

فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، ویژه‌نامه شماره ۶۶، بهار ۱۳۹۲، ۱۶۰ - ۱۲۹

## بررسی و تحلیل حساسیت سیستم پویای زنجیره تأمین فولاد (مطالعه موردی: بازار میلگرد)

دکتر جعفر محمودی\* محمدحسین مینائی\*\*

پذیرش: ۸۹/۱۰/۲۷

دریافت: ۸۸/۱/۲۰

سیستم دینامیکی / اقتصاد / زنجیره تأمین و فولاد (میلگرد)

### چکیده

در دسترس بودن منابع متعدد برای تأمین کالا یا خدمات توسط مصرف‌کنندگان و به‌طور کلی گسترش بازارهای رقابتی، نگرش علمی به فرآیندهای اقتصادی و اعمال الگوریتم‌ها و روش‌های مدل‌سازی مبتنی بر دانش، سهم به‌سزایی در موفقیت دولت‌ها و بنگاه‌های اقتصادی دارد (مدل‌سازی و شبیه‌سازی دینامیک سیستم‌های پیچیده اقتصادی از دانش و فناوری‌های جدید و به‌روز مهندسی است که امروزه می‌تواند کاربرد فراوانی در تحلیل سیستم‌های اقتصادی و بهبود عملکرد آن‌ها داشته باشد). در سیستم‌های اقتصادی با ماهیت غیرخطی، وجود عدم قطعیت‌ها، عدم شفافیت ساختاری و نیاز به وارد نمودن متغیرهای علی و معلولی و دانش کارشناسی از مهم‌ترین مسائل مورد توجه به‌شمار می‌روند. ملاحظات فوق‌روش پویایی سیستم (مدل‌سازی دینامیکی) را به‌عنوان ابزاری مناسب جهت مدل‌سازی، شبیه‌سازی و پیش‌بینی رفتار این سیستم‌ها مطرح می‌کند.

در مقاله حاضر با استفاده از روش پویایی سیستم به تحلیل رفتار بازار میلگرد پرداخته شده است. در این مقاله ضمن بررسی عرضه، تقاضا و قیمت میلگرد و انتخاب یک مدل

\* استادیار دانشگاه امام حسین.

دینامیکی برای بررسی رفتار متغیرهای موجود در بازار میلگرد با تغییر متغیرهای موجود در مدل، رفتار آن‌ها مورد تحلیل حساسیت قرار گرفته و با استفاده از این نتایج، اثرات سیاست‌های وزارت بازرگانی جهت تحقق تنظیم بازار مورد تحلیل قرار گرفته است.

**طبقه‌بندی JEL: C22**



## ۱. ادبیات موضوع

تولد نگاه SD به پدیده‌های بیرونی را می‌توان در فعالیت لودویک فن برتالنی در اوایل دهه پنجاه میلادی به‌عنوان یک روش علمی و آکادمیک در برخورد با پدیده‌ها جستجو کرد. در ادامه، فارستر در اوایل دهه ۶۰ میلادی، دانش دینامیک سیستم‌ها را با ایجاد رشته دینامیک صنعتی در دانشگاه MIT پایه‌گذاری کرد. نیم قرن است که از عمر این رویکرد می‌گذرد و این درحالی است که دانش دینامیک سیستمی با نگرش تحلیلی و برقراری ارتباط هم‌زمان بین اجزای مختلف در حل بسیاری از مسائل پیش‌رو، بوده است.

در این مطالعه به‌دلیل پیچیدگی و همچنین غیرخطی بودن ماهیت مسئله، از رویکرد دینامیک‌های سیستم (SD) جهت مدل‌سازی زنجیره تأمین استفاده شده است. SD، یک تکنیک بسیار قوی جهت تحلیل مسائل و الگوی بسیار خوبی برای فکر کردن محسوب می‌گردد و جهت تبدیل مدل‌های ذهنی به مدل‌های ریاضی، روش خاص خود را به‌همراه دارد.

این تحقیق مختص به رشته خاصی نمی‌گردد و در تحقیقات بین‌رشته‌ای کاربرد دارد، به‌همین دلیل به دانش‌هایی در حوزه اقتصاد، سیستم و شناخت کافی از ساختار صنعت فولاد کشور نیازمندیم. در بخش دینامیک‌های سیستم به کاربرد این رویکرد در دو بخش اقتصاد و مدیریت زنجیره تأمین پرداخته شده است.

### ۱-۱. کاربردهای SD در اقتصاد، از دید کلان

#### ۱-۱-۱. حوزه کلان

یکی از مهم‌ترین کاربردهای SD در اقتصاد کلان، به‌کارگیری این ابزار با استفاده از تئوری‌ها و نظریه‌های اقتصادی می‌باشد؛ به‌عنوان نمونه، تشکیل حباب در بازار بورس.

## ۲-۱-۱. حوزه خرد

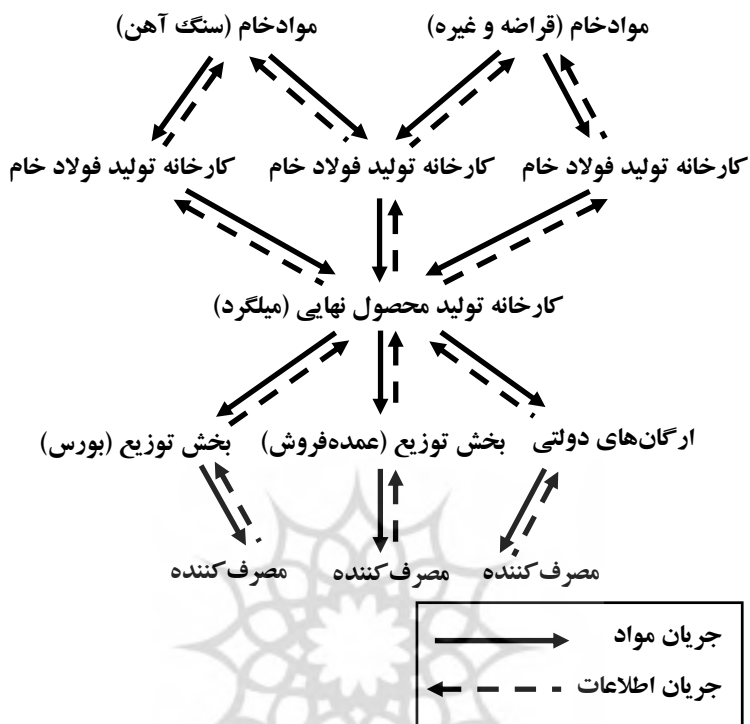
در حوزه خرد، به‌خصوص در سطح بنگاه، SD کاربردهای فراوانی داشته است که می‌توان به مواردی همچون اثر تأخیر تأمین مواد اولیه در برنامه تولید بنگاه، تغییر تقاضای محصول بر اثر ورود یک محصول جایگزین یا مکمل، افزایش هزینه انرژی بر قیمت تمام شده محصول و ... اشاره کرد.

تصمیم‌گیری‌های سطح خرد معمولاً در سیستمی بررسی می‌شود که دارای اجزای کمتر و ساده‌تری هستند، بنابراین کنترل مدل ساده‌تر است و مشکلاتی که مربوط به هم‌افزون کردن اجزا می‌باشد نیز دیگر وجود ندارد. معمولاً اکثر کاربردهای SD در این سطح است.

## ۲-۱. شناسایی زنجیره تأمین میلگرد

مدیریت زنجیره تأمین شامل یکپارچه‌سازی فعالیت‌های زنجیره تأمین و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آن‌ها از طریق بهبود در روابط زنجیره برای دستیابی به مزیت رقابتی قابل اتکا می‌باشد. به عقیده آقای پیتتر - جی متر<sup>۱</sup> از دانشگاه MIT، مدیریت زنجیره تأمین رویکردی فرآیندگرا و یکپارچه برای تدارک، تولید و تحویل محصولات و خدمات به مشتری است و نتیجه پیشرفت منطقی مدیریت لجستیک به‌شمار می‌رود.

در این شکل، جریان مواد، قطعات، کالاها از بالا به پایین مشخص می‌شوند و در تبادل این گردش فیزیکی، جریان اطلاعاتی نیز درست در خلاف جهت این جریان برقرار است. این جریان اطلاعاتی، اطلاعات مربوط به سفارش یا تقاضا را از لایه‌های پایینی این زنجیره به لایه‌های بالایی آن منتقل می‌کند.

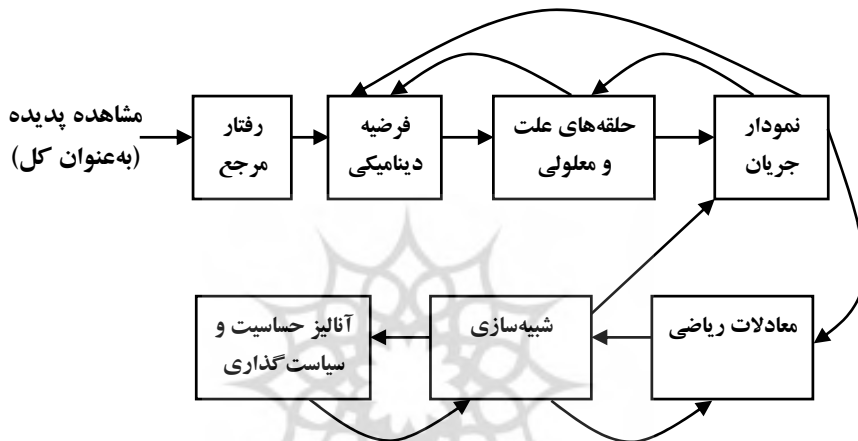


نمودار ۱- زنجیره تأمین میلگرد

## ۲. متدولوژی تحقیق

روش‌شناسی فورستر (۱۹۶۱ و ۱۹۷۱) برای به‌کارگیری پویایی‌های سیستم در عمل، مستقیماً از فلسفه و تئوری این رویکرد ناشی می‌شود. در گام نخست، تعریف روشنی از مرز سیستم مورد مطالعه و محیط بیرونی آن انجام می‌گیرد که گامی ضروری در شناخت پویایی‌های سیستم است. در گام دوم، یک مدل حلقه بازخورد ایجاد می‌شود که ارتباطات بین متغیرها را آشکار می‌کند. در گام سوم براساس مدل علت و معلولی به‌دست آمده به مدل ریاضی بر مبنای متغیرهای نرخ و حالت می‌رسیم که تعاملات پایه سیستم را در بر گرفته و با استفاده از نرم‌افزار ویژه پویایی‌های سیستم به یک شبیه‌سازی کامپیوتری تبدیل

می‌شود. در گام چهارم، مدل به وسیله مقایسه رفتارش با جهان واقعی و از جهت داشتن تناظر با واقعیت‌های مختلف، اعتبارسنجی و بررسی می‌شود. در نهایت در مورد اینکه چگونه تصمیم‌گیری‌ها می‌توانند به بهتر شدن موقعیت منجر شوند، توصیه‌هایی ارائه می‌شود. استرمن نیز بر همین مبنا گام‌های فرآیند مدل‌سازی را مطابق نمودار (۲) نشان می‌دهد.

