



برنامه‌ریزی ظرفیت تولید و فروش در صنعت فولاد با رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها (مطالعه موردی: محصول میلگرد، مجتمع فولاد خراسان)

میثم عمرانی^۱

دانشجوی دکترای تحقیق در عملیات دانشگاه فردوسی و عضو هیئت علمی گروه مدیریت موسسه آموزش عالی تابران مشهد

سید محمد خلیلی^۲

گروه مهندس صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه خیام، مشهد، ایران

علیرضا پویا^۳

استاد گروه مدیریت دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

برنامه‌ریزی توسعه ظرفیت تولید همواره یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی تصمیم‌گیران در شرکت‌های تولیدی بوده است. این تصمیم‌ها معمولاً در قالب برنامه‌های میان‌مدت و بلندمدت شرکت لحاظ می‌شود و بار مالی زیادی به همراه دارد. به طور سنتی شرکت‌ها با افزایش درآمد به دنبال افزایش ظرفیت تولید هستند، حال آنکه در دنیای واقعی، افزایش آن بدون توجه به دیگر متغیرها مانند توان فروش نتیجه‌های جز ایجاد هزینه‌های انبارداری و خواب سرمایه درپی ندارد. در پژوهش حاضر با هدف ارائه رویکردی مناسب در راستای تدوین برنامه توسعه ظرفیت تولید و با استفاده از رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها سعی می‌شود توسعه‌ای در دیدگاه مدیران به منظور شناخت عوامل تأثیرگذار بر مسئله صورت گیرد و روابط این عوامل به همراه متغیرهای مربوطه به صورت یک سیستم یکپارچه در نظر گرفته شود. این پژوهش متغیرهای توان فروش، میزان سفارشات، هزینه توسعه ظرفیت تولید و فروش، تأخیر تا بهره‌برداری از ظرفیت جدید، قیمت فروش و هزینه‌های تولید محصولات را در مدل سازی پویا مسئله برنامه‌ریزی توسعه ظرفیت تولید در نظر می‌گیرد و با شبیه‌سازی شرایط واقعی، نتایج تصمیمات در آینده را بررسی می‌کند؛ همچنین با تعریف سناریوهای مختلف برای پارامترهای تأثیرگذار بر مسئله و تحلیل آن‌ها، دیدگاه منابعی برای شناخت ابعاد مسئله فراهم می‌شود. مسئله برنامه‌ریزی توسعه ظرفیت تولید و فروش در صنعت فولاد از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است چراکه نیاز به سرمایه‌گذاری‌های عظیم ملی دارد. در این مقاله محصول میلگرد مجتمع فولاد خراسان به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است و برنامه توسعه ظرفیت تولید مبتنی بر اطلاعات واقعی این محصول در بازار ایران و در شرکت مذکور تعیین می‌شود.

کلید واژه‌ها: برنامه‌ریزی ظرفیت تولید، توان فروش، زمان تحويل، پویاشناسی سیستم‌ها.

۱. مقدمه

برنامه‌ریزی ظرفیت تولید یکی از مهم‌ترین موضوعات در برنامه استراتژیک شرکت‌های تولیدی می‌باشد که بر روی حفظ مزیت رقابتی شرکت در بازار و سود آوری آن بسیار تأثیرگذار است (همسوار و همکاران، ۱۹۹۳). در بسیاری از موارد، بهای تمام شده کالاها به میزان تولید آن‌ها بستگی دارد و میزان تولید نیز مستقیماً تحت تأثیر

1- m.omrani@tabaran.ac.ir

2 - m.khalili@khayyam.ac.ir

3 - Arezapooya@um.ac.ir



ظرفیت تولید می‌باشد؛ از سویی دیگر، افزایش ظرفیت تولید نیاز به سرمایه‌گذاری داشته که طبیعتاً بر درآمد شرکت اثر می‌گذارد، لذا مدیران باید در طول زمان برنامه میزان ظرفیت تولید را تعیین نمایند تا شرکت از سود دهی مناسبی برخوردار باشد (هوجی ون و فانگ، ۲۰۱۳). در برخی صنایع، بعضًا شرکت‌ها بجای افزایش ظرفیت تولید به دنبال راه حل‌های کوتاه مدت و کم هزینه‌تر مانند برونو سپاری می‌باشند (کوگان و نیک اسکای، ۱۹۹۵). این راه حل‌ها برای برخی صنایع کلیدی و استراتژیک در کشورها مانند صنعت نفت و گاز، صنعت برق، صنایع اساسی کشاورزی، صنعت فولاد و سایر صنایع مشابه، کار ساز نمی‌باشد و عملًا امکان برونو سپاری وجود ندارد، همچنین کمبود توان تولید در این صنایع ممکن است مخاطرات زیادی به همراه داشته باشد. صنعت فولاد به عنوان یکی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین صنایع در رشد و توسعه صنعتی هر کشور محسوب می‌شود، زیرا تمامی صنایع پایه از قبیل حمل و نقل، ساختمان، ساخت ماشین آلات، معدن، تولید و انتقال انرژی و دیگر صنایع مرتبط به فولاد وابسته می‌باشد. بر این اساس یکی از معیارهای صنعتی شدن هر کشور، پیشرفت و توسعه این صنعت است. میلگرد نیز به عنوان یکی از محصولات نهایی این صنعت، تقریباً در تمامی ساخت‌وسازها و پروژه‌های بزرگ عمرانی کاربرد دارد و برنامه‌ریزی منا سب تولید و قیمت‌گذاری صحیح آن در سطح کشور از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. مدیران واحدهای تولیدی فولاد و دیگر محصولات وابسته در کشور نیز همواره از یک سو نگاه ویژه‌ای به میزان تقاضای بازار داشته و از سویی دیگر به دنبال تدوین یک برنامه دقیق، مبتنی بر نیاز واقعی برای افزایش ظرفیت تولید در راستای کسب درآمد هرچه بیشتر می‌باشند. تدوین برنامه افزایش ظرفیت تولید در صنایع مختلف از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است، زیرا از یک طرف ظرفیت تولید کمتر از میزان تقاضای بازار منجر به کاهش سهم بازار و درآمد شرکت می‌شود و از سوی دیگر ظرفیت تولید مازاد بر تقاضای بازار، عدم بهره‌برداری منا سب از ظرفیت تولید و سرمایه را به دنبال دارد. همچنین تأخیرات موجود در فرآیند افزایش ظرفیت تولید و بهره‌برداری از آن پیچیدگی برنامه‌ریزی افزایش ظرفیت تولید را مضاعف می‌کند. این در حالی است که متأسفانه در بسیاری از موقع تصمیم‌گیران با دیدگاهی محدود و بدون داشتن رویکردی سیستمی و کلنگر، برنامه توسعه ظرفیت را تعیین می‌نمایند (نماس و روی، ۲۰۰۷) به عبارتی دیگر، مشاهده شده است که در بسیاری از موارد تصمیم‌گیری در مورد برنامه‌ریزی ظرفیت، به دلیل عدم وجود دیدگاهی یکپارچه نسبت به کلیه عوامل مؤثر بر مسئله که تمامی متغیرها و روابط پنهان را لحاظ نماید، مشکلات بسیاری در پی داشته است. لذا، ارائه رویکردی یکپارچه که بتواند کلیه متغیرهای مؤثر در برنامه‌ریزی ظرفیت تولید را لحاظ کند و روند آتی تغییرات ممکن را پیش‌بینی نماید، می‌تواند در کمکرسانی به تصمیم‌گیران صنعت فولاد کشور نقش ارزنده‌ای ایفا نماید.

بیشتر تحقیقات انجام شده در زمینه برنامه‌ریزی ظرفیت تولید مانند مقالات (ایفن، ۱۹۸۹)، (برادلی، ۱۹۹۹)، (میرحسنی، ۲۰۰۰)، و (لیو، ۲۰۱۳) شامل روش‌های تحلیلی و برنامه‌ریزی ریاضی می‌باشند، که در عمل استفاده از این روش‌ها بسیار پیچیده و زمان بر است و نیاز به فرض‌های ساده کننده برای حل مسئله دارد. همچنین با پیچیده‌تر شدن مسئله برنامه‌ریزی ظرفیت تولید و افزایش تعداد متغیرهای مؤثر مانند توان فروش، میزان تقاضای کل بازار و تأخیرات زمانی تا بهره‌برداری از ظرفیت جدید، استفاده از این روش‌ها به صورت عملی، در دنیای واقعی، امکان‌پذیر نیست. از مزایای تحقیق حاضر استفاده از روش شبیه‌سازی است که با استفاده از آن تصمیم‌گیران می‌توانند وضعیت عملکرد و نتایج تصمیم‌گیری خود را با کمترین هزینه مشاهده نمایند و تغییرات لازم را در مسئله لحاظ کنند. در این تحقیق از روش پویا‌شناسی سیستم‌ها برای شبیه‌سازی مسئله برنامه‌ریزی ظرفیت تولید در صنعت فولاد استفاده شده



است، همچنین این رویکرد می‌تواند به صورت کلی نیز مبنایی برای تدوین استراتژی‌های برنامه‌ریزی ظرفیت تولید در سایر صنایع فراهم آورد. در بین محصولات نهایی صنعت فولاد، در این تحقیق برنامه‌ریزی ظرفیت تولید میلگرد در نظر گرفته شده است. لازم به توضیح است، به دلیل آن که غالباً مشتریان میلگرد همان مصرف‌کنندگان نهایی می‌باشند، اطلاعات این محصول مانند قیمت، تقاضا، میزان تولید، نیاز داخلی، صادرات و واردات و سایر اطلاعات مربوطه در مورد این محصول ذیست به دیگر محصولات نهایی صنعت فولاد دارای شفافیت بیشتری است. در این تحقیق مسئله برنامه‌ریزی ظرفیت تولید میلگرد در سه زیرمدل کلی تقاضای بازار، ظرفیت تولید و ظرفیت فروش در نظر گرفته شده است که جزئیات هر قسمت در بخش چهارم مقاله معرفی می‌گردد. همچنین افق زمانی در نظر گرفته شده برای این تحقیق پنج سال می‌باشد که مبتنی بر دوره‌های پنج ساله برنامه توسعه کشور است.

در ادامه ابتدا مروری بر تحقیقات پیشین صورت گرفته، سپس روش تحقیق انتخاب شده برای پژوهش معرفی می‌شود. پس از آن، مفروضات پویای مسئله برنامه‌ریزی ظرفیت تولید تدوین شده و مدل شبیه‌سازی آن معرفی می‌گردد. در بخش بعدی نتایج کسب شده از پیاده سازی روش، گزارش شده و انواع سناریوهای مختلف مورد بحث قرار می‌گیرند. بخش انتهایی مقاله نیز به نتیجه‌گیری و تبیین پیشنهادات برای مطالعات آتی اختصاص یافته است.

۲. مروری بر ادبیات تحقیق

پویایی‌های سیستم که قبلاً به پویایی‌های صنعت مر سوم بوده است پس از ظهر خود در گستره و سیعی از مسائل مورد استفاده واقع شده است که از آن جمله می‌توان به استراتژی برنامه‌ریزی و طراحی یکپارچه، رفتارهای اقت صادی مدیریت اجتماعی، مدل سازی بیولوژیکی و پزشکی، انرژی و محیط زیست، پویایی‌های ترکیبی غیرخطی، توسعه تئوری‌های علوم طبیعی و اجتماعی، تصمیم‌گیری‌های پویا، مهندسی نرمافزار و مدیریت زنجیره تأمین اشاره کرد (استرمن، ۲۰۰۰). به منظور شناسایی متغیرهای مؤثر بر تدوین برنامه افزایش ظرفیت تولید و تبیین روابط بین آن‌ها، پژوهش‌های پیشین مورد بررسی قرار گرفته است که مهمترین آن‌ها در دو بخش مقالات داخلی و خارجی در ادامه بیان می‌گردند.

