

## ارزیابی تصمیم‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از پویایی سیستم و اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی (مورد مطالعه در شرکت تولید باتری خودرو)

مجید اسماعیلیان<sup>۱\*</sup>، مسلم علی محمدی کمال‌آبادی<sup>۲</sup>

۱- هیأت علمی گروه مدیریت دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

m.esmaelian@ase.ui.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی دانشکده مدیریت و حسابداری پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

moslem\_amk@yahoo.com

### چکیده

در مباحث مدیریت، بررسی و ارزیابی طرح‌های سرمایه‌گذاری نقش کلیدی و تعیین‌کننده‌ای دارد. معمولاً مراجع و کتاب‌های سرمایه‌گذاری روش‌هایی مانند نرخ بازده حسابداری، دوره بازگشت سرمایه، نرخ بازده داخلی و ارزش فعلی خالص (NPV) را برای تصمیم‌گیری در این حوزه معرفی می‌کنند و از میان آنها روش ارزش فعلی خالص را به عنوان معتبرترین روش توصیف می‌کنند. روش ارزش فعلی خالص و سایر روش‌های ارزیابی سنتی، با ثابت فرض کردن عوامل درگیر در سرمایه‌گذاری، عدم اطمینان موجود در سرمایه‌گذاری را در نظر نمی‌گیرند. هدف اصلی این پژوهش، لحاظ کردن عدم اطمینان موجود در طرح‌های سرمایه‌گذاری و ارزیابی الگویی برای ارزیابی تصمیم‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از پویایی سیستم و اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی است. در الگوی طراحی شده، از اختیارات به عنوان سناریویی برای بررسی تغییرات استفاده شده است. برای تعیین متغیرهای اصلی مدل از روش نظریه برخاسته از داده‌ها استفاده شده است. نتایج میزان سرمایه‌گذاری لازم برای ایجاد ظرفیت تولید مشخصی در ماه، به همراه کاهش قیمت فروش محصول را برای کسب بیشترین سودآوری در بازه مشخص شده در مدل شبیه‌سازی شده نشان می‌دهد؛ همچنین دو اختیار توسعه و انقباض در قالب سناریویی مشخص لحاظ گردیده و نتایج مربوطه به دست آمده است.

**واژه‌های کلیدی:** تصمیم‌های سرمایه‌گذاری، پویایی سیستم، اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی، نظریه برخاسته از داده‌ها

## مقدمه

امروزه با گسترش سطح کیفی فعالیت و همچنین توسعه گستره امور اقتصادی، تصمیم‌های مالی شرکت‌ها از جمله مسایل پیچیده‌ای است که در راستای کسب بهترین بازده و مطلوبیت در بهترین شرایط بوجود می‌آیند. در این راستا مدیران مالی با توجه به اینکه مسئولیت اصلی این تصمیم‌ها به آنها بر می‌گردد در پی دستیابی به روابط بین عوامل شاخص در شرکت‌ها هستند. از جمله این مسایل مبحث تصمیم‌های سرمایه‌گذاری است [۱۳].

معمولاً منابع سرمایه‌گذاری روش‌هایی مانند نرخ بازده حسابداری، دوره بازگشت سرمایه، نرخ بازده داخلی و ارزش فعلی خالص، را معرفی می‌کنند و از میان آنها روش ارزش فعلی خالص را به عنوان معتبرترین روش توصیف می‌نمایند [۱۳].

روش ارزش فعلی خالص و سایر روش‌های سنتی ارزیابی، با ثابت فرض کردن عوامل مؤثر در سرمایه‌گذاری، عدم اطمینان موجود در سرمایه‌گذاری را در نظر نمی‌گیرند. فنون استاندارد ارزش‌یابی ممکن است برخی از طرح‌ها را به دلیل ناتوانی در تشخیص زیان‌های انعطاف‌پذیری برای شرکت که ناشی از کاربرد آن است، بیشتر ارزش‌یابی کنند [۵]. یکی از مباحث مهم در بودجه‌بندی سرمایه‌ای جدال با ریسک در ارزیابی طرح‌هاست که در قالب اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی مطرح می‌شود. اصطلاح اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی برای اولین بار توسط استوارت مایرز<sup>۱</sup> (۱۹۷۷) استاد دانشگاه ام آی تی ابداع و به کار گرفته شد. مفهوم اساسی اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی این است که ارزش یک طرح به عاملی علاوه بر

ارزش فعلی خالص نیز بستگی دارد. به این دلیل که اختیارات تصمیم‌های راهبردی را نیز در نظر می‌گیرند [۵].

تاکنون روش‌های مختلفی از جمله روش بلک شولز، درخت دو جمله‌ای، شبیه‌سازی مونت کارلو و غیره برای به کارگیری اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی استفاده شده‌اند [۷]. در این روش‌ها عدم اطمینان موجود در آینده به وسیله اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی در همه ابعاد به طور هم زمان بررسی نمی‌گردد، همچنین امکان تحلیل حساسیت و بررسی سناریوهای مختلف به صورت هم زمان وجود ندارد. مورد دیگر در نظر گرفتن تأثیر هم زمان تعداد زیادی از عوامل اثرگذار بر فرآیند تصمیم‌گیری است که در این روش‌ها بیشتر بر عوامل در زمینه مالی و اقتصاد تأکید شده است. به نظر می‌رسد در نظر گرفتن عوامل مختلف از حوزه‌های گوناگون بتواند به اطمینان تصمیم‌گیری کمک بسیاری نماید. علاوه بر این به جز در نظر گرفتن بسیاری از عامل‌های مورد استفاده در روش‌های مذکور که به صورت منفرد مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید همه اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی و اثرات متقابل آنها در نظر گرفته شود به نحوی که ارزش واقعی آنها در آینده در ارزیابی فعلی تصمیم‌های سرمایه‌گذاری منظور شود. رویکرد سیستمی می‌تواند راه‌گشای مدیران در حل چنین مسایلی باشد. در این پژوهش برای پوشش دادن موارد مذکور از رویکرد پویایی سیستم استفاده و این سیستم متعامل، مدل‌سازی و بررسی می‌گردد.

پویایی سیستم روشی برای مطالعه و مدیریت سیستم‌های پیچیده و دارای بازخورداست. سیستم‌ها را می‌توان در چارچوب‌های متنوعی مانند کسبوکار،

در ادامه روش‌های رایج در زمینه تصمیم‌های سرمایه‌گذاری، روش پویایی سیستم، اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی و نظریه برخاسته از داده‌ها و پیشینه پژوهش شرح داده شده است. پس از آن الگو و روش پژوهش بیان شده و روش پیشنهادی در قالب مطالعه موردی در شرکت تولید باطری اجرا و نتایج حاصله بیان گردیده است.

### تصمیم‌های سرمایه‌گذاری

شرط بقا هر بازیگر در محیط رقابتی کسب و کار این است که بسیار فعال باشد. با این حال علی‌رغم محدود بودن منابع مالی و وجود عدم اطمینان‌های زیاد، مدیران کسب و کار با کنترل ریسک‌ها و پذیرش آنها در سطح قابل قبول، منافع سهامداران را هم باید حداکثر سازند. مدیر یک شرکت برای بالا بردن ارزش شرکت باید آمیزه‌ای از بهترین تصمیم‌گیری‌ها را در زمینه سرمایه‌گذاری و تامین مالی انجام دهد [۴].

سرمایه‌گذاری مستلزم مطالعه فرآیند سرمایه‌گذاری و مدیریت ثروت سهامداران است و فرآیند سرمایه‌گذاری در یک حالت منسجم مستلزم ارزیابی ماهیت اصلی تصمیم‌های سرمایه‌گذاری است. می‌دانیم که باید در مورد یک سرمایه‌گذاری با توجه به بازده پیش‌بینی شده‌اش داوری کرد، اما تا چه اندازه پیش‌بینی‌ها نیازهای سرمایه‌گذار را برآورده می‌سازد؟ [۴]. با توجه به آنچه گفته شد تصمیم‌های سرمایه‌گذاری باید با تکیه بر اصول علمی و با دقت مناسب اتخاذ گردد.

اقتصاد، مدیریت، بازاریابی و غیره در نظر گرفت. ایده پویایی سیستم‌ها در سال‌های اولیه دهه ۶۰ توسط جی فارستر<sup>۱</sup> شکل گرفت [۳۲]. در این رویکرد، تصویری از سیستم براساس بازخوردها و تأخیرهای موجود در نظر گرفته می‌شود تا رفتار پویای سیستم‌های پیچیده بهتر درک شود [۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲].

این رویکرد تأکید می‌کند که سیستم‌ها بر اساس تأخیرهای موجود و بازخوردهای سیستمی به وجود می‌آیند. در این روش تمامی متغیرها از جوانب مختلف بررسی می‌شوند. این رویکرد بر این اصل استوار است که نرخ تغییرات کوچک می‌تواند در دراز مدت نتایج را دستخوش تغییر بزرگی کند [۳۱].

در این پژوهش نیاز به تعیین متغیرها و روابط بین آنها و همچنین مشخص کردن اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی توسط کارشناسان و خبرگان است. نکته‌ای که باید مورد توجه قرار گیرد این است که استخراج نظر خبرگان و تبدیل معیارهای ذهنی آنها به مدلی مفهومی کار ساده‌ای نیست. برای استخراج مناسب و صحیح این متغیرها و تعیین مدل، از نظریه برخاسته از داده‌ها<sup>۲</sup> استفاده شده است.

نظریه برخاسته از داده‌ها در دهه ۱۹۶۰ توسط دو صاحب‌نظر جامعه‌شناسی به نام‌های گلاسر<sup>۳</sup> و استراوس<sup>۴</sup> توسعه پیدا کرد. نظریه برخاسته از داده‌ها یک روش عمومی تجزیه و تحلیل بوده که با جمع‌آوری داده‌ها و به شکلی نظام‌مند، مجموعه‌ای از روش‌ها را به کار می‌گیرد تا یک نظریه استقرایی در یک حوزه واقعی توسعه دهد [۲۳].

1. Forrester  
2. Grounded Theory  
3. Glaser  
4. Strauss

## اختیار در همه موارد سرمایه‌گذاری واقعی

اصطلاح اختیار سرمایه‌گذاری واقعی برای اولین بار توسط استوارت میرز<sup>۱</sup> (۱۹۷۷) ابداع و به کار گرفته شد. مفهوم اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی به وسیله مابوسین<sup>۲</sup> (۱۹۹۹) شهرت یافت. مفهوم اساسی اختیارات اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی این است که ارزش یک طرح به عاملی علاوه بر ارزش فعلی خالص نیز بستگی دارد [۵].

اقتصاد مدرن، چالشی جدید را پیش روی تصمیم‌گیرندگان شرکت‌های بزرگ قرار می‌دهد. ارزیابی این شرکت‌ها به جای اصول سنتی، مبتنی بر انتظارات آینده خواهد بود. استراتژی‌های سرمایه‌گذاری با ریسک و عدم اطمینان بالا و تصمیم‌های بدون بازگشت شرکت‌ها همراه با انعطاف‌پذیری مدیریت، بهترین مسایل برای اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی هستند. شرایط کسب و کار مملو از عدم اطمینان و ریسک است. این عدم قطعیت اطلاعات با ارزشی را به همراه دارد. هنگامی که عدم اطمینان در گذر زمان در حال برطرف شدن است، مدیران می‌توانند اصلاحات مناسب میان دوره‌ای را از طریق تغییر در استراتژی‌ها و تصمیم‌های کسب و کار، به انجام برسانند. اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی یک مدل یادگیری، مانند یک نقشه راه فراهم می‌آورد، در حالی که روش‌های سنتی که غافل از انعطاف‌پذیری مدیریتی هستند، ارزش پروژه‌ها و استراتژی‌ها را به شدت کمتر از میزان واقعی تخمین می‌زنند [۲۷].

