ارز آزاد، واردات و تولیـد ناخـالص داخلی بدون نفت از عوامل تاثیرگذار بر سطح قیمت‌هـا محسـوب مـی‌شـوند. افـزایش نقدینگی در سال‌های اخیر با توجه به ضعف ظرفیت‌های تولیدی و بخـش صـنایع، بـه طور عمده باعث افزایش تورم و سطح قیمت‌ها گردیده است.در چنین شرایطی نرخ ارز و به تبع آن واردات، منجر به افزایش تغییرات شاخص سطح قیمت‌ها و یـا بـه عبـارتی تورم شده است. از طرف دیگر با رشد تولید ناخالص داخلی بدون نفت و بهبود بخـش تولیدی عرضه زیاد شده و سطح قیمت‌ها تنزل پیدا می‌کند.نرخ ارز بـه صـورت معادلـه ای از خالص دارایی‌های خارجی بانک مرکزی مدل شده است. بدهی دولت و بانک‌هـا به بانک مرکزی و همچنین خالص دارایی‌های خارجی بانک مرکزی نقدینگی که از نظر عددی برابر با مجموع پول و شبه پول در گـردش در نظـر گرفتـه شـده اسـت، بیشـتر می‌شود. موجودی سرمایه خالص به عنوان تغییرات سرمایه گذاری کل می‌باشد. سرمایه گذاری کل به عنوان تابعی از هزینه‌های دولت، پس انداز و تسهیلات اعطایی بانـک‌هـا در نظر گرفته شده است. افزایش هر سه این عوامل منجر به رشد هر چه بیشتر سـرمایه گذاری کل خواهد شد. قابل ذکر است که نقدینگی از طریق افزایش موجـودی سـپرده باعث رشد تسهیلات اعطایی بانک‌ها می‌شود. تولید ناخالص داخلی به صورت مجموع تولید ناخالص داخلی بدون نفت و ارزش افزوده نفت در مدل به کـار رفتـه اسـت کـه ارزش افزوده نفت متغیری برون زا مدل شده است. واردات به طور عمده تابعی از رشد اقتصادی، سطح قیمت‌ها و ارزش افزوده نفت در نظر گرفته شده است که افـزایش هـر یک از عوامل یاد شده منجر به افزایش واردات خواهد شد. تولید ناخالص داخلی بدون نفت به طور حدودی تابعی از نیروی کار و موجودی سرمایه خالص در نظر گرفته شده

است. با توجه به تابع تولید کاب داگلاس[1] نیروی کار و موجودی سرمایه هر دو باعث افزایش تولید و بالا رفتن تولید ناخالص داخلی بدون نفت خواهند شد[۸]. همچنین جمعیت به عنوان متغیر برون زا در نظر گرفته شده است. از طرف دیگر مالیات می‌تواند علتی برای تغییرات درآمد دولت و پس انداز باشد.

برای معادلات برخی از متغیرها صرفا از ساختار اقتصادی مشخص شان استفاده شده است، به عنوان مثال متغیرهای GDP و کسری بودجه از فرمول‌های (٤) و (٥) به دست آمده‌اند.

(فرمول.۴)

کسری بودجه = هزینه‌های دولت – درآمدهای دولت

(فرمول.۵) GDP =نفت بدون GDP+نفت افزوده ارزش

برای متغیرهایی که فاقد ساختار اقتصادی مشخص بودند و یا معادله ساختاری آن‌ها به علت در دسترس نبودن داده از دقت پائینی برخوردار بوده است، با استفاده از روش تلفیقی محاسبات نرم ارائه شده در بخش (۱,۳) معادله ریاضی تخمین زده شده است.

۲-٤-۳. حلقه‌ها

برخی از حلقه‌های مهم مدل عبارتند از حلقه کسری بودجه (R1)، و حلقه GDP بدون نفت (B1).

حلقه R1: طبق نمودار جریان مدل در شکل (۲) با افزایش نقدینگی، سطح عمومی قیمت‌ها افزایش می‌یابد. از طرف دیگر افزایش سطح عمومی قیمت‌ها، هزینه‌های دولت را افزایش داده و در پی آن کسری بودجه افزایش می‌یابد. در پی افزایش کسری بودجه، دولت مجبور به استقراض از بانک مرکزی شده و بدهی دولت به بانک مرکزی رشد می‌کند که یکی از عوامل رشد نقدینگی است. به این ترتیب با فرض ثابت بودن سایر

1. Cobb-Douglas production function

عوامل، نقدینگی از طریق حلقه کسری بودجه به تدریج تشدید خواهد شد. بنابراین حلقه کسری بودجه یک حلقه تقویتی می‌باشد.