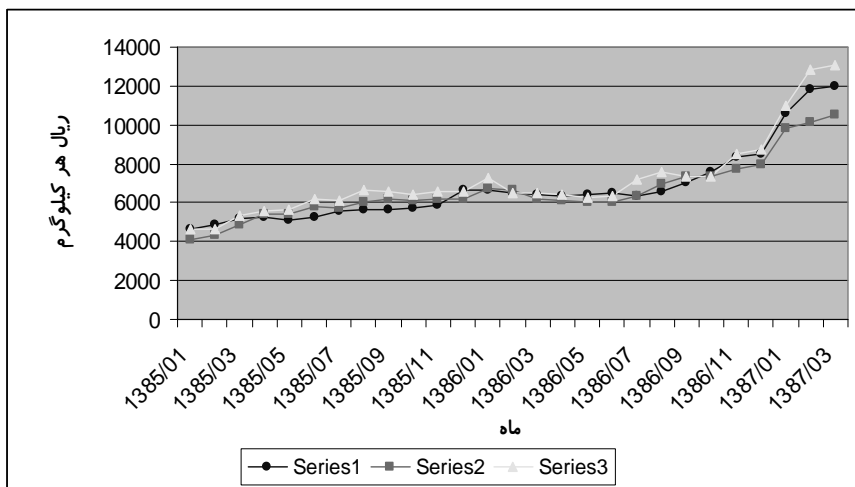


### نمودار ۲- فرآیند مفهوم‌سازی و مدل‌سازی ریاضی در SD

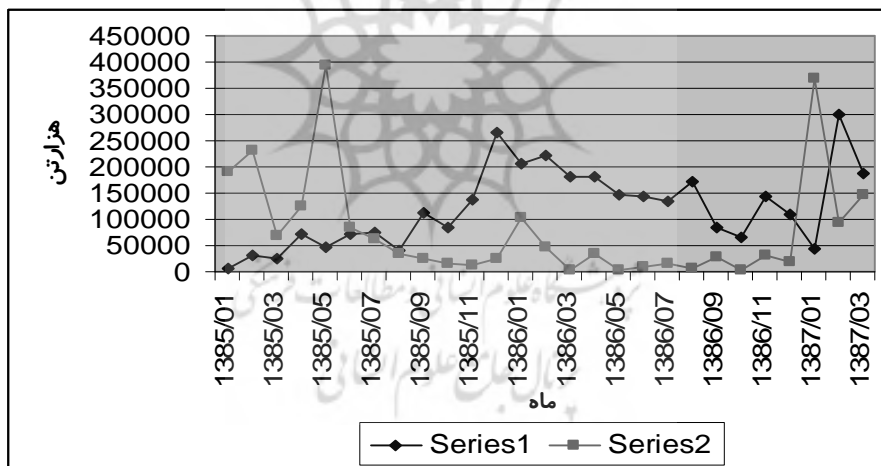
### ۳. مدل‌سازی دینامیک‌های سیستم بازار میلگرد

#### ۳-۱. نمودارهای مرجع

الگوی مرجع شامل تعدادی نمودار و داده‌های توصیفی است که نشان‌دهنده رفتار مسئله طی زمان می‌باشد. نمودارهای مرجع مورد استفاده در این تحقیق در نمودارهای (۳) و (۴) نشان داده شده است.



نمودار ۳- نمودار مرجع روند قیمت جهانی و داخلی



نمودار ۴- نمودار مرجع روند مقایسه واردات و صادرات میلگرد

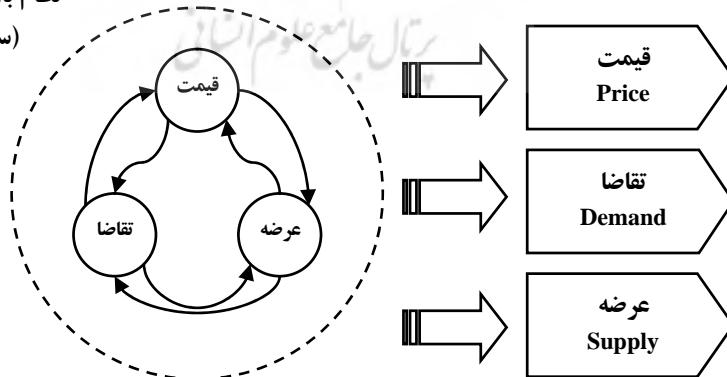
### ۳-۲. فرضیه دینامیکی

مصرف محصولات فولادی همواره به عنوان یکی از عوامل تعیین کننده توسعه اقتصادی و به ویژه توسعه صنعتی تلقی می گردد، از سویی دیگر، نیازهای روزافزون جامعه در حال رشد و وابستگی اقتصاد ایران به محصولات فولادی اقتضا می کند برآوردی از نیاز به این

محصولات در شرایط اقتصادی پیش‌رو وجود داشته باشد، به‌ویژه آنکه سیاستمداران، سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران حوزه‌های مختلف اقتصادی باید بدانند تغییر در سیاست‌ها و برنامه‌ها در بخش‌های ذی‌ربط با چه سازوکاری بر عرضه و تقاضای محصولات فولادی تأثیرگذار می‌باشد، به‌ویژه اینکه با توجه به تحولات جهانی و سیاست‌های داخلی برای رشد و توسعه اقتصادی و اصلاح رویکردهای حاکم بر بخش‌های اقتصادی لازم است سازوکار حاکم بر این بازار مشخص باشد تا متولیان برنامه‌ریزی تأمین، توزیع و تنظیم بازار به‌درستی و با دقت، سیاست‌های مدیریت بازار را به‌کار گرفته و از ایجاد بحران و تنش در بازار جلوگیری کنند. در این راستا وزارت بازرگانی به‌عنوان مهم‌ترین ارگان متولی تنظیم بازار باید نسبت به سازوکار حاکم بر بازار این محصولات اشراف کامل داشته، تا با سیاست‌های درست و به‌موقع نسبت به تحولات بازارهای جهانی و نیازهای داخلی پاسخگو بوده و با مدیریت تقاضا و بهبود شرایط عرضه از وقوع نوسانات قیمتی نامتعارف جلوگیری کند.

در علم اقتصاد مدرن، تمامی بازارهای اقتصاد از سه بخش اصلی عرضه، تقاضا و قیمت (که نتیجه آن دو می‌باشد) تشکیل شده‌اند. بازار میلگرد نیز از این قاعده مستثنی نیست و برای یافتن ریشه نوسانات قیمت در آن باید هر سه عامل فوق و تعاملات این سه را بررسی کرد.

نظام بازار میلگرد  
(سیستم)



نمودار ۵- ارتباط عرضه، تقاضا و قیمت

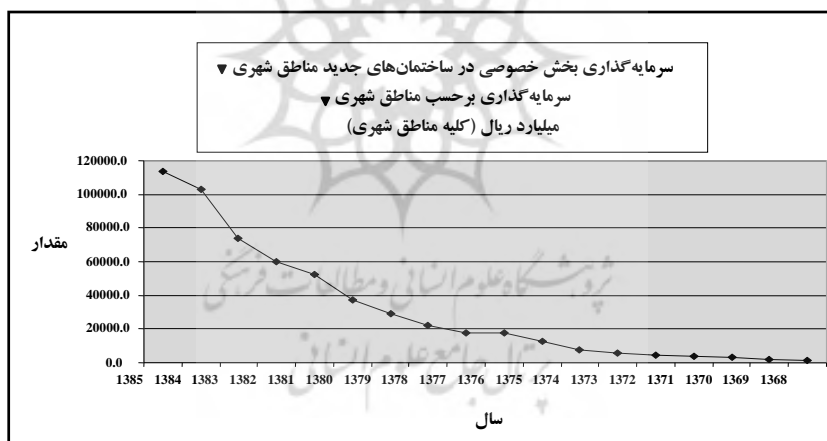


مثلا اگر تغییری در تقاضا ایجاد شود واکنش قیمت به تقاضا با تأخیر انجام می‌گیرد و باعث افزایش آن می‌گردد. واکنش عرضه به این صورت است که عرضه با تغییرات تقاضا تغییر نمی‌کند، بلکه با تغییرات قیمت تغییر می‌کند. هنگامی که قیمت زیاد می‌شود عرضه با کمی تأخیر شروع به ازدیاد می‌نماید؛ از طرفی، افزایش قیمت باعث کاهش تقاضا می‌گردد. نسبت عرضه و تقاضا، قیمت را به جایی می‌رساند که به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد، سپس قیمت شروع به کم شدن می‌کند که دلیل آن، افزایش عرضه و کاهش تقاضا است؛ یعنی، در ماکزیمم قیمت، ماکزیمم نسبت عرضه به تقاضا را خواهیم داشت. از لحظه‌ای که قیمت از مقدار ماکزیمم خود شروع به کم شدن می‌کند، تقاضا شروع به افزایش و عرضه روند کاهشی را در پیش می‌گیرد. حلقه عرضه، تقاضا و قیمت به همین شکل ادامه می‌یابد. علت نوسانات حلقه، تأخیرهایی است که در مدل وجود دارد، در صورتی که این تأخیرها در سیستم نباشند نوسانات مدل پس از چند نوسان به صورت میرا تبدیل می‌گردد.

