



Production and Operations Management
University of Isfahan E-ISSN: 2423-6950
Vol. 12, Issue 1, No. 24, Spring 2021



<http://dx.doi.org/10.22108/jpom.2021.127075.1329>

(Research Paper)

Identifying and evaluating strategies to reduce the cost of petrochemical products using the system dynamics approach

Seyed Nikan Shahidi Nia

Department of MBA, Faculty of Management, University of Tehran, Iran,
nikanshahidinia@yahoo.com

Mahnaz Hosseinzadeh *

Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran,
Tehran, Iran, mhosseinzadeh@ut.ac.ir

Marzieh Samadi Foroushani

Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran,
Tehran, Iran, samadi.m@ut.ac.ir

Purpose: Companies operating in the petrochemical industry have faced many problems due to unbalanced and unsuccessful performance in predicting and controlling environmental complexities in developing and even maintaining market share and using cost-effective systems. This study aims to model and simulate the dynamics of the production system and the cost price of petrochemical products in Takht-e-Jamshid Petrochemical Company (TJPC) as a start-up company; and suggest solutions for reducing the cost price.

Design/methodology/approach: According to the complexity of the system and its inherent dynamism, System Dynamics (SD) approach has been applied to model and simulate the production system of TJPC using the time series data of the company. Furthermore, different structural and behavioral tests and sensitivity analyses have been performed to validate the model.

Findings: Five strategies were developed based on the simulation and sensitivity analysis results and the planners' viewpoints. They were i) increasing the production budget of raw materials and reducing

* Corresponding author



the budget of production capacity expansion; ii) increasing the research and development budget; iii) increasing the percentage of profit allocation to employees' rewards out of the accumulated profit of the company; iv) increasing the budget of purchasing spare parts and equipment; and v) increasing the shareholders' capital to launch development plans. In addition, individual and combined strategies were incorporated into the model's structure. According to the results, implementing the four combined solutions reduced the cost and increased the company's profit in the simulated time horizon, simultaneously and significantly.

Research limitations/implications: Some factors affecting the production and cost systems were considered as exogenous variables. For example, fluctuations in the selling prices of goods and purchasing price of raw materials, arising from various sources such as changing exchange rates, inflation rate, and political relations, were not considered in the model. However, by the model's sensitivity analysis, the effect of each change on the system behavior is predictable.

Practical implications - The petrochemical industry has the highest volume of exports and added value of hydrocarbon resources. It produces millions of tons of polymer products and plays a crucial role in supplying feed to downstream industries, not relying on exports and preventing the sale of crude in the country. Therefore, providing solutions to reduce costs in this industry will benefit both the government and the people.

Social implications: Reducing costs and increasing profits in the petrochemical industry will lead to the country's economic growth and reduce poverty in the society, consequently.

Reducing costs and increasing profits in the petrochemical industry result in national economic growth. They also reduce poverty in society, consequently.

Originality/value: There is limited research in identifying cost reduction strategies in the petrochemical industry. The focus of most studies in other industry sectors is on reducing public costs in products' production and consumption cycle to seek cost reductions in marketing, distribution, and after-sales. The developed model addresses the dynamics of the complex economic system of a petrochemical company via modeling and simulation. Therefore, the developed system dynamics framework provides a guideline for modeling the cost reduction strategies in the petrochemical industry.

Keywords: Cost system, System Dynamics (SD), Petrochemical industry, Takht-e-Jamshid Petrochemical Company (TJPC)



مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۲، شماره ۱، پیاپی ۲۴، بهار ۱۴۰۰

دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۵ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۶ ص ۱۲۴-۱۰۳



<http://dx.doi.org/10.22108/jpom.2021.127075.1329>

(مقاله پژوهشی)

شناسایی و ارزیابی راهکارهای کاهش بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی با استفاده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم

سید نیکان شهیدی^۱، مهناز حسین‌زاده^{۲*}، مرضیه صمدی فروشانی^۳

۱- کارشناسی ارشد مدیریت MBA، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران، nikanshahidinia@yahoo.com

۲- استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران، mhosseinzadeh@ut.ac.ir

۳- دکتری مدیریت تحقیق در عملیات، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران، samadi.m@ut.ac.ir

چکیده: شرکت‌های فعال در صنعت پتروشیمی به علت عملکرد نامتوازن و ناموفق در پیش‌بینی و کنترل پیچیدگی‌های محیطی در توسعه و حتی حفظ سهم بازار با مشکلات گوناگونی مواجه شده‌اند و به دنبال استفاده از سیستم‌های بهای تمام‌شده ارتقا یافته برای کنترل و برنامه‌ریزی هزینه هستند. پژوهش حاضر به مدل‌سازی و شبیه‌سازی پویایی‌هایی سیستم تولید و بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی در یکی از شرکت‌های تولیدی نوپا (شرکت صنایع پتروشیمی تخت جمشید) با هدف ارائه راهکارهایی برای کاهش بهای تمام‌شده توجه کرده است. براساس شبیه‌سازی رفتار مدل و نتایج تحلیل حساسیت با مشارکت برنامه‌ریزان، پنج راهکار شامل ۱- افزایش بودجه تولید مواد اولیه و کاهش بودجه افزایش ظرفیت تولید؛ ۲- افزایش بودجه تحقیق و توسعه؛ ۳- افزایش درصد تخصیص سود به پاداش کارکنان از محل سود انباشته شرکت؛ ۴- افزایش بودجه خرید قطعات و تجهیزات و ۵- افزایش سرمایه سهامداران برای راه‌اندازی طرح‌های توسعه شناسایی و رفتار متغیرهای بهای تمام‌شده و سود با توجه به هر یک از راهکارها و نیز راهکارهای ترکیبی تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد تأثیر راهکارهای ترکیبی از راهکارهای انفرادی، بیشتر است و در نهایت، اجرای ترکیبی چهار راهکار به‌طور هم‌زمان، اثر بسزایی هم در کاهش بهای تمام‌شده و هم در افزایش سود شرکت در افق زمانی شبیه‌سازی دارد.

واژه‌های کلیدی: سیستم بهای تمام‌شده، پویایی‌شناسی سیستم (SD)، صنعت پتروشیمی، شرکت صنایع پتروشیمی تخت جمشید (TJPC)



۱- مقدمه

صنعت پتروشیمی به عنوان زیرمجموعه ای از صنعت نفت کشور، که بیشترین حجم صادرات و ارزش افزوده از منابع هیدروکربنی را به خود اختصاص داده است، با تولید میلیون ها تن محصول پلیمری، نقش اصلی تأمین خوراک صنایع پایین دستی، اتکانکردن به صادرات نفت و جلوگیری از خام فروشی را در کشور دارد (شکوهی و همکاران، ۱۳۹۹). مصرف کننده عمده محصولات خام نفتی، شرکت های پتروشیمی است. واحدهای تولید کننده محصولات پتروشیمی به علت فراهم بودن منابع نفتی و فناوری وارداتی در دسترس و سرمایه گذاران خارجی، جذابیت نسبتاً زیادی دارد. در سال های اخیر، شرکت های فعال در صنعت پتروشیمی ایران به علت عملکرد نامتوازن و حتی ناموفق در پیش بینی و کنترل نامناسب مخاطرات و پیچیدگی های محیطی در توسعه و حتی حفظ سهم بازار با مشکلات گوناگونی مواجه شدند (کاویانی و همکاران، ۱۳۹۶). صنعت پتروشیمی در پی سیستم های بهای تمام شده ارتقا یافته برای توانمند کردن مدیران در پاسخ به فشار روزافزون برای کنترل هزینه و برنامه ریزی تولید در شرایط عدم اطمینان محیطی است (خواجوی و همکاران، ۱۳۹۵). عوامل بسیاری در قیمت تمام شده محصولات اثرگذار است که شامل تمامی هزینه های جاری و ثابت شرکت است. برخی عوامل در کنترل شرکت ها قرار دارد؛ اما بسیاری از عوامل از محیط خارجی شرکت ها، شرایط بازار، تأمین کنندگان و رقبا متأثر است (قائم مقامی، ۱۳۹۴)؛ مانند تغییرات نرخ ارز و نوسان ها در قیمت خوراک و مواد اولیه. قیمت تمام شده تأمین مواد اولیه، یکی از مواردی است که نقش مهمی در قیمت فروش کالا دارد. صنعت پتروشیمی، که بیشترین سهم را در صادرات غیرنفتی کشور به خود اختصاص می دهد، به عنوان مهم ترین بخش تبدیلی، نفت و گاز را به محصولات با ارزش تبدیل می کند که همین مشتقات، موجب تولید محصولات بسیار متنوع پایین دستی می شود؛ اما گاهی این مزیت به علت افزایش برخی هزینه ها از جمله اکتشاف، استخراج، تولید و انتقال مواد اولیه، خود باعث افزایش قیمت مواد اولیه می شود. پژوهش حاضر در جست و جوی راهکارهایی برای کاهش هزینه های تولید و ثبات بهای تمام شده محصولات تولیدی صنایع پتروشیمی در شرکت خصوصی صنایع پتروشیمی تخت جمشید است که توجه ویژه ای به سودآوری و درآمدزایی در این حوزه دارد. با توجه به آمار ارائه شده از این شرکت و مطالعه صورت های مالی آن، بهای تمام شده دو محصول اصلی و نهایی این شرکت (استایرن بوتادین رابر SBR و پلی بوتادین رابر PBR) به صورت سه ماهه قابل مشاهده است (جدول شماره ۱).