یکی از تفاوت‌های عمده‌ای که روش اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی را از روش‌های سنتی ارزیابی متمایز می‌نماید، این است که در روش سنتی تمام

تصمیم‌ها و ارزیابی‌ها، از جمله تنزیل جریان نقد‌آتی در ابتدا صورت می‌پذیرد و پس از ورود دیگر هیچ‌گونه امکان تغییری در طی زمان وجود ندارد.

اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی، رویکردی سیستماتیک و راه‌حلی یکپارچه است که از نظریه‌های مالی، تحلیل‌های اقتصادی، علم مدیریت، علوم تصمیم‌گیری، آمار و مدل‌سازی اقتصادی برای به کارگیری نظریه اختیارات در ارزش‌گذاری دارایی‌های فیزیکی، در مقابل دارایی‌های مالی، در محیط کسب و کاری پویا و نامطمئن، جایی که تصمیم‌گیرندگان در زمینه تصمیم‌گیری‌های استراتژیک سرمایه‌گذاری منعطف هستند، استفاده می‌نماید [۲۷].

## انواع اختیار در همه موارد سرمایه‌گذاری واقعی

اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی انواع مختلفی دارند که می‌توان به اختیار تأخیر، اختیار ترکیب درون دادها یا انعطاف‌پذیری فرآیند، اختیار ترکیب برون دادها یا انعطاف‌پذیری محصول، اختیار واگذاری یا اتمام طرح، اختیار تعطیلی یا توقف موقت، اختیار اندازه یا شدت عملیات، اختیار معاوضه، اختیار متوالی، اختیار درون طرحی در مقابل اختیارات بین طرح‌ها، اختیار رشد، اختیار سرمایه‌گذاری مرحله‌ای یا اختیار زمان‌بندی تا سررسید، اختیار تغییر در فناوری طرح، اختیار مرکب، اختیار مرکب متوالی و اختیار مرزی اشاره کرد. برای توضیح‌های مربوط به این اختیارات به کتاب جاناتان مان<sup>۳</sup> (۲۰۰۶) مراجعه شود. در این بخش تنها توضیح مختصری از دو اختیار توسعه و انقباض که در مدل نهایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، آورده شده است.

1. Stewart Myers  
2. Michel Maboussin

3. Jonathan Mun

روش نظریه برخاسته از داده‌ها پژوهشگر با حوزه مطالعه شروع می‌کند و اجازه می‌دهد که نظریه از داده‌ها ظهور پیدا کند [۳۳]. نظریه برخاسته از داده‌ها بانفوذترین پارادایم در کشف نظریه از داده‌های تجربی است [۱۵]. از مشخصه‌های منحصر به فرد نظریه برخاسته از داده‌ها این است که داده‌ها پس از جمع‌آوری شدن تجزیه و تحلیل می‌شوند و جمع‌آوری داده‌های بیشتر تا زمانی که به نقطه اشباع برسد، یعنی نقطه‌ای که دیگر اطلاعات جدید حاصل نشود ادامه می‌یابد [۳۶].

### پویایی سیستم

پویایی سیستم روشی برای مطالعه و مدیریت سیستم‌های پیچیده و دارای بازخورد است. رویکرد پویایی سیستم بر این اصل استوار است که بررسی سیستم‌ها به صورت ایستا، به تنهایی تمامی جوانب پدیده‌ها را در نظر نمی‌گیرد. نتیجه راه‌حل‌های ساده در مسایل مدیریتی اغلب کوتاه مدت است، لذا برای کسب نتایج خوب در سیستم‌ها باید سرمایه‌گذاری بلند مدت انجام داد [۲۷]. این رویکرد تأکید می‌کند که سیستم‌ها بر اساس تأخیرهای موجود و بازخوردهای سیستمی به وجود می‌آیند. در این روش تمامی متغیرها از جوانب مختلف بررسی می‌شوند. این رویکرد بر این اصل استوار است که نرخ تغییرات کوچک می‌تواند در دراز مدت نتایج را دستخوش تغییر بزرگی کند [۳۱].

رویکرد پویایی سیستم به دلیل برخوردار بودن از نگرش سیستمی و یکپارچه و نگاه غیرخطی به مسایل، انطباق با مسایلی از زمینه‌های گوناگون، استفاده از رویکرد کیفی در طراحی مدل در کنار استفاده از روش‌های کمی در شبیه‌سازی و انعطاف در برابر بزرگ شدن مرزهای مسأله و افزایش تعداد متغیرها و

اختیار توسعه مشابه اختیار خرید است و بدین معنا است که مدیریت حق توسعه عملیات را در شرایطی دارد که به نظر وی مطلوب باشد. این توسعه می‌تواند در بازار، محصول و یا استراتژی جدید و یا توسعه سرمایه‌گذاری در شرایط موجود باشد. به وضوح قابل مشاهده است طرحی که دارای اختیار توسعه است، ارزش بالاتری نسبت به طرح بدون این اختیار دارد.

اختیار انقباض همانند اختیار فروش است. اگر شرایط بازار از آنچه در ابتدا انتظار می‌رفت بدتر شود مدیریت می‌تواند زیر ظرفیت واقعی عملیات را ادامه دهد و حتی عملیات را تا اندازه‌ای کاهش دهد. بدین ترتیب در بخشی از مخارج برنامه‌ریزی شده صرفه‌جویی می‌شود. طرحی که دارای ارزش انقباض است، ارزش بالاتری نسبت به طرح بدون اختیار دارد.

### نظریه برخاسته از داده‌ها

نظریه برخاسته از داده‌ها در دهه ۱۹۶۰ توسط دو صاحب‌نظر جامعه‌شناسی به نام‌های گلاسر<sup>۱</sup> و استراوس<sup>۲</sup> توسعه پیدا کرد. گلاسر (۱۹۹۲) نظریه برخاسته از داده‌ها را این گونه تعریف کرده است: یک روش عمومی تجزیه و تحلیل که به جمع‌آوری داده‌ها متصل شده است و به شکلی نظام‌مند مجموعه‌ای از روش‌ها را به کار می‌گیرد تا یک نظریه استقرایی در یک حوزه واقعی توسعه دهد [۲۴]. نظریه برخاسته از داده‌ها، در نقطه‌ای از تاریخ علم توسعه پیدا کرد که دیدگاه غالب این بود که فقط مطالعات کمی یا قیاسی، با رگرسیون خطی و معادلات ساختاری، می‌تواند یک مطالعه علمی نظام‌مند را رقم بزنند [۱۲]. این روش در پاسخ به اثبات‌گرایی سخت، توسعه پیدا کرد [۳۴]. در

1. Barney G. Glaser  
2. Anselm L. Strauss

به متغیر اولیه (علت) وصل می‌شوند را توضیح می‌دهد. وقتی مجموعه‌ای از متغیرها در یک مسیر متصل بسته به یکدیگر وصل می‌شوند یک حلقه علی را تشکیل می‌دهند [۳۲].

متغیرهای سطح<sup>۳</sup> یا حالت مربوط به عناصری در سیستم هستند که مقدار آنها در جریان یک دوره زمانی شکل می‌گیرد. هرمتغیر حالت توسط مجموعه‌ای از متغیرهای نرخ<sup>۴</sup> تغییر می‌کند. متغیرهای نرخ نشانگر میزان تغییر یک متغیر در واحد زمان است. متغیرهای کمکی<sup>۵</sup> نشانگر ضرابی هستند که رابطه بین متغیرهای دیگر را تعیین می‌کنند. معمولاً متغیرهای برونزا<sup>۶</sup> در سیستم توسط این نوع متغیرها نشان داده می‌شود [۲۸].

### پیشینه پژوهش

تانگ و دو<sup>۷</sup> (۲۰۱۴) به بررسی شرایط سرمایه‌گذاری در ایمنی معادن ذغال سنگ، با استفاده از رابطه علی این نوع سرمایه‌گذاری با عامل‌های با تأثیر سرمایه‌گذاری در این بخش پرداخته‌اند. آنها از ارتباط بین سرمایه‌گذاری در ایمنی با هزینه‌های حوادث و شبیه‌سازی به روش پویایی سیستم به این نتیجه رسیدند که با افزایش ۲۴ درصدی در سرمایه‌گذاری ایمنی، هدف تعیین شده برای نرخ حوادث معدن ۱۴ ماه زودتر پژوهش می‌شود. دانیل<sup>۸</sup> (۲۰۱۲) در پژوهشی با عنوان توسعه مدل هزینه-مقدار-سود (CVP<sup>۹</sup>) در سیستم تصمیم‌گیری تولید بر مبنای مدل اختیار سرمایه‌گذاری واقعی "از مدل سازی اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی

تغییر روابط، قادر است برخی ضعف‌های روش‌های سنتی را پوشش دهد [۱۰، ۲۵، ۳۲].

### مراحل مدل سازی در روش تحلیل پویایی سیستم

مراحل مدل سازی در روش تحلیل پویایی سیستم شامل، شناخت و تعریف مسأله، رسم نمودارهای مرجع، تعریف متغیرهای عمده مطرح در مسأله، تعریف ارتباط بین متغیرها، رسم نمودار علت و معلولی بین متغیرها، تعریف مرزهای مدل و ساخت نمودار جریان برای مدل، اجرا و کالیبره کردن مدل و بررسی اعتبار مدل، تحلیل حساسیت، تحلیل حدی، سازگاری بعد متغیرها و غیره است [۱].

در این نمودار متغیرهای نرخ و انباشت از هم تفکیک شده و بر مبنای نمودار علت و معلولی و ارتباط بین متغیرها شکل کاملی از مدل رسم می‌گردد. در این نمودار خصوصیات مسأله مانند تأخیر رفتارهای غیرخطی، شروط و غیره اعمال می‌شود.

هر سیستم پویای یک ساختار سلسله مراتبی چهارگانه متشکل از نمودارهای علی - و معلولی، حلقه‌های بازخورد، متغیرهای حالت و متغیرهای نرخ و کمکی دارد [۸]. دو ابزاری که برای فهم بهتر مدل سازی پویایی سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد، نمودار علت و معلولی<sup>۱</sup> و نمودار جریان-موجودی<sup>۲</sup> است.