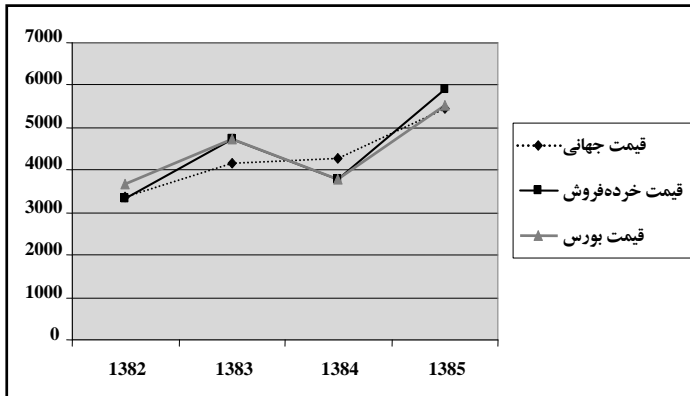
نوسان قیمت در بسیاری از بازارهای اقتصادی وجود دارد: بازار مسکن و بازار برق تجدیدساختاریافته دو نمونه از بزرگ‌ترین بازارهایی هستند که با این مسئله مواجه‌اند. بازار میلگرد نیز از جمله بازارهایی است که نوسانات قیمت را نشان می‌دهد.

نگاهی به نمودار قیمت میلگرد در سال‌های اخیر (نمودار ۳) رشد قیمت و به‌طور هم‌زمان نوسان آن را نشان می‌دهند. توجه به این نکته که روند این نمودار مشابه روند رشد اقتصادی کشورهای گوناگون است، ما را به این نکته رهنمون می‌کند که برای درک بهتر علت این رفتار قیمت، باید رفتار فوق را به دو رفتار مجزا تجزیه کنیم؛ رشد و نوسان. این کاری است که در تحلیل رشد اقتصادی کشورها، روند قیمتی بسیاری از بازارها و... در اقتصاد صورت می‌گیرد. بنابراین می‌توان گفت که قیمت میلگرد دارای رشدی است که یک نوسان بر روی آن سوار شده است. علت رشد و علت نوسان با یکدیگر تفاوت دارند. علت رشد را می‌توان در پدیده‌های اقتصاد کلان مانند تورم، رشد دائمی قیمت نفت در سال‌های اخیر و... دید، اما در این تحقیق تنها قصد بررسی علت نوسانات را داریم.

نوسانات ایجادشده در حوزه قیمت، در اثر نوسانات تقاضا است که در طول دوره زمانی به وجود می‌آید. بخشی از این تقاضا در اثر افزایش ساخت و سازی است که در بخش مسکن به وجود آمده است. بنابراین به جرأت می‌توان گفت بازار مسکن یکی از مهم‌ترین بازارهای اثرگذار در بازار میلگرد است که تقاضای میلگرد را به خود اختصاص می‌دهد. نوسانات بازار مسکن ناشی از متغیرهایی مانند تأخیر ساخت و ساز مسکن، بادوام بودن مسکن و غیره می‌باشد که هیچ‌یک در مرزهای بررسی ما نمی‌گنجد. بنابراین، تنها نکته اثرگذار بازار مسکن در بازار میلگرد در این تحقیق نوسانات تقاضای آن است. در واقع به دلیل افزایش ارزش افزوده‌ای که در این بخش به وجود آمده ساخت و ساز مسکن، رشد فزاینده‌ای پیدا کرده و سطح زیربنای خانه‌های ساخته شده افزایش یافته است. نمودار (۱۰) روند ساخت و ساز را نشان می‌دهد.

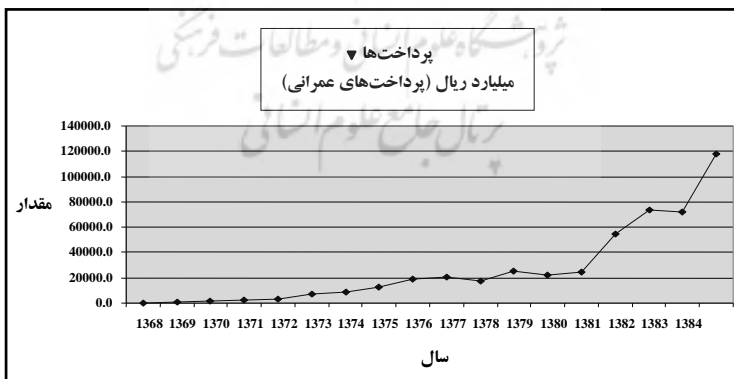


نمودار ۶- نمودار ساخت و ساز در بخش مصارف



نمودار ۷- مقایسه قیمت خرید و فروشی، قیمت بورس و قیمت جهانی

هر سازه فولادی یا بتنی (بتن آرمه) به مصرف محصولات فولادی به ویژه میلگرد نیاز دارد. پروژه‌های عمرانی (پل، سد، راه و زیرسازی راه) بخش اعظمی از تقاضای کشور را در برمی گیرند، افزایش بودجه‌های عمرانی که در اثر درآمد ارزی کشور (افزایش قیمت نفت) به وجود آمده است، باعث گردیده تقاضای زیادی برای محصول میلگرد به وجود آید. روند بودجه‌های عمرانی در نمودار (۸) نشان داده شده است.

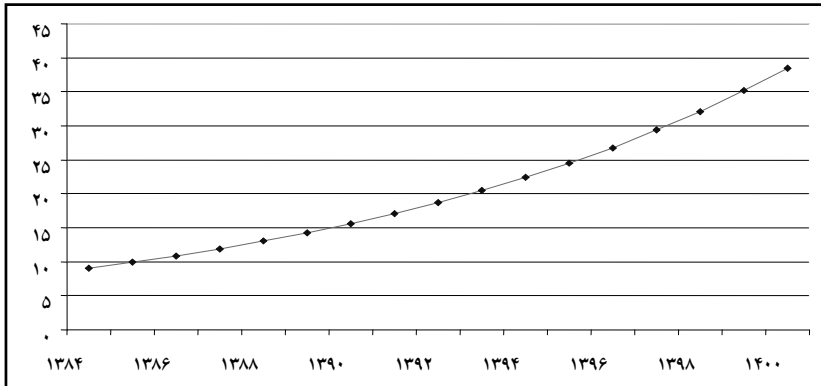


نمودار ۸- نمودار روند بودجه‌های عمرانی

از آنجا که در اقتصاد ایران قیمت و درآمد نفتی به‌عنوان یک عامل برون‌زا در اقتصاد ایران تعیین می‌شود، لذا با افزایش قیمت نفت و در نتیجه درآمدهای نفتی و یا کاهش آن، درآمدهای ارزی نیز به همان نسبت تغییر می‌یابند. این افزایش یا کاهش درآمدهای نفتی دولت باعث افزایش یا کاهش بودجه‌های عمرانی و یا تسریع فعالیت‌های ساخت‌وساز و توسعه فعالیت‌های صنعتی در کشور می‌گردد و به تبع آن رشد یا رکود اقتصادی را خواهیم داشت. به تناسب سیاست‌های دولت که در زمینه ساختمان، پروژه‌های عمرانی و فعالیت‌های صنعتی ارتقا می‌یابند و نتیجه آن افزایش تقاضای محصولات فولادی، به‌ویژه میلگرد می‌گردد، افزایش درآمدهای ارزی باعث افزایش سرمایه‌گذاری در بخش صنعت خواهد شد. در ادامه نیز به دلیل نیازی که به محصولات فولادی در بخش صنعت (سوله‌ها، انبارها و تأسیسات) وجود دارد تقاضای محصولات فولادی افزایش می‌یابد، بنابراین با افزایش رشد و رونق اقتصادی (رشد تولید ناخالص داخلی) و اجزای آن که شامل بخش‌های مزبور می‌باشد، نیاز به محصولات فولادی افزایش می‌یابد. تقاضای داخلی از طریق تولید داخل و یا واردات تأمین می‌گردد. مقدار تقاضای پیش‌بینی شده بر اساس روند مصرف گذشته طبق نمودار (۱۰) نشان داده شده است.



نمودار ۹- سرمایه‌گذاری در بخش صنعتی



### نمودار ۱۰- نمودار تقاضای پیش‌بینی شده بر اساس طرح جامع فولاد

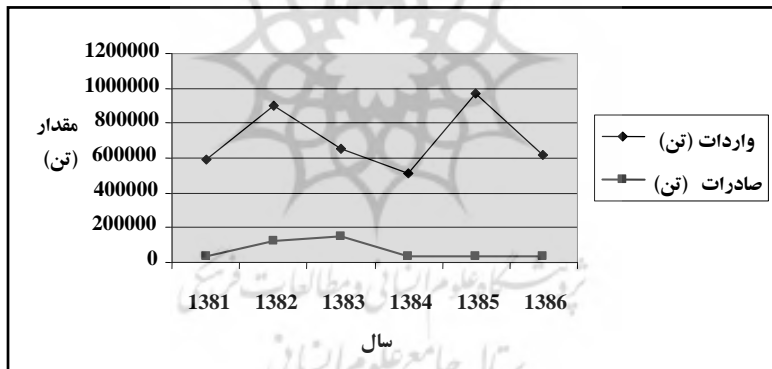
فرض کنید که در عرضه، تقاضا و قیمت تعادل داریم و سپس تقاضای مسکن افزایش یابد، در این صورت تقاضای میلگرد افزایش می‌یابد. با افزایش تقاضای میلگرد، قیمت میلگرد افزایش می‌یابد و این امر موجب افزایش واردات از یک طرف و احتمالاً سرمایه‌گذاری برای افزایش ظرفیت می‌شود، اما افزایش واردات و ظرفیت تولید هر دو با تأخیر صورت می‌گیرد. این تأخیر باعث می‌شود که حتی وقتی قیمت‌ها به حالت قبلی خود بازگشت، ما در حال افزایش ظرفیت و یا واردات باشیم. بنابراین قیمت از حد تعادلی خود پایین‌تر می‌آید. از طرفی کاهش واردات و کم شدن ظرفیت به افزایش قیمت منجر می‌شود و نوسانات ادامه می‌یابد.