کاظمی و همکاران (۱۳۸۸) برای شناخت عوامل اثرگذار بر زنجیره تأمین صنعت فولاد ایران و ارزیابی روند آن از روش پویاشناسی سیستم‌ها استفاده نموده‌اند. در پژوهش آن‌ها مدل سازی بر اساس متغیرهای میزان ظرفیت تولید فولاد خام و محصولات نهایی، سود حاصل از فروش، صادرات و تقاضای فولاد در چارچوب تفکر سیستمی و ایزارهای پویا شنا سی سیستم انجام گرفته است. محمودی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از رویکرد پویا شنا سی سیستم‌ها عملیات زنجیره تأمین در یک سیستم ساخت بر مبنای سفارش را شبیه سازی کرده و عملکرد سیستم را بر مبنای معیارهای میزان موجودی، ذخیره اطمینان، رضایت مشتری و کمبود تحت چهار سناریوی متفاوت مورد بررسی قرار داده‌اند. جوادیان و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه موردي تولید و توزیع محصولات بهداشتی شرکت داروگر از تکنیک پویا شنا سی سیستم به منظور شناسایی متغیرهای مؤثر در زنجیره تأمین و شیوه‌های بهبود عملکرد آن استفاده نموده‌اند و در نهایت سیاست‌های جهت بهبود عملکرد بر مبنای کاهش میزان فروش از دست رفته و کاهش میزان موجودی را پیشنهاد داده‌اند. منظور و رضایی (۱۳۹۱) جهت سنجش کمی نتایج اصلاح قیمت سوخت نیروگاه‌ها بر ظرفیت سازی نیروگاه‌ها و تولید برق در کشور، از رویکرد پویا شنا سی سیستم بهره برده‌اند. مدل سازی این تحقیق با هدف بررسی وضعیت تولید و عرضه به ویژه چگونگی تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران به ایجاد ظرفیت‌های نیروگاهی جدید با تأکید بر فرایند ارزیابی سودآوری سرمایه‌گذاری‌های نیروگاهی انجام گرفته است. محمودی و همکاران



(۱۳۹۲) ضمن بررسی عرضه، تقاضا و قیمت میلگرد برای تعیین رفتار متغیرهای موجود در بازار میلگرد از مدل پویاشناسی سیستم استفاده نموده‌اند. ایشان با تغییر متغیرهای مدل، رفتار آن‌ها و به دنبال آن اثر سیاست‌های وزارت بازرگانی جهت تحقق تنظیم بازار را مورد تحلیل قرار داده‌اند.

اسپنگلر و همکاران به منظور بهبود مدیریت سفارشات و تحويل بهموقع به مشتریان، یک رویکرد جدید بر مبنای میزان درآمد در صنعت آهن و فولاد ارائه داده‌اند. دیمیتری یوس و همکاران در پژوهشی مسئله سیاست‌گذاری افزایش ظرفیت تولید در یک زنجیره تأمین حلقه بسته را با استفاده از رویکرد پویاشناسی سیستم را مورد بررسی قرار داده‌اند. آساد و دمیرلی برنامه‌ریزی ظرفیت تولید بر مبنای سفارشات و پیش‌بینی تقاضا در یک محیط پویا را به چالش کشیده و بر اهمیت لحاظ کردن تغییرات شدید میزان تقاضا تأکید دارند. بر این اساس آن‌ها به مسئله تدوین برنامه توسعه ظرفیت تولید در یک کارخانه نورد فولاد پرداخته‌اند. لی و پرابو از روش پویاشناسی سیستم‌ها به منظور مدیریت یک سیستم تولیدی استفاده کرده‌اند. در رویکرد پیشنهادی آن‌ها تصمیمات به صورت یکپارچه در حوزه‌های برنامه‌ریزی تولید، برنامه‌ریزی تعمیر و نگهداری و کنترل ظرفیت تولید اتخاذ می‌گردد. ال‌اوردادی و اریکسون میزان سرمایه‌گذاری به منظور توسعه ظرفیت تولید در یک زنجیره تأمین تحت شرایط پویا را مورد بررسی قرار داده‌اند. در پژوهش آن‌ها روابط متقابل اعضاء زنجیره تأمین، قیمت محصولات و ظرفیت تولید به صورت یکپارچه در نظر گرفته شده است. مسئله مدیریت توان فروش و ارتباطات آن با توسعه ظرفیت تولید در سیزده فصل کتاب جانسون و مارشال به صورت تفصیلی مورد تحلیل قرار گرفته است. در پژوهشی مرتبط با این موضوع، وانگ و همکاران یک مدل پویا برای برنامه‌ریزی توسعه ظرفیت تولید و فروش زغال سنگ در کشور چین پیشنهاد می‌نمایند. در پژوهش آن‌ها میزان انتشار گاز کربن دی اکسید و میزان تقاضا در قالب سناریوهای مختلف در نظر گرفته شده و بهترین برنامه‌ها تحت هر سناریو مشخص گردیده‌اند.

۳. روش‌شناسی پژوهش

مسئله برنامه‌ریزی ظرفیت تولید تحت تأثیر عوامل درون‌زا و برون‌زا مختلفی است و غالباً این عوامل دارای روابط متقابل با یکدیگر می‌باشند، بر این اساس این مسئله را می‌توان در قالب یک ساختار علت و معلولی مورد بررسی قرار داد. یکی از مناسب‌ترین روش‌های بررسی مسائل با ساختار علت و معلولی، رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها می‌باشد که در این تحقیق از آن استفاده می‌شود. طبق گفته گوری و گلدا سمیت پویایی شناسی سیستم رویکردی برای الگو‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های اجتماعی - اقتصادی پیچیده است که به کمک آن می‌توان سیاست‌هایی برای اعمال تغییرات ارائه داد (چاک ری و همکاران، ۲۰۰۷). در این رویکرد ابتدا متغیرهای تأثیرگذار بر مسئله و چگونگی روابط آن‌ها تعیین می‌شود، سپس رفتار این متغیرها تحت سناریوهای مختلف با شبیه‌سازی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این سناریوها و رفتارهای مشاهده شده از سیستم تحت هر یک از آن‌ها، با کمترین هزینه شرایط محتمل سیستم در آینده را به صورت بصری و نموداری نشان داده و به سهولت و دقت تصمیم‌گیری کمک شایانی می‌کند (استرمن، ۲۰۰۰). به طور مشخص روش شناسی پژوهش با رویکرد سیستم‌های پویا شامل گام‌های ذیل می‌باشد:

- شناسایی و تعریف مسئله: در این گام ماهیت مسئله، متغیرهای کلیدی مؤثر بر مسئله و افق زمانی مورد نظر تعیین می‌شوند.



- تعیین رفتار سیستم بر اساس الگوهای مرجع: در اولین گام رفتار گذشته متغیرهای مسئله به عنوان الگوهای مرجع مورد بررسی قرار می‌گیرد و رفتارهای مطلوب آن‌ها تعیین می‌شود.

- تبیین ارتباط بین متغیرها و ترسیم نمودار علت و معلولی و انباشت و جریان: در این گام بر پایه فرض‌های اولیه که توانایی تبیین رفتار سیستم را دارند، فرضیه‌های پویای سیستم تعریف می‌شوند. سپس بر اساس این فرضیه‌ها، متغیرهای کلیدی، الگوهای مرجع و سایر داده‌ها، نمودارهای علی حلقوی و انباشت و جریان سیستم ترسیم می‌شوند.

- تدوین یک مدل شبیه‌سازی سیستم و اجرای آن: در این گام بر اساس نمودار انباشت و جریان ترسیم شده در گام قبل و مفروضات بیان شده در فرضیه پویا، یک مدل شبیه‌سازی برای مسئله ترسیم می‌شود. سپس شرایط اولیه برای اجرای شبیه‌سازی و مقادیر اولیه متغیرها و پارامترهای مدل تعیین می‌شود تا مدل شبیه‌سازی اجرا گردد.

- تحلیل مدل و تعیین سیاست‌ها: در آخرین گام با اجرای مدل شبیه‌سازی و بررسی توانایی مدل تحت شرایط حدی، رفتار به دست آمده از مدل با وضعیت مشاهده شده از اطلاعات گذشته و الگوهای مرجع مقایسه می‌شود تا اعتبار مدل تأیید گردد. در انتها با طراحی سیاست‌ها و سناریوهای مختلف، ساختارها و قوانین جدید مورد آزمایش قرار می‌گیرد تا رفتارهای مطلوب در سیستم مشاهده شود.

برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های پویا تاکنون نرم افزارهای متعددی ارائه شده است که در این مقاله از نرم‌افزار ونسیم¹ که ابزاری قدرتمند برای شبیه‌سازی، آزمون مدل و طراحی و بررسی سناریوهای مختلف سیستم‌های پیچیده است، استفاده می‌شود. همچنین برنامه‌ریزی ظرفیت تولید محصول میلگرد در مجتمع فولاد خراسان به عنوان مورد مطالعه در این پژوهش انتخاب شده است. برای طراحی مدل شبیه‌سازی و اعتبار سنجی آن از داده‌های ۶ ماه انتهای سال ۱۳۹۴ و ۶ ماه ابتدای سال ۱۳۹۵ مربوط به محصول میلگرد استفاده شده است. اطلاعات مهم دریافتی از شرکت که به عنوان ورودی مدل پویا استفاده می‌شود، شامل اطلاعات مربوط به تقاضا و قیمت میلگرد در بازار ایران، ظرفیت تولید کنونی و زمان‌های پیشبرد سفارشات و سایر اطلاعات تولیدی در مجتمع فولاد خراسان می‌باشد. برای جمع‌آوری این اطلاعات، تعیین روابط بین متغیرها و تبیین سیاست‌های افزایش ظرفیت تولید از بررسی وضعیت موجود شرکت، مصاحبه با افراد خبره، تحقیقات پیشین و مطالعه بازار محصول میلگرد در ایران استفاده شده است.

¹. Vensim

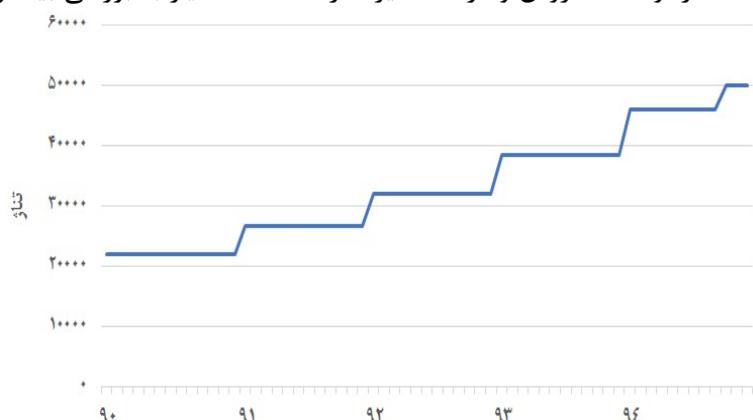


۴. مدل‌سازی پویای مسئله برنامه‌ریزی ظرفیت تولید میلگرد

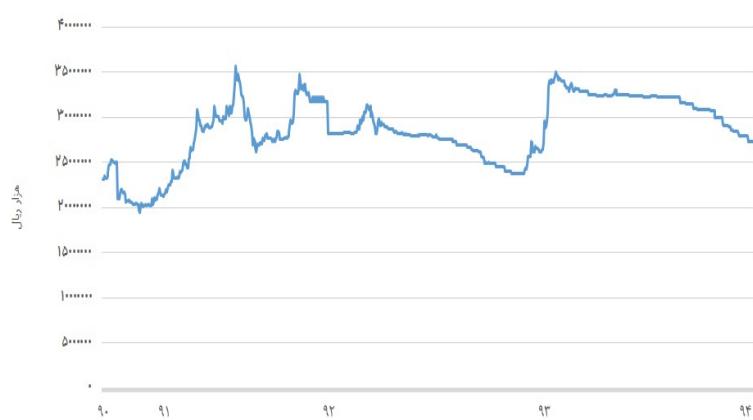
در این بخش با توجه به رویکرد معرفی شده در بخش روش‌شناسی پژوهش، ابتدا فرضیه پویا و نمودار علی‌حلقوی توسعه داده خواهد شد، سپس مدل انباشت- جریان مسئله برنامه‌ریزی توسعه ظرفیت تولید توسعه و متغیرهای آن به تفصیل تشریح خواهند شد.

۱.۴. فرضیه پویا و نمودار علی- حلقوی

طبق اطلاعات جمع‌آوری شده در طی چند سال گذشته ظرفیت تولید میلگرد در مجتمع فولاد خراسان تقریباً روند صعودی داشته است (شکل ۱) و در حال حاضر این ظرفیت تقریباً ۱۰ درصد از نیاز بازار داخل کشور را پوشش می‌دهد. علی‌رغم افزایش ظرفیت تولید در این بازه زمانی، میزان درآمد شرکت روندی تقریباً نوسانی را نشان می‌دهد (شکل ۲). به منظور بررسی دقیق‌تر این موضوع می‌توان عامل تغییرات قیمت را حذف نموده و میزان فروش خالص شرکت را در طول این بازه زمانی بررسی کرد (شکل ۳). همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، حتی با حذف عامل قیمت نیز باز هم میزان فروش خالص، روند نوسانی خود را حفظ نموده است که این موضوع نشان می‌دهد متغیرهای دیگری به‌جز قیمت در نوسانات فروش و درآمد تأثیرگذار هستند که نیاز به بررسی بیشتر دارد.