نمودارهای علی-معلولی ابزاری برای ترسیم ارتباطات علی بین مجموعه‌ای از متغیرهای درگیر در داخل یک سیستم است. یک حلقه علی ابزاری مفهومی بوده و سیستم پویایی که در آن زنجیره‌ای از روابط علی، مجموعه‌ای بسته از روابط را تشکیل داده و نهایتاً

3. State or Level Variables  
4. Rate Variables  
5. Auxiliary Variables  
6. Exogenous Variables  
7. Tong & Dou  
8. Daniel  
9. Cost-Volume-Profit

1. Causal Diagram  
2. Stock Flow Diagram

صنعتی، برای پاسخگویی به مشتریان فعلی و الزام‌های بازار و دومین هدف، ارائه یک رویکرد ترکیبی از ارزش فعلی خالص و اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی برای تعیین ارزش کمی یک IPS برای یک مشتری در طول چرخه عمر آن بود. اوزگل<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۹) روشی مبتنی بر اختیار سرمایه‌گذاری واقعی ارائه دادند که بر محدودیت‌های روش‌های ارزیابی سنتی غلبه کرد و تصمیم‌گیرندگان را قادر ساخت تا به ارزیابی گزینه‌های چندگانه سرمایه‌گذاری سیستم<sup>۴</sup> ERP<sup>۴</sup> پردازند. در این پژوهش ساختاری برای مدل‌سازی فرصت‌های سرمایه‌گذاری در سیستم اطلاعاتی یک بیمارستان با استفاده از اختیار ترکیب، ارائه شده است. فونتنس<sup>۵</sup> (۲۰۰۸) به توسعه و کاربرد مدل‌های برنامه‌ریزی پویا برای سیستم‌های انعطاف‌پذیر و ثابت پرداخت و از سه اختیار استاندارد شامل: به تأخیر انداختن، ترک کردن، توقف موقت تولید برای مطالعه موردی اول استفاده کرد و برای مطالعه موردی دوم از اختیار اصلاح اقدام‌های استفاده کرد. نتایج نشان داد که افزایش انعطاف‌پذیری به افزایش ارزش پیش‌بینی پروژه منجر می‌شود. فان<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۷) مدلی بر مبنای پویایی سیستم ارائه کردند که در زمینه سرمایه‌گذاری در صنعت ذغال سنگ، کاربرد دارد. به وسیله این مدل تأثیر سرمایه‌گذاری در معادنی با مالکیت ایالتی و اکتشاف‌های جغرافیایی مورد بررسی قرار می‌گیرد و اندازه بهینه سرمایه‌گذاری مطرح می‌شود. براساس شبیه‌سازی و تجزیه و تحلیل‌های مربوطه، این نتیجه حاصل شد که سرمایه‌گذاری ناکافی در معادن دولتی بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ به تولید ذغال سنگ از شهر

در تصمیم‌های مرتبط با فرآیندهای تولید استفاده کرده است. این پژوهش به ترسیم تشابه‌های بین تجزیه و تحلیل سنتی CVP و روش‌های اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی برای ارزیابی سرمایه‌گذاری پرداخت. علی‌شاهی و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی مکانیزم‌های تشویقی پرداختند. ماهیت متناوب و عدم قطعیت تولید قدرت باد باعث خواهد شد سرمایه‌گذاران در تصمیم‌های سرمایه‌گذاری با ریسک‌هایی روبرو شوند. عوامل اصلی مانند عدم قطعیت در تقاضا، قیمت سوخت، تولید نیروی باد که بر روی برنامه‌ریزی بلند مدت تأثیر می‌گذارد، در مدل پیشنهادی در نظر گرفته شده است. برای غلبه بر این مشکل، یعنی ریسک تصمیم‌گیری، این پژوهش از مکانیزم‌های تشویقی برای سرمایه‌گذاری در نیروی باد، استفاده می‌نماید. این مکانیزم براساس پویایی سیستم مدل‌سازی شده است. مناسا و پنا مورا<sup>۱</sup> (۲۰۱۰) روشی را برای مطالعه اثر استراتژی‌های تجزیه و تحلیل مختلف بر روی ارزش سرمایه‌گذاری در تجزیه و تحلیل اختلاف نظرها در یک پروژه پل‌سازی ارائه دادند که از نظریه اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی و پویایی سیستم استفاده کردند. که ابزاری را برای همکاران پروژه برای مقایسه هزینه‌ها و منافع اجرای پروژه فراهم نموده است و به همکاران پروژه این اجازه را می‌دهد که بر زمان و منابع لازم برای اجرا و تحلیل اختلاف نظرها نظارت داشته باشند و آن را به صورت اقتصادی‌تر و مؤثرتر حل کنند. رس<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۹)، دو هدف را دنبال کردند، اولین هدف ایجاد یک ساختار برای طراحی یک سیستم خدمات محصول

3. Ozgul

4. Enterprise Resource Planning

5. Fontes

6. Fan

1. Menassa &amp; Pena Mora

2. Rase

نشان داد که بین خروجی‌های روش‌های مختلف ارزیابی اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی تفاوت معناداری وجود دارد. بندریان و موسایی (۱۳۸۷) با استفاده از یک رویکرد ترکیبی ابتدا ارزیابی دانش فنی توسط مدل سیستماتیک در پژوهشگاه صنعت نفت به عمل آمد و سپس مدلی برای قیمت‌گذاری براساس روشی تجربی و ابتکاری ارائه شد. مدل ارائه شده چهارچوبی تحلیلی برای تخمین ارزش دانش فنی محصولات شیمیایی بوده و مهمترین ویژگی آن سیستماتیک و چندبعدی بودن آن است.

با توجه به پیشینه داخلی و خارجی ارائه شده، روش‌های مختلفی برای به کارگیری اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی استفاده شده‌اند. در این روش‌ها عدم اطمینان موجود در آینده به وسیله اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی در همه ابعاد به طور هم زمان بررسی نمی‌گردد، همچنین امکان تحلیل حساسیت و بررسی سناریوهای مختلف به صورت هم زمان وجود ندارد. مورد دیگر در نظر گرفتن تأثیر هم زمان تعداد زیادی از عوامل اثرگذار بر فرآیند تصمیم‌گیری است که در این روش‌ها بیشتر بر عوامل در زمینه مالی و اقتصاد تأکید شده است. علاوه بر این به جز در نظر گرفتن بسیاری از عامل‌های مورد استفاده در روش‌های مذکور که به صورت منفرد مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید همه اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی و اثرات متقابل آنها در نظر گرفته شود؛ به نحوی که ارزش واقعی آنها در آینده در ارزیابی فعلی تصمیم‌های سرمایه‌گذاری منظور شود.

یا روستا منجر شده و این مسأله مشکلات بسیاری از قبیل ایجاد زباله به علت نرخ استخراج پایین، ناامنی و آلودگی به دلیل شرایط تولید ضعیف و رفتارهای نامنظم بازار را بوجود آورده است. فورد و سابک<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) از سیستم‌های دینامیک برای مدل‌سازی توسعه محصول در تویوتا استفاده کردند. آنها بررسی کردند که چگونه استفاده از اختیارات در طرح‌های محصول چندگانه بر ارزش پروژه در طول فرآیند توسعه اثر می‌گذارد و برای توسعه همزمان چهار اختیار طراحی در یک زیر سیستم اتوماتیک، مدل پویایی سیستم را شبیه‌سازی کردند. این پژوهش نشان داد که رویکرد اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی می‌تواند در انتخاب اختیارهای طراحی مورد استفاده قرار گیرد.

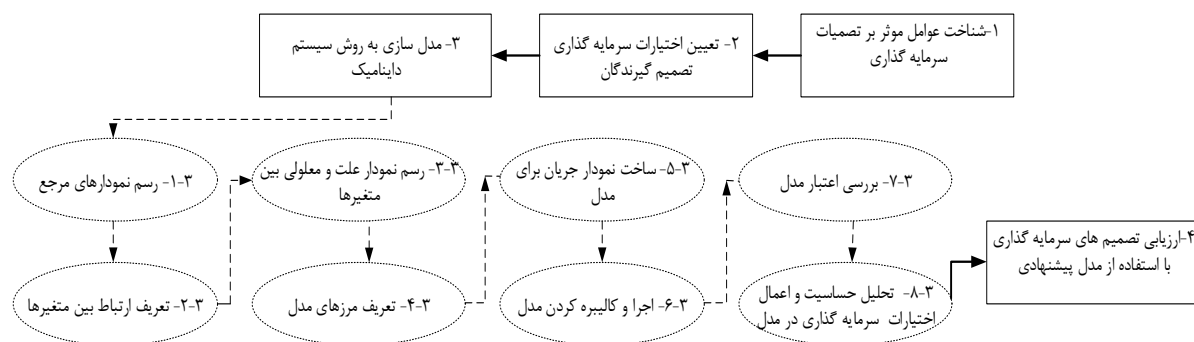
فلیچی و طاهری (۱۳۹۰) اثر تورم بر عملکرد و سود دهی کارگاه‌های بزرگ صنعتی ایران، در ۲۴ گروه را بررسی کردند. در این پژوهش از روش‌های اقتصادسنجی و سیستم دینامیک استفاده شده است. نتایج نشان داد که رابطه میان تورم و درآمدها و همچنین تولید مثبت است. به این معنا که با افزایش تورم درآمد کارگاه‌هایی که در صنعت باقیمانده و به فعالیت خود ادامه می‌دهند، افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، رابطه میان تورم و هزینه‌های صنایع نیز مثبت است. فتحی هفشجانی و همکاران (۱۳۸۸)، به معرفی روش‌های ارزشیابی یک مسأله با کمک روش‌های مختلف اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی پرداخته و نتایج حاصل از این روش‌ها را با روش‌های آماری مقایسه نمودند. در پایان نیز نتایج حاصل از مطالعه موردی با استفاده روش‌های شبکه‌بندی دو جمله‌ای، شبیه‌سازی مونت کارلو و فرمول بلک شولز بررسی شد. نتایج



## روش پژوهش

به منظور اجرای پژوهش، ابتدا با نظر خبرگان و کارشناسان داخلی (متشکل از مدیران و رؤسای مالی و اقتصادی و مدیران ارشد شرکت) و مشاوران و متخصصان خارج از شرکت (متشکل از اساتید گروه مدیریت، حسابداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان) و با استفاده از نظریه برخاسته از داده‌ها مرزهای سیستم مالی و اقتصادی شرکت تعیین می‌گردند و متغیرها و فرآیندهای مؤثر بر سود شرکت اعم از متغیرهای اقتصادی و غیر اقتصادی مانند حجم تولید، نقدینگی، فروش، بهره‌وری و غیره در محیط داخلی و نرخ تورم، نرخ بهره، اشتغال، سیاست‌های دولت و حتی شرایط اجتماعی و فرهنگی در محیط خارجی، با توجه به مرزهای تعیین شده، مشخص گشته و روابط بین این متغیرها و نوع روابط تعیین می‌گردند. برای این امر از اطلاعات تاریخی موجود در شرکت و خارج از آن نیز استفاده می‌شود. پس از آن با استفاده از روش پویایی

سیستم مدل علت - معلولی مساله ساخته شده و شبیه سازی انجام می‌شود. برای ساخت این مدل از نتایج نظریه برخاسته از داده‌ها استفاده می‌گردد. اکنون می‌توان تا سود و متغیرهای اصلی شرکت را در بازه زمانی مورد نظر پیش‌بینی کرد. همچنین می‌توان اثر افزایش تولید و فروش و یا افزایش قیمت را در مدل لحاظ نموده و تأثیر آنها را بر سود و سایر متغیرهای اصلی شرکت سنجیده و تحلیل حساسیت نمود و با توجه به آن اقدام به سرمایه‌گذاری برای افزایش تولید و یا ادامه روند کنونی با تولید فعلی کرد. این اثر با توجه به اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی لحاظ شده تا عدم اطمینان و ریسک موجود در سرمایه‌گذاری به حداقل برسد. تعیین اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی دخیل در پروژه نیز با استفاده از نظریه برخاسته از داده‌ها ممکن می‌گردد. الگوی پیشنهادی پژوهش با توجه به توضیح‌های داده شده در شکل ۱ ترسیم شده است.