این تحلیل نشان داد که تنها با یک افزایش ناگهانی تقاضا (و با فرض عدم عقلانیت کامل عامل‌های اقتصادی)، نوسانات عرضه و قیمت پدید می‌آیند، اما مسئله آن است که بازار مسکن تقاضایی نوسانی برای میلگرد می‌سازد که به پیچیده شدن نوسانات عرضه و قیمت منجر می‌گردد. تحلیل دقیق اثر نوسانات مسکن بر بازار میلگرد تنها با مدل‌سازی و تحلیل کامپیوتری قابل اجراست.

از طرفی با افزایش درآمدهای ارزی و به تبع آن تقاضای داخلی به‌ویژه برای محصولات فولادی حجم سرمایه‌گذاری بر روی پروژه‌های تولید فولاد در کشور افزایش می‌یابد، لیکن این افزایش را پاره‌ای از محدودیت‌ها و مقیدات مربوط به شرایط این صنعت دربرمی‌گیرد. به‌عنوان مثال، محدودیت مواد اولیه و یا افزایش قیمت آن سبب افزایش بهای

تمام شده محصولات فولادی می‌شود، از طرفی صنایع ذوب فلزات، فعالیتی زمان‌بر، دیربازده، پرهزینه و پرریسک می‌باشد، لذا جهت رشد متناسب با تقاضای بازار نیازمند حمایت‌های جدی دولت است. تولید داخلی بخشی از نیاز و تقاضای داخلی را تأمین می‌کند، اما مازاد نیاز از طریق واردات تأمین می‌شود.

تولید داخلی و خالص صادرات (تفاوت بین واردات و صادرات می‌باشد که به دلیل آنکه در ایران واردات از صادرات بیشتر است، این مقدار منفی می‌باشد)، عرضه میلگرد کشور را تعیین می‌کنند. براساس قیمت محصولات وارداتی و خرده‌فروشی محصولات مزبور، میزان واردات و صادرات تعیین می‌گردند. به این معنی که با افزایش قیمت محصولات وارداتی نسبت به قیمت‌های داخلی، واردات کاهش و صادرات افزایش می‌یابد و برعکس با کاهش قیمت محصولات وارداتی نسبت به قیمت‌های داخلی واردات نسبت به قیمت‌های داخلی افزایش و صادرات کاهش می‌یابد. روند صادرات و واردات بر اساس نمودار (۱۱) نشان داده شده است.

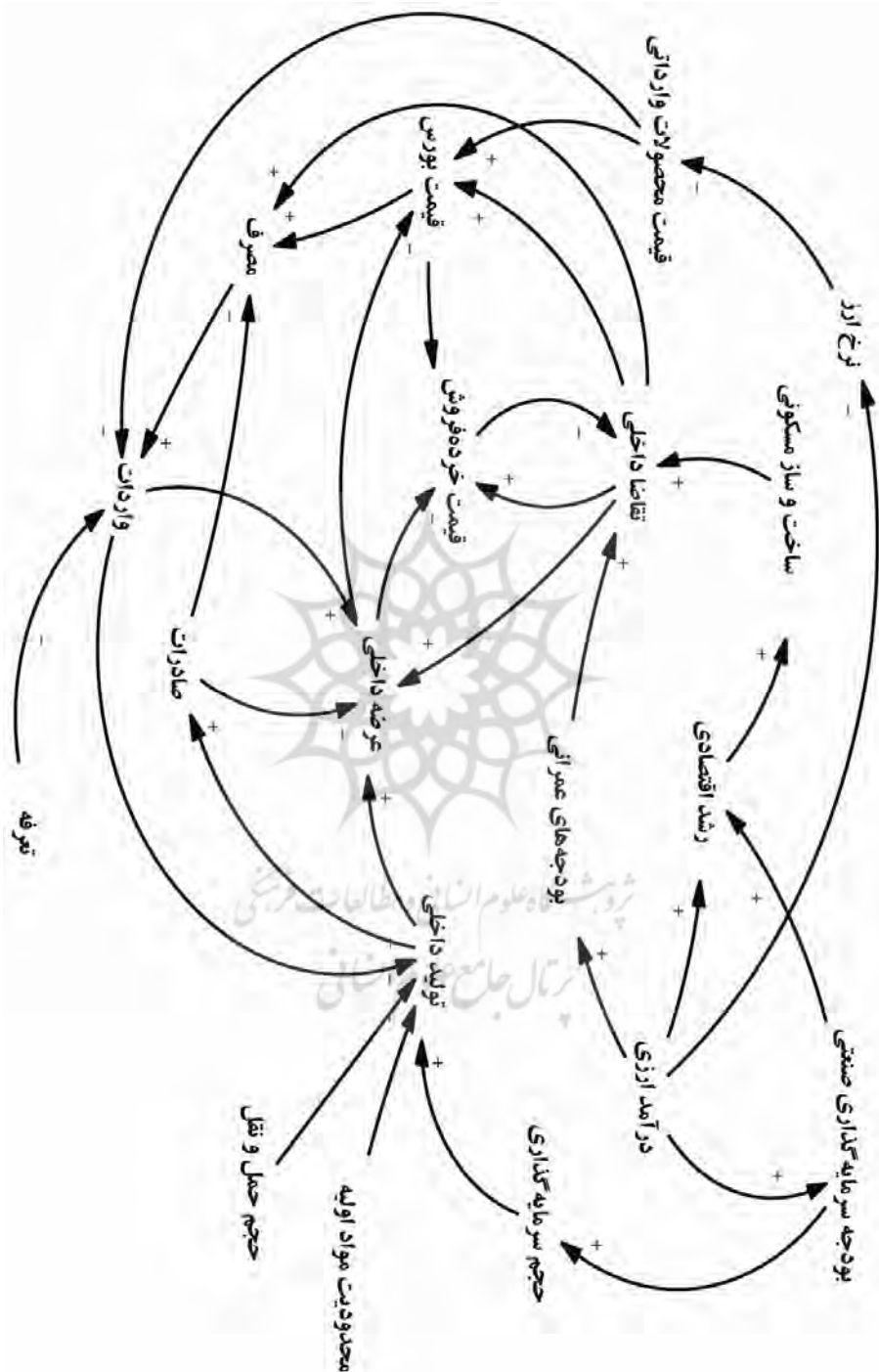


نمودار ۱۱- روند مقایسه واردات و صادرات میلگرد

به‌علاوه، افزایش تعرفه سبب کاهش واردات می‌گردد؛ سیاستی که معمولاً برای حمایت از تولید داخلی و جهت تنظیم بازار داخلی اتخاذ می‌گردد.

### ۳-۳. نمودارهای علت و معلولی

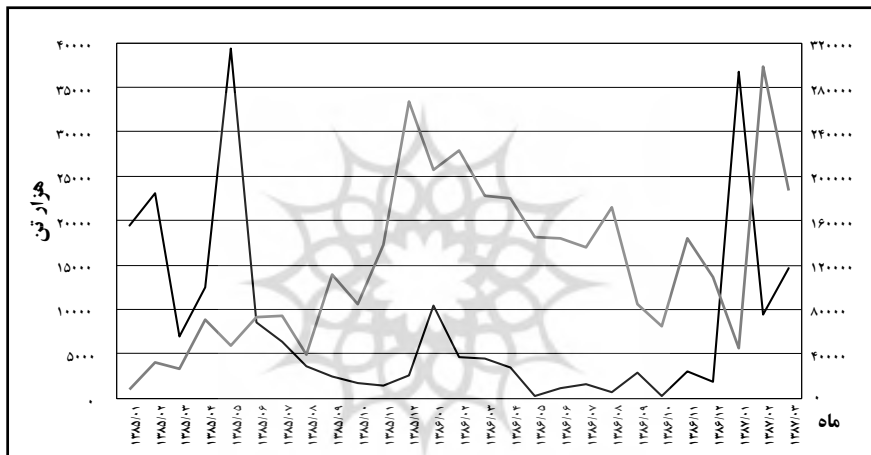
نمودار علت و معلولی مبتنی بر فرضیه دینامیکی و نمودارهای مرجع ذکر شده به شرح نمودار (۱۲) قابل نمایش است.



نمودار ۱۲- علت و معلولی بازار محصول نهایی میلگرد

محمودی و مینایی (۲۰۱۰)، نمودارهای جریان مبتنی بر نمودار علت و معلول نمایش داده شده را در تحقیق خود به تفصیل آورده‌اند و اعتبار ساختاری و اعتبار پیش‌بینی آن را نیز اثبات نموده‌اند. با این همه، با کوتاه کردن بازه مورد بررسی می‌توان این دو متغیر را تا حدی مورد بررسی قرار داد.

دو متغیر واردات و صادرات به دلیل اینکه رشد تقاضا در مدل ما وارد نشده است، نمی‌توانند به دقت بررسی شوند.



نمودار ۱۳- روند مقایسه واردات و صادرات میلگرد

نمودار مرجع (نمودار ۱۳) دارای سه ویژگی می‌باشد که به ترتیب به تشریح آن‌ها می‌پردازیم.

#### ۱. پریرود نوسانی در نمودار مرجع

نمودار واردات و صادرات در حدود سه پریرود نوسانی طی سه سال دارد. این نمودار در هر یک از روندهای صادرات و واردات دارای سه پیک زمانی است که در نمودار شبیه‌سازی شده (نمودار ۱۵) به صحت مدل مبتنی بر نمودار مرجع (نمودار ۱۳) پی می‌بریم. با تطبیق این دو نمودار به تحقق این ویژگی و صحت مدل خود پی می‌بریم.