حلقه B1: با توجه به نمودار جریان ارائه شده در شکل (۲)رشد GDP بدون نفت با فرض ثابت بودن سایر عوامل باعث کاهش سطح قیمت‌ها و در پی آن هزینه‌های دولت می‌شود. با کاهش هزینه‌های دولت کسری بودجه کاهش یافته و دولت کمتر مجبور به استقراض از بانک مرکزی خواهد شد. بنابراین بدهی دولت به بانک مرکزی و به تبع آن رشد نقدینگی کاهش می‌یابد. با کاهش نقدینگی سرمایه گذاری کل و موجودی سرمایه خالص از کانال موجودی سپرده و تسهیلات اعطایی بانک‌ها کاهش موقتی خواهند یافت که در ادامه با ورود نیروی کار خبره و رشد سطح تکنولوژی می‌توان از کاهش GDP بدون نفت ممانعت به عمل آورد. بنابراین این حلقه به خودی خود یک حلقه تعادلی می‌باشد، و می‌توان نتیجه گرفت که افزایش GDP بدون نفت، قادر به کاهش رشد نقدینگی می‌باشد.

۳- تخمین معادلات

همان‌طور که قبلا اشاره شد، برای آن دسته از متغیرهایی که فاقد ساختار مشخص اقتصادی هستند، سعی در تخمین معادله با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی شده است. محاسبات نرم شاخه ای از علوم کامپیوتر است که برای یافتن جواب‌های نادقیق مسائل پیچیده به کار می‌رود. این حوزه شامل منطق فازی، شبکه‌های عصبی و محاسبات تکاملی می‌باشد که برای حل مسائل دنیای واقعی که نمی‌توان آن‌ها را با محاسبات عادی انجام داد، به کار می‌رود. از جمله کاربردهای این علم، تخمین تابع، استخراج قوانین، پیش بینی، حل مسائل ان-پی سخت[1] و ... می‌باشد. در این پژوهش برای تخمین معادلات از روشی که تلفیقی از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون و الگوریتم ژنتیک می‌باشد استفاده شده است.

1.NP-Hard

۳-۱. شبکه عصبی پرسپترون

یک شبکه عصبی مصنوعی ترکیبی است از مجموعه واحدهایی به نام گره[۱] یا نورون[۲] که به موازات هم و به صورت توزیع شده فرآیندی را انجام می‌دهند. این نورون‌ها همانند شکل (۳-۱) معمولا در لایه‌هایی قرار دارند که به صورت مناسب به کانال‌های سیگنال وزنی وصل شده‌اند که به آن‌ها اتصالات و ای اوزان سیناپتیک گویند.شبکه‌های عصبی دانش‌شان را از طریق تعیین الگو و روابط نهفته در داخل داده جمع‌آوری می‌کنند. سه شاخص مهم در شبکه‌های عصبی مصنوعی عبارتند از: معماری شبکه[۳]، توابع انتقال شبکه[۴]، و الگوریتم یادگیری شبکه[۵].

از لحاظ معماری پرسپترون ترکیبی از یک ساختار سلسله مراتبی سه سطحی است. توپولوژی پرسپترون دارای یک سطح ورودی که معادل واحد حسگر یا رتیناست، سطح دوم یا واحد جستجوی ویژگی که شامل گره‌ها و اوزان اتصالات و حدود آستانه متناسب با آن‌هاست، و سطح سوم شامل لایه خروجی که ترکیبی از یک گره با اوزان مربوط به خودش می‌باشد، است. با توجه به تئوری همگرایی پرسپترون[۶] نشان داده شده است تا زمانی که الگوهای آموزشی در پرسپترون خطی باشند، الگوریتم یادگیری باید در تعداد گام‌های متناهی همگرا شود. این بدان معناست که برای دسته‌بندی الگوها باید یک مرز تصمیم مشخص شود.