شکل (۱) الگوی اجرایی پژوهش

[۳۰]. برای دستیابی به این اطمینان، در مدل‌های پویایی سیستم، می‌توان از آزمون‌های حد نهایی، آزمون‌های بخشی اجزای مدل، آزمون سازگاری جدول‌های عددی، تست کفایت مرزهای مدل، تست دایمنشن، تست سازگاری توابع عددی و تست باز تولید رفتار

آزمون مدل پویایی سیستم، اعتبار و قابلیت آن را افزایش داده و اعتماد به کاربردی بودن آن را بالا می‌برد. اعتبار ساختاری مدل بر اعتبار رفتاری آن اولویت دارد و تنها زمانی که ساختار مدل دارای اعتبار است می‌توان اعتبار رفتار مدل را مورد بررسی قرار داد

در بخش‌های مختلف مصاحبه صورت گرفت. همچنین به صورت موازی برای تکمیل مدل مصاحبه‌هایی با اساتید گروه مدیریت، حسابداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان، انجام شد. مستندها و فرآیندهای داخلی شرکت نیز بررسی شد. با طی گام‌های روش نظریه برخاسته از داده‌ها متغیرهای اثر گذار در فرایند داخلی شرکت تعیین گردید. همچنین دو اختیار توسعه و انقباض با نظر کارشناسان مالی شرکت مشخص و برای لحاظ در مدل نهایی انتخاب شدند. در ادامه مدل پیشنهادی پژوهش پیاده شده و یافته‌های پژوهش در ادامه بیان می‌گردد.

### یافته‌های پژوهش

در این بخش شیوه تعریف متغیرها و عوامل مؤثر بر مدل، روش مدل‌سازی پویایی سیستم و نتایج به دست آمده تشریح می‌شود.

### تعیین عوامل و متغیرهای مدل

برای تعیین متغیرها و عوامل همانطور که در قبلاً بیان شد از نظریه برخاسته از داده‌ها استفاده شده است. نتایج حاصله در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

با توجه به حجم کار، زمان موجود و همچنین عدم دسترسی به یکسری از اطلاعات، با نظر خبرگان در طی فرآیند روش نظریه برخاسته از داده‌ها یکسری از متغیرها حذف شده و مرزهای مدل محدود گردید.

استفاده کرد. در این پژوهش از دو تست آزمون حد نهایی و آزمون باز تولید رفتار استفاده می‌شود.

الف: آزمون حد نهایی: در این آزمون مقدار چند متغیر اصلی مدل در حالت‌های حدی مختلف (بسیار زیاد و بسیار کم) تغییر داده شده، میزان حساسیت مدل در برابر این تغییرات بررسی می‌شود [۶].

ب: آزمون باز تولید رفتار: برای انجام این تست رفتار متغیرهای مدل با الگوهای رفتاری که با استفاده از داده‌های واقعی به دست آمده است آزمون می‌شود. این آزمون به دو روش انجام می‌شود:

۱- مقایسه رفتار متغیرهای مدل با واقعیت توسط مشاهده شکل نمودارها در دوره زمانی یکسان.

۲- مقایسه رفتارهای مدل با واقعیت توسط روش‌های آماری [۲]. که در این پژوهش از روش اول استفاده گردید.

### مورد مطالعه: شرکت تولید باطری

مطالعه موردی در یک شرکت تولید باطری خودرو انجام شده است. این شرکت به منظور دستیابی به اهداف کلان خود در زمینه پوشش کامل بازارهای داخلی و دستیابی به بازارهای جهانی در حال گسترش بوده و طرح‌های توسعه فراوانی را در دستور کار دارد. این شرکت به دنبال تصمیم‌گیری در مورد توسعه خط تولید خود و سرمایه‌گذاری در این بخش است. منطبق بر روش نظریه برخاسته از داده‌ها با مدیران این شرکت

### جدول (۱) عوامل و متغیرهای مؤثر در سیستم شرکت

متغیرهای تولید	نرخ تولید باطری، ظرفیت تولید شرکت تولید باطری نرخ تولید سرب شرکت زیرمجموعه ظرفیت تولید سرب شرکت زیرمجموعه
متغیرهای کیفیت	نشستی باطری، تغییرات فیزیکی سولفات‌شدن، شارژدهی نامناسب
متغیرهای موجودی	موجودی باطری، موجودی سرب موجودی سرب در شرکت زیرمجموعه موجودی مواد اولیه، موجودی قراضه
متغیرهای خرید و انبارداری	حجم خرید سرب از زیرمجموعه، حجم خرید سرب از سایر منابع حجم خرید مواد اولیه، حجم خرید قراضه حجم قراضه تعویض شده
متغیرهای بازرگانی و بازاریابی	حجم فروش، حجم فروش سرب زیرمجموعه تقاضای باطری، تقاضای باطری در ایران تقاضای سرب از زیرمجموعه، حجم فروش رقبا سهم بازار شرکت، رضایتمندی مشتری تعداد مشتریان ناراضی، کیفیت خدمات پشتیبانی
متغیرهای مالی و حسابداری	هزینه کل، هزینه تولید هزینه‌های ثابت تولید، هزینه‌های متغیر تولید هزینه خرید سرب، قیمت خرید سرب از زیرمجموعه قیمت خرید سرب از سایر منابع، هزینه خرید مواد اولیه قیمت خرید مواد اولیه، هزینه خرید قراضه قیمت خرید قراضه، هزینه تعویض قراضه سرمایه در گردش، مطالبات درآمد، سود، سرمایه‌گذاری در تولید سرمایه‌گذاری در سایر بخش‌ها، سرمایه‌گذاری کوتاه مدت

### مدل‌سازی مسأله

به منظور ارایه راهکاری برای حل مسأله مورد پژوهش لازم است تا با استفاده از روش پویایی سیستم، مدلی پویا از روابط بین عامل‌های اثرگذار بر فرآیندهای داخلی شرکت ارایه شود.

لازم است برای توسعه یک مدل از پویایی سیستم که در عمل هم قابل استفاده باشد، نمودار علی-معلولی و جریان خاص آن مسأله را تهیه کرد. با استفاده از

نمودار علی-معلولی، روابط علی میان متغیرها به سادگی نشان داده می‌شود. با استفاده از روش نظریه برخاسته از داده‌ها و نظر خبرگان، نمودار علت و معلولی زیر شکل (۲) که نشان دهنده نحوه ارتباط متغیرها با یکدیگر است به دست آمد که با استفاده از نرم افزار ونسیم رسم شده است.

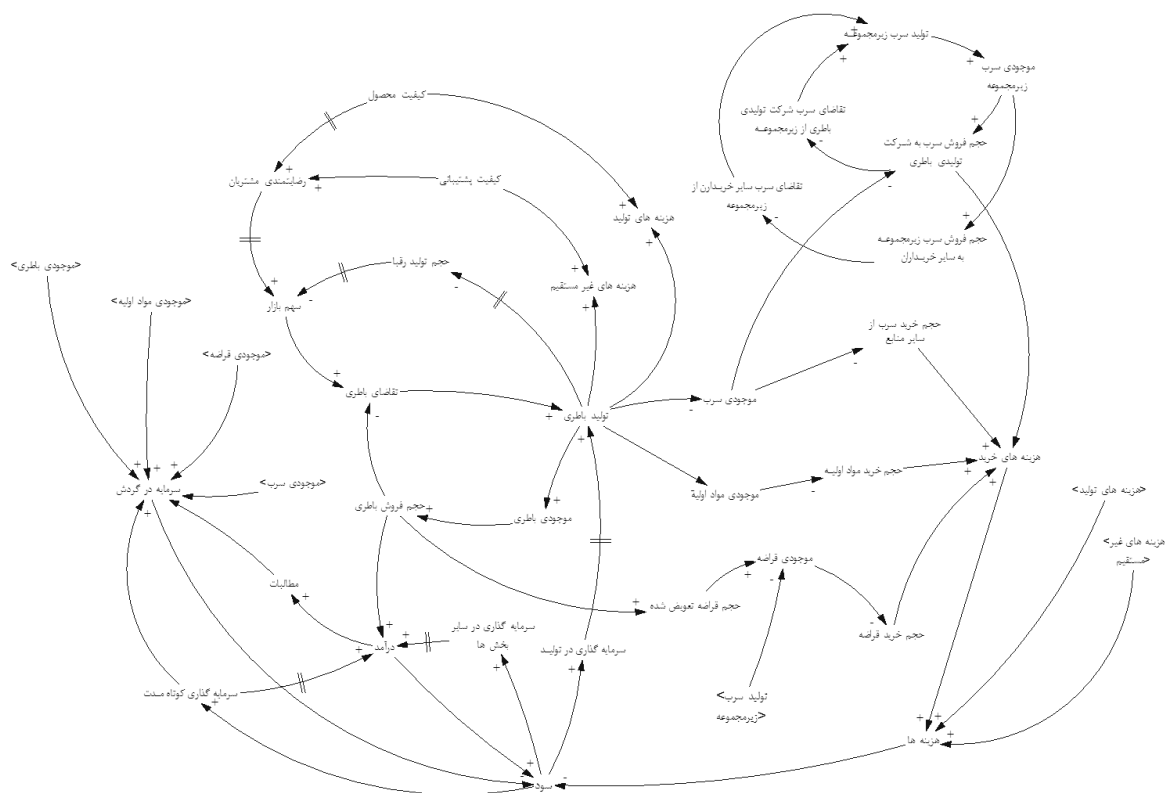
پس از رسم مدل علت - معلولی، طبق گام‌های روش پویایی سیستم، نمودار جریان - موجودی رسم

به سمت خارج حالت ترسیم می شود که نشان دهنده کاهش موجودی است؛ - شیرهایی روی جریان های ورودی و خروجی که نشان دهنده کنترل بر جریان هستند.

این مدل در شکل ۳ نمایش داده شده است. به اقتضای مدل جریان- موجودی یکسری متغیرهای کمکی به مدل اضافه شده است.