شکل (۱): میزان ظرفیت تولید در بازه زمانی

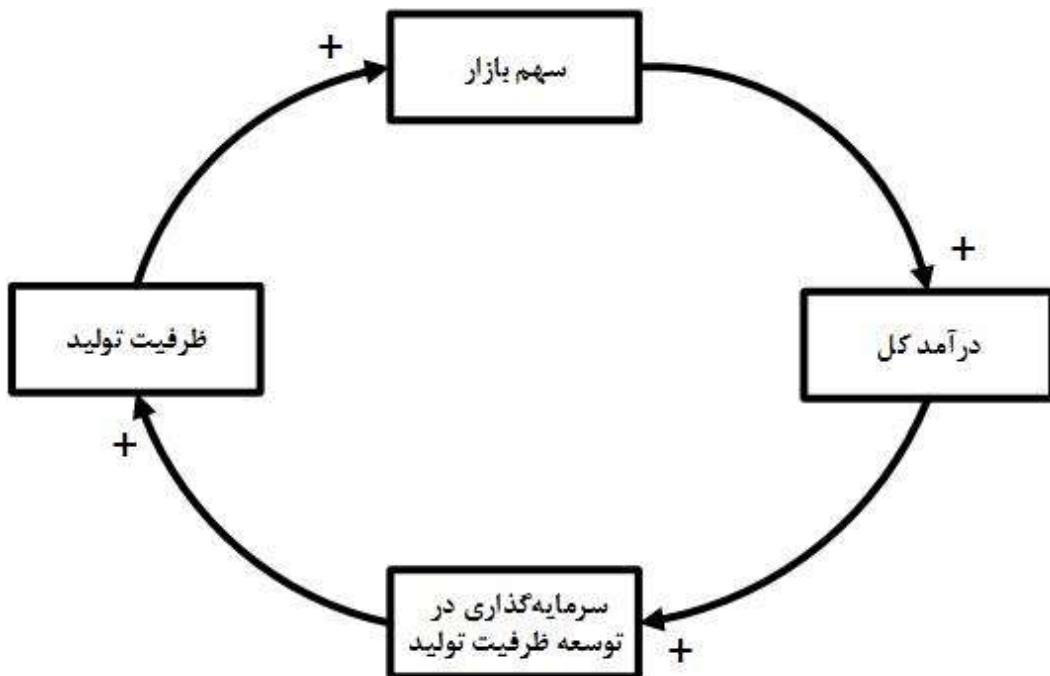


شکل (۲): میزان درآمد در بازه زمانی



شکل (۳): میزان ظرفیت تولید در بازه زمانی

اکنون می‌توان بیان داشت، از دیدگاه سیستم‌های پویا این شرکت نیز مشابه با هر بنگاه اقتصادی دیگر به دنبال افزایش درآمد و توسعه سهم بازار خود می‌باشد که در نگاه این مهم اول نیازمند سرمایه‌گذاری در توسعه ظرفیت تولید می‌باشد. شکل ۴ مدل علی-حلقوی مسئله برنامه‌ریزی ظرفیت تولید تحت این شرایط نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که با افزایش ظرفیت تولید، سهم بازار شرکت افزایش و به تبع آن درآمد شرکت افزایش می‌یابد که این موضوع امکان سرمایه‌گذاری در توسعه ظرفیت تولید را فراهم می‌آورد.

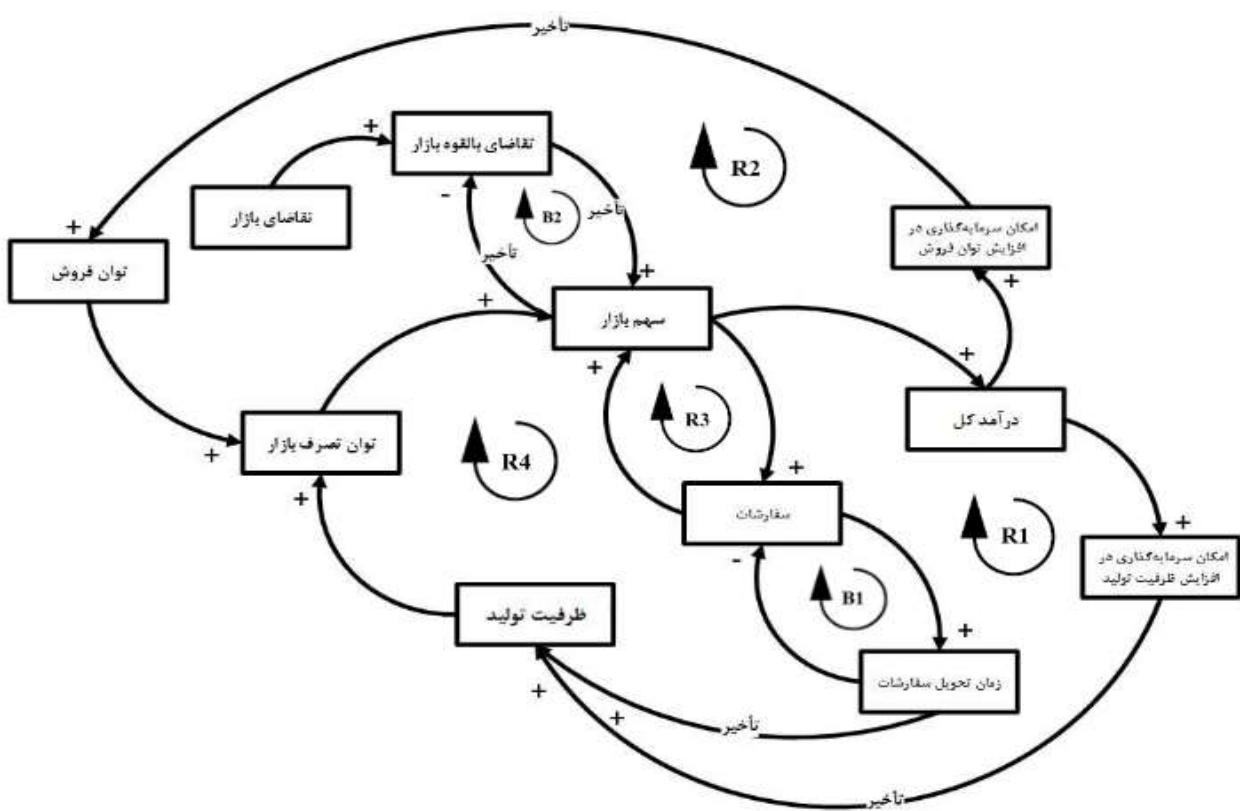


شکل (۴): مدل علی-حلقوی اولیه مسئله

اما طبق بررسی‌های صورت گرفته در عوامل دیگری نیز مانند توان فروش، تقاضای بازار، سهم بازار و مدت زمان تحویل سفارشات به مشتری در این مسئله تأثیرگذار هستند. به عبارتی دیدگاه سنتی افزایش ظرفیت تولید بر مبنای افزایش درآمد (شکل ۴) با هدف کسب سهم بازار بیشتر مورد نقد فراوان است که در ادامه برخی از آن‌ها اشاره



می‌گردد (ریچموند و همکاران، ۱۹۹۴). افزایش ظرفیت تولید در صورت عدم وجود تقاضا در بازار، علاوه بر هزینه‌های توسعه ظرفیت تولید، هزینه‌های سربار دیگری مانند هزینه‌های انبارداری و بازاریابی را برای شرکت ایجاد می‌کند. افزایش ظرفیت تولید حتی در صورتی که تقاضا در بازار نیز وجود داشته باشد، بدون داشتن توان فروش نمی‌تواند منجر به فروش محصولات و درآمدزایی شرکت گردد و مشابه با مورد پیشین، هزینه‌های سربار و انبارداری را نیز در پی خواهد داشت. در دنیای واقعی سرمایه‌گذاری به منظور توسعه ظرفیت تولید در صورتی اتفاق می‌افتد که تقاضای بازار وجود داشته و این تقاضا به صورت افزایش سفارشات برای شرکت محرز گردیده باشد؛ اما توان تحويل سفارشات به دلیل محدودیت ظرفیت تولید وجود نداشته باشد. به عبارتی دیگر، در این شرایط زمان تحويل سفارشات به مشتریان زیاد شده است و این موضوع در کوتاه مدت سهم بازار و درآمد شرکت را کاهش می‌دهد. بر این اساس با نگاهی عمیق‌تر می‌توان بیان داشت، متغیرهای مؤثر در تصمیم‌گیری در مورد توسعه ظرفیت تولید دارای روابط پیچیده و غیرخطی هستند که بدون داشتن یک دیدگاه سیستمی و کلنگر هرگونه افزایش ظرفیت تولید در سیستم کنونی می‌تواند مشکلات پیش‌بینی نشده زیادی را ایجاد نماید. لذا در این تحقیق به منظور توسعه مدل علی-حلقوی شکل ۴ و لحاظ کردن نقدهای مذکور، مدل علی-حلقوی شکل ۵ پیشنهاد می‌گردد.



شکل (۵): مدل علی- حلقوی توسعه یافته مسئله

همان طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود به منظور افزایش سهم بازار نیاز است تا ظرفیت تولید و توان فروش به طور متناسب افزایش یابند، با افزایش سهم بازار، درآمد کل افزایش می‌یابد که در نتیجه این امکان برای شرکت فراهم می‌شود تا مجددًا ظرفیت تولید و توان فروش را افزایش دهد (حلقه‌های مثبت R1 و R2). همچنین با افزایش



سهم بازار، دریافت سفارشات بیشتر می‌شود که این خود مجدداً به معنی افزایش سهم بازار می‌باشد (حلقه مثبت R3). از سویی دیگر با افزایش دریافت سفارشات، مدت زمان تحویل سفارشات به مشتری افزایش می‌یابد. افزایش زمان تحویل سفارشات در دراز مدت این تهدید را به دنبال دارد که رضایت مشتریان کاهش یافته و شرکت سهم بازار خود را از دست بدهد (حلقه منفی B1). این موضوع ممکن است تصمیم‌گیران را مجاب به افزایش ظرفیت تولید کند (حلقه مثبت R4)، هرچند این اقدامات بدون وجود امکان سرمایه‌گذاری ممکن نیست. البته باید توجه نمود که با افزایش سهم بازار، تقاضای بالقوه بازار نیز کاهش می‌یابد که این موضوع در دراز مدت رشد سهم بازار را محدود می‌کند (حلقه منفی B2).

۲.۴. نمودار انباشت- جریان، معرفی متغیرها و فرموله کردن روابط بین آن‌ها

بر اساس مدل علی- حلقوی معرفی شده در شکل ۵ مدل انباشت- جریان مستله برنامه‌ریزی توسعه ظرفیت تولید این پژوهش از سه زیرمدل دریافت و تحویل سفارشات (شکل ۶)، توسعه ظرفیت تولید (شکل ۷) و توسعه توان فروش (شکل ۸) تشکیل شده است که هر یک از این زیرمدل‌ها به همراه متغیرهای مربوطه در ادامه معرفی می‌گردد.

زیرمدل دریافت و تحویل سفارشات

سفارشات تجمعی شده (سفارشات منتظر)^۲ تعداد سفارشات در دسترس با استفاده از متغیر انباشت سفارشات تجمعی شده نشان داده می‌شود. این متغیر انباشت با متغیر نرخ دریافت سفارش^۳ در هر دوره زمانی افزایش یافته و با متغیر نرخ تحویل^۴ در هر دوره زمانی کاهش می‌یابد. نرخ دریافت سفارش تحت تأثیر نیروی فروش^۵ و بهره‌وری فروش^۶ می‌باشد. همچنین نرخ تحویل نیز مستقیماً تحت تأثیر ظرفیت تولید^۷ در دسترس می‌باشد. لازم به توضیح است در این بخش از مدل انباشت- جریان، متغیرهای نیروی فروش و ظرفیت تولید ثابت فرض گردیده‌اند، اما با توسعه مدل در بخش‌های دوم و سوم این متغیرها صورت متغیرهای انباشت در نظر گرفته می‌شوند. جزئیات روابط بین این متغیرها در روابط (۱) تا (۵) جدول ۱ تشریح شده است.