۱.Node

۲.Neuron

۳.Network Topology

۴.Network Transfer Function

۵.Network Learning Algorithm

۶ .Perceptron Convergence Theorem

در مسائل دوبعدی، این به معنای یافتن خط $w_1x_1 + w_2x_2 - \theta = 0$ است به طوری‌که پس از یادگیری بتواند الگوها را دسته‌بندی کند. گام‌های آموزش یک پرسپترون به صورت زیر می‌باشد [۱۱]:

گام ۱: برای اوزان و حدود آستانه مقادیر تصادفی کوچکی نسبت می‌دهیم.

گام ۲: از مجموعه داده آموزشی ورودی-خروجی $(x^{(k)}, t^{(k)})$ یک الگوی ورودی-خروجی انتخاب می‌کنیم.

گام ۳: خروجی واقعی $o = f(\sum_{i=1}^{l} w_i x_i - \theta)$ را محاسبه می‌کنیم.

گام ٤: وزن‌ها را با توجه به قانون یادگیری پرسپترون طبق معادله (۳-۵) بروزآوری می‌کنیم:

(فرمول.۶)

$$\Delta w_i = \eta[t - f\left(\sum_i w_i x_i - \theta\right)]x_i$$

۳-۲. الگوریتم ژنتیک

الگوریتم‌های ژنتیک روش‌های بهینه سازی تصادفی هستند که نیاز به مشتق گیری ندارند. این الگوریتم‌ها بر پایه مفهوم انتخاب طبیعی و فرآیندهای تکاملی هستند که برای اولین بار در سال ۱۹۷۵توسط جان‌هالند[۱] در دانشگاه میشیگان ابداع شدند(جانگ و همکاران[۲]، ۱۹۹۷).اجزای اصلی ژنتیک‌ها شامل کد کردن طرح کلی، ارزیابی برازش، انتخاب والد، عملگرهای ترکیب، و عملگرهای جهش هستند [۱۱].

الف. کد کردن طرح کلی: در این قسمت باید نقاط داخل فضای پارامتر را به رشته بیت‌ها انتقال دهیم.

ب. ارزیابی برازش: اولین گام پس از تولید یک نسل، محاسبه مقدار برازش هر عضو در جمعیت می‌باشد. برای بیشینه سازی مسئله، مقدار برازش f_i عضو i معمولا

۱.John Holland

۲.Jang, Sun and Mizutani

تابع هدف ارزیابی این عضو (یا نقطه) می‌باشد. ما معمولا به مقادیر برازش مثبت نیاز داریم که اعضا را بر اساس تابع برازش اولویت بندی کند.

ج. انتخاب[۱]: پس از تکامل، باید یک جمعیت جدید برای نسل جاری انتخاب کرد. عملگر انتخاب مشخص می‌کند که چه والدهایی در تولید نسل بعد شرکت داشته باشند که معادل زنده ماندن سازگارترین اعضا در انتخاب طبیعی می‌باشد. معمولا اعضا با توجه به یک احتمال متناسب با مقدار برازششان انتخاب می‌شوند.

د. ترکیب: برای بهره گرفتن از پتانسیل‌های نسل جاری، از عملگرهای ترکیب برای تولید کروموزومهایی که ویژگی‌های خوب نسل قبل را دارند، استفاده می‌شود. ترکیب معمولا با استفاده از احتمالی تحت عنوان نرخ ترکیب[۲] برای جفت والدهای انتخاب شده اعمال می‌شود. ترکیب تک نقطه ای[۳] ساده ترین نوع ترکیب می‌باشد که نقطه ترکیب به صورت تصادفی در کد ژن انتخاب می‌شود و دو بخش والدها در آن نقطه با هم تعویض می‌شوند.

ه. جهش: ترکیب از پتانسیل‌های ژن‌ها استفاده می‌کند، اما اگر جمعیت تمام اطلاعات مورد نیاز برای حل مسئله را نداشته باشد، هیچ مقداری از ترکیب ژنی نمی‌تواند جواب قابل قبول را تولید کند. به همین دلیل از یک عملگر جهش که قادر به تولید همزمان کروموزوم‌ها است بهره می‌بریم. رایج ترین روش برای جهش، تغییر یک بیت تحت احتمالی به نام نرخ جهش[۴] است. عملگر جهش از همگرا شدن یک بیت به یک مقدار در طی جمعیت‌های متوالی جلوگیری می‌کندو مهم‌تر از آن، مانع همگرایی جمعیت و رکود آن در بهینه‌های محلی می‌شود.