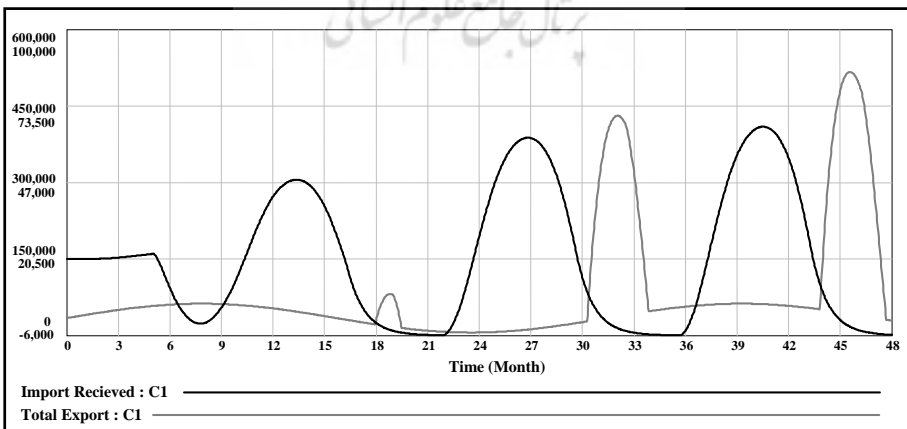
## ۲. تناوب حداکثری بین صادرات و واردات

پیک زمانی صادرات و واردات به صورت متناوب تکرار می‌شود؛ یعنی در یک فاصله زمانی صادرات ماکزیمم می‌شود و در پیک بعدی این واردات است که ماکزیمم می‌شود. همچنین ماکزیمم شدن هر یک از صادرات و واردات با تأخیر صورت می‌گیرد. با تطبیق نمودار شبیه‌سازی شده و نمودار مرجع به صحت این گفته پی می‌بریم.

## ۳. فاصله مقداری بین نمودار واردات و صادرات

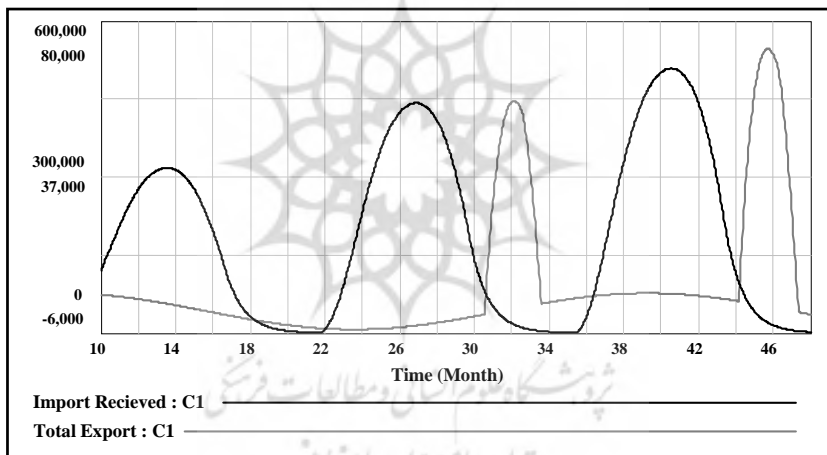
طی سالیان گذشته، تمرکز سیاست دولت‌ها معطوف به حمایت از مصرف‌کننده و تنظیم بازار از طریق مداخله مستقیم و غیرمستقیم بوده است. این به معنا آن است که در طول این سال‌ها دولت قوانینی را برای محدودیت در واردات و صادرات وضع کرده است، بنابراین صادراتی که موجب کمبود و یا افزایش قیمت در داخل شود را به حداقل می‌رسانند؛ حتی در برهه‌ای، صادرات فولاد نیازمند اخذ مجوز از وزارت صنایع و معادن و موافقت وزارت بازرگانی بود.

تحلیل بالا نشان می‌دهد که دولت در زمانی که بازار نیاز به فولاد دارد دست به واردات می‌زند و صادرات خود را به حداقل می‌رساند تا به این ترتیب بازار را تنظیم کند. حتی در نمودار مرجع مشاهده می‌کنیم که نقاط ماکزیمم و مینیمم واردات و صادرات برخلاف جهت یکدیگر قرار دارند. نتایج یک شبیه‌سازی مدل برای یک شوک قیمت جهانی به این صورت نمودار (۱۴) می‌باشد.



نمودار ۱۴- روند مقایسه واردات و صادرات میلگرد حاصل از مدل

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، دوره نوسانات در حدود یک سال است. همچنین، هر کجا واردات ماکزیمم است، صادرات مینیمم است و برعکس. از سوی دیگر، نگاهی به اعداد روی محورها هم خوانی معقولی میان اعداد این شبیه‌سازی و اعداد واقعی را نشان می‌دهد. البته توجه به این نکته ضروری است که شوک‌های موجود در بازار واقعی نه تنها از قیمت جهانی، که از قیمت نفت، تقاضا و ... تبعیت می‌کنند و بر رفتار مدل اثر می‌گذارند، اما این امر اثری بر پریود نوسانات و رفتارهای پایه‌ای مدل ندارد. به‌عنوان مثال، در صورتی که طی یک بازه سه ساله قیمت نفت به شدت افزایش یابد (مانند شرایط فعلی ایران) و همچنین قیمت جهانی شوک داشته باشد، رفتار واردات و صادرات به صورت نمودار (۱۵) است.



نمودار ۱۵- روند مقایسه واردات و صادرات میلگرد حاصل از مدل

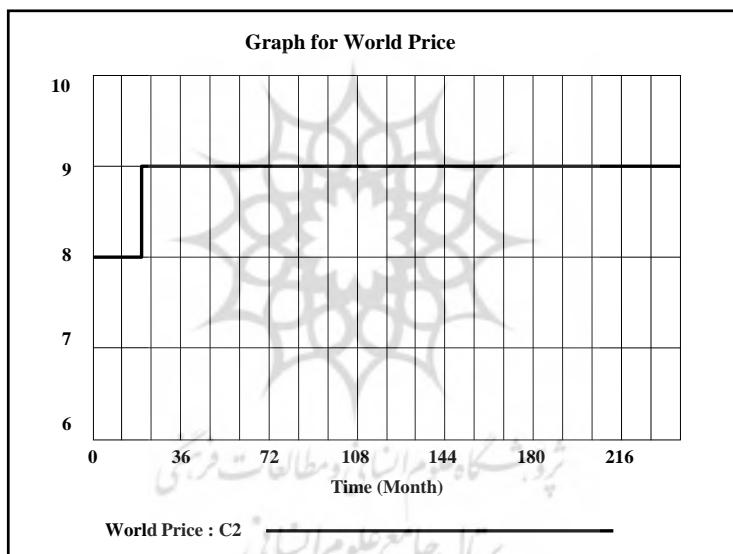
#### ۳-۴. تحلیل حساسیت مدل (What- If)

در تحلیل حساسیت مدل توسعه یافته در این تحقیق از آزمایش‌های ضربه‌ای و پله‌ای به منظور ایجاد تکان‌های حساب شده در سیستم و بررسی نتایج آن استفاده شده است. به این ترتیب آزمایش‌های تحلیل حساسیت به منظور یافتن متغیرهایی که تأثیر به‌سزایی در سیستم می‌گذارند، انجام می‌گیرد. تحلیل حساسیت مدل بازار محصول میلگرد را براساس مطالب عنوان شده در بالا پی می‌گیریم و نتایج آزمایش‌ها را به شرح زیر بیان می‌کنیم.

### ۱. تحلیل تأثیر قیمت جهانی بر مدل

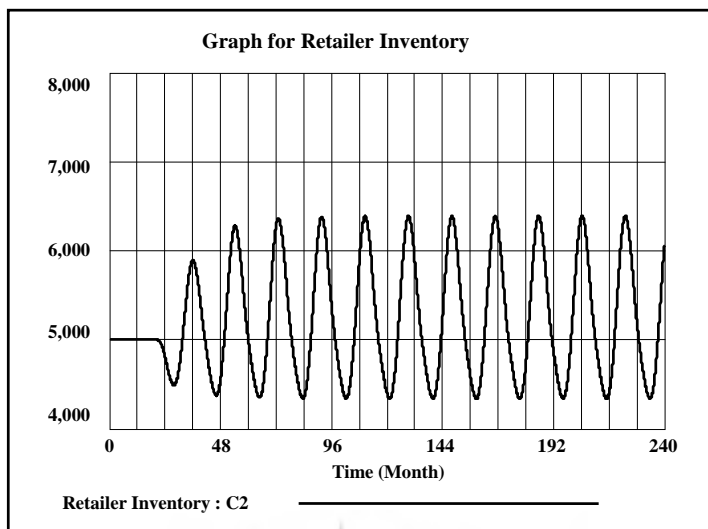
- زمانی که قیمت جهانی را به یکباره ۱۰ درصد افزایش دهیم:

با بالا رفتن قیمت جهانی، قیمت داخلی نیز زیاد می‌شود، بنابراین واردات کاهش می‌یابد و در نتیجه، موجودی انبارهای کارخانجات کم می‌شود. این امر باعث کاهش عرضه می‌گردد و کاهش عرضه، قیمت را مجدداً افزایش می‌دهد و باعث افزایش تولید بخش خصوصی می‌گردد، چون در جهت جبران موجودی انبار بر می‌آیند و تأخیرهایی که در سیستم وجود دارد باعث نوسان می‌گردد. زیاد شدن قیمت جهانی به نفع تولیدکننده خصوصی است.

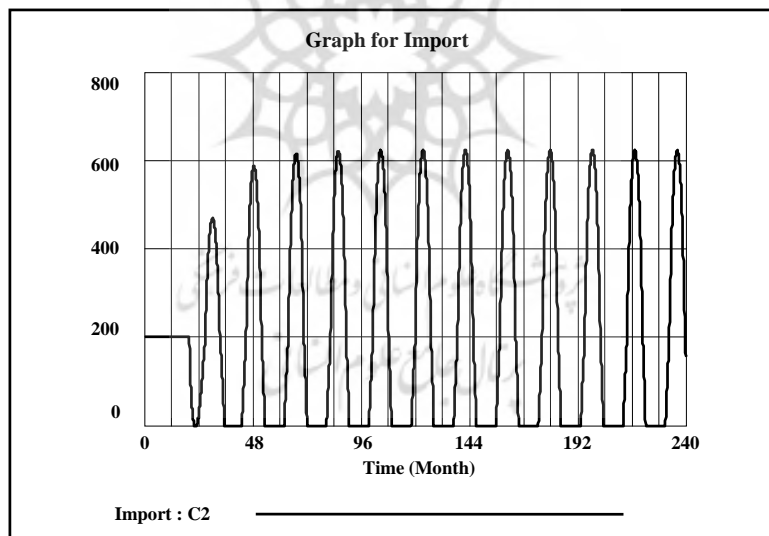


نمودار ۱۶- شیب قیمت جهانی

واردات در لحظه کم می‌شود و موجودی انبار داخلی به مرور کاهش می‌یابد.