مدت زمان تحویل^۸: مدت زمان تحویل کالاهای به مشتری بر اساس نسبت سفارشات تجمعی شده و میزان تحویل کالاهای به مشتریان تعیین می‌شود. به عبارتی دیگر واضح است که با افزایش سفارشات تجمعی شده و کاهش میزان تحویل سفارشات، مدت زمان تحویل سفارشات نیز افزایش خواهد یافت. تأخیر در تحویل سفارشات نیز عموماً بعد از مدت زمانی تو سط م شتریان درک خواهد شد.^۹ جزئیات روابط بین این متغیرها در روابط (۶) و (۷) جدول ۱ تشریح شده است.

بهره‌وری فروش: بهره‌وری فروش تحت تأثیر سه متغیر مقدار فروش هر مرکز فروش،^{۱۰} مدت زمان تحویل درک شده و سطح قیمت درک شده^{۱۱} باشد. واضح است که با افزایش قیمت و تأخیر در تحویل سفارشات، بهره‌وری

². Order Backlog

³. Bookings

⁴. Shipments

⁵. Sale Force

⁶. Sale Productivity

⁷. Capacity

⁸. Lead Time

⁹. Perception Delay Of Lead Time, Perceived Lead time

¹⁰. Sale Quantity Per Representative

¹¹. Perceived Price Gap



فروش کاهش می یابد. سطح قیمت بر اساس فاصله قیمت هر واحد کالا^۳ با حداکثر قیمت قابل تحمل^۴ برای مشتریان بعد از مدت زمانی درک می شود.^۵ جزئیات روابط بین این متغیرها در روابط (۸) تا (۱۱) جدول ۱ تشریح شده است.

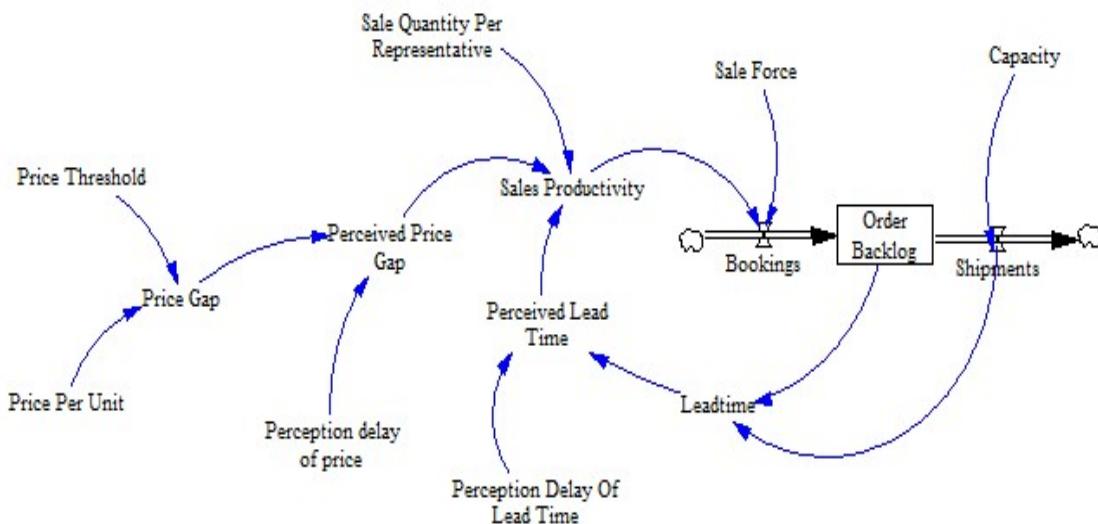
زیرمدل توسعه ظرفیت تولید

سیگنال سفارش ظرفیت^۶ این متغیر تصمیم‌گیری برای افزایش ظرفیت تولید را با توجه به زمان تحویل^۷ و میزان تقاضای کل بازار^۸ تعیین می کند. تا زمانی که ظرفیت تولید جدید در حال ایجاد است (ظرفیت در راه)^۹ سیگنال سفارش ظرفیت تولید صفر خواهد بود. جزئیات روابط بین این متغیرها در روابط (۱۲) تا (۱۴) جدول ۱ تشریح شده است.

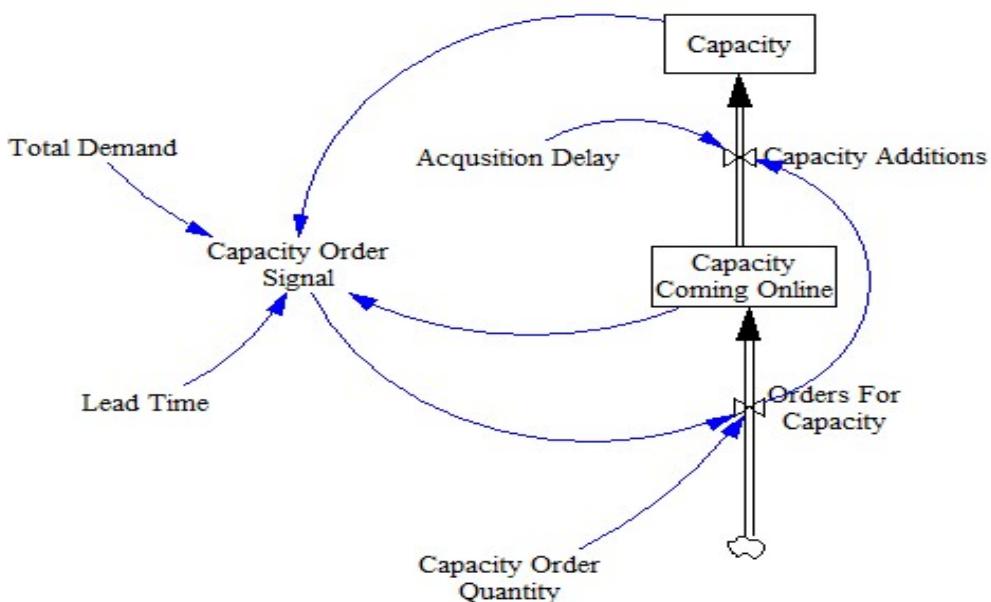
سفارش ظرفیت تولید^{۱۰} این متغیر از جنس نرخ بوده و میزان افزایش ظرفیت تولید در هر دوره زمانی را نشان می دهد. افزایش ظرفیت تولید به صورت گسسته در نظر گرفته شده است و مقدار آن تو سط متغیر مقدار افزایش ظرفیت تولید تعیین می شود. جزئیات روابط بین این متغیرها در روابط (۱۵) و (۱۶) جدول ۱ تشریح شده است.

ظرفیت: ظرفیت تولید در دسترس در قالب یک متغیر انباشت در مدل در نظر گرفته شده است و مقدار آن توسط متغیر نرخ افزایش ظرفیت اذکر هر دوره زمانی افزایش می یابد. از آنجا که افزایش ظرفیت تولید در عمل با تأخیر زمانی همراه است، این موضوع در قالب متغیر مدت زمان تا بهره‌برداری اذکر نظر گرفته می شود. جزئیات روابط بین این متغیرها در رابطه (۱۷) جدول ۱ تشریح شده است.

^۱ . Price Per Unit	2
^۱ . Price Threshold	3
^۱ . Perception delay of price	4
^۱ . Capacity Order Signal	5
^۱ . Lead Time	6
^۱ . Total Demand	7
^۱ . Capacity Coming Online	8
^۱ . Orders For Capacity	9
^۲ . Capacity Order Quantity	0
^۲ . Capacity Additions	1
^۲ . Acquisition Delay	2



شکل (۶): مدل اباحت-جریان زیرمدل دریافت و تحویل سفارشات



شکل (۷): مدل اباحت-جریان زیرمدل توسعه ظرفیت تولید

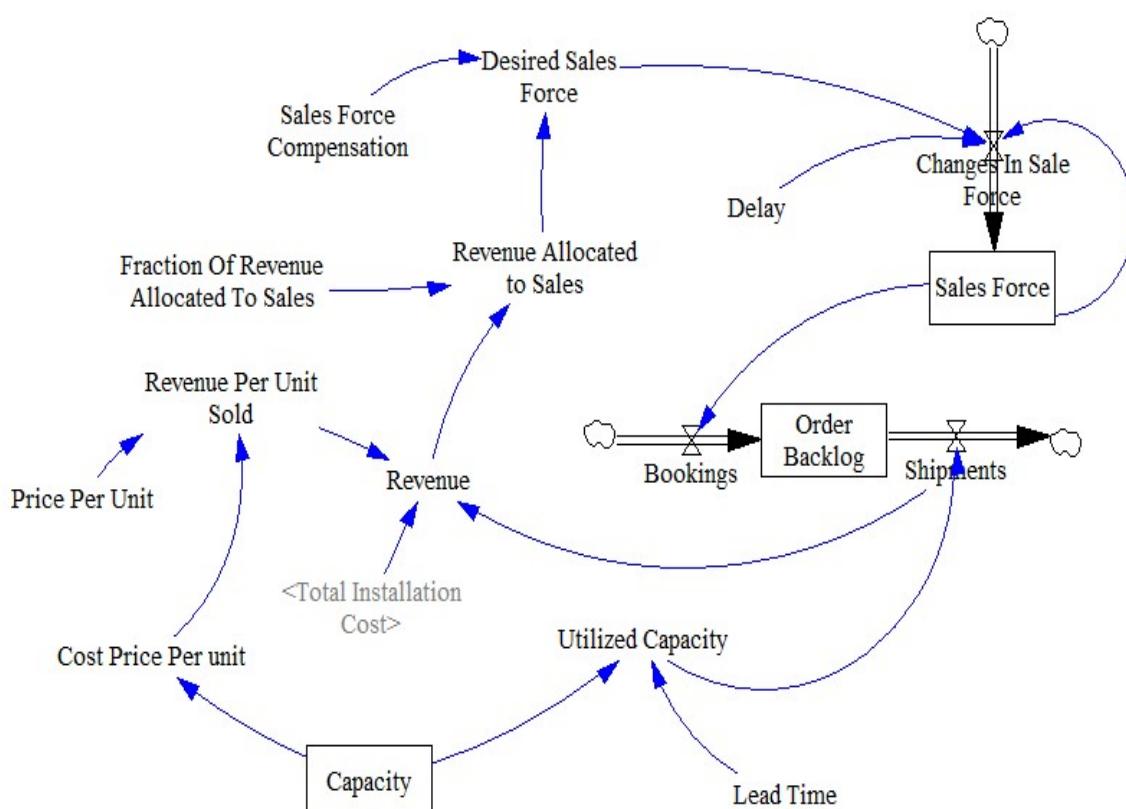
زیرمدل توسعه توان فروش

درآمد خالص^۲ درآمد متاثر میزان تحویل سفارشات به م شتریان و سود هر واحد کالای فروخته شده^۳ است.
البته افزایش ظرفیت تولید مستلزم صرف هزینه^۴ است که درآمد شرکت را در مقاطعی از زمان تحت تأثیر قرار



می‌دهد. سود هر واحد کالای فروخته شده نیز از تفاوت بین قیمت و هزینه تمام شده هر واحد کالا^۱ به دست می‌آید. لازم به توضیح است که افزایش ظرفیت تولید هزینه‌های سربار و به تبع آن هزینه تمام شده هر واحد کالا را نیز کاهش می‌دهد. مدت زمان تحويل سفارشات به مشتریان میزان بهره‌برداری از ظرفیت تولید^۲ لاسترس را تعیین می‌کند. جزئیات روابط بین این متغیرها در روابط (۱۸) تا (۲۴) جدول ۱ تشریح شده است.

توان فروش: توان فروش تحت تأثیر متغیر نرخ تغییرات توان فروش^۳ می‌باشد. تغییرات توان فروش اولاً با تأخیر زمانی^۹ صورت می‌گیرد و ثانیاً متأثر از میزان فروش مورد انتظار^{۱۰} است. میزان فروش نیز با توجه به کسری از درآمد اختصاص یافته به فروش^{۱۱} تعیین می‌گردد. جزئیات روابط بین این متغیرها در روابط (۲۵) تا (۲۸) جدول ۱ تشریح شده است.