جدول ۱- قیمت تمام شده برخی از محصولات اصلی شرکت صنایع پتروشیمی تخت جمشید

دوره مالی ۱۳۹۷-۱۳۹۸	استایرن بوتادین رابر SBR			پلی بوتادین رابر PBR		
	هزینه (میلیون ریال)	تن	هزینه / تن	هزینه (میلیون ریال)	تن	هزینه / تن
سه ماهه اول	۳۹۸۱۱۵	۸۵۰۰	۴۶/۸۳۷۰۶	۱۴۰۰۵۵	۲۳۳۴	۶۰/۰۰۶۴
سه ماهه دوم	۶۰۲۹۹۴	۶۲۴۶	۹۶/۵۴۰۸۳	۲۲۶۱۵۹	۲۴۶۵	۹۱/۷۴۸۱
سه ماهه سوم	۲۹۲۵۷۸	۵۸۴۵	۵۰/۰۵۶۱۲	۹۶۴۱۸	۳۱۴۰	۳۰/۷۰۶۴

بررسی آمار این شرکت در بهای تمام شده محصولات، نشان می دهد نوسان های شدیدی در نرخ بهای تمام شده وجود دارد که این نوسان ها موجب بروز مشکل در تصمیمات مدیریت شرکت می شود؛ بنابراین، برای بهبود وضعیت موجود و ثبات در بهای تمام شده و کاهش حداکثری آن، این مجموعه، راهکارهای مختلفی پیش رو دارد

که البته امکان اجرایی کردن همه آنها به علت مشکلات بودجه عملی نیست؛ بنابراین، آگاهی از نتیجه بلندمدت این تصمیمات پیش از اجرا برای شرکت، بسیار مهم است. در مسیر کاهش بهای تمام‌شده، چشم‌اندازهای توسعه مختلفی در برنامه اصلی این شرکت قرار دارد. تجهیزات و ماشین‌آلات، که از ملزومات اصلی و اولیه تولید محصول است، به علت طول عمر زیاد آنها یا نبود امکان استفاده از خدمات جانبی برای بهبود بهره‌وری، موجب نبود امکان تولید صددرصدی کارخانه می‌شود که این موضوع از جمله علل مهم افزایش قیمت تمام‌شده محصول به علت افت میزان تولید است (معصومی، ۱۳۸۹). همچنین، با توجه به اینکه دارایی‌های نامشهود، منبع اصلی سود رقابتی را تشکیل می‌دهد، ارائه محصول علاوه بر منابع مشهود، به دانش و دارایی‌های نامشهود نیز بستگی دارد؛ بنابراین، یکی از مسائل بسیار تأثیرگذار در شرکت‌های تولیدی، توجه به منابع انسانی است. همچنین، طرح‌های توسعه دیگری نیز برای تولید و فراهم کردن بخشی از خوراک و مواد اولیه مصرفی این شرکت در دست برنامه‌ریزی است که احتساب هزینه‌ها و منافع ایجاد این طرح‌ها برای بررسی تأثیر آن بر قیمت تمام‌شده و سودآوری، مهم است. در مسیر توسعه با توجه به هزینه زیاد این طرح‌ها باید هزینه برنامه‌ها، بازده آنها در بلندمدت در کاهش بهای تمام‌شده محصولات و افزایش فروش و سودآوری این شرکت تجزیه و تحلیل شود؛ بنابراین، در این پژوهش با استفاده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم، متغیرهای درگیر در سیستم بهای تمام‌شده محصولات تولیدی شرکت پتروشیمی تخت جمشید شناسایی و روابط علی میان آنها تبیین می‌شود؛ سپس، با مدل‌سازی پویایی سیستم، رفتار متغیرهای مؤثر شبیه‌سازی می‌شود تا آثار بلندمدت راهکارهای پیش روی شرکت را شناسایی و تجزیه و تحلیل کند و در نهایت، بهترین راهکارهای کاهش بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی را برای تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان توسعه شرکت صنایع پتروشیمی تخت جمشید ارائه دهد.

۲- مبانی نظری پژوهش و بررسی پیشینه

سیستم مدیریت بها شامل سلسله روش‌های نظام‌یافته‌ای است که هدف آن، برنامه‌ریزی، کنترل، کاهش و حذف هزینه‌های بدون ارزش افزوده در فرایند زنجیره ارزش است. (درگاهی، ۱۳۹۴). بهای تمام‌شده به علاوه حاشیه سود به‌طور عمده، مبنای قیمت‌گذاری در بازار است. بهای تمام‌شده زیاد محصول باعث کاهش قدرت رقابت‌پذیری بنگاه می‌شود و در نهایت، درآمد فروش و سود حاصل از فروش محصولات را کاهش می‌دهد (کلری^۱، ۲۰۱۵؛ کینگ و کلارکسون^۲، ۲۰۱۵). استفاده از سیستم بهای تمام‌شده در اتخاذ تصمیم‌های استراتژیک، مهم است (مایگا و همکاران^۳، ۲۰۱۴). صنعت پتروشیمی، محیط مناسبی برای بررسی سیستم بهای تمام‌شده است. این صنعت، بسیار به دنبال سیستم‌های بهای تمام‌شده ارتقایافته برای توانمند کردن مدیران در پاسخ به فشار روزافزون برای کنترل هزینه و برنامه‌ریزی در این صنعت در حال تغییر، چالشی و در شرایط عدم اطمینان محیطی است (خواجه‌وی و همکاران، ۱۳۹۵). ظرفیت تولیدات پتروشیمی ایران تا سال ۲۰۲۵ منطبق با برنامه ریزی تولید از ۷۳ تا ۷۸ میلیون تن خواهد بود و ارزش محصولات از ۲۶ تا ۳۶ میلیون دلار در سال ۲۰۲۵ خواهد رسید که حوزه مطالعات گسترده‌ای را برای بررسی چگونگی افزایش ارزش محصولات پتروشیمی فراهم می‌آورد (فرشاه و همکاران^۴، ۲۰۲۰). اتوماسیون سیستم‌های اصلی تولید محصولات پتروشیمی با بهینه‌سازی عملیات تولید و لجستیک، بهره‌وری نیروی کار، افزایش بهره‌وری تجهیزات، بهبود تحقیق و توسعه و توسعه محصول بر رشد تولید ناخالص ملی تأثیر می‌گذارد

(شینکوچ و همکاران^۵، ۲۰۲۰). شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران به‌عنوان سیاستگذار و پشتیبان برنامه ریزی توسعه و تولید پایدار صنعت پتروشیمی در گزارش عملکرد این صنعت، بیشترین چالش در صنعت پتروشیمی را کمبود خوراک و تأمین مواد اولیه (۴۷ درصد) و تعمیرات تجهیزات و قطعات (۲۳ درصد) گزارش کرده است (گزارش ارزیابی عملکرد صنعت پتروشیمی ایران، ۱۳۹۵). همچنین، بررسی صورت‌های مالی حسابرسی شدهٔ مجتمع‌های پتروشیمی فعال عضو بورس، نشان‌دهندهٔ کاهش فروش و افزایش ناخواستهٔ موجودی‌های انبار در سال‌های اخیر است. ارائهٔ چارچوب منعطف برای قیمت‌گذاری خوراک گاز، حمایت از صادرات، رفع موانع تولید رقابت‌پذیر (اسماعیلی پور ماسوله و همکاران، ۱۳۹۶) و طراحی دقیق و هوشمندانهٔ نهاد تنظیم مقررات بخشی، برای صنایع پتروشیمی، با توجه به مؤلفه‌های بومی برای بازار بین مجتمع‌های پتروشیمی به‌عنوان راهکارهای چالش‌های این صنعت در نظر گرفته می‌شود (شکوهی و همکاران، ۱۳۹۹).

در بررسی پیشینهٔ پژوهش، مطالعات گسترده‌ای در بررسی هزینه و بهای تمام‌شدهٔ محصولات و خدمات وجود دارد. دسته‌ای مطالعات مانند کدیر و همکاران^۶ (۲۰۲۰) به بررسی سیستمی و مدل‌سازی برآورد هزینهٔ محصول و خدمات تولیدی توجه کرده‌اند. باکسودیرونا^۷ (۲۰۱۷) و ماریانتی و همکاران^۸ (۲۰۲۰) روش‌های محاسبهٔ هزینه و بهای تمام‌شدهٔ محصولات را در شرکت‌های صنعتی نوپا ارائه کردند. خی و همکاران^۹ (۲۰۱۸) سیاست‌های قیمت‌گذاری خدمات بر مبنای هزینهٔ تمام‌شده را در یک زنجیره تأمین حلقه بسته بررسی کردند. در دسته مطالعات دیگری نیز پژوهش‌های حوزهٔ مدیریت بهای تمام‌شدهٔ محصولات در صنعت پتروشیمی متمرکز بر مدل‌سازی ریاضی و مدل‌سازی پویایی سیستم به‌طور گسترده بررسی شده است. در جدول شماره ۲، برخی از پژوهش‌های مرتبط به‌طور خلاصه ارائه شده است.

جدول ۲- برخی مطالعات حوزهٔ کاهش هزینه و مدیریت بهای تمام‌شدهٔ محصول در صنعت پتروشیمی

پژوهشگران	هدف پژوهش	روش‌شناسی	یافته‌های پژوهش
کوان و همکاران ^{۱۰} (۲۰۲۰)	چارچوب تصمیم‌گیری جامع ترکیبی از مدل‌های پیش‌بینی قیمت و برنامه ریزی تولید برای عملکرد صنعت پتروشیمی	پویایی‌شناسی سیستم، رگرسیون و شبکهٔ عصبی	در این پژوهش، یک چارچوب تصمیم‌گیری بر مبنای سه مدل پویایی سیستم، رگرسیون خطی چندگانه و شبکهٔ عصبی مصنوعی، برای پیش‌بینی دقیق قیمت محصولات ارائه شده است. در این چارچوب، بیشترین سودآوری در کارخانهٔ پتروشیمی تضمین می‌شود.
علی و فیصل ^{۱۱} (۲۰۲۰)	ساختار سرمایه و عملکرد مالی: موردی از صنعت پتروشیمی عربستان	تحلیل آماری شاخص‌های مالی	عملکرد شرکت‌های پتروشیمی تحت کنترل برخی عوامل داخلی و خارجی شامل اندازه، تقاضا، هزینه تولید، جریان‌های سودآور محصولات و سرمایه کم عواملی خارجی است که رشد کلی صنعت پتروشیمی عربستان را به وجود می‌آورد.
بهنایی و همکاران (۲۰۱۹)	یکپارچه‌سازی آشتی داده‌ها در حسابداری هزینه جریان مواد: مورد تصفیه‌خانهٔ فاضلاب پتروشیمی	حسابداری هزینه جریان‌های مواد در فرایند تولید	رویکرد توسعه یافته، مجموعهٔ قابل اتکایی از داده‌ها را برای پیاده‌سازی حسابداری هزینه جریان مواد در سیستم فراهم می‌کند. استفاده از این رویکرد به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند عملکردهای اقتصادی را با اطمینان بیشتری ارتقا دهند.
ویانلو و همکاران ^{۱۲} (۲۰۱۹)	رویکرد تحلیل هزینه و سود برای مدیریت ایمنی صنعتی در صنایع پتروشیمی	تحلیل هزینه و سود	راهکارهای ارزیابی بازرسی موجب تجزیه و تحلیل هزینه و سود و انتخاب اقدامات لازم برای جلوگیری از حوادث غیرمترقبه برای کاهش هزینه‌های تولید می‌شود.