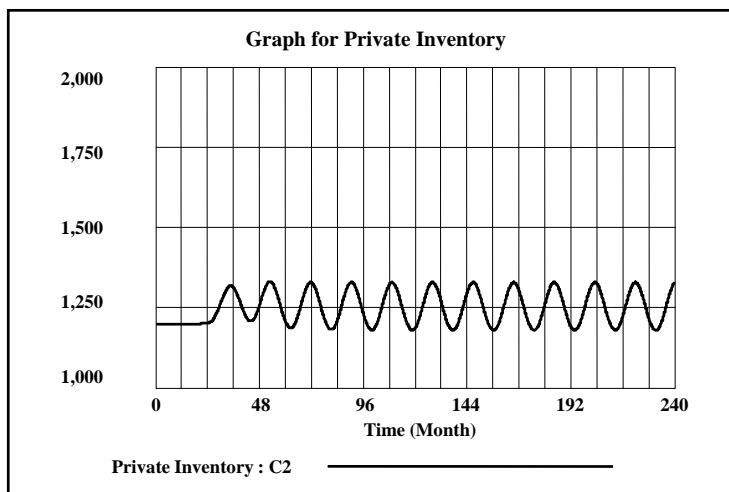


**نمودار ۱۷- موجودی خرده‌فروش**

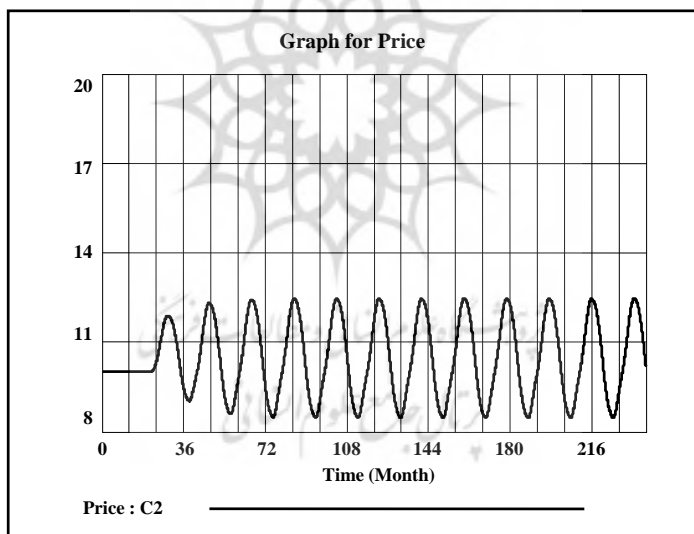


**نمودار ۱۸- واردات میلگرد**

علت نوسانات مدل، تأخیرهای موجود در سیستم است. با افزایش قیمت، تولیدکنندگان خصوصی در داخل، تولید خود را افزایش می‌دهند و قیمت داخلی به صورت زیر تغییر می‌کند.

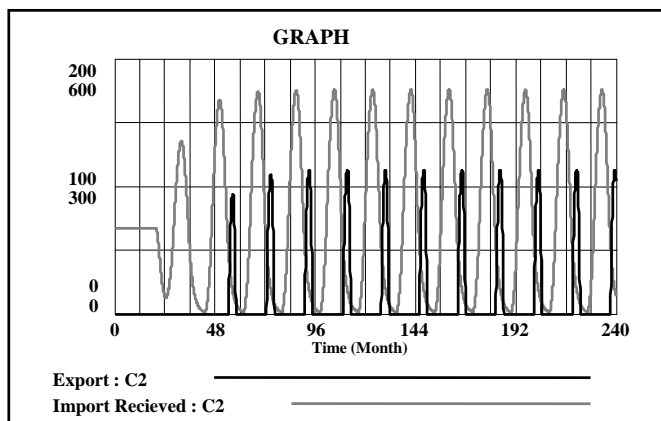


نمودار ۱۹- قیمت داخلی



نمودار ۲۰- روند موجودی بخش خصوصی

اثرات مشاهده شده ناشی از افزایش نرخ ارز و تعرفه نیز مانند افزایش قیمت جهانی است. در صورتی که قیمت جهانی یا نرخ ارز یا تعرفه کاهش یابند، تمامی دینامیک‌های فوق به صورت معکوس صورت می‌پذیرد و بنابراین تولید بنگاه‌های خصوصی در داخل، کاهش می‌یابد (بیماری هلندی) و در نهایت واردات و صادرات به صورت نمودار (۲۱) تغییر می‌کند.

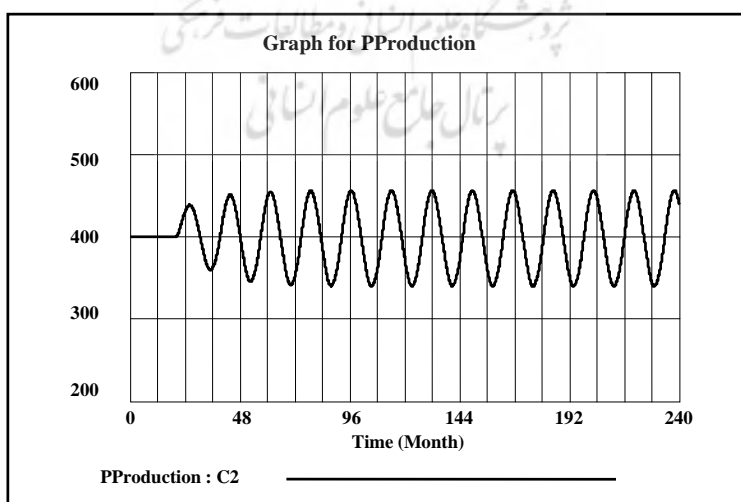


نمودار ۲۱- روند واردات و صادرات میلگرد

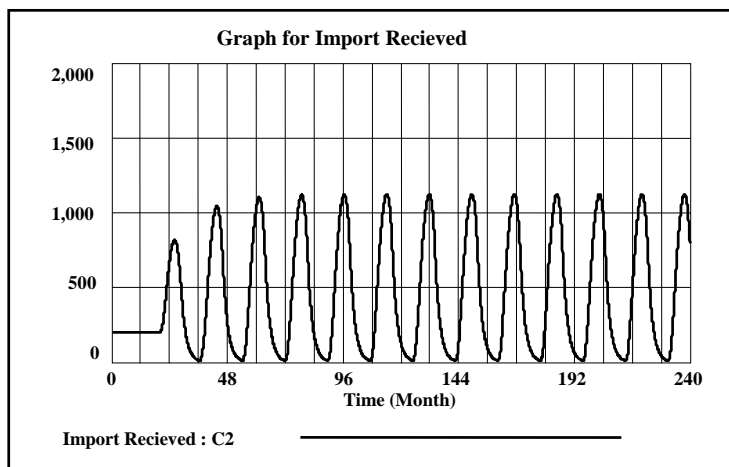
## ۲. تأثیر تقاضا بر مدل

- فرض کنیم تقاضا را ۱۰ درصد افزایش دهیم:

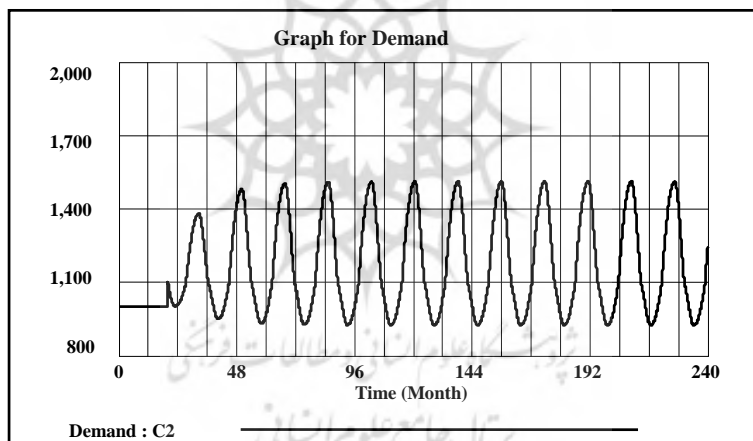
در این صورت نسبت انبار مطلوب به انبار فعلی افزایش می‌یابد و در نتیجه، قیمت افزایش می‌یابد. افزایش قیمت سه اثر را در پی دارد. نخست به افزایش تولید بخش خصوصی در داخل، و همچنین افزایش واردات منجر می‌گردد. از سوی دیگر، مجدداً به کاهش تقاضا منجر می‌گردد. این سه اثر در نمودارهای (۲۲)، (۲۳) و (۲۴) مشخص گردیده‌اند.



نمودار ۲۲- روند تولید بخش خصوصی



نمودار ۲۳- روند واردات میلگرد



نمودار ۲۴- روند تقاضای میلگرد

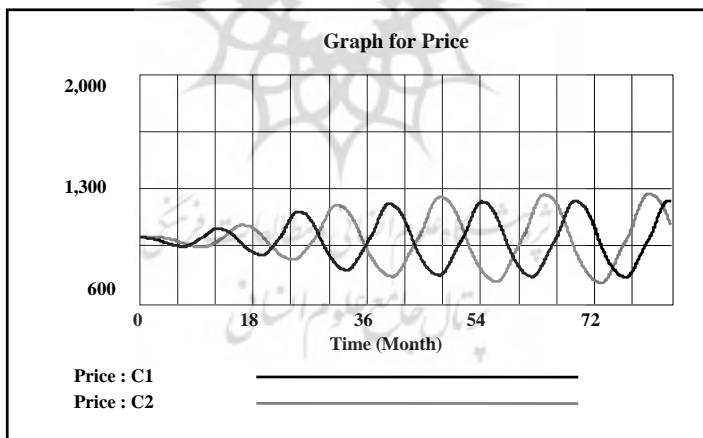
در ادامه با افزایش تولید و واردات، موجودی انبار با تأخیر افزایش می‌یابد. از طرفی، تقاضا کاهش یافته، بنابراین تأخیرهای موجود در سیستم ما را به سمت نوسان هدایت می‌کنند.