می شود. سیستم دینامیک برای ترسیم نمودار جریان - موجودی از مجموعه ای از سمبل های خاص استفاده می کند:

- حالت ها با استفاده از یک مستطیل نمایش داده می شوند (مانند یک کانتینر که شامل موجودی از کالا است)؛ - جریان ورودی به صورت فلش با جهتی به سمت حالت ترسیم می شود که نشان دهنده افزایش حالت است؛ - جریان خروجی به صورت فلش با جهتی



شکل (۲) نمودار علت - معلولی همه متغیرهای مؤثر در فعالیت های شرکت تولید باطری

اعمال کامل شرایط سرمایه گذاری در بخش تولید، تکمیل ظرفیت تولید و همچنین مشاهده تأثیر سرمایه گذاری بر متغیرهای مهم مدل باید سپری شود. کمترین بازه زمانی در مدل ۱ ماه، که معادل کمترین میزان تاخیر در سیستم است، تعیین گردید. این بدین معنی است که کلیه متغیرها با مقیاس ۱ ماه سنجیده

مدل نشان داده شده در شکل ۳ در نرم افزار ونسیم<sup>۱</sup> شبیه سازی گردیده است. در این پژوهش برای مطالعه و تجزیه و تحلیل سیستم از نرم افزار ونسیم استفاده شده است. مدت شبیه سازی با نظر خبرگان برای مدت ۱۲۰ ماه در نظر گرفته شد، زیرا به نظر آنها این دوره برای

1. Vensim

کارشناسان شرکت، سود انباشته در پایان دوره شبیه‌سازی ملاک تصمیم‌گیری قرار گرفت. خروجی‌های نرم‌افزار و نسیم در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ آورده شده است. با بررسی ۳ سناریوی سرمایه‌گذاری و افزایش ظرفیت تولید، وضعیت‌های بهینه به شرح زیر مشخص گردیدند:

#### سناریوی اول: (افزایش ظرفیت ماهیانه تولید به

میزان ۱۰۰۰۰۰ واحد)، در این سناریو کاهش قیمت فروش محصول به ۹۶۰۰۰۰ ریال بیشترین سود انباشته در پایان سال دهم به میزان  $۱۰^{۱۳} * ۲/۰۵۶۹۸$  ریال را خواهد داشت.

#### سناریوی دوم: (افزایش ظرفیت ماهیانه تولید به

میزان ۲۰۰۰۰۰ واحد)، در این سناریو کاهش قیمت فروش محصول به ۹۰۰۰۰۰ ریال بیشترین سود انباشته در پایان سال دهم به میزان  $۱۰^{۱۳} * ۲/۲۹۳۹۲$  ریال را خواهد داشت.

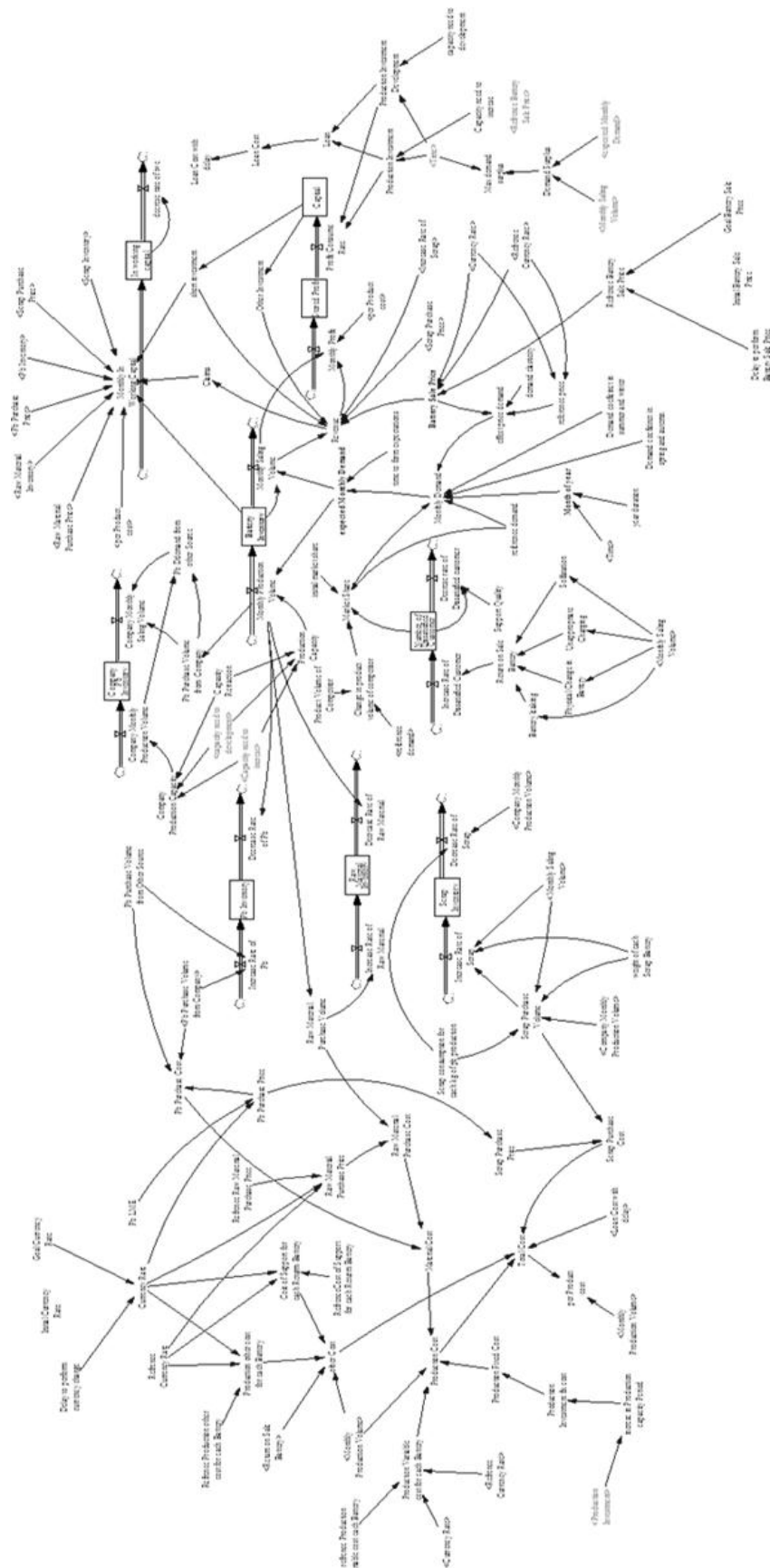
#### سناریوی سوم: (افزایش ظرفیت ماهیانه تولید

به میزان ۳۰۰۰۰۰ واحد)، در این سناریو کاهش قیمت فروش محصول به ۸۵۰۰۰۰ ریال بیشترین سود انباشته در پایان سال دهم به میزان  $۱۰^{۱۳} * ۲/۴۷۹۴۴$  ریال را خواهد داشت.

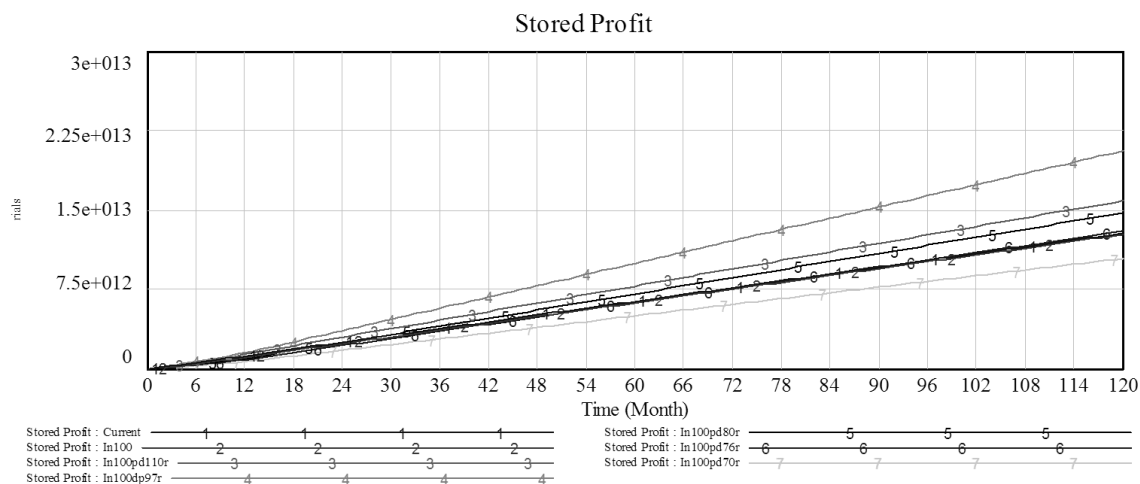
می‌شوند، به عنوان مثال میزان تولید و یا سود در ۱ ماه. شایان ذکر است که در تبدیل نمودار علت-معلولی به نمودار جریان-موجودی بنا به اقتضا، متغیرهای کمکی به مدل افزوده شده است. در ادامه با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف به بررسی مدل در زمینه مربوطه می‌پردازیم.

### سرمایه‌گذاری در بخش تولید و افزایش ظرفیت

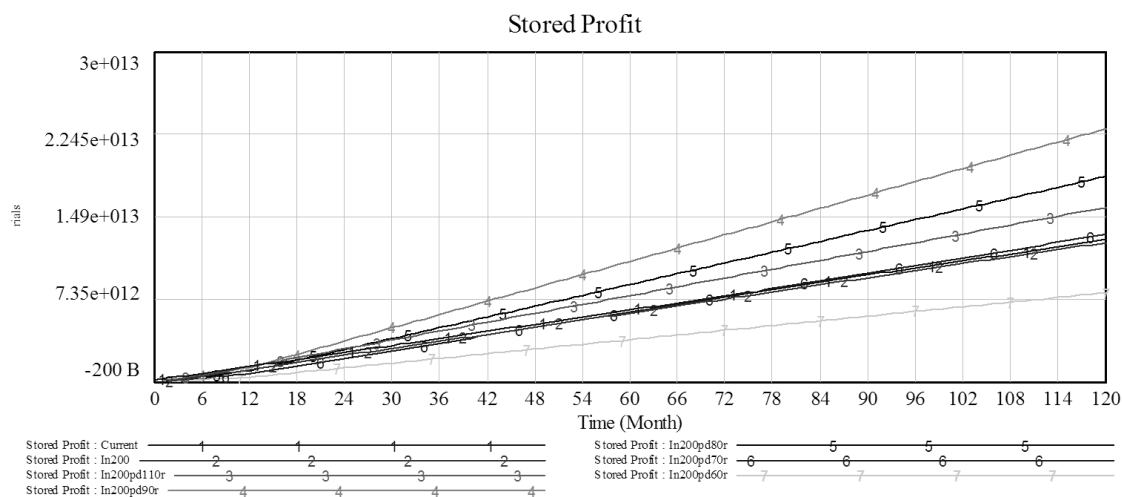
برای سرمایه‌گذاری و افزایش ظرفیت در بخش تولید سه سناریو با نظر کارشناسان شرکت در نظر گرفته شد: افزایش ۱۰۰۰۰۰ واحدی در ماه، افزایش ۲۰۰۰۰۰ واحدی در ماه و افزایش ۳۰۰۰۰۰ واحدی در ماه. از آنجایی تقاضا متغیری از میزان ظرفیت تولید شرکت نیست، در نتیجه به صرف افزایش ظرفیت هیچ تغییری در تقاضا رخ نخواهد داد. پس در حالت عادی که متغیرها ثابت در نظر گرفته شده‌اند و تقاضا نیز ثابت است، افزایش ظرفیت تولید و سرمایه‌گذاری در این بخش به جز هزینه چیزی عاید شرکت نخواهد کرد. برای همین در سناریوهای تعریف شده مبتنی بر سیاست‌گذاری شرکت تولید باطری، افزایش ظرفیت به همراه کاهش قیمت فروش محصول در قیمت‌های مختلف لحاظ شده است تا مشخص شود که در کدام سطح از افزایش ظرفیت و کاهش قیمت فروش، بیشترین سود عاید شرکت خواهد شد. با نظر