۱.Selection
۲.Crossover Rate
۳.Mutation Rate
۴.One-Point Crossover

در یک فرآیند تکاملی طبیعی، انتخاب، ترکیب و جهش همگی در یک واقعه تولید فرزند اتفاق می‌افتند. در الگوریتم‌های ژنتیک این فرآیندها به خاطر سهولت در استفاده از هم تفکیک شده اند(جانگ و همکاران، ۱۹۹۷).

با توجه به مفاهیم بیان شده یک الگوریتم ژنتیک بیشینه سازی در گام‌های زیر خلاصه شده است:

گام ۱: جمعیت با عناصر تصافی تولید شده، تشکیل می‌شود و مقدار برازش هر عنصر ارزیابی می‌شود.

گام ۲:

دو عضو از جمعیت که مقدار برازش مناسبی دارند، انتخاب می‌شوند.

با توجه به نرخ ترکیب، عملگر ترکیب بر روی آن‌ها اعمال می‌شود.

با توجه به نرخ جهش، عملگر جهش بر روی آن‌ها اعمال می‌شود.

مراحل (۱) تا (۳) تا زمانی تکرار می‌شوند که اعضای کافی برای رفتن به نسل بعد تولید شوند.

گام ۳ : گام‌های (۲) و (۳) تا زمان شرط توقف الگوریتم تکرار می‌شوند.

۳-۳. روش تلفیقی

برای تخمین معادله متغیرهایی که ساختار اقتصادی مشخصی ندارند، از روشی تلفیقی استفاده شده است که حاصل ترکیب شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه و الگوریتم ژنتیک است، بدین صورت که به جای الگوریتم پس انتشار خطا برای اموزش شبکه عصبی، از الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود. تعداد نورون‌های لایه میانی بین ۱ تا ۲۰ متغیر باشد و تعداد بهینه نورون با پیاده سازی الگوریتم مشخص شود. همچنین نوع تابع فعال‌سازی در لایه میانی و لایه آخر از یک مجموعه مشخص انتخاب می‌شود. این مجموعه عبارتند از {tansig, radbas, purelin, logsig}. در ادامه معادلات توابع فعال‌سازی استفاده شده ارائه شده اند [۱۱]:

تابع تنسیگ $\boldsymbol{tansig(n) = \frac{2}{1+exp(-2*n)} - 1}$

تابع رادبیس $\boldsymbol{radbas(n) = exp(-n\text{^}2)}$

تابع پیورلین $\boldsymbol{purelin(n) = n}$

تابع لاگسیگ $\boldsymbol{logsig(n) = 1/(1 + exp(-n))}$

لازم به ذکر است که در لایه میانی تمام نورون‌ها تابع فعال‌سازی یکسانی دارند. پارامترهای بهینه برای استفاده در الگوریتم با آزمون و خطا به دست آمده اند که مطابق جدول.۲ اند.

جدول۲. پارامترهای بهینه روش پیشنهادی محاسبات نرم

تعداد جمعیت	٤٠
تعداد تکرارهای الگوریتم	٤٠
نرخ جهش	۰,۹
نرخ ترکیب	۰,٦

لازم به ذکر است متغیرها قبل از ورود به شبکه تحت معادله ای به علت هم‌مقیاس کردن نرمالیزه شده‌اند. سپس در مدل سیستم دینامیک غیرنرمال‌سازی بر روی متغیرهای مدل صورت گرفته است. فرمول نرمال سازی مربوطه در فرمول.۷ آمده است [۱].

(فرمول.۷)

$$Z_i = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} * 2 - 1$$

که در آن X_i داده اصلی و Z_i داده نرمال شده می‌باشد.