افزایش تقاضا محوریت نوسان تولید داخلی را تغییر نمی‌دهد، ولی وقتی قیمت جهانی افزایش یابد، محوریت آن را تغییر می‌دهد، به این دلیل است که در زمان افزایش قیمت جهانی، دامنه نوسانات قیمت داخلی بالا می‌آید؛ یعنی حول نوسانات قیمت جهانی قرار

می‌گیرد؛ در نتیجه، تولید داخلی افزایش می‌یابد، البته در صورتی که تقاضا افزایش یابد. قیمت داخلی بالا می‌رود، ولی خود قیمت باعث تعدیل تقاضا می‌گردد و اجازه بالا رفتن تقاضا را نمی‌دهد چون عامل شیفت، مدل داخلی (افزایش تقاضا) است، ولی در آن حالت عامل شیفت مدل، خارجی می‌باشد.

### ۳. اثر کاهش زمان واردات بر مدل

یکی از تأخیرهای مهم در مدل، زمان واردات می‌باشد. Import Received زمانی را که تاجر یا هر ارگان دولتی تصمیم به واردات می‌گیرد تا زمانی را که محصول موردنظر به بازار عرضه گردد، نشان می‌دهد. زمان واردات مجموع مراحل اداری است که گمرک، بیمه و سایر ارگان‌های دولتی در آن دخیل هستند. برای تحلیل حساسیت مدل، زمان واردات را از ۲ ماه ( $C_2$ ) به ۱ ماه ( $C_1$ ) کاهش می‌دهیم. همان‌طور که در نمودار (۲۵) مشاهده می‌کنید کاهش زمان واردات باعث کاهش نوسانات قیمتی می‌گردد.



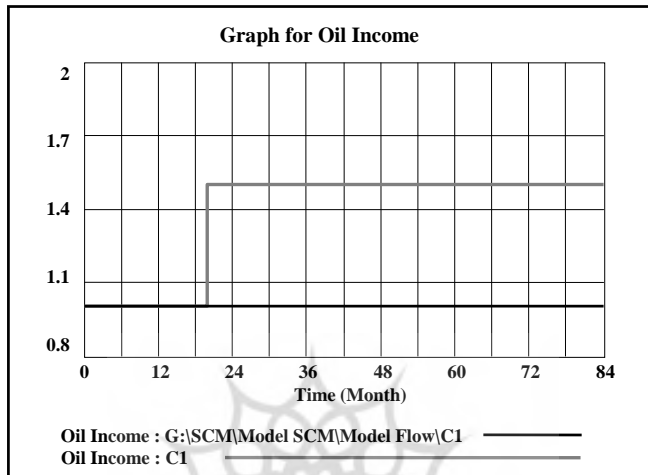
نمودار ۲۵- روند قیمت میلگرد

### ۴. تأثیر درآمدهای نفتی بر مدل

در این بخش، درآمدهای نفتی که به‌عنوان یک متغیر برون‌زا در سیستم (مدل بازار میلگرد) تعریف شده است را مورد بررسی قرار می‌دهیم. برای مشاهده تأثیر این متغیر برون‌زا در مدل، فرض می‌کنیم که یک شوک نفتی ناشی از افزایش قیمت نفت (با ایجاد

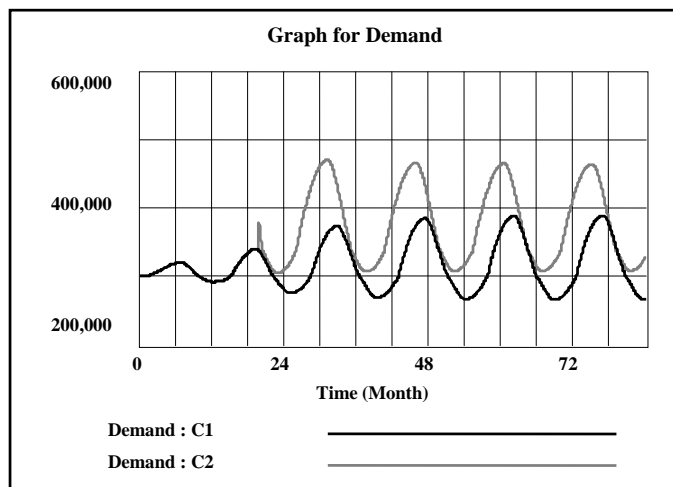


یک Step در درآمدهای نفتی) به بازار تحمیل شود. اثرات ناشی از این تأثیر را در ادامه تشریح می‌کنیم.



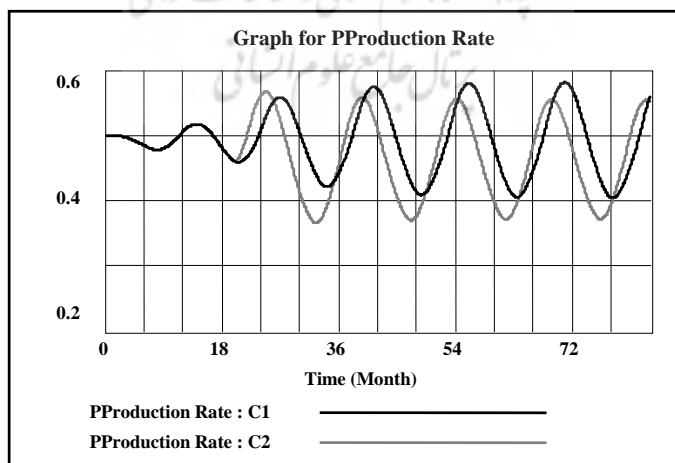
### نمودار ۲۶- ایجاد یک شوک در درآمدهای نفتی

در زمان شوک نفتی، نقدینگی در جامعه به شدت افزایش می‌یابد، بنابراین مصرف‌گرایی در تمامی کالاها افزایش می‌یابد که به افزایش تقاضا منجر می‌گردد. همان‌طور که در نمودار (۲۷) مشاهده می‌کنید محور نوسانات تقاضا در سطح بالاتری قرار می‌گیرد. این تأثیر را می‌توان در مقایسه نمودارهای درآمدهای نفتی و مصرف فولاد مشاهده کرد و به خصوص در سال‌های اخیر که درآمدهای ارزی کشور ما به دلیل افزایش بهای نفت افزایش یافته است، شاهد رشد تقاضا و مصرف در کالاهای اساسی می‌باشیم. قیمت بازار داخلی میلگرد نیز متأثر از افزایش تقاضا عمل می‌کند و افزایش می‌یابد.



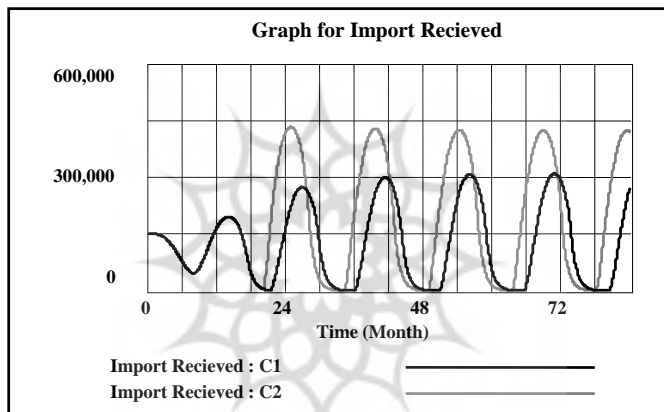
### نمودار ۲۷- مقایسه تقاضا پیش و پس از شوک نفتی

در زمان افزایش درآمدهای نفتی، نرخ تولیدکنندگان داخلی افزایش می‌یابد، افزایش درآمدهای نفتی، باعث افزایش تقاضا می‌گردد و چون تولیدکنندگان توانایی برآورد تقاضای ایجاد شده را ندارند، بنابراین با کمبود محصول در بازار و افزایش قیمت روبه‌رو می‌شوند. افزایش قیمت به نفع تولیدکننده است و آن‌ها برای کسب سود بیشتر، نرخ تولیدات خود را افزایش می‌دهند.



### نمودار ۲۸- مقایسه نرخ تولیدگان بخش خصوصی قبل و بعد از شوک نفتی

در زمانی که درآمدهای نفتی افزایش می‌یابد، نرخ ارز افت می‌کند، در نتیجه قیمت میلگرد وارداتی کاهش می‌یابد. بنابراین واردات با توجه به وابستگی نیاز کشور به این محصول، باعث تأثیر بر قیمت تولیدات داخلی می‌گردد. تولیدکنندگان داخلی در جهت رقابت با قیمت وارداتی برمی‌آیند، ولی به دلیل افزایش قیمت تمام شده تولید داخلی و کاهش قیمت وارداتی، ناچار به کاهش تولیدات خود می‌گردند (چون حاشیه سود کاهش می‌یابد)، ولی تقاضا همچنان به رشد خود ادامه می‌دهد، بنابراین واردات افزایش می‌یابد.



### نمودار ۲۹- مقایسه واردات میلگرد پیش و پس از شوک نفتی

### جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

امروزه یکی از مهم‌ترین موضوعات مورد علاقه محققین، اقتصاددانان و تحلیلگران مالی، تبیین چگونگی و روند نوسان قیمت‌هاست که راه‌های متفاوت و دیدگاه‌های گوناگونی را در این باره پدید آورده است.

از طرفی به دلیل پیچیدگی و پویایی رفتار جهان واقع سیستم بازار میلگرد و تأثیرگذاری متغیرهای مختلف متأثر از نهادهای تصمیم‌گیرنده متفاوت، لزوم استفاده رویکرد اگر-آنگاه و تحلیل حساسیت مدل‌های توسعه داده شده جهت شناخت بازار میلگرد، ضروری

می‌نماید. این اهمیت با توجه به سیاست‌های دولت در بخش مسکن کشور و افزایش سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در این حوزه، دو چندان شده است.