پژوهشگران	هدف پژوهش	روش‌شناسی	یافته‌های پژوهش
لثـ و همکاران ^{۱۳} (۲۰۱۸)	مدل پویایی سیستم توسعه استراتژی سود شرکت‌های پتروشیمی	پویایی‌شناسی سیستم	مدل پویایی‌شناسی سیستم این پژوهش براساس ابتکارات، تجزیه و تحلیل آماری، آثار فصلی و روابط بین عوامل تأثیرگذار بر قیمت نفت تأثیر طراحی شده است و استراتژی‌های سودآوری را ارائه می‌دهد.
مالیشـ و همکاران ^{۱۴} (۲۰۱۸)	چالش‌های شرکت در تولید محصولات پتروشیمی رقابتی	پویایی‌شناسی سیستم	ترکیبی از پشتیبانی لجستیکی فرایندهای تجاری با استفاده از پویایی‌شناسی سیستم و مدیریت چرخه عمر محصولات پتروشیمی ارائه شده است که موجب سودآوری، خودکفایی و توسعه رقابتی می‌شود.
زائـ و همکاران ^{۱۵} (۲۰۱۷)	مدل یکپارچه پالایشگاه و کارخانه پتروشیمی برای بهینه‌سازی برنامه‌ریزی تولید در سطح شرکت پتروشیمی	برنامه‌ریزی غیرخطی مختلط	برای بهینه‌سازی برنامه‌ریزی تولید واحدهای فرآوری در پالایشگاه و کارخانه اتیلن پتروشیمی، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی مختلط طراحی شده است. رویکرد یکپارچه در مقایسه با روش ترتیبی سنتی، در سود کلی شرکت بهبود ایجاد می‌کند.
یوسفی بادی و همکاران (۲۰۱۷)	مدل صف چندمنظوره قابل اعتماد از یک شبکه زنجیره تأمین پتروشیمی تحت عدم اطمینان	برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط	اهداف مدل، حداقل تأخیر در ارائه محصولات، هزینه کل و هزینه حمل و نقل است. مدل مکان‌های بهینه برای یک مرکز توزیع، مرکز جمع‌آوری و تخصیص بهینه مناطق مشتری را مشخص می‌کند.
آزاد و قدسی‌پور (۱۳۹۶)	مدل سازی و سیاست گذاری نظام نوآوری در صنعت پتروشیمی	پویایی‌شناسی سیستم	اعطای پاداش توسط صنعت به واحدهای فناورانه نشان می‌دهد صنعت باید پاداش‌ها را موزون و براساس عملکرد هر فناوری اختصاص دهد تا سود صنعت افزایش یابد.
خواجوی و همکاران (۱۳۹۵)	تأثیر کارکردهای سیستم بهای تمام‌شده بر باور مدیریت در صنعت پتروشیمی	تحلیل آماری و رگرسیون خطی	نتایج، نشان‌دهنده تأثیر مثبت و معنادار متغیرهای جزئیات اطلاعات، طبقه‌بندی اطلاعات و گزارش انحراف‌ها بر باور مدیریت از مفید بودن اطلاعات است.
سلطانیان و همکاران (۱۳۹۴)	تحلیل سیاست قیمت‌گذاری خوراک محصولات پتروشیمی با رویکرد سیستم‌های پویا	پویایی‌شناسی سیستم	یکی از بهترین سیاست‌ها را ارتباط بین قیمت‌های فروش و خوراک اوره و آمونیاک دانسته‌اند که بر این اساس هم قیمت، عادلانه‌تر تعیین می‌شود و هم به سودآوری صنعت ضربه وارد نمی‌شود.
عباسی و رستگار (۱۳۹۰)	ارزیابی هزینه فرصت ازدست‌رفته در پروژه‌های شرکت پتروشیمی جم	محاسبه شاخص‌های اقتصادی	نتایج حاصل از بررسی چهار پروژه نشان داد بهای تمام‌شده واقعی همه پروژه‌ها بیشتر از بودجه آنها و متوسط هزینه فرصت ازدست‌رفته پروژه‌ها بیشتر از مخارج سرمایه آنهاست.

با توجه به بررسی پیشینه پژوهش‌ها، تا آنجا که از دید پژوهشگران گذشت، درباره شناسایی راهکارهای کاهش بهای تمام‌شده در صنعت پتروشیمی، پژوهش‌های بسیار محدودی وجود دارد و بیشتر پژوهش‌ها در سایر صنایع نیز بیشتر بر بعد کاهش هزینه‌های عمومی در چرخه تولید و مصرف محصولات تمرکز دارد؛ به گونه‌ای که بیشتر در پی کاهش هزینه‌های بازاریابی، پخش و خدمات پس از فروش بوده‌اند. با توجه به مسئله پژوهش حاضر، به مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم بهای تمام‌شده محصولات شرکت صنایع پتروشیمی تخت جمشید توجه می‌شود تا آثار بلندمدت راهکارهای مدیریت بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی پیش روی مدیران شرکت بررسی و درنهایت، بهترین استراتژی برای کاهش بهای تمام‌شده محصولات این شرکت شناسایی شود.

۳- روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر، مبتنی بر رویکرد پویایی‌شناسی سیستم، مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی شرکت پتروشیمی تخت جمشید را بررسی کرده است. روش شناسی پویایی‌شناسی سیستم، گام‌هایی را دربرمی‌گیرد که عبارت است از: گام اول: شناسایی و تعریف مسئله. مهم‌ترین گام در مدل‌سازی، شناسایی و تعریف مسئله (چارچوب بندی مسئله) است؛ گام دوم: شناسایی فرضیه‌های پویا. هنگامی که مسئله تعریف و افق زمانی مناسب برای آن تعیین شد، مدل‌سازان، نظریه‌ای به نام فرضیه پویا ارائه می‌کنند؛ گام سوم: ۱- ارائه مدل مفهومی (نمودار حلقه علی). پس از شناسایی فرضیه‌های پویا، ساختن مدل مفهومی (نمودار حلقه علی) رابطه پدیده‌ها را بیان می‌کند. گام سوم: ۲- ترسیم نمودار جریان مدل؛ گام چهارم: شبیه‌سازی و اعتبارسنجی مدل و گام پنجم: تعریف سناریوهای مختلف، انتخاب و پیاده‌سازی راه حل مناسب (استرمن، ۲۰۰۰). متناسب با روش شناسی پویایی سیستم، فرایند اجرایی گام‌های پژوهش، همانگونه که در شکل شماره ۱ مشاهده می‌شود، تعریف شده است.



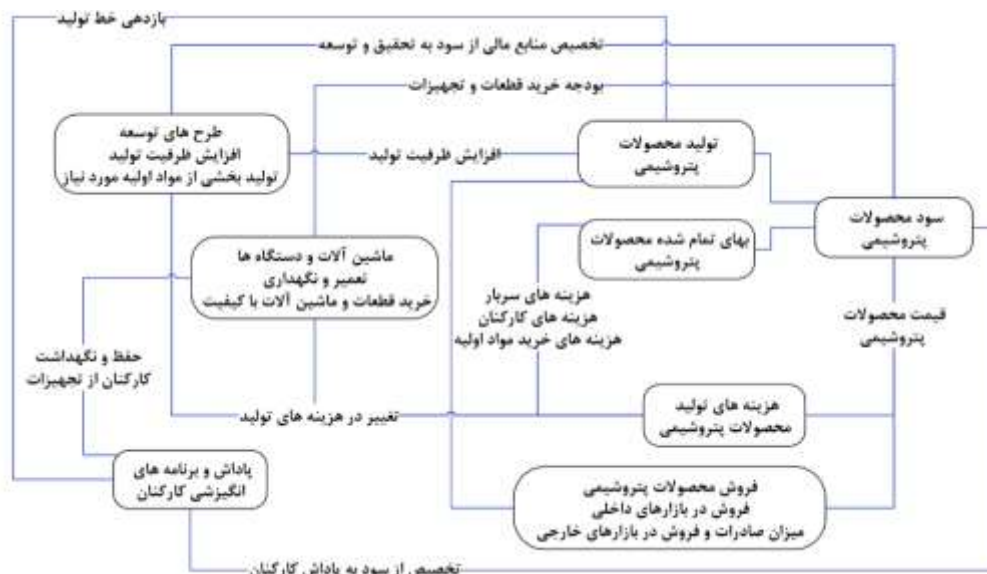
شکل ۱- فرایند اجرایی گام‌های پژوهش مدل‌سازی پویایی سیستم بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی

مدل پویایی‌شناسی سیستم با مشارکت گروهی تصمیم‌سازان و بر مبنای داده‌ها و اطلاعات آماری شرکت صنایع پتروشیمی تخت جمشید طراحی شده است. این شرکت شامل یک واحد تولید استاین بوتادین رابر (SBR) به روش پلیمریزاسیون امولسیون سرد با ظرفیت سالانه، ۳۰ هزار تن و یک واحد تولید پلی بوتادین رابر (PBR) به روش پلیمریزاسیون محلولی با کاتالیست زیگلر ناتا با ظرفیت سالانه، ۱۸ هزار تن در سایت ۲ منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر واقع شده است (صنایع پتروشیمی تخت جمشید، ۱۳۹۹). مشارکت کنندگان، منتخبی از مدیران ارشد سازمانی در حوزه سرمایه‌گذاری و مالی، مدیریت منابع انسانی، بازرگانی و فروش و تحقیق و توسعه در نظر گرفته شدند.

۴- یافته‌های پژوهش

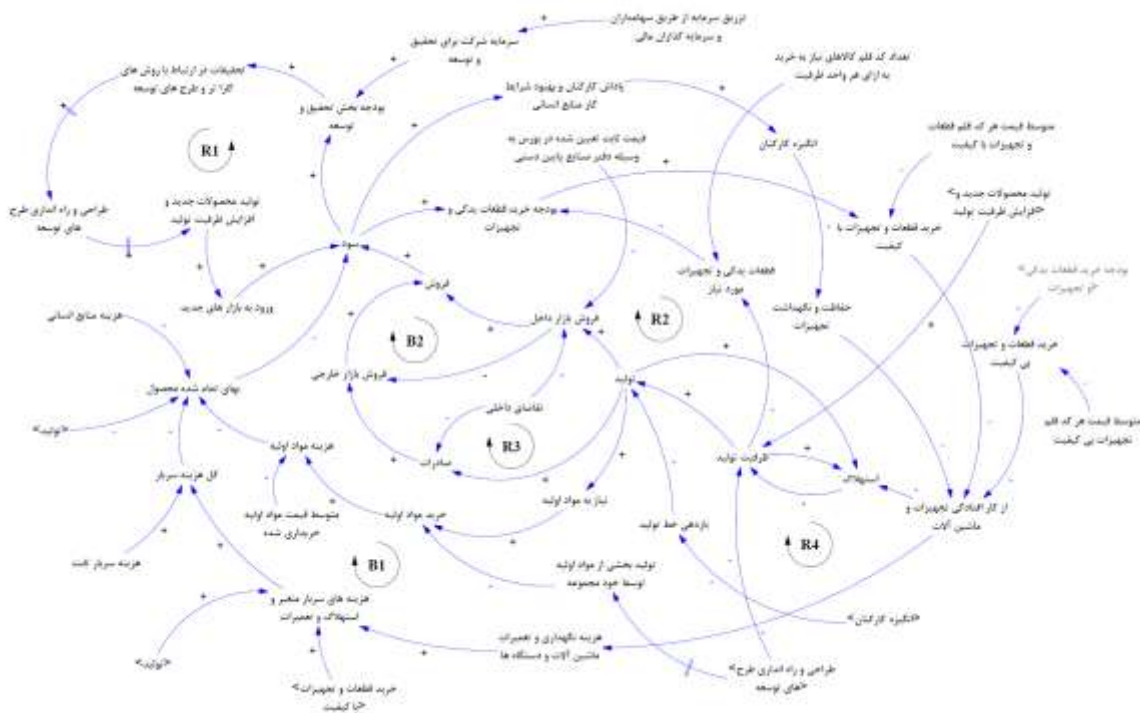
همانگونه که پیش‌تر گفته شد، صنعت پتروشیمی، به‌عنوان مهم‌ترین بخش تبدیلی، نفت و گاز را به محصولات باارزش تبدیل می‌کند که همین مشتقات، موجب تولید محصولات بسیار متنوع پایین‌دستی می‌شود؛ اما گاهی این مزیت به‌علت افزایش برخی هزینه‌ها از جمله اکتشاف، استخراج، تولید و انتقال مواد اولیه، خود باعث افزایش قیمت مواد اولیه می‌شود. همچنین، نبود برنامه‌ریزی، سبب می‌شود قیمت همین مواد اولیه گران‌قیمت صنایع نهایی، به‌علت واسطه‌گری‌ها افزایش یابد و بازار بیشتری را از صادرکنندگان سلب کند. ماشین‌آلات و تجهیزات فرسوده و بی‌کیفیت،