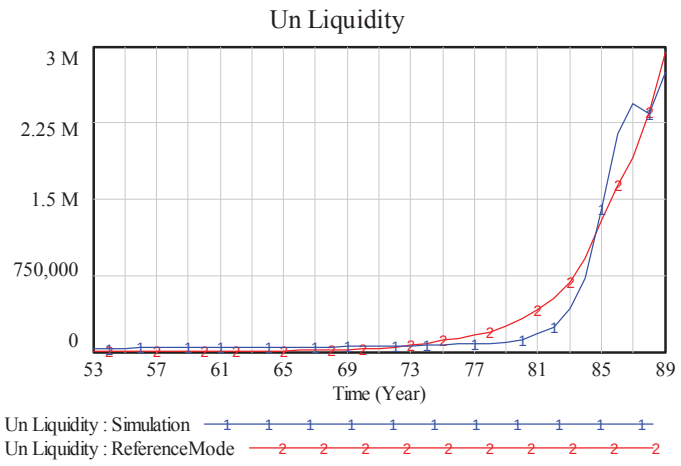
لازم به ذکر می‌باشد که برای انجام آزمون علیت گرنجر از نرم افزار Eviews 7، برای تخمین معادلات با استفاده از روش‌های محاسبات نرم از نرم افزار MATLAB R2014a و برای مدلسازی دینامیکی از نرم افزار vensim PLE بهره گرفته شده است.

۳-٤. مشاهدات

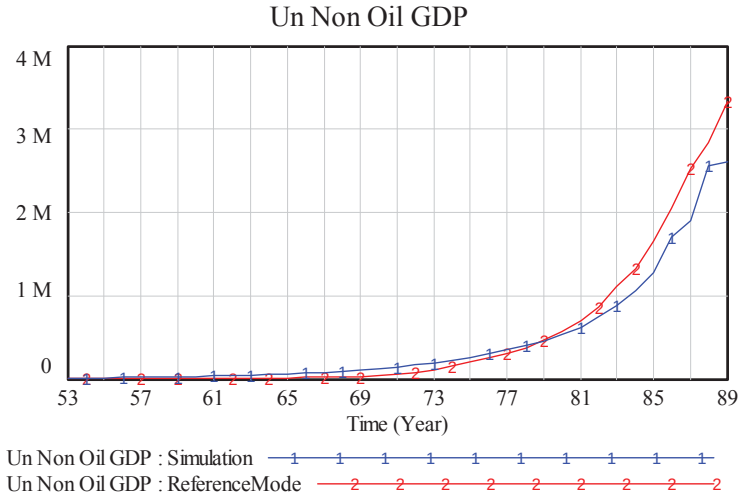
۳-٤-۱. شبیه سازی

پس از اجرا و پیاده سازی مدل برای سال‌های ۱۳۵۳ الی ۱۳۸۹ نتایج حاصل از شبیه سازی به صورت شکل‌های (۳)، (٤) و (۵) ارائه شده است که به علت عدم وجود فضای کافی صرفا به ارائه شکل شبیه سازی چند متغیر اکتفا شده است. لازم به ذکر است در شکل‌های مذکور نموداری که با عدد یک علامت‌گذاری شده مربوط به شبیه سازی مدل پیشنهادی و نموداری که با عدد دو علامت‌گذاری شده مربوط به اعداد مرجع متغیر مربوطه می‌باشند. همچنین حروف Un که قبل از نام هر متغیر در قسمت بالای متغیر ذکر شده است، نشان‌دهنده غیرنرمالیزه شدن آن متغیر می‌باشد. گام شبیه سازی با توجه به توالی داده در دسترس سال در نظر گرفته شده است که در محور افقی نمودار به خوبی نشان داده شده است. واحدهای متغیرها در تمام نمودارها مطابق سامانه رسمی بانک مرکزی برای نقدینگی و GDP بدون نفت، میلیون ریال و برای شاخص قیمت بدون واحد در نظر گرفته شده است.

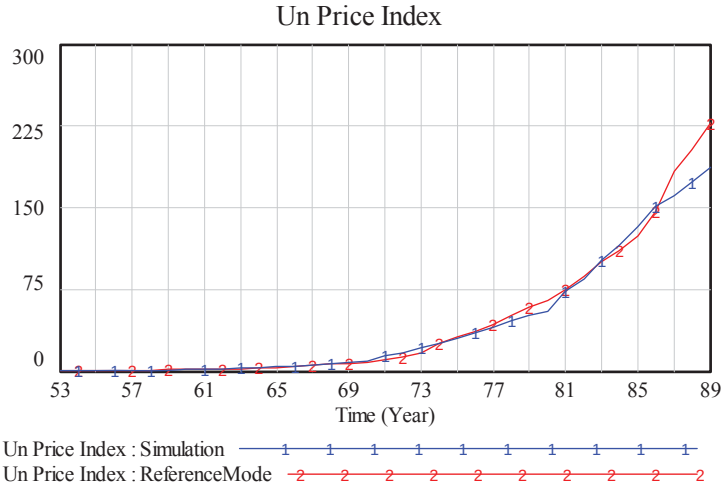
شکل ۳. نتایج حاصل از شبیه سازی برای متغیر نقدینگی