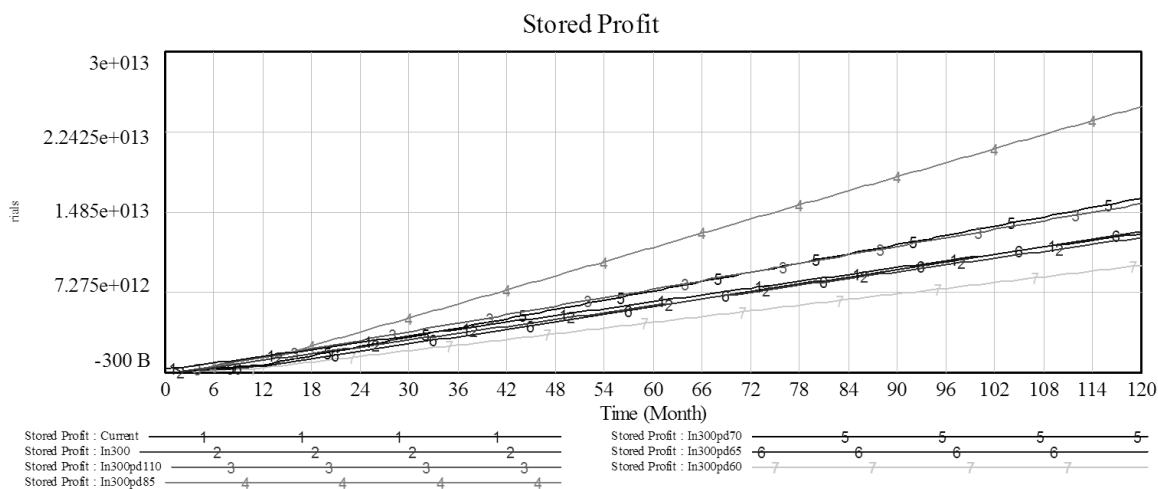
شکل (۳) مدل جریان - موجودی مسأله



شکل (۴) اثر سرمایه‌گذاری و افزایش ظرفیت ۱۰۰۰۰۰ واحدی در قیمت‌های فروش مختلف بر سود انباشته



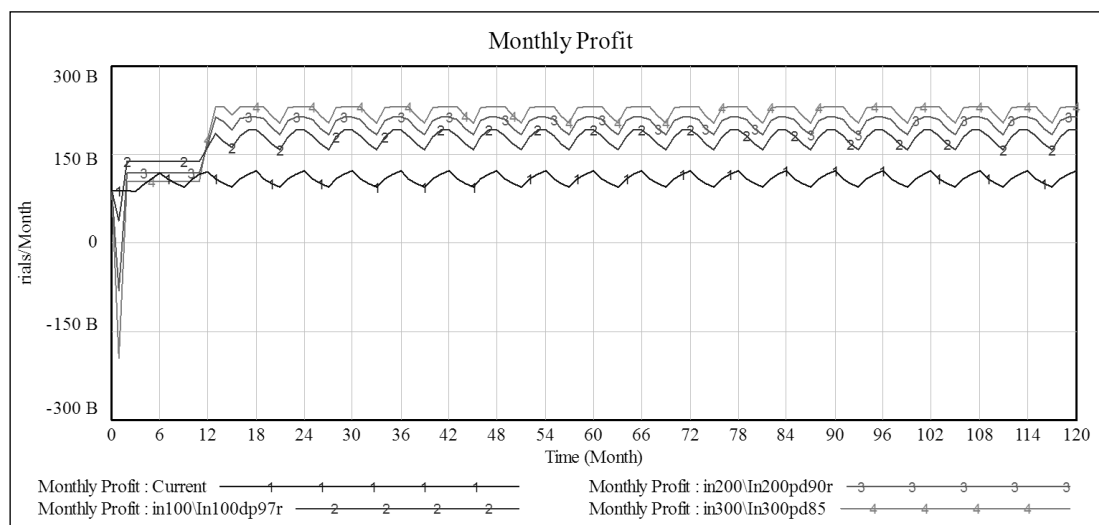
شکل (۵) اثر سرمایه‌گذاری و افزایش ظرفیت ۲۰۰۰۰۰ واحدی در قیمت‌های فروش مختلف بر سود انباشته



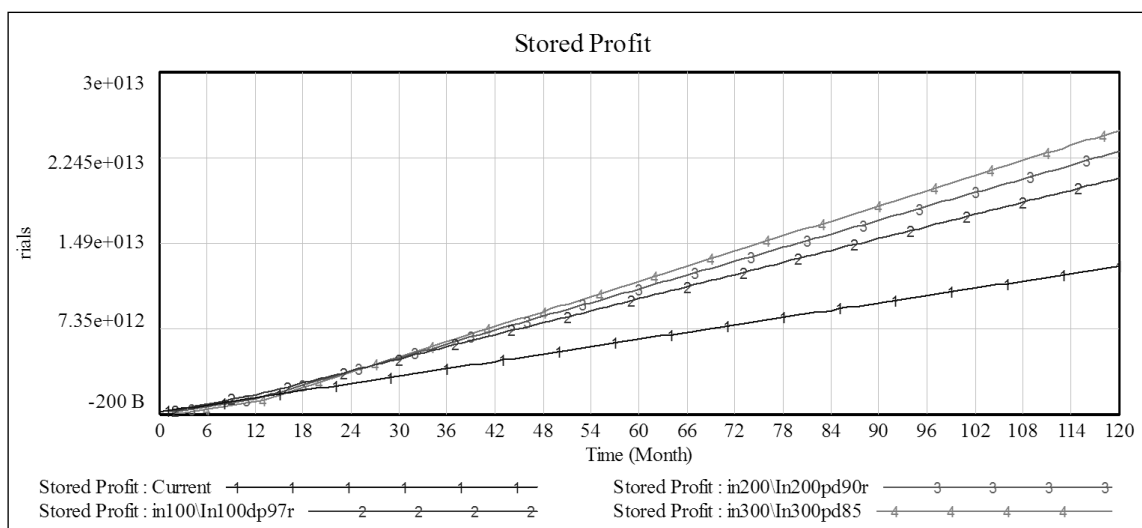
شکل (۶) اثر سرمایه‌گذاری و افزایش ظرفیت ۳۰۰۰۰۰ واحدی در قیمت‌های فروش مختلف بر سود انباشته

تولید به میزان ۱۰۰۰۰۰ واحد در ماه با کاهش قیمت فروش محصول به ۹۷۰۰۰۰ ریال، شماره ۳ سرمایه‌گذاری و افزایش ظرفیت تولید به میزان ۲۰۰۰۰۰ واحد در ماه با کاهش قیمت فروش محصول به ۹۰۰۰۰۰ ریال و شماره ۴ سرمایه‌گذاری و افزایش ظرفیت تولید به میزان ۳۰۰۰۰۰ واحد در ماه و کاهش قیمت فروش به ۸۵۰۰۰۰ ریال را نشان می‌دهند.

این در حالی است که با ادامه وضع فعلی بدون اعمال هیچ تغییری در شرایط شرکت تولید باطری در پایان سال دهم، سود انباشته‌ای معادل  $10^{13} * 1/27923$  ریال به دست خواهد آمد. مقایسه سود ماهیانه و سود انباشته بهترین حالات در این ۳ سناریو، با وضع فعلی را در شکل‌های ۷ و ۸ مشاهده می‌نمایید. خط شماره ۱ وضع فعلی، شماره ۲ سرمایه‌گذاری و افزایش ظرفیت



شکل (۷) مقایسه سود ماهیانه بهترین حالات ۳ سناریوی افزایش ظرفیت و مقایسه آن با وضع فعلی



شکل (۸) مقایسه سود انباشته بهترین حالات ۳ سناریوی افزایش ظرفیت و مقایسه آن با وضع فعلی

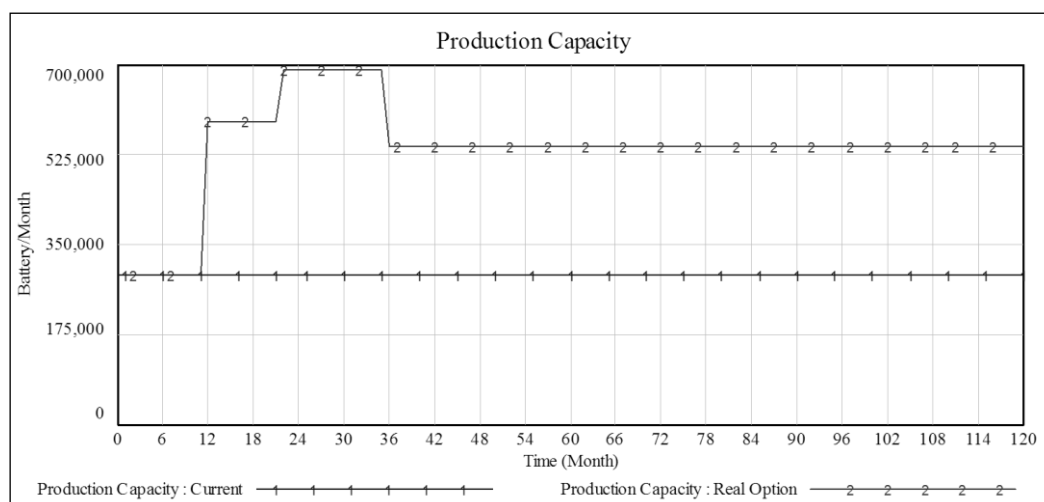


لحاظ می‌شود. این سناریو که با نظر کارشناسان شرکت پیشنهاد شده است، ایجاد توسعه در ظرفیت، در ماه دهم از آغاز سرمایه‌گذاری به میزان ۱۰۰۰۰۰ واحد در ماه و ایجاد انقباض در ظرفیت در ماه سی و ششم به میزان ۱۵۰۰۰۰ واحد در ماه است که علاوه بر شرایط قبل؛ یعنی سرمایه‌گذاری برای ایجاد ظرفیتی معادل ۳۰۰۰۰۰ واحد در ماه و کاهش قیمت فروش به ۸۵۰۰۰۰ ریال، ایجاد می‌شود. در این پژوهش هدف، ارایه راهکاری جامع برای تصمیم‌گیری در حوزه سرمایه‌گذاری است. بنابراین ایجاد سناریوهای محدود دلیلی بر عدم بررسی همه شرایط نیست، بلکه در این مورد خاص بنا به خواسته مدیران شرکت و شرایط مدل، این سناریو بررسی می‌شود هر چند که امکان بررسی تعداد نامحدودی سناریو با خواست مدیران شرکت در مورد اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی وجود دارد. نتایج به دست آمده از مدل با شرایط تعریف شده در شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است. خط شماره ۱ وضع فعلی شرکت و خط شماره ۲ سناریوی تعریف شده را در شکل‌ها نشان می‌دهد. تغییرات ظرفیت طبق سناریوی تعریف شده در شکل ۹ مشهود است.