از دیگر عوامل افزایش قیمت تمام‌شده است. تجهیزات به‌علت طول عمر زیاد و نبود امکان استفاده از خدمات جانبی برای ارتقای بهره‌وری آنها، ظرفیت تولیدی کارخانه را کاهش می‌دهد و به‌علت افت تولید، زمینه افزایش قیمت را فراهم می‌کند. از دیگر عوامل تأثیرگذار در بهای تمام‌شده، بهره‌وری کارکنان است. با استفاده از روش‌های مختلف افزایش بازده کارکنان می‌توان موجب افزایش انگیزه آنان شد و بهره‌وری خط تولید را افزایش و درنهایت، بهای تمام‌شده را کاهش داد. بر این مبنا، فرضیه‌های پویای پژوهش حاضر با توجه به پویایی سرمایه‌گذاری در طرح‌های توسعه‌ای افزایش ظرفیت تولید، تولید بخشی از مواد اولیه و افزایش برنامه‌های انگیزشی کارکنان و سرمایه‌گذاری در خرید تجهیزات و اثر بر بهای تمام‌شده محصولات تولیدی شرکت پتروشیمی تخت جمشید توسعه داده شده است. مدل پویایی سیستم، آثار بلندمدت راهکارهای پیش روی برنامه‌ریزان توسعه شرکت را ارزیابی می‌کند. براساس فرضیه‌های پویای پژوهش، زیرسیستم‌ها و تعاملات بین اجزای آن طراحی شده است. در شکل شماره ۲، نمودار زیرسیستم بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی تخت جمشید نشان داده شده است.



شکل ۲- نمودار زیرسیستم بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی تخت جمشید (TJPC)

با توجه به مبانی نظری و بررسی پیشینه و مصاحبه با مدیران ارشد شرکت پتروشیمی تخت جمشید و چند تن از مدیران و صاحب‌نظران صنعت پتروشیمی، متغیرهای تأثیرگذار بر فرایند تولید محصولات پتروشیمی و سیستم بهای تمام‌شده شناسایی شد؛ سپس با مشارکت تصمیم‌گیران، روابط علی و معلولی، همانگونه که در شکل شماره ۳ مشاهده می‌شود، طراحی شد. در ادامه، برای افزایش درک از ساختار سیستم، برخی از حلقه‌های مدل، که معرف مهم‌ترین فرضیه‌های پویای مدل است، در جدول شماره ۳ معرفی و تحلیل شد.

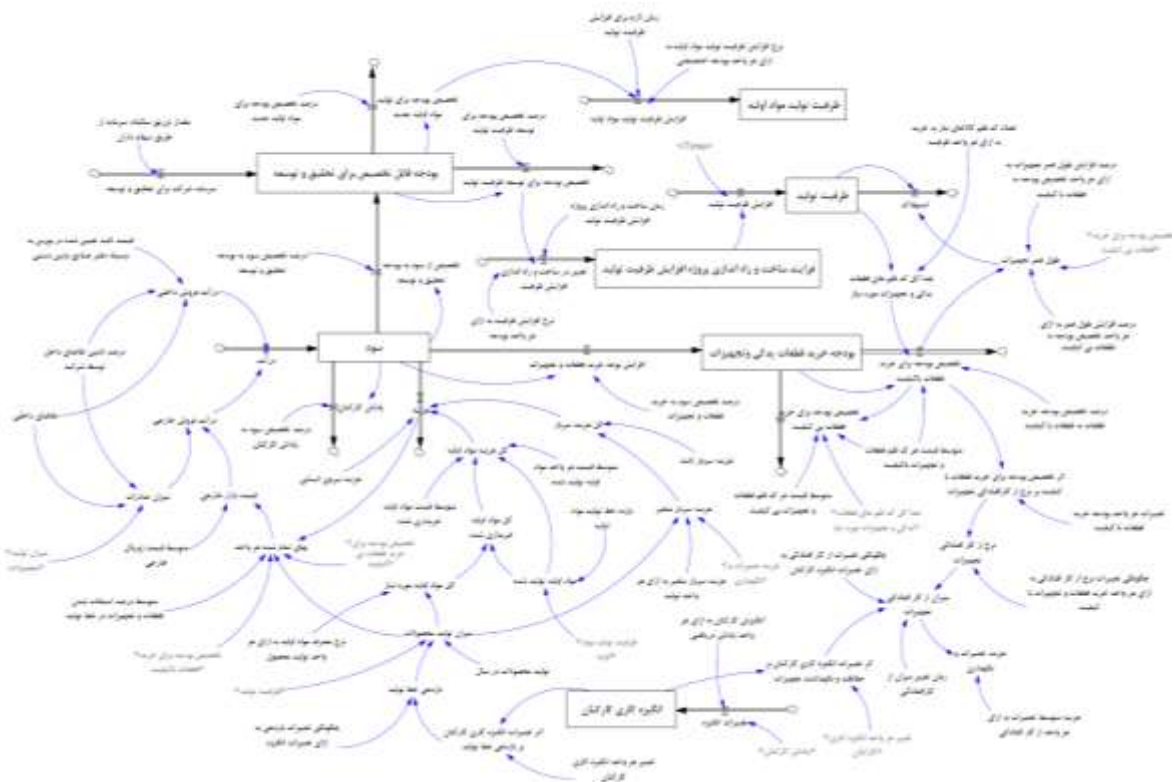


شکل ۳- نمودار علی و معلولی سیستم بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی

جدول ۳- تشریح حلقه‌های نمودار علی و معلولی سیستم بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی

حلقه تقویت کننده / تعدیل کننده	تشریح حلقه نمودار علی
حلقه تقویت کننده طراحی و راه‌اندازی طرح‌های توسعه (R1)	کاهش بهای تمام‌شده محصول، افزایش سود، افزایش تخصیص سود به بخش تحقیق و توسعه، افزایش پژوهش‌ها درباره طرح توسعه، افزایش طراحی و راه‌اندازی طرح‌های توسعه، افزایش تولید بخشی از مواد اولیه توسط خود مجموعه، کاهش خرید مواد اولیه، کاهش هزینه مواد اولیه، کاهش بهای تمام‌شده محصول
حلقه تقویت کننده فروش بازار داخلی (R2)	افزایش تولید، افزایش فروش بازار داخلی، افزایش فروش، افزایش سود، افزایش بودجه خرید قطعات یدکی و تجهیزات، افزایش خرید قطعات تجهیزات باکیفیت، کاهش ازکارافتادگی تجهیزات و ماشین‌آلات، کاهش استهلاک، افزایش ظرفیت تولید، افزایش تولید
حلقه تقویت کننده صادرات (R3)	افزایش تولید، افزایش صادرات، افزایش فروش بازار خارجی، افزایش سود، افزایش بودجه تحقیق و توسعه، افزایش پژوهش‌ها درباره طرح‌های توسعه، افزایش ظرفیت تولید، افزایش تولید
حلقه تقویت کننده انگیزه کارکنان (R4)	افزایش سود، افزایش پاداش کارکنان، افزایش انگیزه کارکنان، افزایش بازده خط تولید، افزایش تولید، افزایش صادرات، افزایش فروش، افزایش سود
حلقه تقویت کننده خرید قطعات و تجهیزات باکیفیت (R4)	افزایش سود، افزایش بودجه خرید قطعات یدکی و تجهیزات، افزایش خرید قطعات و تجهیزات باکیفیت، کاهش ازکارافتادگی ماشین‌آلات و دستگاه‌ها، کاهش هزینه نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات و دستگاه‌ها، کاهش هزینه‌های سربار متغیر و استهلاک و تعمیرات، کاهش هزینه سربار، کاهش بهای تمام‌شده محصول، افزایش سود
حلقه تعدیل کننده هزینه‌های سربار متغیر و استهلاک (B1)	افزایش سود، افزایش بودجه خرید قطعات و تجهیزات، افزایش خرید قطعات و تجهیزات باکیفیت، افزایش هزینه‌های سربار متغیر و استهلاک و تعمیرات، افزایش هزینه سربار، افزایش بهای تمام‌شده محصول، کاهش سود
حلقه تعدیل کننده فروش بازار داخلی (B2)	افزایش تولید، افزایش فروش بازار داخلی، کاهش فروش بازار خارجی، کاهش فروش، کاهش سود، کاهش بودجه خرید قطعات و تجهیزات، افزایش استهلاک، کاهش ظرفیت تولید، کاهش تولید

پس از آن، برای ساخت نمودار به جریان روندهای متغیرها در طول زمان توجه و مبتنی بر مفروضات مدل و با توجه به روندها، براساس نوع متغیرها و قوانین سیستمی و توابع ریاضی و رگرسیونی ارتباط متغیرها فرموله شد. شکل شماره ۴، نمودار جریان سیستم بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی را نشان می‌دهد. در ادامه، پس از تشریح مفروضات مدل جریان، جزئیات مدل‌سازی و روابط متغیرهای اصلی و پارامترهای مدل بیان می‌شود.