شکل۴. نتایج حاصل از شبیه سازی برای متغیر تولید ناخالص داخلی بدون نفت



شکل ۵. نتایج حاصل از شبیه سازی برای متغیر سطح قیمت‌ها



۳-٤-۲. اعتبارسنجی

چندین آزمون برای اعتبارسنجی مدل شبیه سازی در پویایی شناسی سیستم وجود دارد [۱۳] که در این پژوهش صرفا به دو آزمون تولید مجدد رفتار و خطای انتگرال اکتفا شده است. تولید مجدد رفتار به صحت روند شبیه سازی می‌پردازد و اینکه آیا مدل رفتار واقعی موجود در سیستم را تولید می‌نماید؟ با توجه به شکل‌های حاصل از شبیه سازی روند کلی تغییرات اعداد مرجع منطبق بر روند شبیه سازی رشد کرده و این موضوع دال بر صحت تولید مجدد رفتار می‌باشد و بنابراین نشان دهنده این است که شبیه سازی تا حدودی زیادی توانسته است رفتار متغیرها را تولید کند. خطای انتگرال بیان می‌کند که آیا بازه‌های زمانی شبیه سازی به طور مناسبی در نظر گرفته شده اند و با تغییر آن‌ها تغییری در نتایج مدل حاصل می‌شود؟ این امر با تغییر گام زمانی شبیه سازی و بررسی این که آیا تغییری در نتایج اجرا مشاهده می‌شود یا نه، میسر شده است. به این صورت که مدل با گام‌های ۱، ۰,۵ و ۰,۲۵ شبیه سازی شد و نتایج حاکی از آن است که روند شبیه سازی در گام‌های مختلف منطبق بر هم به دست آمده است.

٤- تحلیل سناریو

پس از تحصیل اطمینان از اعتبار مدل به طراحی و پیاده سازی سناریوهایی پرداخته شده است تا نحوه تغییرات نقدینگی تحت تغییر عوامل مختلف روشن شود. سه سناریو برای این منظور در نظر گرفته شده است. سناریوهای مذکور مربوط به سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹٤ و با استفاده از متغیرهای درآمد نفت، نرخ مالیات و نرخ رسمی ارز تهیه شده اند که طبق جدول. ۳ ارائه شده است. همچنین شبیه سازی تا سال ۱۳۹۹ ادامه پیدا کرده است.

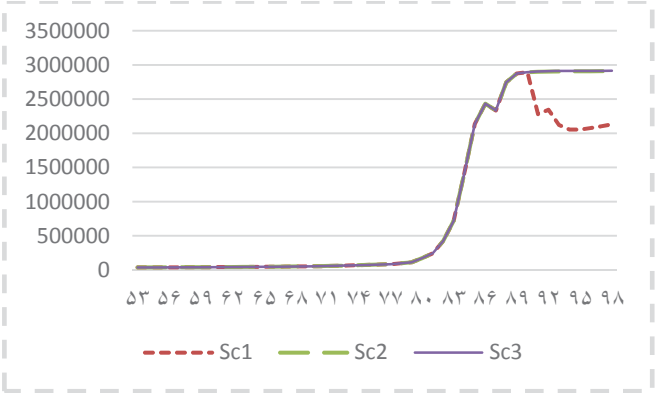
جدول۳. سناریوهای ترکیبی سال ۱۳۹۴

سناریوی سوم	سناریوی دوم	سناریوی اول	
۹۰۰۰۰۰	۳۰۰۰۰۰	٤٦٦٧٩٦	درآمد نفت (میلیون ریال)
۰,۰۵	۰,۰٦	۰,۰٦	نرخ مالیات (بدون واحد)
۲۰۰۰۰	۳۳۰۰۰	۲۸۰۰۰	نرخ رسمی ارز (ریال)