مدل تصمیم‌گیری‌های مؤثر در این مدل، به شدت دچار عقلانیت محدود ناشی از جزئی‌نگری و نگاه خطی به مسائل مرتبط است. تصمیم‌گیران درگیر در حوزه تنظیم بازار در سطوح مختلف دستگاه دولت مسائل را به صورت مجزا و در همان تفکر خطی سنتی دنبال می‌کنند.

تصمیم‌گیران این حوزه بیشتر به دنبال نتایج کوتاه‌مدت بوده و بیم آن می‌رود تا همان گونه که اکثراً مشاهده می‌شود، تصمیم‌گیری‌های کوتاه‌مدت آن‌ها نتایج نامناسب بلندمدتی به همراه داشته باشد.

تحقیق حاضر با هدف اولیه ایجاد و توسعه تفکر سیستمی در نهادهای دولتی به خصوص وزارت بازرگانی انجام گرفته است. دستاورد اصلی این مقاله را می‌توان ارائه الگویی جهت تحلیل بازار میلگرد عنوان نمود که قابل تصمیم‌گیری برای سایر کالاها نیز می‌باشد.

در این مقاله مدل شبیه‌سازی مبتنی بر داده‌های واقعی ایجاد شده است که می‌توان رفتار متغیرها و نوسانات موجود در بازار را شناسایی و پیش‌بینی کرد. تحلیل حساسیت مدل را براساس تغییرات متغیرهای برون‌زا در سیستم انجام دادیم و تأخیرهایی که در مدل واقعی وجود دارد نشان داد که این تأخیرها گاهی بیرون از موقعیت زمانی و مکانی محدوده تصمیم‌گیری ما قرار دارند.

مدل تهیه شده دارای تأخیر درجه دوم می‌باشد. یک درجه از تأخیر، از زمان سفارش واردات تا وارد کردن محصول به بازار می‌باشد. تأخیر درجه دوم از زمان وارد شدن محصول به دست خرده‌فروشان می‌باشد. در واقع کمربند اصلی مدل دارای تأخیر درجه دوم است.

از متغیرهای تأثیرگذار و ایجاد نوسان می‌توان به قیمت جهانی اشاره کرد. چون قیمت جهانی توسط مکانیزم دیگری تعیین می‌شود و ایران به دلیل نداشتن حجم قابل توجهی از

بازار جهان نمی تواند بر قیمت جهانی تأثیرگذار باشد، بلکه از آن تأثیر می پذیرد، بنابراین متغیرهای برونزایی مانند قیمت جهانی بر زنجیره میلگرد تأثیر نوسانی دارند. لوپ قیمت داخلی و نسبت آن به قیمت جهانی، مقدار واردات را مشخص می کند.

از متغیرهای برونزا و تأثیرگذار در مدل، درآمدهای نفتی می باشد که بر تقاضای میلگرد اثرگذار است. تحلیل اثر درآمدهای نفتی بر مدل را در تحلیل حساسیت مورد بررسی قرار دادیم و نشان دادیم که در زمان شوک نفتی، مقدار تولید کارخانجات داخلی کاهش می یابد. در این مقاطع (شوک نفتی) نباید مقدار واردات را به دلیل کاهش مقدار تولید داخلی و افزایش تقاضا، افزایش دهیم. وزارت بازرگانی با تعیین مقدار تعرفه مناسب می تواند در جهت حمایت از تولید داخلی برآید. این کار باعث کمک به افزایش تولید و عرضه آن و پویایی بخش صنعت می گردد و همچنین با افزایش تولید می توانیم مقدار تقاضای ایجاد شده را پوشش دهیم.

## منابع

- آبرومند، جمال (۱۳۸۲)؛ شبیه‌سازی و تحلیل دینامیک سیستم لجستیک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت.
- آذربایجانی، دکتر کریم (۱۳۸۰)؛ بررسی پارامترها و کشش‌پذیری تقاضای فولاد کشور در دوره، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران.
- احمدی، مهندس حسین (۱۳۸۴)؛ مدیریت زنجیره تأمین، انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران.
- اژدری، علی‌اصغر؛ مروری گذرا بر چالش‌های فراروی صنایع فولاد و آلومینیوم و سهم عوامل مؤثر بر قیمت تمام شده در ایران، دفتر مطالعات زیربنایی شرکت ملی فولاد ایران.
- باصری، بیژن (۱۳۸۲)؛ اندازه‌گیری سیاست‌های حمایتی در صنایع کارخانه‌ای ایران. بررسی بازار فولاد جهان و ایران، موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، ۱۳۸۰.
- بررسی طرح‌های توسعه فولاد در برنامه چهارم توسعه، شرکت ملی فولاد ایران، ۱۳۸۳.
- چراغی، داود (۱۳۸۳)؛ مزایا، محدودیت‌ها و موانع توسعه بورس کالا در ایران، موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.
- حمیدی‌زاده، دکتر محمدرضا (۱۳۷۹)؛ پویایی سیستم، مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه بهشتی.
- خاشعی، مهدی و دیگران (۱۳۸۵)؛ به‌کارگیری شبکه‌های عصبی رگرسیون عمومی (GRNN) به‌منظور پیش‌بینی قیمت محصولات فولادی در بورس فلزات تهران (TME) (مطالعه موردی شرکت ذوب آهن اصفهان)، سمپوزیوم فولاد اسفند ۸۵، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- درگاهی، حسن (۱۳۸۴)؛ استراتژی توسعه صنعتی کشور، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف.
- دکتر مشرف (۱۳۸۷)؛ مدل‌سازی سیستم‌های زیست‌محیطی با استفاده از پویایی سیستم، انتشارات دانشگاه شریف.

رفیعی، مجید و دیگران (۱۳۸۵)؛ واردات، فرصت یا تهدید صنعت فولاد (مطالعه موردی ذوب آهن اصفهان)، سمپوزیوم فولاد اسفند ۸۵، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

سازمان توسعه تجارت ایران (معاونت بررسی بازار و بازاریابی)، بررسی ظرفیت‌های تولیدی و صادراتی صنعت فولاد کشور، آبان ۸۵.

شهرابی، جمال و دیگران (۱۳۸۵)؛ پیش‌بینی عرضه و تقاضا برای محصولات فولادی با رویکرد تمرکز بر اجزای بازار، سمپوزیوم فولاد، اسفند ۸۵، دانشگاه صنعتی امیر کبیر. طیبی، دکتر سید کمیل و عطایی، قاسم؛ بررسی تقاضای داخلی محصولات فولاد تخت در ایران.

عسگری، منصور (۱۳۸۴)؛ بازار داخلی و خارجی صنعت فولاد و آثار سیاست‌های ایجاد بورس فلزات و طرح جامع فولاد بر آن بازار، انتشارات موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

علمی، محمد (۱۳۸۶)؛ مروری بر تولید جهانی فولاد و عوامل مؤثر در نوسانات قیمت آن. فخاری، مهدی و دیگران (۱۳۸۵)؛ بررسی و تحلیل خصوصی سازی در شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان طی سال‌های ۱۳۷۱ الی ۱۳۸۴، سمپوزیوم فولاد اسفند ۸۵، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

کیانی، هوشنگ (۱۳۸۲)؛ مدل دینامیکی اقتصاد کلان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندس صنایع دانشگاه علم و صنعت.

مکملی، محمد؛ چشم‌انداز توسعه صنعت فولاد ایران تا سال ۱۴۰۰ و جایگاه ذوب آهن اصفهان از نظر میزان و تنوع محصولات.

میرمحمد صادقی، دکتر علیرضا (۱۳۷۶)؛ بررسی وضعیت فولاد (گزارش تحقیقی)، انتشارات دانشگاه امام حسین.

نیلی، مسعود (۱۳۸۶)؛ مبانی اقتصاد، انتشارات نی.

یاسرطیب، محمد و دیگران (۱۳۸۵)؛ واردات، وضعیت سنگ آهن در بازارهای جهانی و داخلی، سمپوزیوم فولاد اسفند ۸۵، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

یزدی‌زاده، منصور و دیگران (۱۳۸۵)؛ خصوصی‌سازی صنایع فولاد در ایران، فرصت‌ها و تهدیدهای پیش‌روی واردات، سمپوزیوم فولاد اسفند ۸۵، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

Bernhard J. Angerhofer and Marios C. Angelides, "System Dynamics Modeling In Supply Chain Management".

Craig W. (1998); Kirkwood, "System Dynamics Methods: A Quick Introduction", Arizona State University.

Enzo Bivona, Using System Dynamics in Get Policy Change Market for Create Growth.

George P. (1981); Richardson, "Introduction To System Dynamics Modeling With Dynamo", MIT.

Jiong You (2004); Using System Dynamics in Analyze the Condition of Future Market, Conference of the system dynamics society, Oxford.

John D. Sterman (2000); "Business Dynamics", MIT.

Kai Berendes (2003); Using System Dynamics in Decision and Policy, Conference of the System Dynamics Society, New York.

Kaoru Yamaguchi (2004); Modeling The Dynamics Component Of Massive Economic As GDP And Monetary Resource, Conference of the system dynamics society, Oxford.

Khalid Saeed (2004); Survey Economic Growth Constraints With Attention to Classic Economic Theories, Conference of the System Dynamics Society, Oxford.

Mahmoodi J. Minaee M.H., "Using Dynamics to Model Rod Bar Supply Chain in Iran Market", IJIE Vd.21, NO. 3, 20, 10.

Newton (2004); Change Approach Of Using Tools As System Dynamics in Macro Economic, Conference of the System Dynamics Society Oxford.

Richmond B. (1994); System Dynamic/System Thinking: Lets Just Get on With It. International system dynamics Conference, Sterling, Scotland, (<http://www.hps-inc.com/st/st.html>).

Sunil Chopra, Peter Meindl (2006); "Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation".

Tony Hines (2006); "Supply Chain Strategies".

[www.cbi.ir/](http://www.cbi.ir/)

[www.cmrdr.ir](http://www.cmrdr.ir)