شکل ۴- نمودار جریان سیستم بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی

با توجه به اینکه در فرایند تولید محصولات پتروشیمی، از تعداد زیادی مواد شیمیایی در کنار خوراک مصرفی استفاده می‌شود، تمامی اطلاعات مربوط به آنها به صورت متوسط سالانه در متغیری به نام مواد اولیه بیان شده است. همچنین، مقادیر ارائه شده برای افزایش ظرفیت تولید مواد اولیه نیز با توجه به طرح‌های ایجاد شده و برآیندی از طرح‌های مشابه و هزینه‌های آنها لحاظ شده است. علاوه بر این، این شرکت، دو محصول متفاوت تولید می‌کند که هر کدام درجه‌های متفاوتی دارد؛ بنابراین، در کل، این مجموعه، ۵ محصول متفاوت تولید می‌کند که تمامی اطلاعات وارد شده در این چرخه به صورت میانگین قیمتی و ظرفیت تولید این محصولات است و با توجه به نزدیک بودن قیمت تمام‌شده و فروش آنها این میانگین کاملاً قابل استفاده و قابل مطالعه است. علاوه بر مفروضات ذکر شده، تغییرات نرخ ارز و قیمت تعیین شده از جانب دفتر صنایع پایین‌دستی پتروشیمی برای مواد اولیه به صورت میانگین چهار سال اخیر لحاظ شده است. با در نظر گرفتن مفروضات ذکر شده، روابط ریاضی بین متغیرها و ثابت‌های مدل با استفاده از داده‌های شرکت پتروشیمی تخت جمشید تعریف شده است. جزئیات روابط ریاضی حاکم بر متغیرها در جدول شماره ۴ و مقادیر ثابت مدل در جدول شماره ۵ ارائه شده است.

جدول ۴- متغیرهای اصلی و روابط ریاضی حاکم بر متغیرهای سیستم بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی

متغیر	روابط ریاضی	واحد
سود	INTEG (درآمد- هزینه- تخصیص از سود به بودجه تحقیق و توسعه- پاداش کارکنان- بودجه خرید قطعات و تجهیزات، مقدار اولیه سود)	Million Rial
بودجه قابل تخصیص برای تحقیق و توسعه	INTEG (تخصیص از سود به بودجه تحقیق و توسعه+ تخصیص بودجه برای تولید مواد اولیه جدید+ سرمایه شرکت برای تحقیق و توسعه- تخصیص بودجه برای توسعه ظرفیت تولید، مقدار اولیه بودجه تحقیق و توسعه)	Million Rial
درآمد	درآمد فروش خارجی + درآمد فروش داخلی	Million Rial/Year
هزینه	کل هزینه مواد اولیه + کل هزینه سربار + هزینه نیروی انسانی	Million Rial/Year
کل هزینه مواد اولیه	(متوسط قیمت مواد اولیه خریداری شده× کل مواد اولیه خریداری شده)+(متوسط قیمت هر واحد مواد اولیه تولید شده× مواد اولیه تولید شده)	Million Rial/year
پاداش کارکنان	تخصیص سود به پاداش کارکنان × سود	Million Rial/Year
ظرفیت تولید	INTEG (استهلاک - ظرفیت تولید، مقدار اولیه ظرفیت تولید)	Ton
بودجه خرید قطعات یدکی و تجهیزات	INTEG (افزایش بودجه خرید قطعات و تجهیزات- تخصیص بودجه برای خرید قطعات باکیفیت- تخصیص بودجه برای خرید قطعات بی کیفیت، مقدار اولیه بودجه)	Million Rial
طول عمر تجهیزات	12×(1+تخصیص بودجه برای خرید قطعات باکیفیت× درصد افزایش طول عمر تجهیزات به ازای هر واحد تخصیص بودجه به قطعات باکیفیت)+تخصیص بودجه برای خرید قطعات بی کیفیت× درصد افزایش طول عمر به ازای هر واحد تخصیص بودجه به قطعات بی کیفیت))	Year
تخصیص بودجه برای خرید قطعات باکیفیت	IF THEN ELSE (بودجه خرید قطعات یدکی و تجهیزات× درصد تخصیص بودجه خرید قطعات به قطعات باکیفیت)/ متوسط قیمت هر کد قلم قطعات و تجهیزات باکیفیت< تعداد کل کد قلم های قطعات یدکی و تجهیزات مورد نیاز× متوسط قیمت هر کد قلم قطعات و تجهیزات باکیفیت، (بودجه خرید قطعات یدکی و تجهیزات× درصد تخصیص بودجه خرید قطعات به قطعات باکیفیت))	Million Rial/Year
انگیزه کاری کارکنان	INTEG (تغییرات انگیزه، مقدار اولیه انگیزه کاری کارکنان)	Percent
میزان از کارافتادگی تجهیزات	LOOKUP(SMOOTH چگونگی تغییرات از کارافتادگی به ازای تغییرات انگیزه کارکنان (اثر تغییرات انگیزه کاری کارکنان بر حفاظت و نگهداشت تجهیزات)× نرخ از کارافتادگی تجهیزات، زمان تغییر میزان از کارافتادگی)	Dmnl
چگونگی تغییرات از کارافتادگی به ازای تغییرات انگیزه	GRAPH[(0,0) (100,10)], (0,1.2), (10,1.18), (20,1.12), (30,1.08), (40,1), (50,1), (60,1), (70,1), (100,1)	Dmnl
بهای تمام شده هر واحد	(متوسط درصد استفاده شدن قطعات و تجهیزات در خط تولید)* (تخصیص بودجه برای خرید قطعات بی کیفیت+ تخصیص بودجه برای خرید قطعات باکیفیت)+ هزینه/ میزان تولید محصولات	Million Rial/ Ton
تغییر در ساخت و راه اندازی افزایش ظرفیت	DELAY1 (نرخ افزایش ظرفیت به ازای هر واحد بودجه× تخصیص بودجه برای توسعه ظرفیت تولید، زمان ساخت و راه اندازی پروژه افزایش ظرفیت تولید)	Ton/ Year
افزایش ظرفیت تولید مواد اولیه	DELAY1 (تخصیص بودجه برای تولید مواد اولیه جدید× نرخ افزایش ظرفیت تولید مواد اولیه به ازای هر واحد بودجه اختصاصی، زمان لازم برای افزایش ظرفیت تولید)	Ton/ Year
بازده خط تولید	LOOKUP چگونگی تغییرات بازده به ازای تغییرات انگیزه (اثر تغییرات انگیزه کاری کارکنان بر بازده خط تولید)	Dmnl
چگونگی تغییرات بازده به ازای تغییرات انگیزه	GRAPH[(0,0) (100,10)], (0,0.83), (10,0.85), (20,0.88), (30,0.9), (40,0.91), (50,0.92), (100,0.92)	Dmnl
بودجه قابل تخصیص برای تحقیق و توسعه	INTEG (سود+ سرمایه شرکت برای تحقیق و توسعه - تخصیص بودجه برای تولید مواد اولیه جدید- تخصیص بودجه برای توسعه ظرفیت تولید، مقدار اولیه بودجه تحقیق و توسعه)	Million Rial/Year

متغیر	روابط ریاضی	واحد
تخصیص از سود به بودجه تحقیق و توسعه	درصد تخصیص سود به بودجه تحقیق و توسعه \times سود	Million Rial/Year
تخصیص بودجه برای خرید قطعات بی کیفیت	(تعداد کل کد قلم های قطعات یدکی و تجهیزات مورد نیاز - تخصیص بودجه برای خرید قطعات باکیفیت / متوسط قیمت هر کد قلم قطعات و تجهیزات باکیفیت) \times متوسط قیمت هر کد قلم قطعات و تجهیزات بی کیفیت	Million Rial/Year
درآمد فروش داخلی	تقاضای داخلی \times قیمت ثابت تعیین شده در بورس به وسیله دفتر صنایع پایین دستی \times درصد تأمین تقاضای داخل توسط شرکت	Million Rial/Year
میزان صادرات	میزان تولید محصولات - (درصد تأمین تقاضای داخل توسط شرکت \times تقاضای داخلی)	Ton/Year
قیمت بازار خارجی	IF THEN ELSE (1,17 \times بهای تمام شده هر واحد) \leq متوسط قیمت ژورنال خارجی، متوسط قیمت ژورنال خارجی، (بهای تمام شده هر واحد + متوسط قیمت ژورنال خارجی) / 2	Million Rial/ton
استهلاک	DELAY FIXED (ظرفیت تولید / طول عمر تجهیزات , 0, 0)	Ton/Year
تعداد کل کد قلم های قطعات یدکی و تجهیزات مورد نیاز	DELAY FIXED (تعداد کد قلم کالاهای نیاز به خرید به ازای هر واحد ظرفیت \times ظرفیت تولید , 0, 1)	Good/year

جدول ۵- برخی متغیرهای ثابت و مقادیر آن در مدل سیستم بهای تمام شده محصولات پتروشیمی

متغیر	واحد	مقدار	متغیر	واحد	مقدار
درصد تخصیص بودجه خرید قطعات به قطعات باکیفیت	1/Year	0/15	درصد تخصیص سود به بودجه تحقیق و توسعه	1/Year	0/58
متوسط قیمت هر کد قلم قطعات و تجهیزات باکیفیت	Million Rial/Good	50/6	مقدار تزریق سالیانه سرمایه از طریق سهامداران	Million Rial/Year	150000
متوسط قیمت هر کد قلم قطعات و تجهیزات بی کیفیت	Million Rial/Good	29/23	درصد تخصیص سود به پاداش کارکنان	1/Year	0/008
هزینه متوسط تعمیرات به ازای هر واحد از کارافتادگی	Million Rial/Stop	144	درصد تخصیص سود به خرید قطعات و تجهیزات	1/Year	0/2945
هزینه سربار متغیر به ازای هر واحد تولید	Million Rial/Ton	9/436	درصد تخصیص بودجه برای مواد اولیه جدید	1/Year	0/005
هزینه سربار ثابت	Million Rial/Year	27523	درصد تخصیص بودجه برای توسعه ظرفیت تولید	1/Year	0/94
هزینه نیروی انسانی	Million Rial/Year	133336	نرخ افزایش ظرفیت تولید مواد اولیه به ازای هر واحد بودجه اختصاصی	Ton/Million Rial	0/03
متوسط قیمت مواد اولیه خریداری شده	Million Rial/Ton	32/1	نرخ افزایش ظرفیت به ازای هر واحد بودجه	Ton/Million Rial	0/0173
بازده خط تولید مواد اولیه	1/Year	0/96	تعداد کد قلم کالاهای نیاز به خرید به ازای هر واحد ظرفیت	Good/Ton	0/0575
متوسط قیمت هر واحد مواد اولیه تولید شده	Million Rial/Ton	21	متوسط درصد استفاده شدن قطعات و تجهیزات در خط تولید	Million Rial/Ton	94
درصد تخصیص سود به پاداش کارکنان	1/Year	0/008	قیمت ثابت تعیین شده در بورس به وسیله دفتر صنایع پایین دستی	Million Rial/Ton	62