سناریوی اول حالتی را بررسی می‌کند که درآمدهای نفتی در سال ٩٤ به ٤٦٦٧٩٦ میلیون ریال برسد، که این عدد با استفاده از برون یابی به دست آمده است. همچنین در این سناریو فرض می‌شود که نرخ مالیات در حد ۰,۰٦ و نرخ رسمی ارز معادل نرخ ارز مبادله‌ای در سال ۹۳ یعنی ۲۸۰۰۰ ریال باشد. در سناریوی دوم حالتی بررسی می‌شود که در آن درآمدهای نفتی در سال ٩٤ به علت تحریم‌ها تا ۳۰۰۰۰۰ میلیون ریال کاهش یافته، نرخ مالیات ۰,۰٦ یا همان ٦ درصد GDPو نرخ رسمی ارز به ۳۳۰۰۰ ریال افزایش می‌یابد. این سناریو تداوم اوضاع در سال ۹۳ را برای سال ٩٤ در نظر می‌گیرد. درنهایت سناریوی سوم شرایطی را به تصویر می‌کشد که کشور از تحریم‌های نفتی خارج شده و تا ۹۰۰۰۰۰ میلیون ریال درآمد نفتی داشته باشد. همچنین با نرخ مالیات ۰,۰۵ نرخ ارز ۲۰۰۰۰ باشد. در سناریوی اخیر فرض شده است که با حصول توافق هسته ای درآمد نفتی به قبل از تحریم نفتی برمی گردد و سه برابر درآمد نفتی در سناریو دوم در نظر گرفته می‌شود. افزایش درآمد نفتی و رشد اقتصادی موجب کاهش نسبت مالیات به GDP شده و در این سناریو نسبت مذکور ۵ درصد در نظر گرفته می‌شود. در این سناریو همچنین چنین فرض می‌شود که با گشایش ارزی که در صورت حصول توافق هسته‌ای و رفع تحریم‌های نفتی و بانکی اتفاق می‌افتد نرخ ارز نیز کاهش یافته و در حدود ۲۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته می‌شود. بدیهی است با توجه به سناریوها، در صورت تداوم تحریم‌ها سناریوی دوم بیش از بقیه سناریوها امکان وقوع خواهد داشت.

پس از پیاده سازی سناریوها نتایج حاصل به صورت شکل.٦ حاصل شده است. در شکل.٦ نمودارهای Sc1، Sc2 و Sc3 به ترتیب مربوط به شبیه سازی سناریوهای اول تا سوم می‌باشند. پس از پیاده سازی سناریوها مشاهده شده است که نمودار سناریوهای دوم و سوم تقریبا منطبق بر هم به دست آمده است. نمودار حاصل از اعمال سناریوی اول، کاهش چشمگیر نقدینگی را برای سال‌های آتی نشان می‌دهد.

شکل۶. نمودار نتایج حاصل از اعمال سناریوهای ترکیبی برای متغیر نقدینگی



جدول٤. نتایج حاصل از شبیه سازی را برای رشد نقدینگی در سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹ تحت سناریوهای مختلف ذکرشده نشان می‌دهد.

جدول۴. نتایج حاصل از شبیه سازی متغیر نقدینگی تحت سه سناریوی مختلف بر حسب میلیون ریال

سال	سناریوی اول	سناریوی دوم	سناریوی سوم
۱۳۹۲	2281522.5	2898713	2903579
۱۳۹۲	2342912.75	2902160.75	2910615.5
۱۳۹۴	2121206.25	2904262.5	2913036.75
۱۳۹۵	2053017.375	2904846	2913295.75
۱۳۹۶	2053782	2905670.5	2913555.75
۱۳۹۷	2076040.5	2906431.5	2913805
۱۳۹۸	2103042	2907134.75	2914044
۱۳۹۹	2130308.75	2907785.25	2914272.25

۵- نتایج تجربی

با توجه به هدف پژوهش یکی از مهم ترین دستاوردهای تحقیق حاضر ایجاد یک بستر پویا جهت مطالعه تغییرات نقدینگی و شبیه سازی آن در آینده است که طی گام‌های مختلف محقق شده است. در پژوهش حاضر ضمن توسعه مدل با توجه به روابط علی و معلولی، اولا داده سری زمانی تا حد قابل قبولی درست شبیه سازی شده است که این امر نشان دهنده صحت رفتار مدل توسعه داده شده می‌باشد و ثانیا پس از کسب اطمینان از اعتبار و صحت مدل توسعه داده شده، سناریوهایی با توجه به شرایط اقتصادی امروز طراحی و شبیه سازی شده اند.