شکل (۸): مدل انباشت-جریان زیرمدل توسعه توان فروش

² . Cost Price Per Unit	6
² . Utilized Capacity	7
² . Changes In Sale Force	8
² . Delay	9
³ . Desired Sales Force	0
³ . Fraction Of Revenue Allocated ^۱ To Sales, Revenue Allocated to Sales	



Systems Thinking In Practice

1st
National Conference on

اولین کنفرانس ملی

تفکر سیستمی در عمل



جدول (۱): روابط بین متغیرها

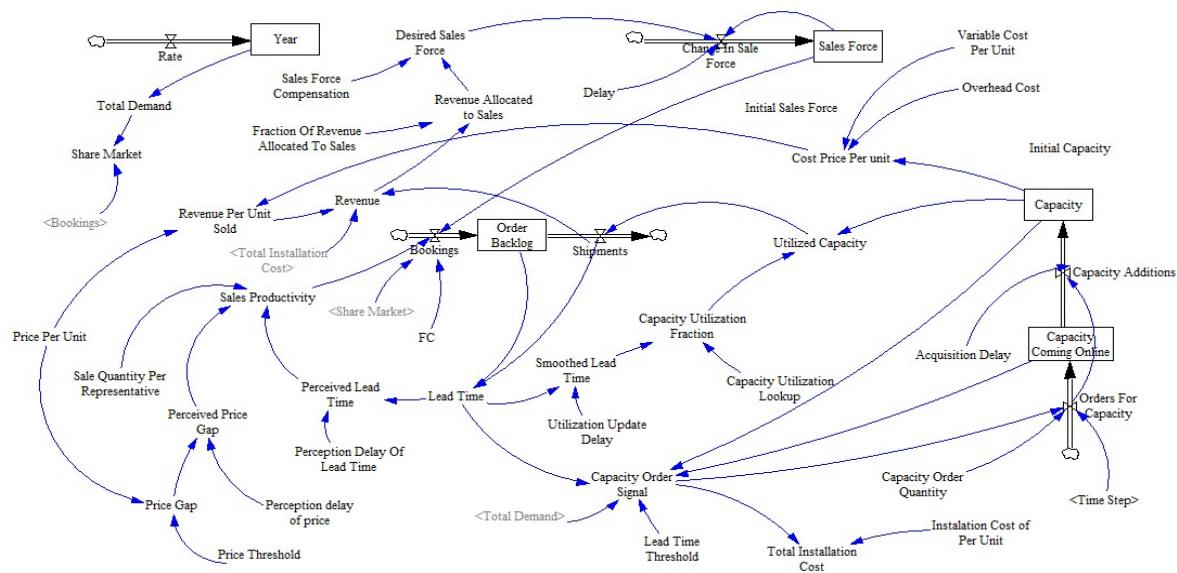
Bookings= (Sales Force*Sales Productivity)*(1-Share Market)*FC	(۱)
Order Backlog= INTEG (IF THEN ELSE(Bookings-Shippments<0, 0.0001, Bookings-Shippments), 1000)	(۲)
Share Market= SMOOTHI(Bookings/Total Demand, 2, 0.1)	(۳)
Shipments= Utilized Capacity	(۴)
Year= INTEG (Rate, Rate)	(۵)
Lead time= Order Backlog/Shipments	(۶)
Smoothed Lead time= SMOOTHI(Lead time, Utilization Update Delay, 1.5)	(۷)
Perceived Lead time= SMOOTH(Lead time, Perception Delay Of Lead Time)	(۸)
Perceived Price Gap= SMOOTH(Price Gap, Perception delay of price)	(۹)
Price Gap= Price Per Unit/Price Threshold	(۱۰)
Sales Productivity= (Sale Quantity Per Representative-200*(Perceived Lead time)-200*(Perceived Price Gap))	(۱۱)
Capacity Coming Online= INTEG (Orders For Capacity-Capacity Additions, 0)	(۱۲)
Capacity Order Signal= IF THEN ELSE(Lead time>Lead time Threshold: AND:Capacity Coming Online=0:AND:Capacity<=0.5*Total Demand, 1, 0)	(۱۳)
Total Demand= (266439*(Year^2))+(499121*Year)+500000	(۱۴)
Capacity Additions= DELAY FIXED(Orders For Capacity, Acquisition Delay, 0)	(۱۵)
Orders For Capacity= Capacity Order Signal*Capacity Order Quantity/"<Time Step>"	(۱۶)
Capacity= INTEG (Capacity Additions, Initial Capacity)	(۱۷)
Capacity Utilization Fraction= Capacity Utilization Lookup(Smoothed Lead time)	(۱۸)
Capacity Utilization Lookup([(0,0)-(10,10)], (0,0), (1,0.63), (2,0.75), (3,0.83), (4,0.9), (5,0.945), (6,0.99), (7,0.99), (8,0.99), (9,0.99), (10,0.99))	(۱۹)
Cost Price Per unit= Variable Cost Per Unit+(Overhead Cost/Capacity)	(۲۰)
Revenue Per Unit Sold= Price Per Unit-Cost Price Per unit	(۲۱)
Revenue= Shipments*Revenue Per Unit Sold-Total Installation Cost	(۲۲)
Total Installation Cost= Capacity Order Signal* Installation Cost of Per Unit	(۲۳)
Utilized Capacity= Capacity*Capacity Utilization Fraction	(۲۴)
Change In Sale Force= (Desired Sales Force-Sales Force)/ Delay	(۲۵)
Desired Sales Force= Revenue Allocated to Sales/Sales Force Compensation	(۲۶)
Revenue Allocated to Sales= IF THEN ELSE(Revenue*Fraction Of Revenue Allocated To Sales>0, Revenue*Fraction Of Revenue Allocated To Sales, 0)	(۲۷)
Sales Force= INTEG (Change In Sale Force, Initial Sales Force)	(۲۸)

مدل یکپارچه برنامه‌ریزی توسعه ظرفیت تولید

همان طور که پیشتر اشاره گردید مدل برنامه‌ریزی توسعه ظرفیت پیشنهادی در این مقاله شامل سه زیرمدل «دريافت و تحويل سفارشات»، «توسعه ظرفیت تولید» و «توسعه توان فروش» می‌باشد. در واقع تقاضای بازار از طریق زیرمدل «دريافت و تحويل سفارشات» وارد مدل پویا می‌گردد. با افزایش دریافت سفارشات در این زیر مدل، مدت زمان تحويل به مشتریان افزایش می‌یابد که این شرایط ضرورت توسعه ظرفیت تولید به منظور پاسخ‌گویی سریع‌تر به تقاضاهای را در زیر مدل «توسعه ظرفیت تولید» نشان می‌دهد. از سویی دیگر، به منظور افزایش متناسب توان فروش و ظرفیت تولید ضروری است تا زیر مدل‌های «توسعه ظرفیت تولید» و «توسعه توان فروش» مرتبط با یکدیگر باشند. بر اساس این نیازهای، مدل یکپارچه شکل ۹ پیشنهاد می‌گردد. به طور دقیق می‌توان عنوان داشت زیر مدل «دريافت و



تحویل سفارشات، از طریق متغیر زمان تحویل به زیرمدل «توسعه ظرفیت تولید» و از طریق متغیرهای توان فروش و درآمد به زیر «توسعه توان فروش» متصل شده است.



شکل (۹): مدل انباشت-جریان یکپارچه برنامه‌ریزی توسعه ظرفیت تولید

۵. اجرای شبیه‌سازی

در این بخش از پژوهش، مدل یکپارچه پیشنهادی برای برنامه‌ریزی توسعه ظرفیت تولید در نرم افزار ونسیم اجرا شده و خروجی آن در دو بخش نتایج عددی و طراحی و بررسی سناریوهای مختلف گزارش می‌گردد.

۱.۵ اعتبارسنجی مدل پیشنهادی

از آنجا که تاکنون مبنای افزایش ظرفیت تولید در مجتمع فولاد خراسان مبتنی بر تصمیمات مدیران بوده و غالب این تصمیمات نیز مبتنی بر متغیرهای محدودی مانند میزان درآمد و تخمین شرایط کلان بازار اتخاذ شده است؛ بسیاری از متغیرها و روابط ارائه شده در مدل پیشنهادی این پژوهش در تصمیم‌گیری لحظه نمی‌شده است. همچنین ذکر این نکته ضروری است که رویکرد پیشنهادی این پژوهش ارائه یک چارچوب منطقی برای افزایش ظرفیت تولید در آینده می‌باشد، لذا به منظور اعتبارسنجی رویکرد پیشنهادی، داده‌های کنونی مربوط به بازار میلگرد و مجتمع فولاد خراسان (جدول ۲) وارد مدل شده و مدل شبیه‌سازی در شرایط حدی با میزان تقاضا ثابت در طول مدت شبیه‌سازی، اجرا گردیده و نتایج مورد انتظار در شکل‌های ۱۰ تا ۱۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل‌های ۱۰ مشاهده می‌شود با ثابت بودن تقاضا، میزان ظرفیت تولید در کل زمان شبیه‌سازی بدون تغییر خواهد بود. در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ به ترتیب مشاهده می‌شود که میزان درآمد و توان فروش بعد از مدت کوتاهی ثابت شده و تا انتهای مدل شبیه‌سازی در همان سطح باقی می‌ماند. بر اساس نتایج مخصوصان و خبرگان مجتمع فولاد خراسان توانایی رویکرد پیشنهادی برای برنامه‌ریزی افزایش ظرفیت تولید را در چارچوب مرز مدل تأیید می‌نمایند.

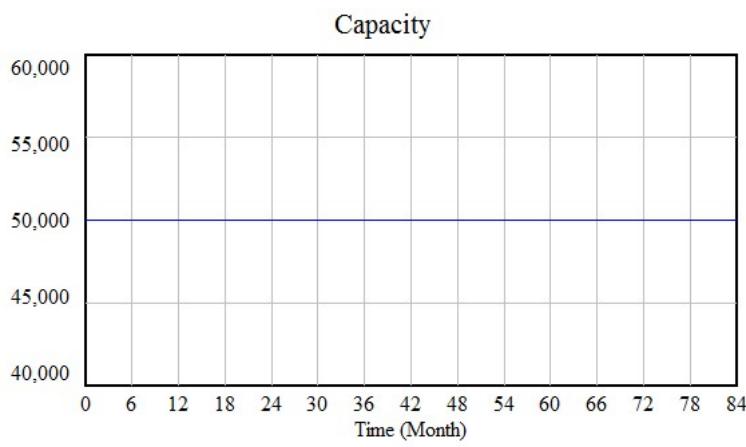


Systems Thinking In Practice

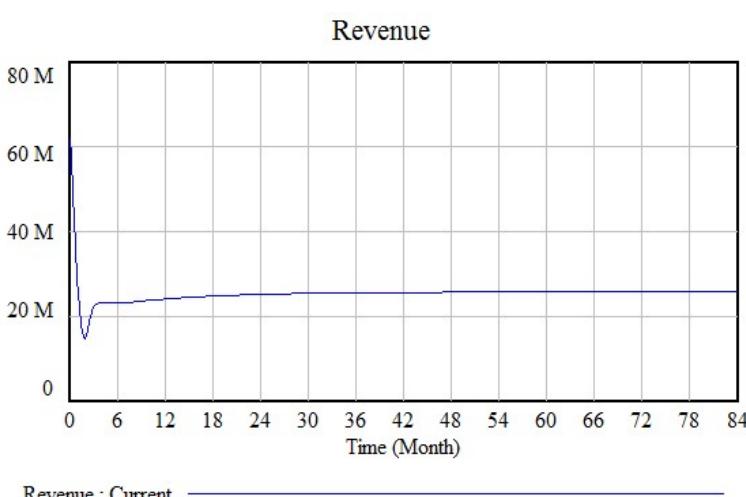
1st
National Conference on

اولین کنفرانس ملی

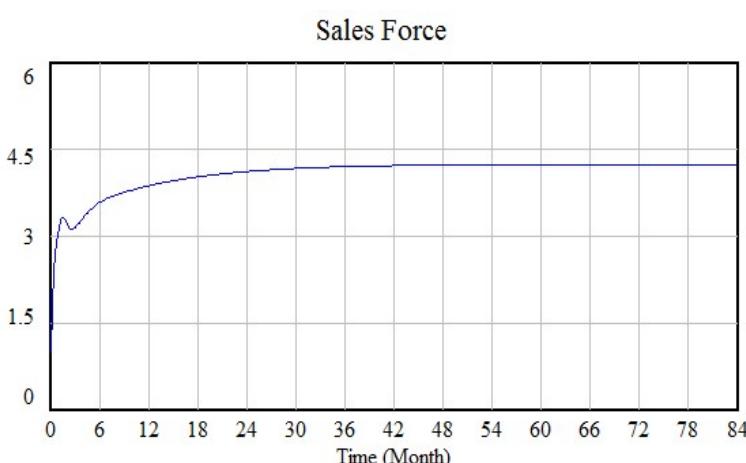
تَفَكُّر سِيَسْتَمِيٌّ دَرِ عَمَلٍ



شکل (۱۰): ظرفیت تولید در طول زمان شبیه‌سازی در شرایط حدی



شکل (۱۱): مقادیر درآمد در طول زمان شبیه‌سازی در شرایط حدی



شکل (۱۲): توان فروش در طول زمان شبیه‌سازی در شرایط حدی



Systems Thinking In Practice

1st
National Conference on

اولین کنفرانس ملی

تفکر سیستمی در عمل



جدول (۲): مقادیر پارامترهای مدل انباست-جریان

ردیف	عنوان	مقادیر	واحد
۱	Rate	0.04/12	Percent
۲	Fc	0.4	Percent
۳	Sales Force Compensation	100000	Rial *1000
۴	Sale Quantity Per Representative	12000	Ton
۵	Overhead Cost	150000000	Rial *1000
۶	Variable Cost Per Unit	10200	Rial *1000
۷	Initial Total Demand	500000	Ton
۸	Installation Cost Of Per Unit	40000000	Rial *1000
۹	Price Threshold	25000	Rial *1000
۱۰	Perception Delay Of Price	1	Month
۱۱	Price Per Unit	15000	Rial *1000
۱۲	Acquisition Delay	24	Month
۱۳	Capacity Order Quantity	20000	Ton
۱۴	Fraction Of Revenue Allocated To Sales	0.0165	Percent
۱۵	Delay	3	Month
۱۶	Initial Capacity	50000	Ton
۱۷	Initial Sales Force	1	Number
۱۸	Lead Time Threshold	6	Month
۱۹	Perception Delay Of Lead Time	2	Month
۲۰	Utilization Update Delay	1	Month