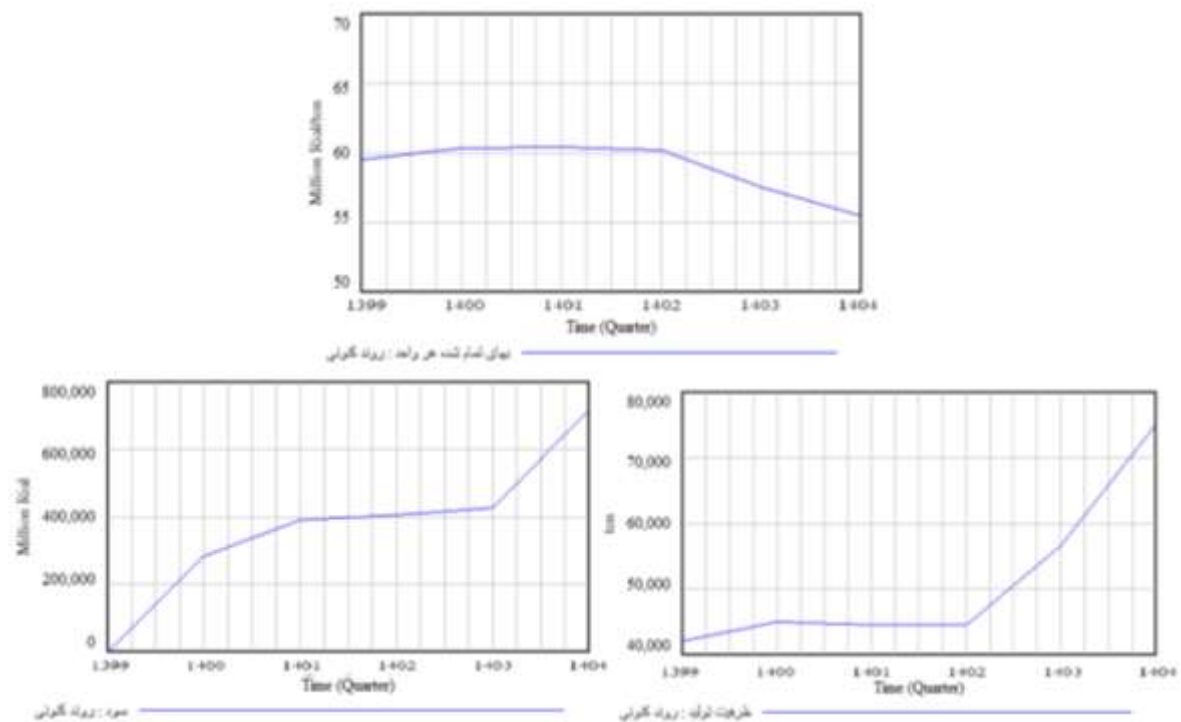
برای اعتبارسنجی مدل، علاوه بر آزمون کفایت مرز مدل توسط خبرگان، آزمون سازگاری ساختار و ابعاد مدل در نرم‌افزار ونسیم و آزمون بازتولید رفتار و شبیه‌سازی اولیه در افق زمانی پنج‌ساله با گام‌های زمانی سه‌ماهه انجام شد. برای آزمون بازتولید رفتار مدل، شاخص $RMSPE^{16}$ محاسبه شد که یکی از روش‌های آماری تأیید رفتار است. این شاخص، مجذور مربع میانگین اختلاف داده‌های واقعی (At) و داده‌های شبیه‌سازی‌شده (St) را اندازه‌گیری می‌کند. برای تأیید رفتار سیستم، این شاخص باید کمتر از ۰/۱ باشد. نتایج آزمون اعتبار رفتاری متغیرهای سود و میزان تولید محصولات پتروشیمی در جدول شماره ۶ ارائه شده است.

$$RMSPE = \sqrt{1/n \sum_{t=1}^n \left(\frac{St-At}{At} \right)^2}$$

جدول ۶- آزمون اعتبار رفتاری برخی متغیرهای مدل سیستم بهای تمام‌شده محصولات

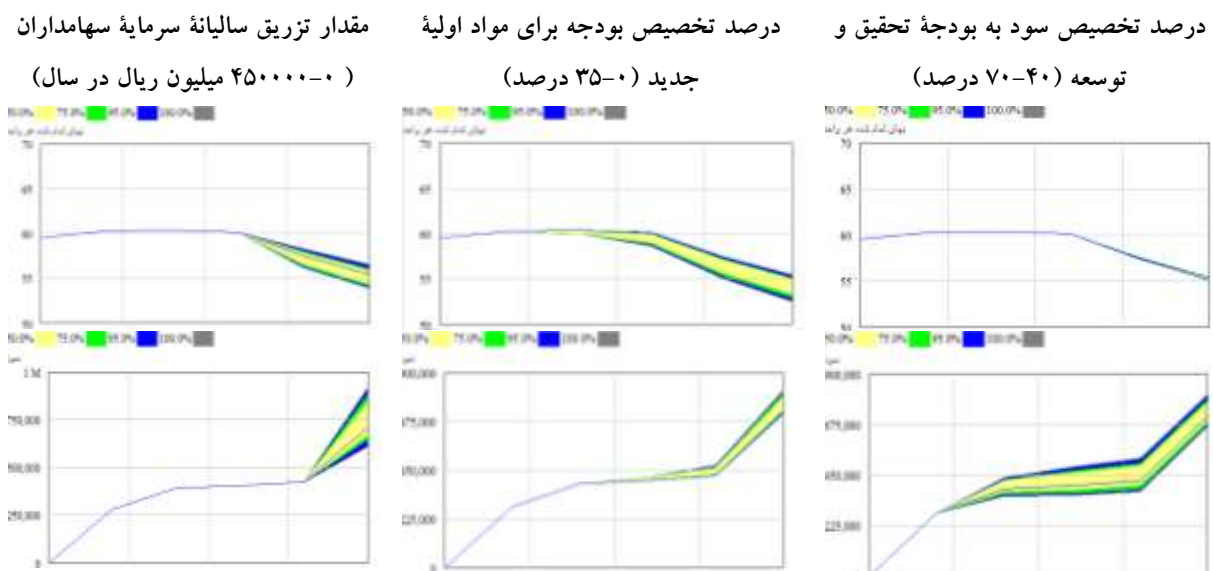
RMSPE	متغیر اصلی مدل				سود
	سه‌ماهه دوم ۱۳۹۸	سه‌ماهه اول ۱۳۹۸	سه‌ماهه چهارم ۱۳۹۷	سه‌ماهه سوم ۱۳۹۷	
۰/۰۱	۴۰۱۷۸۰	۳۹۴۹۴۸	۳۷۲۵۹۱	۳۶۶۷۵۱	مقدار واقعی
	۴۰۰۲۵۰	۳۹۰۵۶۱	۳۸۹۹۰۰	۳۵۸۳۰۰	مقدار شبیه‌سازی‌شده
۰/۰۱	۴/۶۷	۴/۶۲	۴/۵۷	۴/۵۳	مقدار واقعی
	۴/۶۸	۴/۶۵	۴/۵۷	۴/۵۳	مقدار شبیه‌سازی‌شده

با پشت سر گذاشتن موفقیت‌آمیز آزمون‌های اعتبارسنجی، شبیه‌سازی در افق زمانی پنج‌ساله (۱۳۹۹-۱۴۰۴) در نظر گرفته شده است. در ادامه، رفتار متغیرهای کلیدی سیستم کاهش بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی تخت جمشید بررسی می‌شود (شکل شماره ۵). بررسی رفتار متغیر بهای تمام‌شده با توجه به روند فعلی شرکت به گونه‌ای است که با استفاده از طرح‌های توسعه در حال راه‌اندازی و پس از بهره‌برداری از آنها خودبه‌خود به علت سرشکن شدن قیمت‌ها و هزینه‌های تولید بهای تمام‌شده کاهش می‌یابد؛ اما این روند کاملاً مطلوب نیست. بررسی رفتار متغیر ظرفیت تولید در افق شبیه‌سازی نشان می‌دهد در ابتدا به علت اینکه هنوز سیستم به بهره‌وری صددرصدی نرسیده است، ظرفیت کامل ۴۵ هزار تنی برآورده نمی‌شود؛ اما پس از سال ۱۳۹۹، که شرکت در اوج بهره‌وری بوده است، به علت جدید بودن تمامی تجهیزات جدید، سیستم با بیشترین ظرفیت کار می‌کند؛ اما با ادامه این فرایند به علت وجود استهلاک در سیستم و خرابی‌های پیش‌آمده، از ظرفیت صددرصدی مجموعه کاسته می‌شود و پس از بهره‌برداری پروژه، افزایش ظرفیت تولید دوباره این متغیر رو به افزایش است که روند مثبتی است؛ اما با ارائه سیاست‌های مختلفی، ظرفیت تولید را در این بازه بیش‌ازپیش می‌توان افزایش داد. بررسی رفتار متغیر سود در افق شبیه‌سازی نیز نشان می‌دهد در ابتدای بهره‌برداری این شرکت، سود در پایین‌ترین سطح بوده است؛ اما پس از ثبات در تولید در میانه بازه زمانی به مقدار مناسبی افزایش پیدا می‌کند و به ثبات می‌رسد. پس از بهره‌برداری از طرح‌های توسعه و افزایش ظرفیت تولید سود نیز به علت افزایش حجم تولید و افزایش صادراتی که به تبع آن شکل می‌گیرد، افزایش می‌یابد.



شکل ۵- رفتار شبیه‌سازی شده متغیرهای بهای تمام شده، ظرفیت تولید و سود با توجه به ادامه روند کنونی

پس از شبیه سازی و بررسی رفتار متغیرهای مدل، با توجه به نتایج تحلیل حساسیت چندمتغیره مونت کارلو (شکل شماره ۶) متغیرهایی که بیشترین دامنه تغییرات را در رفتار مدل ایجاد می‌کرد و به اصطلاح، نقاط اهرمی مدل شناسایی شد. تغییر رفتار متغیر هدف تحلیل حساسیت، نشان دهنده حساس بودن مدل به تغییرات مقادیر برخی متغیرهای برون‌زاست.



شکل ۶- تحلیل حساسیت مونت کارلو برخی از متغیرهای برون‌زای مدل سیستم بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی

در طی انجام دادن مصاحبه‌ها با متخصصان صنعت پتروشیمی و به ویژه مدیران ارشد و کارشناسان صنایع پتروشیمی تخت جمشید، راهکارهایی برای کاهش بهای تمام‌شده و در پی آن، افزایش سودآوری شرکت پیشنهاد شد. از بین راهکارهای پیشنهادشده، با توجه به نتایج تحلیل حساسیت مدل، راهکارهایی برای بررسی به‌عنوان سیاست‌های کاهش بهای تمام‌شده شرکت انتخاب و بررسی شد. در ادامه، سیاست‌ها توضیح داده می‌شود.