با شبیه سازی‌سناریوی اول مشاهده می‌شود که نرخ رشد نقدینگی با فرض ثابت بودن سایر عوامل در سال ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ با ترتیب و به صورت تقریبی به اعداد –۹,٤٪ و –۳,۲٪ خواهد رسید. نتایج حاصل از سناریوی دوم نرخ رشد نقدینگی را با فرض ثابت بودن سایر عوامل در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ به ترتیب ۷,۲٪ و ۲,۰٪ نشان می‌دهد. در نهایت با بررسی سناریوی سوم مشاهده می‌شود که نرخ رشد نقدینگی با فرض ثابت بودن سایر عوامل در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ به ترتیب به اعداد ۸,۳٪ و

۰,۰۰۸٪ خواهد رسید. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پیاده سازی سناریوی اول موجبات بیشترین کاهش را برای نرخ رشد نقدینگی فراهم می‌آورد.

به عنوان مطالعات آتی می‌توان مدل را با بخش‌های دیگری از اقتصاد مانند جرئیات بخش بودجه و یا مالیات توسعه بیشتری داد. همچنین می‌توان سناریوی‌های ترکیبی دیگری را با تغییر سایر متغیرها طراحی, پیاده سازی و مطالعه کرد.

منابع

پوراکبر، مرجان؛ (۱۳۹۳)؛ "تخمین نرخ بهینه نقدینگی با استفاده از پویایی شناسی سیستم و محاسبات نرم (شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم اقتصادی، تهران.

تقوی، مهدی؛ صفرزاده، اسماعیل؛ (۱۳۹۱)؛ "نرخ بهینه رشد نقدینگی در اقتصاد ایرن در چارچوب الگوهای تعادل عمومی پویای تصادفی کینزی جدید (DSGE)". مدلسازی اقتصادی، شماره ۹ . ۷۷-۱۰۴.

جوادی، شاهین؛ (۱۳۸۸)؛ "مدیریت اقتصاد کلان در کشورهای صادرکننده نفت"، مجلس شورای اسلامی، مرکز پژوهش‌ها.

دانشور کاخکی، محمود؛ دهقانیان قطب آبادی، سیاوش؛ فیروز زارع، علی؛ (۱۳۸۸)؛ "بررسی تقاضای نقدینگی در اقتصاد ایران". پژوهشنامه اقتصادی، شماره ۳۲. ۱۴۷-۱۶۶

زراء نژاد، منصور؛ سعادت مهر، مسعود؛ (۱۳۸۶)؛ "عرضه پول در اقتصاد ایران"، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۴۵، ۱-۲۲.

سحابی، بهرام؛ سلیمانی، سیروس؛ خضری، سمیه؛ خضری، محسن؛ (۱۳۹۲)؛ "اثرات رشد نقدینگی بر تورم در اقتصاد ایران: مدل‌های تغییر رژیم". راهبرد اقتصادی، شماره ۴. ۱۲۱-۱۴۶.

شاکری، عباس؛ (۱۳۸۹)، "اقتصاد کلان نظریه‌ها و سیاست‌ها"، تهران، نشر رافع.

شاکری؛ عباس، (۱۳۸۷)، "تغییرات رشد نقدینگی در اقتصاد ایران"، تهران، مجلس شورای اسلامی، مرکز پژوهش‌ها.

گوگردچیان، احمد؛ میرهاشمی نائینی، سیمین السادات؛ (۱۳۹۱)؛ "آزمونی برای مدیریت نقدینگی در شبکه بانکی ایران". بیست و دومین همایش سالانه سیاست‌های پولی و ارزی ۱۳۹۱.

محقر، علی؛ حسین‌زاده، مهناز؛ دباغی، آزاده؛ زارع‌زاده، منصوره؛ (۱۳۸۹)؛ "کاهش نرخ سود بانکی، آری یا نه؟ تحلیلی با استفاده از روش سیستم‌های دینامیکی"، هشتمین کنفرانس بین المللی مدیریت.

- Jang, J.R; Sun, C.T; Mizutani, E.; (1997); “Neuro-Fuzzy and Soft Computing”, Prentice Hall.
- Lin, Jin-Lung; (2008), “Notes on testing causality”, Department of Economics, National Chengchi University.
- modelling for a complex world”, McGraw-Hill.
- Sterman, D.J; (2000), “Business Dynamics system thinking and