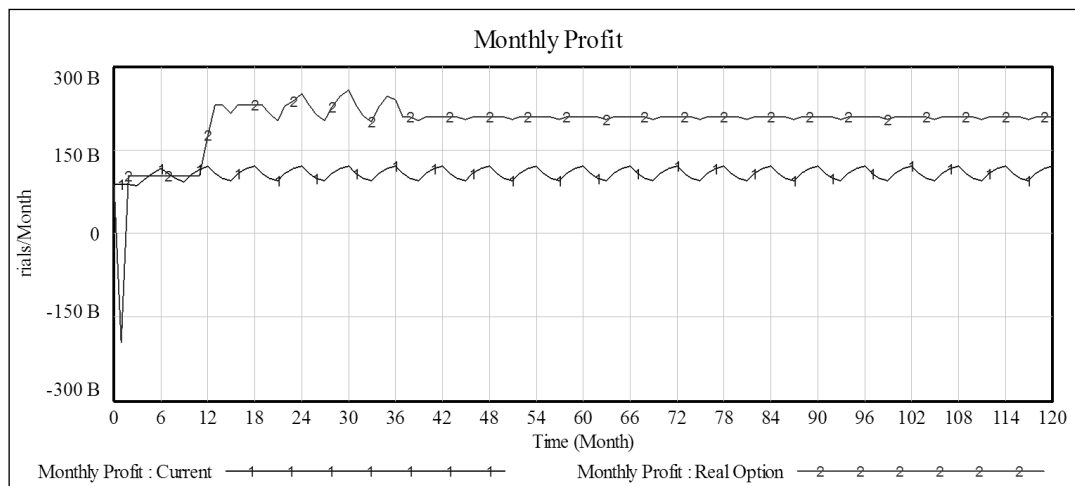
با توجه به نتایج به دست آمده بهترین حالت، سرمایه‌گذاری برای افزایش ۳۰۰۰۰۰ واحدی ظرفیت تولید به همراه کاهش قیمت فروش محصول به ۸۵۰۰۰۰ ریال است. از آنجایی که در این شرکت و در شرایط فعلی به ازای هر واحد افزایش ظرفیت نیاز به سرمایه‌گذاری به میزان ۱۰۰۰۰۰۰ ریال است مجموع سرمایه‌گذاری مورد نیاز  $10^{11} * 3$  ریال است. در بخش آخر برای در نظر گرفتن کامل تر شرایط عدم اطمینان به اعمال شرایط اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی که قبلاً مشخص گردیده است، پرداخته می‌شود.

### سرمایه‌گذاری در بخش تولید و افزایش ظرفیت و لحاظ کردن اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی

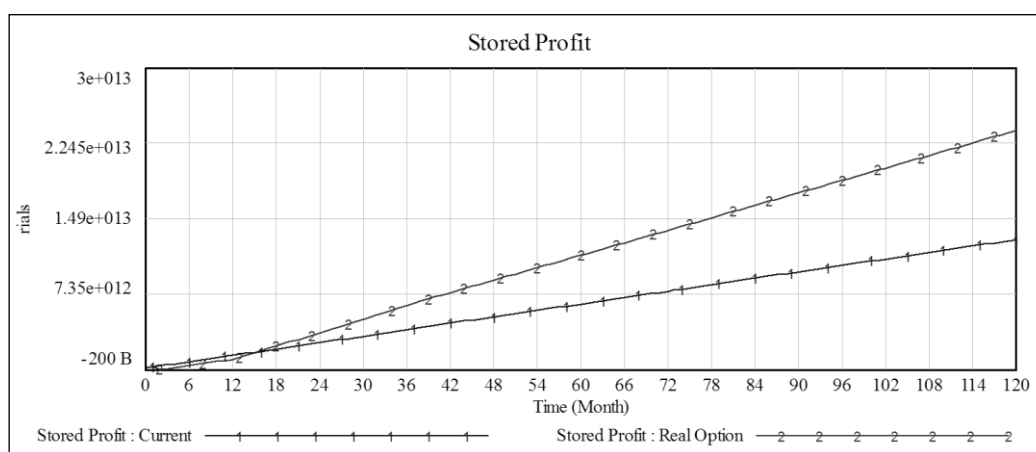
در گام آخر با لحاظ کردن اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی برای بهترین حالت تعیین شده در بخش قبل، مدل کامل شده و تصمیم نهایی اتخاذ خواهد شد. همان‌گونه که قبلاً بیان شد، کارشناسان شرکت دو اختیار توسعه و انقباض را برای این طرح در نظر گرفتند. برای لحاظ کردن این دو اختیار در بهترین حالت مرحله قبل، یک سناریو تعریف شده و در مدل



شکل (۹) ظرفیت تولید ماهیانه شرکت پس از لحاظ کردن اختیارات مدنظر در بهترین حالت سرمایه‌گذاری



شکل (۱۰) سود ماهیانه شرکت پس از لحاظ کردن اختیارات مدنظر در بهترین حالت سرمایه گذاری



شکل (۱۱) سود انباشته شرکت پس از لحاظ کردن اختیارات مدنظر در بهترین حالت سرمایه گذاری

### نتیجه گیری و پیشنهادها

هدف اصلی این پژوهش ارزیابی الگویی برای ارزیابی تصمیم‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از پویایی سیستم و اختیار سرمایه‌گذاری واقعی بوده است. در این پژوهش از پویایی سیستم، که رویکردی سیستمی برای حل مسائل دارد، استفاده گردید. همچنین برای لحاظ کردن عدم اطمینان موجود در طرح‌های سرمایه‌گذاری موضوع اختیارات سرمایه‌گذاری مطرح و شرح داده شد. در الگوی طراحی شده در مرحله پایانی از اختیارات به عنوان سناریو برای بررسی تغییرات استفاده می‌شود. در ابتدا با استفاده از نظریه برخاسته از داده‌ها،

در وضعیت جدید سود انباشته شرکت در پایان دوره مدنظر شرکت؛ یعنی پایان سال دهم میزان  $10^{13} * 2/3707$  ریال خواهد بود. در مقایسه با قبل از لحاظ کردن اختیارات ( $10^{13} * 2/47944$  ریال) این مقدار کاهش داشته است. ارزش واقعی سرمایه‌گذاری با لحاظ کردن اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی، معیاری را در اختیار مدیران شرکت قرار می‌دهد تا با در نظر گرفتن سیاست‌های آتی شرکت درباره سرمایه‌گذاری و افزایش ظرفیت تصمیم‌گیری نمایند.

متغیرهای مؤثر در فرآیندهای داخلی شرکت تولید باطری مشخص گردید. نظریه برخاسته از داده‌ها روشی نظام‌مند برای نظریه‌پردازی و توسعه نظریه‌های جدید است که در علوم اجتماعی توسعه پیدا کرده و سپس در سایر حوزه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. مزیت این روش، الگوریتم قدرتمند آن در شناسایی متغیرها و استفاده نظام‌مند و مؤثر از ابزارهای جمع‌آوری داده است. با نظر خبرگان و کارشناسان شرکت مد نظر نیز، دو اختیار توسعه و انقباض از میان اختیارات مطرح شده در فصل دوم برای لحاظ کردن در مدل در بخش پایانی تعیین گردیدند. در این مرحله با استفاده از گام‌های روش پویایی سیستم متغیرهای مشخص شده در مراحل قبل که به وسیله روش نظریه برخاسته از داده‌ها تعیین شده بودند، در قالب مدل علت - معلولی مدل گردیدند تا روابط موجود بین این متغیرها در قالب فرآیندهای شرکت مشخص و قابل درک گردند. با تبدیل نمودار علت - معلولی به جریان - موجودی مدل وارد نرم‌افزار ونسیم که برای اجرای روش پویایی سیستم طراحی شده است، گردید. با اجرای مدل و گزارش‌گیری از نرم‌افزار با سناریوهای مختلف (سناریوهای برای شبیه‌سازی حالات مختلف سرمایه‌گذاری برای ایجاد ظرفیت‌های تولید در شرکت تولید باطری و سناریو برای لحاظ کردن اختیارات مشخص شده) نتایج برای تصمیم‌گیری مدیران شرکت تولید باطری به دست آمد که مدیران شرکت با توجه به سیاست‌های مشخص شده توسط شرکت در مورد آنها تصمیم‌گیری خواهند کرد. نتایج نشان داد سرمایه‌گذاری به میزان  $10^{11} * 3$  ریال برای ایجاد ظرفیتی جدید معادل ۳۰۰۰۰۰ واحد در ماه به همراه کاهش قیمت فروش محصول از ۱۲۰۰۰۰۰ ریال به ۸۵۰۰۰۰ ریال می‌تواند بیشترین سودآوری را در بازه

مشخص شده؛ یعنی پایان سال دهم در مدل شبیه‌سازی شده داشته باشد. همچنین دو اختیار توسعه و انقباض در قالب سناریویی مشخص، لحاظ و نتایج مربوطه به دست آمد. با توجه به موارد مطرح شده در پیشینه پژوهش و روش‌های ارایه شده، مشخص گردید که در این روش‌ها عدم اطمینان موجود در آینده به وسیله اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی در همه ابعاد به طور هم‌زمان بررسی نمی‌گردد، همچنین امکان تحلیل حساسیت و بررسی سناریوهای مختلف به صورت هم‌زمان وجود ندارد. مورد دیگر در نظر گرفتن تأثیر هم‌زمان تعداد زیادی از عوامل اثرگذار بر فرآیند تصمیم‌گیری است که در این روش‌ها بیشتر بر عوامل در زمینه مالی و اقتصادی تأکید شده است. علاوه بر این به جز در نظر گرفتن بسیاری از عامل‌های مورد استفاده در روش‌های مذکور که به صورت منفرد مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید همه اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی و اثر متقابل آنها در نظر گرفته شود به نحوی که ارزش واقعی آنها در آینده در ارزیابی فعلی تصمیم‌های سرمایه‌گذاری منظور شود. نکته کلیدی دیگر این است که در روش‌های سنتی مانند نرخ بازده داخلی، فرآیند پیش‌بینی جریان‌های نقدی به درستی مشخص نگردیده است. در حالی که در روش پیشنهادی همه پیش‌بینی‌ها به صورت پیوسته و در قالب سیستمی جامع صورت می‌گیرد که باعث کاهش خطا و اطمینان بیشتر به نتایج به دست آمده می‌شود. پژوهش حاضر با توجه به موارد ذکر شده مزیت‌های دارد که از آن جمله موارد ذیل هستند:

- ایجاد مدلی یکپارچه که علاوه بر استفاده در زمینه تصمیم‌های سرمایه‌گذاری، در همه موضوع‌های مربوط به حوزه فعالیت سازمان‌ها قابل استفاده خواهد بود و به عنوان ابزاری جامع در تصمیم‌گیری در اختیار

در این پژوهش بنا به اقتضا، صرفاً به بررسی دو اختیار تعیین شده از سوی کارشناسان شرکت پرداخته شد. در صورتی که بررسی اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی بیشتر می‌توانست به جامعیت مدل کمک نماید. در پایان باید به این نکته اشاره کرد که مدل استخراج شده (جریان - موجودی) صرفاً با توجه به شرایط و حوزه فعالیت شرکت تولید باطری بوده است. در نتیجه مدل شبیه‌سازی شده و نتایج صرفاً برای این شرکت کاربردی خواهد بود.