۲.۵ نتایج عددی

با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده از مجتمع فولاد خراسان و بازار میلگرد ایران که جزئیات آن در جدول ۱ ذکر شده است؛ مدل پیشنهادی این مقاله برای ۸ سال و با دوره‌های زمانی ماهانه بر اساس مقادیر پارامترهای موجود در جدول ۲ شبیه سازی گردیده است. مهم‌ترین نتایج کسب شده شامل برنامه توسعه ظرفیت تولید، سطح نیروی فروش، درآمد کسب شده و سهم بازار، در طی ۸ سال آینده بر اساس وضعیت کنونی شرکت و بازار است که خلاصه آن‌ها در شکل‌های ۱۳ تا ۱۷ گزارش می‌شود.

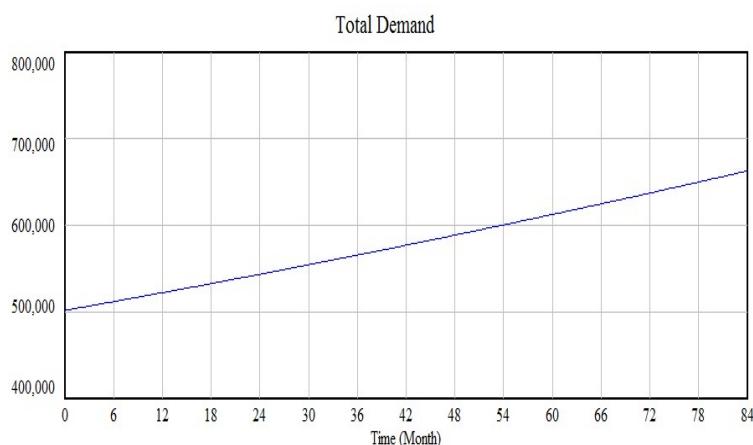


Systems Thinking In Practice

1st
National Conference on

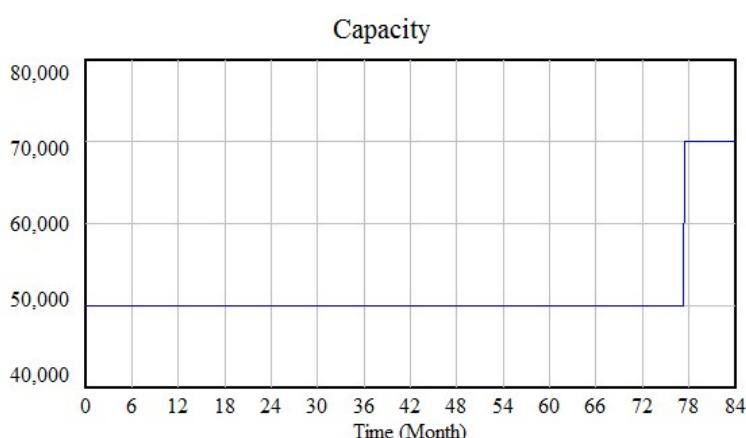
اولین کنفرانس ملی

تفکر سیستمی در عمل



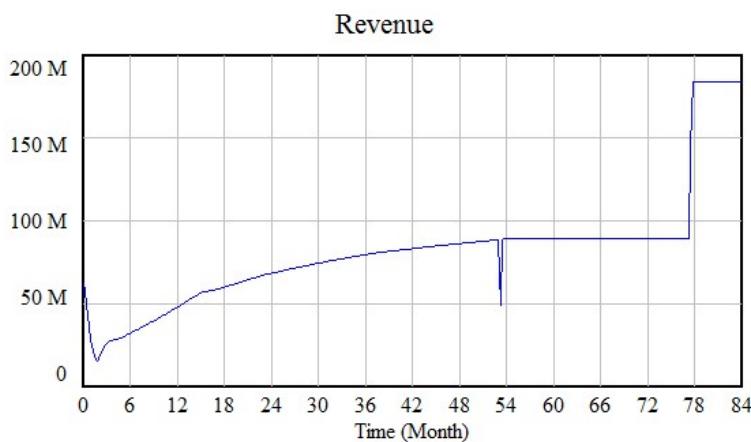
Total Demand : Current

شکل (۱۳): مقادیر تقاضا در طول زمان شبیه‌سازی



Capacity : Current

شکل (۱۴): مقادیر ظرفیت تولید در طول زمان شبیه‌سازی



Revenue : Current

شکل (۱۵): مقادیر درآمد در طول زمان شبیه‌سازی

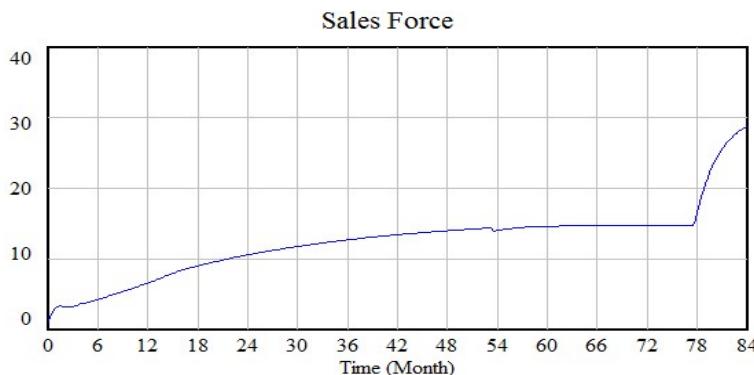


Systems Thinking In Practice

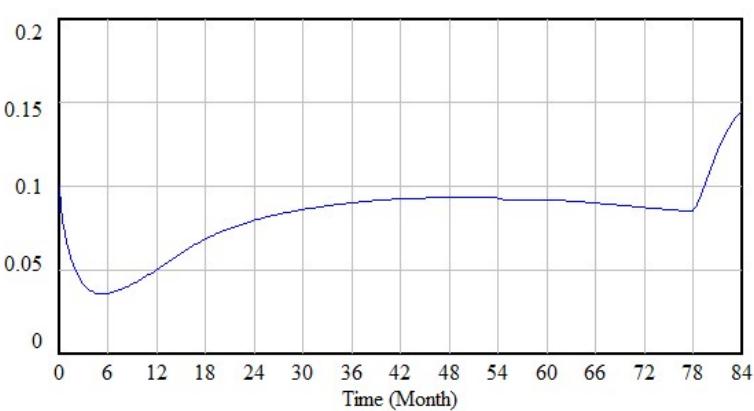
1st
National Conference on

اولین کنفرانس ملی

تفکر سیستمی در عمل



شکل (۱۶): مقادیر توان فروش در طول زمان شبیه‌سازی
Share Market



شکل (۱۷): مقادیر سهم بازار شرکت در طول زمان شبیه‌سازی

۳.۵ طراحی و بررسی سناریوهای مختلف

وجود تغییرات اجتناب‌ناپذیر در شرایط بازار و به تبع آن تقاضای میلگرد باعث شده است نتوان میزان تقاضای آینده کشور را به طور دقیق پیش‌بینی نمود بر این اساس با توجه به عدم دسترسی به اطلاعات موثق از میزان تقاضای میلگرد در گذشته، پس از مشورت با خبرگان این شرکت پیشنهاد گردید میزان افزایش تقاضا به صورت سالیانه تقریباً ۴ درصد فرض شود. بر این اساس شکل ۱۳ میزان تقاضا در طول زمان شبیه‌سازی را نشان می‌دهد. بر اساس این میزان تقاضای پیش‌بینی شده شبیه‌سازی انجام گرفته است و نتایج بدست‌آمده در ادامه توضیح داده می‌شود.

همان طور که در شکل ۱۴ مشاهده می‌شود، ظرفیت تولید اولیه مجتمع فولاد خراسان ۵۰۰۰۰ تن در ماه می‌باشد. در طی افق ۸ ساله، در ماه ۷۸ ظرفیت تولید به ۷۰۰۰۰ تن در ماه افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است توسعه ظرفیت تولید به صورت گستته، در مقادیر ۲۰۰۰۰ تنی، با مدت زمان احداث ۲۴ ماه فرض شده است. بر این اساس مدل در ماه ۵۴ برنامه ایجاد ظرفیت تولید جدید را پیشنهاد می‌کند. شکل ۱۵ تغییرات درآمد را در طی افق ۸ ساله نشان می‌دهد؛ در این شکل ملاحظه می‌گردد در ماه ۵۴ که نیاز به سرمایه‌گذاری جهت توسعه ظرفیت تولید می‌باشد، درآمد کاهش یافته است و با بهره‌برداری از ظرفیت تولید جدید در ماه ۷۸، درآمد نیز متعاقباً افزایش می‌یابد. در شکل ۱۶ نیز توان فروش که بر حسب تعداد مراکز فروش محاسبه شده است تعیین گردیده است. ملاحظه می‌شود که رفتار این متغیر با یک شیب ملایم تا ماه ۷۸ افزایش می‌یابد، اما پس از آن با افزایش ظرفیت تولید، شیب آن



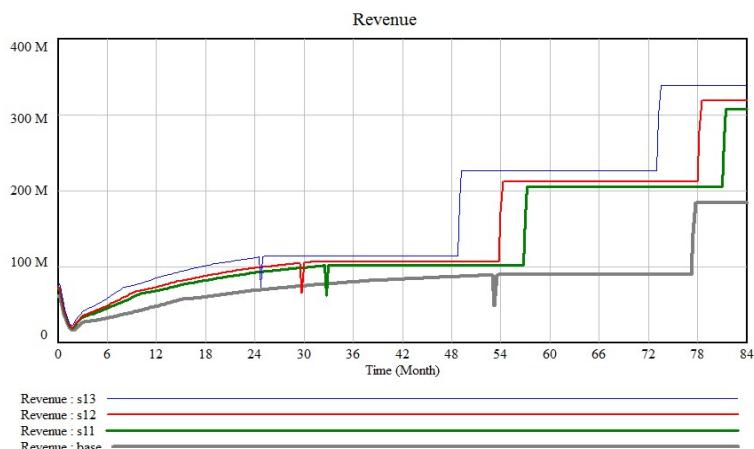
افزایش چشم‌گیری پیدا می‌کند. تغییرات سهم بازار شرکت در طی ۸ سال در شکل ۱۷ گزارش شده است که افزایش ناگهانی آن نیز پس از ماه ۷۸ به دلیل افزایش ظرفیت تولید می‌باشد. با توجه به امکان وقوع تغییرات در مقادیر پارامترهای تأثیرگذار بر مسئله برنامه‌ریزی ظرفیت تولید در طول زمان، ضروری است تا مدل تحت شرایط مختلف مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا با تعریف سناریوهای گوناگون وضعیت مقادیر متغیرهای درآمد، ظرفیت تولید و توان فروش تحت هر یک از این شرایط تحلیل می‌شود. طراحی و بررسی سناریوهای مختلف این پژوهش در سه بخش به شرح ذیل پیشنهاد می‌گردد.