سیاست اول - افزایش تخصیص بودجه تولید مواد اولیه و کاهش تخصیص بودجه افزایش ظرفیت تولید

براساس بررسی‌های گذشته و تأثیر این متغیر در کاهش بهای تمام‌شده، این تصمیم اتخاذ شد که از مقدار تخصیص یافته طرح‌های توسعه‌ای، که موجب افزایش ظرفیت تولید می‌شود، کاسته شود و بودجه به اجرای طرح‌ها برای تولید بخشی از مواد اولیه مانند بوتادین و استایرن اختصاص یابد که از خوراک‌های اصلی این شرکت است. در اعمال این راهکار در مدل، بودجه اختصاص یافته به افزایش ظرفیت تولید از ۹۴ درصد به ۶۵ درصد کاهش یافت و بودجه اختصاص یافته به افزایش ظرفیت تولید مواد اولیه به ۳۵ درصد افزایش یافت که بخشی از بودجه انباشته‌شده طرح‌های توسعه را نیز به خود اختصاص داده است.

سیاست دوم: افزایش بودجه تخصیصی تحقیق و توسعه

در ابتدا، نظر تصمیم‌گیران بر این قرار داشت که افزایش بودجه تحقیق و توسعه به‌تمامی از محل سود انباشته این شرکت حاصل شود. بررسی‌ها نشان داد تأثیر این سیاست در کاهش بهای تمام‌شده نسبت به کاهش سودآوری کل، بسیار ناچیز است؛ بنابراین، تصمیم بر این شد سیاستی اتخاذ شود که بخشی از افزایش بودجه تحقیق و توسعه از محل بودجه اختصاص یافته به خرید قطعات و تجهیزات و درصد کمی از آن از محل سود انباشته تأمین شود؛ بنابراین، تخصیص بودجه خرید قطعات و تجهیزات از سود از ۲۹/۵ درصد به ۲۰ درصد کاهش و سهم بودجه تخصیص یافته تحقیق و توسعه از سود از مقدار ۵۸ درصد به ۶۹ درصد افزایش یافت.

سیاست سوم: افزایش درصد تخصیص سود به پاداش کارکنان از محل سود انباشته شرکت

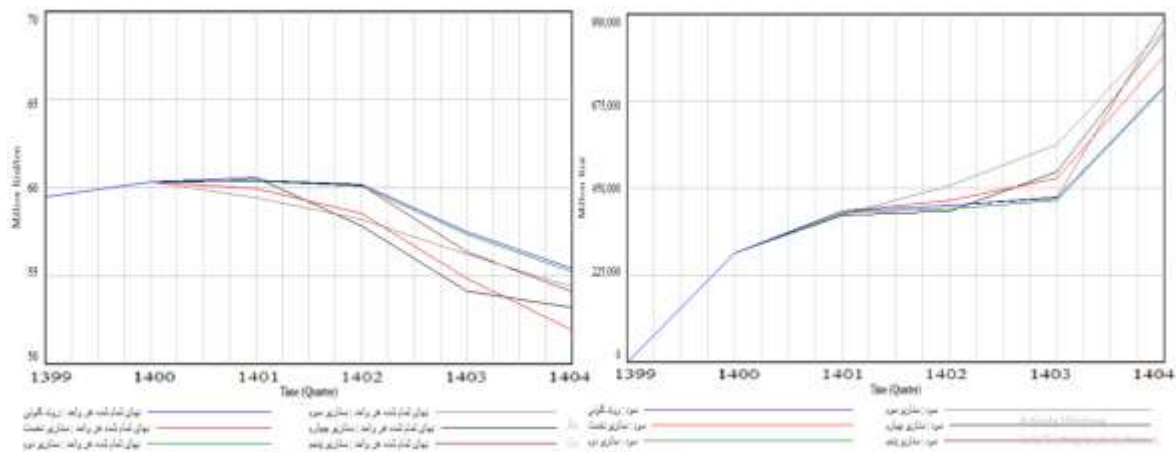
در این سیاست باید حد تناسبی برای پاداش داده‌شده به کارکنان در نظر گرفته می‌شد؛ به گونه‌ای که نه آنچنان از سود انباشته شرکت کم کند و نه آنقدر ناچیز باشد که تأثیری در افزایش انگیزش کارکنان و بهره‌وری سیستم نداشته باشد. برای طراحی این سناریو پس از هم‌اندیشی با تصمیم‌گیران شرکت، بنا شد درصد تخصیص سود به پاداش کارکنان از عددی که قبلاً کمتر از یک درصد بود، به ۴ درصد افزایش یابد و نتایج حاصل با نگاه کوتاه‌مدت و بلندمدت بررسی شود.

سیاست چهارم: افزایش بودجه خرید قطعات باکیفیت

در این سیاست، تأثیر کیفیت قطعات و تجهیزات استفاده‌شده در خط تولید بر هزینه‌ها و درنهایت، کاهش بهای تمام‌شده بررسی شد. برای این امر، درصد بودجه خرید قطعات و تجهیزات به قطعات باکیفیت از ۱۵ درصد ۶۵ درصد افزایش داده شده است. همچنین، عامل دیگری که درنهایت، بر بودجه تخصیص یافته قطعات باکیفیت تأثیرگذار باشد، درصد تخصیص سود خرید قطعات و تجهیزات است که در اینجا نیز از مقدار ۲۹/۵ درصدی به ۳۲ درصد افزایش پیدا کرده است که این مقدار افزایش از محل سود انباشته تأمین می‌شود.

سیاست پنجم: افزایش مقدار تزریق سرمایه‌سالیانه از طرف سهامداران برای راه‌اندازی طرح‌های توسعه در این سیاست، تزریق سرمایه از طریق سهامداران اجرا شده و ایجاد طرح‌های توسعه افزایش یافته است تا ظرفیت تولید و تولید مواد اولیه افزایش یابد؛ بنابراین، محدوده متغیر از سالی ۱۵۰ هزار میلیون ریال به سالی ۴۰۰ هزار میلیون ریال تغییر یافته است.

شکل شماره ۷، نتایج شبیه‌سازی متغیر بهای تمام‌شده و سود را متأثر از سیاست‌های اجرایی نشان می‌دهد.



شکل ۷- نتایج شبیه‌سازی متغیر بهای تمام‌شده و سود متأثر از سیاست‌های اعمال‌شده روی مدل

با توجه به شکل شماره ۷، در نتیجه اجرای سیاست نخست، بیشترین میزان کاهش بهای تمام‌شده در بین تمام سیاست‌ها به وجود می‌آید. علت اصلی کاهش بهای تمام‌شده کاهش هزینه‌های تولید است. با اجرای سیاست نخست، تأمین بخشی از مواد اولیه مورد نیاز به جای تأمین شدن از طریق خرید مواد اولیه، از تولیدات خود شرکت تأمین می‌شود و تولیدات داخلی شرکت، هزینه کمتری دارد؛ در نتیجه، در کل، هزینه مواد اولیه برای هر واحد تولید و بهای تمام‌شده کل تا حد زیادی کاهش می‌یابد. این روند در سال‌های ابتدایی با شیب کمتری اتفاق می‌افتد و پس از گذشت چند سال به علت افزایش سود شرکت و بودجه تخصصی، با شیب بیشتری کاهش می‌یابد. رفتار متغیر سود با اعمال سیاست اول به مقدار زیادی افزایش پیدا می‌کند که علت آن این است که با تخصیص بخشی از بودجه افزایش ظرفیت تولید و بخشی از سود انباشته به تولید مواد اولیه، بهای تمام‌شده کاهش می‌یابد و درآمد نسبت به هزینه‌ها روند رو به رشد بیشتری دارد و در نتیجه، سودآوری افزایش پیدا می‌کند. این افزایش در سال‌های ابتدایی، بسیار ناچیز است؛ زیرا در آن سال‌ها افزایش ظرفیت تولید مواد اولیه، بسیار اندک است و هرچه به سال‌های انتهای دوره شبیه‌سازی نزدیک می‌شود، به علت بیشتر شدن این ظرفیت سودآوری با شیب بیشتری افزایش می‌یابد.

با اجرای سیاست دوم در عمل، بهای تمام‌شده تغییری نمی‌کند و فقط در سال پایانی دوره شبیه‌سازی، اندک کاهش قابل مشاهده است. همچنین، اعمال این سیاست، هیچ تأثیری در افزایش سودآوری ندارد؛ زیرا فقط افزایش بودجه تحقیق و توسعه بدون تزریق مالی سهامداران، ظرفیت را آنچنان افزایش نمی‌دهد که موجب سوددهی زیادی شود.

اجرای سیاست سوم در کاهش بهای تمام‌شده، نقش بسزایی دارد؛ به گونه‌ای که با افزایش اندکی در پاداش کارکنان، بهره‌وری خط تولید افزایش می‌یابد و از همان سال‌های ابتدایی دوره شبیه‌سازی تا حد زیادی بهای تمام‌شده کاهش پیدا می‌کند و در سال آخر نیز با توجه به افزایش ظرفیت و افزایش سودآوری شرکت، پاداش تخصیص یافته نیز افزایش می‌یابد و به تبع آن، شیب کاهش بهای تمام‌شده بیشتر می‌شود. علاوه بر این، سیاست سوم، یکی از بهترین سیاست‌هایی است که سودآوری را افزایش می‌دهد. با تخصیص پاداش بیشتر به کارکنان با افزایش درصد تخصیص سود به پاداش پس از سال اول، که مقدار پاداش بسیار اندک است، با گذشت سال‌های میانی و در انتهای دوره شبیه‌سازی به علت افزایش سود شرکت و به تبع آن، پاداش کارکنان، انگیزه آنها به بالاترین سطح می‌رسد و در پی آن، از ظرفیت تولید با بیشترین بازده بهره‌برداری می‌شود. همچنین، با افزایش تولیدات شرکت، هزینه‌های ثابت تولید سرشکن می‌شود و با افزایش تولید، صادرات نیز افزایش می‌یابد و درآمد حاصل از آن، سود را تا حد بسیار زیادی افزایش می‌دهد.