طبق نتایج به دست آمده که حاکی از نبود ظرفیت کافی در شرکت تولید باطری برای استفاده از فرصت‌های آتی است، پیشنهاد می‌شود تا این شرکت، سرمایه‌گذاری مورد نظر در بخش تولید را هر چه زودتر با توجه به سیاست‌های شرکت در بازه‌های محاسبه شده انجام دهد. همچنین علاوه بر سرمایه‌گذاری در بخش تولید، شرکت تولید باطری نیازمند بازبینی در قیمت فروش محصول خود است، زیرا نتایج این پژوهش نشان داد که اثر قیمتی تقاضا در این حوزه بسیار زیاد بوده و می‌تواند در ایجاد فرصت برای ایجاد سهم بازار بیشتر به شرکت کمک نماید. بررسی اختیارات در مدل نشان داد که شرکت می‌تواند در عین کاهش قیمت محصول، در سال‌های آتی پس از سرمایه‌گذاری اولیه، از اختیار توسعه استفاده کرده و متناسب با کاهش قیمت، سرمایه‌گذاری جدید را در بخش تولید انجام دهد و در صورت کاهش قیمت دلار و به تبع آن کاهش قیمت فروش از اختیار انقباض صرف نظر نماید.

پژوهشگران می‌توانند با بسط مرزهای مدل پیشنهادی و در نظر گرفتن متغیرهای محیطی بیشتر، جامعیت و کاربرد بیشتری به مدل داده و از آن در پیش‌بینی متغیرهای مهم در صنعت تولید باطری استفاده

مدیران سازمان‌ها خواهد بود؛ - جامعیت و انسجام این الگو باعث می‌شود تا همه متغیرها و فرآیندها و اثر آنها بر یکدیگر کاملاً در نظر گرفته شود و ساده‌انگاری روش‌های سنتی مانند NPV که تنها با یک معیار و با اتکا به پیش‌بینی‌های ساده آن هم صرفاً بر روی جریان‌های نقدی جواب غیر قابل اتکا ارایه می‌کنند، برطرف شود؛ - این روش بر خلاف روش‌های دیگر ارزیابی طرح‌های سرمایه‌گذاری که فقط یک یا نهایتاً چند سناریوی محدود را بررسی می‌کنند، قابلیت بررسی بی‌نهایت سناریو را دارا است؛ - روش پیشنهادی بر خلاف روش‌های دیگری که مورد استفاده قرار گرفته، می‌تواند در صورت سودآور نبودن پیشنهادها سرمایه‌گذاری اولیه، پیشنهادی جدید و سودآور را پیشنهاد دهد تا سازمان‌ها به منافع مدنظر دست یابند؛ - ارایه خروجی‌های گرافیکی بر روی همه متغیرهای مهم و مؤثر در فعالیت‌های سازمان یکی دیگر از مزایای این روش است که می‌تواند به سهولت تصمیم‌گیری مدیران کمک نماید؛ - تأثیر همزمان همه اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی مد نظر، یکی دیگر از مزیت‌های روش پیشنهادی است که روش‌های سنتی این امکان را در اختیار ندارند؛ - تغییر سریع و راحت در متغیرهای مدل و مشاهده خروجی به صورت آنی کمک می‌کند تا مدیران در هر لحظه مدل را با شرایط جدید وفق داده و در طی دوره سرمایه‌گذاری بتوانند تصمیمی جدید را در صورت تغییر شرایط اتخاذ نمایند. در نظر گرفتن همه متغیرهای اثرگذار برای نزدیک کردن نتایج شبیه‌سازی به واقعیت در پویایی سیستم کاری بسیار دشوار است که هم نیاز به زمان و کار زیادی دارد و هم باعث پیچیدگی مدل می‌گردد. به علت گستردگی موضوع پژوهش و زمان در دسترس، تنها به تحلیل حساسیت موردی و حدی کفایت گردید.

پژوهشی سیاست علم و فناوری، سال چهارم، شماره ۴، صص ۷۷-۹۳.

[۷] فتحی هفشجانی، کیومرث؛ موحدی، محمدمهدی؛

قاضی زاده مقدم، محمد. (۱۳۸۸). بررسی و مقایسه

مدل‌های ارزیابی انعطاف‌پذیری در صنایع تولیدی،

نشریه پژوهشگر، شماره ۱۵، صص ۷۷-۸۸.

[۸] فقیه، نظام‌الدین. (۱۳۸۳). سیستم‌های پویا، اصول و

تعیین هویت، انتشارات سمت، تهران، چاپ اول.

[۹] فلیحی، نعمت؛ ظاهری هنجنی، مرضیه. (۱۳۹۰).

تأثیر تورم و جهانی شدن بر سود دهی کارگاه‌های

بزرگ صنعتی ایران تلفیق رهیافت‌های سیستم‌های

دینامیکی و اقتصاد سنجی، پژوهش‌ها و

سیاست‌های اقتصادی، سال نوزدهم، شماره ۵۸،

صص ۵۱-۷۸.

[۱۰] قبادی، شهلا. (۱۳۹۰). پویایی سیستم (کاربردی

از تفکر سیستمی)، تهران: سازمان مدیریت

صنعتی، چاپ سوم.

[11] Alishahi, E., Moghaddam, M. P., & Sheikh-El-Eslami, M. K. (2012). A System Dynamics Approach for Investigating Impacts of Incentive Mechanisms on Wind Power Investment. *Renewable energy*, 37(1), 310-317.

[12] Alvesson, M., & Skoldberg, K. (2009). *Reflexive Methodology: New vistas for qualitative research*. Sage.

[13] Aoun, D., and Hwang, J. (2008). The Effect of Cash Flow and Size on The Investment Decisions of ICT Firms: A dynamic Approach, *Information economics and policy*. Vol. 20, 120-134.

[14] Daniel, S. (2012). Developing a Cost-Volume-Profit Model in Production Decision System Based on MAD Real Options Model. *Procedia Economics and Finance*, Vol. 3, 350-354.

[15] Denzin, N. K. (1996). *Interpretive Ethnography: Ethnographic Practices for the 21st Century*. Sage Publications.

[16] Fan, Y., Yang, R. G., & Wei, Y. M. (2007). A System Dynamics Based Model

نمایند. برای ایجاد مدلی جامع‌تر نیز به تحلیل همه فرصت‌های پیش رو با به کارگیری تعداد بیشتری از اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی پردازند.

## منابع

[۱] افشار کاظمی؛ محمدعلی؛ ماکوئی، احمد؛ درمان،

زهرا. (۱۳۸۸). تدوین استراتژی زنجیره تأمین

صنعت فولاد ایران با استفاده از تحلیل پویایی

سیستم‌ها، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۵۰،

صص ۲۰۱-۲۲۴.

[۲] آذر، عادل؛ خدپور، آمنه. (۱۳۸۹). کاربرد رویکرد

پویایی سیستم در فرآیند ره‌نگاری و

سیاست‌گذاری آموزش عالی، فصلنامه علمی -

پژوهشی سیاست علم و فناوری، سال دوم، شماره

۴، صص ۵-۲۲.

[۳] بندریان، رضا؛ موسایی، احمد. (۱۳۸۷). ارزشیابی

و قیمت‌گذاری دانش فنی محصولات شیمیایی و

پتروشیمیایی بر اساس روش گزینه واقعی، فصلنامه

مدرس علوم انسانی، سال دوازدهم، شماره ۵۶،

صص ۷۹-۱۰۴.

[۴] دستگیر، محسن؛ حاجیان، نجمه. (۱۳۹۰).

ارزش‌گذاری اختیارات سرمایه‌گذاری در

دارایی‌های سرمایه‌ای با استفاده از مدل بلک -

شولز، فصلنامه دانش و پژوهش حسابداری، شماره

۲۷، صص ۸-۱۱ و ۶۲-۶۴.

[۵] علی، نژاد؛ ساروکلایی، مهدی. (۱۳۸۸). اختیارات

سرمایه‌گذاری، نشریه حسابداری، شماره ۲۱۳، صص

۴۴-۴۷.

[۶] فاتح‌راد، مهدی؛ کوثری، سحر. (۱۳۹۱).

مدل‌سازی آینده تعاملی فناوری اطلاعات با استفاده

از رویکرد پویایی سیستم، فصلنامه علمی -

- [28] Özogul, C. O., Karsak, E. E., & Tolga, E. (2009). A Real Options Approach for Evaluation and Justification of a Hospital Information System. *Journal of Systems and Software*, Vol.82 (12), 2091-2102.
- [29] Rese, M., Karger, M., & Strotmann, W. C. (2009). The Dynamics of Industrial Product Service Systems (IPS2)–Using the Net Present Value Approach and Real Options Approach to Improve Life Cycle Management. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 1(4), 279-286.
- [30] Shi T., Gill R. (2005); Developing Effective Policies for the Sustainable Development of Ecological Agriculture in China: The Case Study of Jinshan County with a Systems Dynamics Model, *Ecological Economics*, Vol.53 (2), 223-246.
- [31] Spector J. M., Christensen D. L., Sioutine A. V., McCormack D. (2001); Models and Simulations for Learning in Complex Domains: Using Causal Loop Diagrams for Assessment and Evaluation, *Computers in Human Behavior*, Vol. 17(5), 517-545.
- [32] Sterman J. (2000); Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for A Complex World, *McGraw-Hill, New York*.
- [33] Strauss, A., & Corbin, J. (1998). Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory (2nd Ed.). *Thousand Oaks, CA: Sage*.
- [34] Suddaby, R. (2006). From the Editors: What Grounded Theory is not. *Academy of management journal*, 49(4), 633-642.
- [35] Tong, L., & Dou, Y. (2014). Simulation study of Coal Mine Safety Investment Based on System Dynamics. *International Journal of Mining Science and Technology*, 24 (2), 201-205.
- [36] Urquhart, C. (2000). An Encounter with Grounded Theory: Tackling the Practical and Philosophical Issues. *Qualitative research in IS: Issues and trends*, 104-140.
- for Coal Investment. *Energy*, 32(6), 898-905.
- [17] Fontes, D. B. (2008). Fixed Versus Flexible Production Systems: A Real Options Analysis. *European Journal of Operational Research*, Vol. 188(1), 169-184.
- [18] Ford, D. N., & Sobek, D. K. (2005). Adapting Real Options to New Product Development by Modeling the Second Toyota Paradox. *Engineering Management, IEEE Transactions on*, 52(2), 175-185.
- [19] Forrester, J. W. (1961) Industrial Dynamics. *New York: John Wiley & Sons*.
- [20] Forrester, J. W. (1968) Principles of Systems (Second Preliminary Edition). *Cambridge, MA: Wright-Allen Press, Inc*.
- [21] Forrester, J. W. (1969) Urban Dynamics. *Cambridge, MA: The M.I.T. Press*.
- [22] Forrester, J. W. (1971). World Dynamics, *Wright. LN, Cambridge*.
- [23] Glaser, B. G. (1992). Basics of Grounded Theory: Emergence vs. Forcing. *Mill Valley, CA*.
- [24] Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1965). Discovery of Substantive Theory: A Basic Strategy Underlying Qualitative Research. *American Behavioral Scientist*, 8(6), 5-12.
- [25] Lane D. C & Oliva. R, (1998), The Greater whole: Towards a Synthesis of System Dynamics and Softsystems Methodology, *European Journal of Operational Research*, Vol. 107, 214-235.
- [26] Menassa, C., & Peña Mora, F. (2010). Hybrid Model Incorporating Real Options with Process Centric and System Dynamics Modeling to Assess Value of Investments in Alternative Dispute Resolution Techniques. *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 24 (5), 414-429.
- [27] Mun, J. (2006). Real options analysis: Tools and techniques for valuing strategic investments and decisions (Vol. 320). *John Wiley & Sons*.