طراحی و بررسی سناریوها تحت پارامترهای هزینه سربار، قیمت و هزینه متغیر:

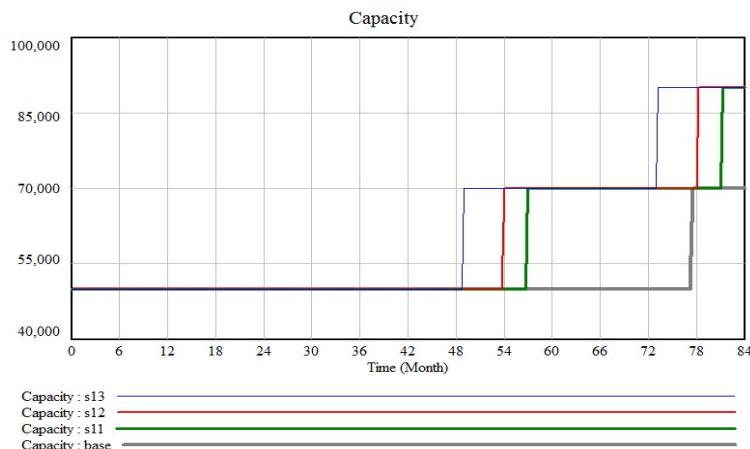
از آنجا که در طول زمان تورم قیمت‌ها اجتناب ناپذیر است، مقادیر پارامترهای هزینه سربار، قیمت و هزینه متغیر که از مهم‌ترین داده‌ها در مسئله برنامه‌ریزی ظرفیت تولید می‌باشند، در قالب سه سناریو در جدول ۲ درنظر گرفته شده است. بر این اساس، مدل شبیه‌سازی تحت هر یک از این سناریوها اجرا شده است و نتایج به دست آمده برای مقادیر متغیرهای درآمد، ظرفیت تولید و توان فروش در شکل‌های ۱۸ تا ۲۰ گزارش می‌گردد.

جدول (۳): طراحی و بررسی سناریوهای مختلف پارامترهای هزینه سربار، قیمت و هزینه متغیر

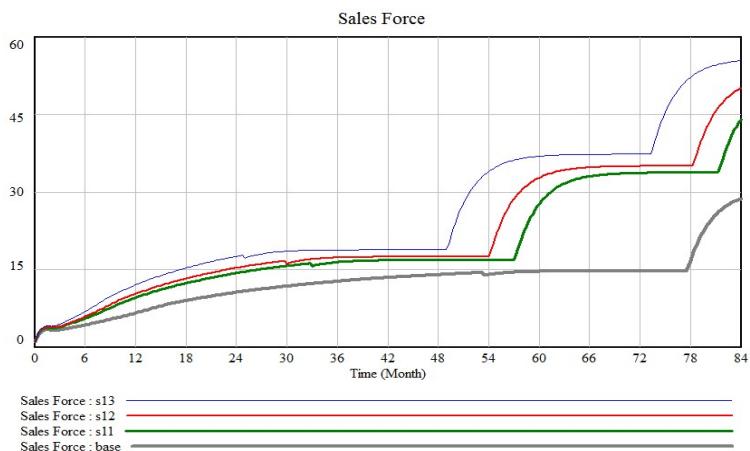
سناریو	هزینه سربار	قیمت	هزینه متغیر
Base	۱۰,۲۰۰	۱۵,۰۰۰	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰
s11	۱۱,۰۱۶	۱۶,۲۰۰	۱۵۶,۰۰۰,۰۰۰
s12	۱۱,۴۲۴	۱۶,۸۰۰	۱۶۲,۰۰۰,۰۰۰
s13	۱۲,۰۳۶	۱۷,۷۰۰	۱۶۸,۰۰۰,۰۰۰



شکل (۱۸): مقادیر درآمد در طول زمان شبیه‌سازی تحت سناریوهای s11، s12 و s13



شکل (۱۹): مقادیر ظرفیت تولید در طول زمان شبیه‌سازی تحت سناریوهای s13 و s12 و s11 و base



شکل (۲۰): مقادیر توان فروش در طول زمان شبیه‌سازی تحت سناریوهای s13 و s12 و s11 و base

طراحی و بررسی سناریوها تحت پارامترهای مدت زمان تا بهره‌برداری و مقدار افزایش ظرفیت تولید:

بدیهی است مدت زمان نیاز جهت بهره‌برداری از ظرفیت تولید جدید با مقدار افزایش ظرفیت تولید دارای رابطه معکوس می‌باشد و امکان انتخاب سناریوهای مختلف از ترکیب این دو پارامتر وجود دارد. بر این اساس در جدول ۳، سه سناریو ممکن از ترکیب این دو پارامتر درنظر گرفته شده است. مدل شبیه‌سازی تحت هر یک از این سناریوها اجرا شده است و نتایج به دست آمده برای مقادیر متغیرهای درآمد، ظرفیت تولید و توان فروش در شکل‌های ۲۱ تا ۲۳ گزارش می‌گردند.

جدول (۴): طراحی و بررسی سناریوهای مختلف پارامترهای مدت زمان تا بهره‌برداری و مقدار افزایش ظرفیت تولید

سناریو	مدت زمان تا بهره‌برداری	مقدار افزایش ظرفیت تولید	
	۲۰,۰۰۰	۲۴	Base
	۱۰,۰۰۰	۱۰	s21
	۱۵,۰۰۰	۱۸	s22
	۲۵,۰۰۰	۳۰	s23

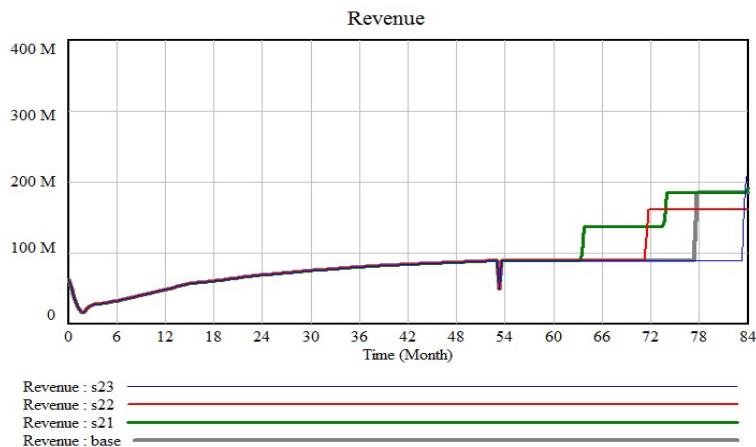


Systems Thinking In Practice

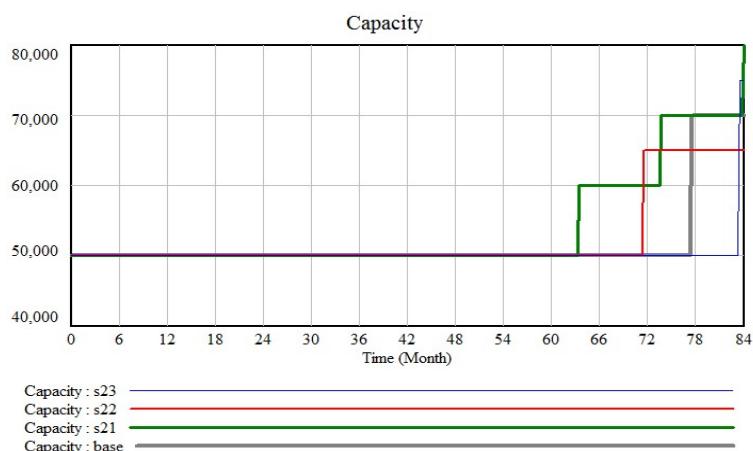
1st
National Conference on

اولین کنفرانس ملی

تفکر سیستمی در عمل



شکل (۲۱): مقادیر درآمد در طول زمان شبیه‌سازی تحت سناریوهای s21 و s22 و s23



شکل (۲۲): مقادیر ظرفیت تولید در طول زمان شبیه‌سازی تحت سناریوهای s21 و s22 و s23



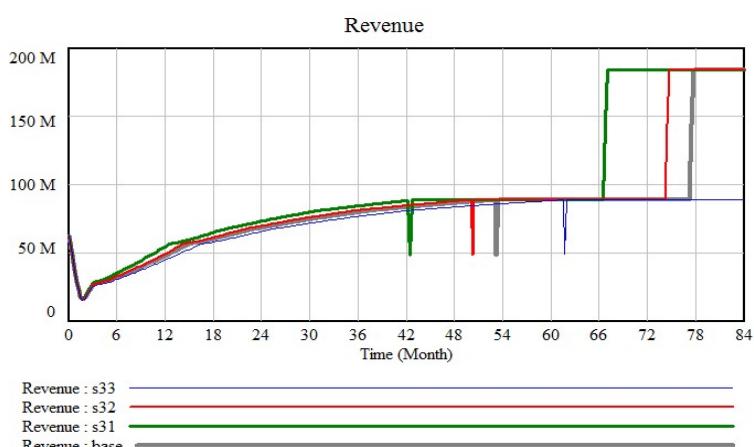
شکل (۲۳): مقادیر توان فروش در طول زمان شبیه‌سازی تحت سناریوهای s21 و s22 و s23



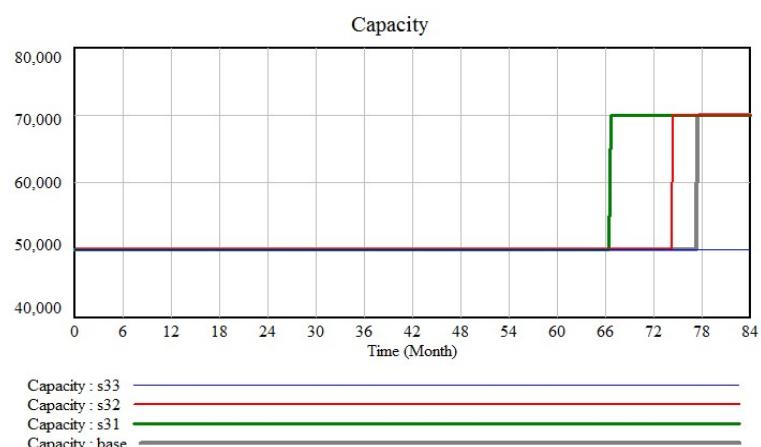
طراحی و بررسی سناریوها تحت پارامترهای مقدار فروش هر مرکز فروش و کسر درآمد اختصاص یافته به فروش: دو عامل تأثیرگذار بر توسعه توان فروش عبارت‌اند از مقدار فروش هر مرکز فروش و میزان درآمد اختصاص یافته به فروش از درآمد کل می‌باشد. بر این اساس در جدول ۴، سه سناریو ممکن از ترکیب این دو پارامتر درنظر گرفته شده است. مدل شبیه‌سازی تحت هر یک از این سناریوها اجرا شده است و نتایج به دست آمده برای مقادیر متغیرهای درآمد، ظرفیت تولید و توان فروش در شکل‌های ۲۴ تا ۲۶ گزارش می‌گردند.

جدول (۵): طراحی و بررسی سناریوهای مختلف پارامترهای مقدار فروش هر مرکز فروش و کسر درآمد اختصاص یافته به فروش

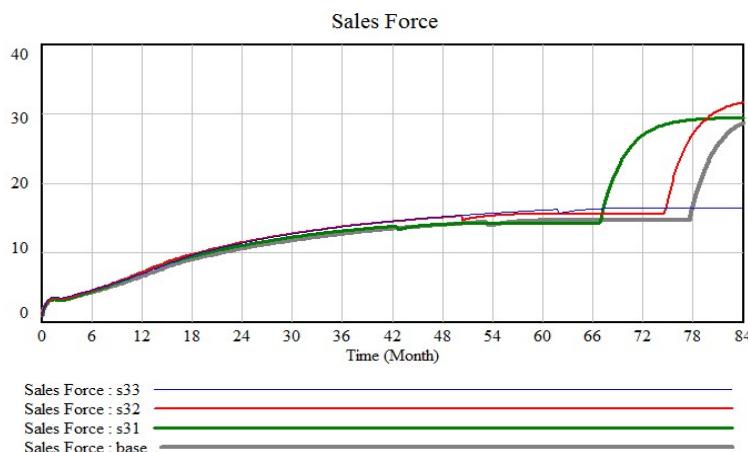
سناریو	مقدار فروش هر مرکز فروش	کسر درآمد اختصاص یافته به فروش
۰/۰۱۶۵	۱۲,۰۰۰	Base
۰/۰۱۶	۱۳,۰۰۰	s31
۰/۰۱۷۵	۱۱,۵۰۰	s32
۰/۰۱۸۵	۱۰,۵۰۰	s33



شکل (۲۴): مقادیر درآمد در طول زمان شبیه‌سازی تحت سناریوهای s31، s32 و s33 و base



شکل (۲۵): مقادیر ظرفیت تولید در طول زمان شبیه‌سازی تحت سناریوهای s31، s32 و s33 و base



شکل (۲۶): مقادیر توان فروش در طول زمان شبیه‌سازی تحت سناریوهای $s31$ ، $s32$ و $s33$

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای مطالعات آتی

برنامه‌ریزی توسعه ظرفیت تولید در شرکت‌های تولیدی همواره یکی از مهم‌ترین چالش‌های تصمیم‌گیران در راستای برنامه‌ریزی رشد شرکت بوده است. اهمیت این مسئله از آنجا ناشی می‌شود که افزایش ظرفیت تولید نیازمند سرمایه‌گذاری زیادی است و در صورتی که این مهم بدون در نظر گرفتن کلیه عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری اجرا شود، ممکن است هزینه‌های بسیاری را برای شرکت به دنبال داشته باشد. افزایش ظرفیت تولید بدون وجود توان فروش مناسب با آن، ممکن است شرکت را با مشکلاتی مانند ظرفیت تولید غیرفعال، هزینه‌های نگهداری و خواب سرمایه مواجه کند. از سوی دیگر، عدم افزایش ظرفیت تولید در زمان مناسب، می‌تواند منجر به تعویق در تحويل سفارشات شود که تبعات آن، سهم بازار شرکت را به شدت در مخاطره قرار می‌دهد. همچنین باید مد نظر داشت اهمیت این موضوع در صنعت فولاد با توجه به هزینه‌های زیاد افزایش ظرفیت تولید و وجود رقبای داخلی و خارجی بسیار بیشتر خواهد بود.

در این پژوهش مسئله برنامه‌ریزی توسعه ظرفیت تولید با استفاده از رویکرد پویاسناسي سیستم‌ها مدل‌سازی شده و بر مبنای اطلاعات واقعی محصول می‌لگرد در مجتمع فولاد خراسان به عنوان مطالعه موردی، شبیه‌سازی انجام گرفته است. مدل پویا مسئله برنامه‌ریزی ظرفیت تولید این تحقیق در سه زیرمدل کلی تقاضای بازار، ظرفیت تولید و ظرفیت فروش در نظر گرفته شد و متغیرهای مهم مدل پیشنهادی شامل توان فروش، میزان سفارشات و تقاضای کل بازار، هزینه توسعه ظرفیت تولید و ظرفیت فروش، تأخیرات زمانی تا بهره برداری از ظرفیت جدید، قیمت فروش و هزینه‌های تولید محصولات می‌باشند. با اجرای مدل شبیه‌سازی شده بر اساس شرایط کنونی و شرایط احتمالی آینده در قالب سناریوهای مختلف، مقادیر متغیرهای درآمد، ظرفیت تولید و توان تحت هر یک از آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. برنامه افزایش ظرفیت تولید بر اساس نتایج شبیه‌سازی در بازه زمانی ۸ ساله یک افزایش ۲۰۰۰۰ واحدی در ماه ۵۴ پیشنهاد می‌کند. لذا با توجه به فرض مدت زمان ۲۴ ماهه احداث ظرفیت تولید، در ماه ۷۸ ظرفیت تولید واقعی به ۷۰۰۰۰ در ماه می‌رسد. با توجه به احتمال تغییر در مقادیر پارامترهای مدل، طراحی و بررسی سناریوهای مختلف روی پارامترهای هزینه سربار، قیمت، هزینه متغیر، مدت زمان تا بهره‌برداری، مقدار افزایش ظرفیت تولید، مقدار فروش هر مرکز فروش و کسر درآمد اختصاص یافته به فروش انجام گرفته و تأثیرات آن بر روی متغیرهای درآمد، ظرفیت تولید و توان فروش گزارش گردیده است.



مدل‌سازی پویا مسئله برنامه‌ریزی توسعه ظرفیت تولید می‌گردد و شبیه‌سازی آن، این امکان را برای تصمیم‌گیران فراهم می‌آورد تا با کمترین هزینه، نتایج افزایش ظرفیت تولید در سیستم را مشاهده کرده و بهترین سیاست‌ها را در زمان مناسب اعمال نمایند. از مهمترین مزایای رویکرد پیشنهادی پژوهش حاضر این است که می‌تواند به صورت کلی مبنایی برای تدوین استراتژی‌های برنامه‌ریزی ظرفیت تولید در سایر صنایع را نیز فراهم آورد. علاوه بر این برخلاف رویکردهای پیشین مانند مدل‌های ریاضی، این رویکرد، امکان لحاظ نمودن متغیرهای بیشتر با پیچیده‌تر شدن مسئله برنامه‌ریزی ظرفیت تولید را فراهم می‌آورد.

به منظور توسعه پژوهش حاضر در مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود مدل پویا این مقاله با توسعه مرز سیستم جامع‌تر گردد یا بد و متغیرهای دیگری مانند هزینه نگهداری، هزینه کمبود، واردات، صادرات، تورم و وضعیت عملکرد احتمالی رقبا در نظر گرفته شود. به منظور توسعه رویکرد حل مسئله برنامه‌ریزی ظرفیت تولید، پیشنهاد می‌شود نتایج کسب شده در این پژوهش با نتایج کسب شده از سایر روش‌ها مانند مدل‌سازی ریاضی مورد مقایسه قرار بگیرد.

۷. منابع

۱. افشار کاظمی، م.ع.، ماكوئی، ا. و درمان، ز.، (۱۳۸۸). تدوین استراتژی زنجیره تأمین صنعت فولاد ایران با استفاده از تحلیل پویایی سیستم‌ها، پژوهشنامه بازرگانی، ۱۳(۵۰): ۲۰۱-۲۲۴.
۲. جوادیان، ن.، خانی، م. و مهدوی، ا.، (۱۳۹۱). شناسایی عوامل مؤثر بر عملکرد زنجیره تأمین و بهبود آن با استفاده از تکنیک پویایی‌های سیستم مورد کاوی در شرکت داروگر، پژوهش‌های مدیریت در ایران، ۱۶(۳): ۳۹-۵۸.
۳. محمودی، ا.، نعیمی صدیق، ع.، چهارسوق، س.ک. و اسکندری، ح.ر.، (۱۳۸۹). بررسی تأثیر گردش اطلاعات بر مدل زنجیره تأمین ساخت طبق سفارش مبتنی بر رویکرد سیستم‌های پویا، مدل‌سازی در مهندسی، ۳۵: ۲۱-۲۲.
۴. محمودی، ج. و مینائی، م.ح.، (۱۳۹۲). بررسی و تحلیل حساسیت سیستم پویایی زنجیره تأمین فولاد، پژوهشنامه بازرگانی، ۱۷(۶۶): ۱۲۹-۱۶۰.
۵. منظور، د. و رضایی، ح.، (۱۳۹۱). بررسی اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها بر میزان ظرفیت سازی و تولید برق در کشور: رویکرد پویایی سیستمی، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۲۵: ۶۴-۴۶.
6. [Ho, J.W., & Fang, C.C., (2013). Production capacity planning for multiple products under uncertain demand conditions, International Journal of Production Economics, 141(2): 593-604.
7. As'ad, R., & Demirli, K., (2010). Production scheduling in steel rolling mills with demand substitution: Rolling horizon implementation and approximations, International Journal of Production Economics, 126(2): 361-369.
8. Bradley, J.R., & Arntzen, B.C., (1999). The simultaneous planning of production, capacity, and inventory in seasonal demand environments, Operations research, 47(6): 795-806.
9. Choucri, N., Goldsmith, D., Madnick, S., Mistree, D., Morrison, J.B., & Siegel, M., (2007). *Using system dynamics to model and better understand state stability*.
10. El Ouardighi, F., & Erickson, G., (2015). Production capacity buildup and double marginalization mitigation in a dynamic supply chain, Journal of the Operational Research Society, 66(8): 1281-1296.



Systems Thinking In Practice

1st
National Conference on

اولین کنفرانس ملی

تَفَكُّر سِيَسْتَمِيْ دَرِ عَمَل



11. Eppen, G.D., Martin, R.K., & Schrage, L., (1989). OR practice—a scenario approach to capacity planning, *Operations research*, 37(4): 517-527.
12. Jack Hammesfahr, R.D., Pope, J.A., & Ardalan, A., (1993). Strategic planning for production capacity, *International Journal of Operations & Production Management*, 13(5): 41-53.
13. Johnston, M.W., & Marshall, G.W., (2016). *Sales force management: Leadership, innovation, technology*, Routledge.
14. Kamath, N.B., & Roy, R., (2007). Capacity augmentation of a supply chain for a short lifecycle product: A system dynamics framework, *European Journal of Operational Research*, 179(2): 334-351.
15. Kogan, K., & Khmelnitsky, E., (1995). An optimal control method for aggregate production planning in large-scale manufacturing systems with capacity expansion and deterioration, *Computers & Industrial Engineering*, 28(4): 851-859.
16. Lee, S., & Prabhu, V.V., (2015). A Dynamic Algorithm for Distributed Feedback Control for Manufacturing Production, Capacity, and Maintenance, *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 12(2): 628-641.
17. Liu, S., & Papageorgiou, L.G., (2013). Multiobjective optimisation of production, distribution and capacity planning of global supply chains in the process industry, *Omega*, 41(2): 369-382.
18. MirHassani, S.A., Lucas, C., Mitra, G., Messina, E., & Poojari, C.A., (2000). Computational solution of capacity planning models under uncertainty, *Parallel Computing*, 26(5): 511-538.
19. Richmond, B., Peterson, S., & Charyk, C., (1994). *Introduction to Systems Thinking and ithink, High Performance Systems*, Hanover, New Hampshire: IncSpengler, T., Rehkopf, S., & Volling, T., (2007). Revenue management in make-to-order manufacturing—an application to the iron and steel industry, *OR spectrum*, 29(1): 157-171.
20. Sterman, J.D., (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. No. HD30. 2 S7835 2000.
21. Vlachos, D., Georgiadis, P., & Iakovou, E., (2007). A system dynamics model for dynamic capacity planning of remanufacturing in closed-loop supply chains, *Computers & Operations Research*, 34(2): 367-394.
22. Wang, D., Nie, R., Long, R., Shi, R., & Zhao, Y., (2016). *Scenario prediction of China's coal production capacity based on system dynamics model*, *Resources, Conservation and Recycling*.



Systems Thinking In Practice

1st
National Conference on

اولین کنفرانس ملی

تَفْكِير سِيُّسْتَمِي در عَمَل



Production and sales capacity planning In the steel industry with system dynamics approach (Case Study:Rebar, Khorasan Steel Complex)

Meisam Omrani

Ph.D. Student in Operational Research Management, Ferdowsi University Of Mashhad, & Faculty member Of Management Department of Tabaran Institute of Higher Education, Mashhad

Seyed Mohammad Khalili

member Of Department of Industrial Engineer, Faculty of Engineering Khayyam University of Mashhad.

Alireza Pooya

Professor Of Department Of Management-Faculty Of Economic And Administrative Sciences, Ferdowsi University Of Mashhad.

ABSTRACT

Capacity planning has been one of the main challenges of operation managers, especially in production systems. This decision is mainly classified as tactical or strategic plans which need great amount of investment. Traditionally, companies decide to expand their production capacity when total income is increasing, however, development of production capacity without expansion of sale force not only is a waste of money, but also causes huge costs of inventory and capital. This paper concerns with the optimization of capacity planning of production systems. In this regard, a system dynamic approach is proposed for production capacity planning that encompasses critical variables and parameters in an integrated manner. Various variables including sale force, demand, production capacity expansion cost, sale force expansion cost, delays in expansion of capacities, sell price and production cost are considered as the major variables in the system dynamic model of the problem. Simulation of the model alongside sensitive analysis under different scenarios provides a comprehensive view of the problem for the operation managers. Production and sale capacity development planning in steel industry, which requires enormous investments, is considered in this research. Production capacity of rebar in Khorasan Steel Complex, which is one of the main steel producers in Iran, is regarded as the case study of this paper.

keywords: Production capacity planning, Sale force, lead time, system dynamics.