اجرای سیاست چهارم نیز مانند سیاست اول، تأثیرگذاری بسیار زیادی دارد. این امر نشان می‌دهد متغیرهایی که به‌طور مستقیم در بهای تمام‌شده تأثیرگذار است، در کاهش بهای تمام‌شده، بیشترین نقش را دارد. در این سیاست نیز با افزایش بودجه خرید قطعات باکیفیت از راه افزایش درصد تخصیص بودجه قطعات باکیفیت و درکل، با افزایش دادن بودجه خرید قطعات از محل سود انباشته، بهای تمام‌شده تا حد زیادی کاهش می‌یابد که این مقدار در سال‌های اولیه به صورت معکوس عمل می‌کند. علت آن، هزینه‌هایی است که به سیستم تحمیل می‌کند؛ اما از سال‌های میانی دوره شبیه‌سازی با شیب بیشتری کاهش می‌یابد. علت آن، افزایش سودآوری و افزایش بودجه خرید قطعات و تجهیزات است. در سال‌های آخر به علت افزایش ظرفیت تولید و استهلاک بیشتر سیستم و به تبع آن، نیاز بیشتر به قطعات یدکی، هزینه کلی خرید قطعات افزایش می‌یابد و کمی از شیب آن کاسته می‌شود. این سیاست در ابتدا شاید تأثیر به‌ظاهر مثبتی بر افزایش سود نداشته باشد؛ زیرا افزایش بودجه قطعات موجب کاهش سود انباشته می‌شود و هزینه‌ها را نیز به علت گران‌تر بودن تأمین قطعات افزایش می‌دهد؛ اما پس از اجرای این سیاست و با توجه به طول عمر بیشتر قطعات باکیفیت و کمتر بودن هزینه نگهداری و تعمیرات در هنگام استفاده از قطعات باکیفیت در سیستم، موجب بهره‌وری بیشتر سیستم می‌شود و استهلاک را به پایین‌ترین سطح می‌رساند و ظرفیت تولید در بیشترین حد خود باقی می‌ماند. همچنین، خرید قطعات باکیفیت، هزینه تعمیرات و نگهداری را کاهش می‌دهد و موجب می‌شود با کاهش بهای تمام‌شده و افزایش ظرفیت تولید، سودآوری افزایش یابد و در مجموع، هزینه‌های خرید این قطعات، که در ابتدا پرداخت و بخشی از آن از سود انباشته تأمین شده بود، علاوه بر جبران‌شدن به سود شرکت نیز افزوده شود.

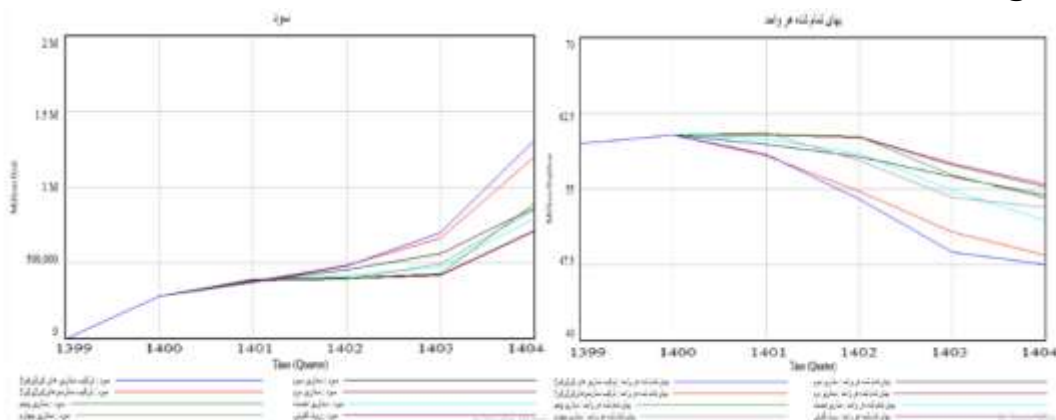
اجرای سیاست پنجم مانند سیاست دوم، تأثیر زیادی در کاهش بهای تمام‌شده در سال‌های ابتدایی ندارد؛ اما پس از سال‌های میانی و با افزایش ظرفیت تولید، هزینه‌های ثابت سرشکن و موجب کاهش بهای تمام‌شده هر واحد می‌شود. این سیاست، که افزایش سرمایه از طریق سهامداران است، تأثیر بسزایی در افزایش سود دارد و نسبت به سرمایه‌نگفتی که هر سال باید سهامدار تزریق کند، افزایش سود توجیه‌پذیر است و در بلندمدت و پس از راه‌اندازی طرح‌های توسعه علاوه بر جبران هزینه‌ها، سود زیادی را نصیب سهامداران می‌کند.

بررسی نتایج سیاست‌ها نشان می‌دهد سیاست اول، یعنی افزایش تخصیص بودجه تولید مواد اولیه و کاهش تخصیص بودجه به افزایش ظرفیت تولید، بهترین راهکار برای کاهش بهای تمام‌شده است؛ اما درباره سودآوری در رتبه چهارم قرار دارد؛ پس برای بررسی بیشتر و انتخاب بهترین راهکارها، سیاست‌های مذکور با یکدیگر ترکیب می‌شود تا نتایج کامل‌تری به دست آید.

ترکیب سیاست‌ها: با توجه به نتایج اعمال سیاست‌ها، سیاست سوم مربوط به افزایش پاداش کارکنان و سیاست اول، که تخصیص بودجه به تولید مواد اولیه و کاهش بودجه افزایش ظرفیت تولید است، و سیاست پنجم تزریق سرمایه سالیانه سهامداران، موجب بهبود سیستم خواه از لحاظ کاهش بهای تمام‌شده و خواه از لحاظ افزایش سود می‌شود؛ بنابراین، باید در ترکیب سیاست‌ها مشخص شود که آیا بهتر است مقداری از سود، که به بخش‌های مختلف تخصیص می‌یابد، به بودجه تحقیق و توسعه افزوده شود یا به بودجه خرید قطعات و تجهیزات؛ بنابراین، سیاست‌های ترکیبی در قالب ترکیب سیاست‌های اول، دوم، سوم و پنجم و در حالت دیگر سیاست‌های اول، سوم، چهارم و پنجم دسته‌بندی شده است.

در سیاست ترکیبی اول، درصد تخصیص بودجه توسعه ظرفیت تولید از ۹۴ درصد به ۶۵ درصد کاهش می‌یابد و درصد تخصیص بودجه تولید مواد اولیه به ۳۵ درصد افزایش پیدا می‌کند. همچنین، درصد تخصیص سود به بودجه تحقیق و توسعه از ۵۸ درصد به ۶۹ درصد افزایش می‌یابد که بخشی از آن از محل سود انباشته و بقیه از کاهش ۲۹/۵ درصد تخصیص سود به قطعات تجهیزات به ۲۰ درصد حاصل می‌شود. درصد پاداش کارکنان از حدود ۱ درصد به ۴ درصد و در نهایت، متغیر تزریق سرمایه از طریق سهامداران نیز از ۱۵ میلیارد تومان در سال به ۴۰ میلیارد تومان افزایش می‌یابد.

در سیاست ترکیبی دوم، درصد تخصیص بودجه توسعه ظرفیت تولید از ۹۴ درصد به ۶۵ درصد کاهش می‌یابد و درصد تخصیص بودجه تولید مواد اولیه به ۳۵ درصد افزایش پیدا می‌کند. همچنین، درصد پاداش کارکنان از حدود ۱ درصد به ۴ درصد و درصد تخصیص بودجه به خرید قطعات باکیفیت از ۱۵ درصد به ۶۵ درصد افزایش می‌یابد و درصد تخصیص سود خرید قطعات و تجهیزات نیز از مقدار ۲۹/۵ درصدی به ۳۲ درصد افزایش می‌یابد که این مقدار افزایش از محل سود انباشته تأمین می‌شود و در نهایت، متغیر آخر، یعنی تزریق سرمایه از طریق سهامداران نیز از ۱۵ میلیارد تومان در سال به ۴۰ میلیارد تومان افزایش پیدا می‌کند. نتایج اجرای راهکارهای ترکیبی در کنار نتایج انفرادی راهکارها در شکل شماره ۸ دیده می‌شود.



شکل ۸- شبیه‌سازی متغیر بهای تمام‌شده و سود متأثر از سیاست‌های ترکیبی اجراشده

۵- بحث

پس از اجرای راهکارهای مختلف و اجرای ترکیبی آنها و مقایسه نتایج، نوبت به انتخاب بهترین راهکار برای کاهش بهای تمام شده محصولات پتروشیمی تخت جمشید می‌رسد. همانگونه که توضیح داده شد، با اجرای سیاست‌ها به شکل انفرادی مشخص می‌شود که کدام سیاست در کاهش بهای تمام شده، بیشترین تأثیر را دارد؛ اما در کنار کاهش بهای تمام شده باید به مسئله سودآوری شرکت نیز توجه کرد؛ زیرا کاهش بهای تمام شده بدون ایجاد سودآوری، امری بی‌معنی است. مقایسه سودآوری و بهای تمام شده در تمام راهکارها نشان داد راهکار برتر در کاهش بهای تمام شده، راهکار برتر در سودآوری نیست؛ بنابراین، راهکارها ترکیب شد که مقایسه نتایج آنها در جدول شماره ۷ دیده می‌شود.

جدول ۷- مقایسه متغیرهای کلیدی سیستم با اجرای سیاست‌های انفرادی و ترکیبی

سیاست	رتبه در کاهش بهای تمام شده	رتبه در افزایش سود	سیاست	رتبه در کاهش بهای تمام شده	رتبه در افزایش سود
نخست	۳	۶	پنجم	۵	۳
دوم	۷	۷	ترکیبی ۱	۲	۲
سوم	۶	۴	ترکیبی ۲	۱	۱
چهارم	۴	۵			

با ترکیب کردن راهکارها این نتیجه حاصل می‌شود که ترکیب سیاست‌های اول، سوم، چهارم و پنجم، بیشترین بازده را دارد. این سیاست ترکیبی، بهای تمام شده را از همه سیاست‌های دیگر، بیشتر کاهش می‌دهد و در زمینه سودآوری به تمامی سیاست‌های دیگر برتری دارد که نتایج، کاملاً منطقی به نظر می‌رسد و توجیه پذیر است؛ زیرا در سیاست‌های قبلی مثلاً استفاده تنها از سیاست تزریق سرمایه از سوی سهامداران در کاهش بهای تمام شده و افزایش سودآوری، تأثیر زیادی نداشت که توجیه پذیر باشد؛ اما با ترکیب با سایر سیاست‌ها سودآوری بسیار خوبی ایجاد می‌کند و کاملاً توجیه پذیر به نظر می‌رسد و پس از چند سال، علاوه بر اینکه سرمایه سهامدار بازمی‌گردد، سودآوری شرکت را به سطح بسیار بالاتری نسبت به وضعیت فعلی می‌رساند.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف اصلی این پژوهش، شناسایی و ارزیابی راهکارهای کاهش بهای تمام شده محصولات پتروشیمی شرکت تخت جمشید بوده است. برای دستیابی به این هدف، از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم بهره گرفته شده است. برای کاهش بهای تمام شده محصولات با نگاهی به سودآوری بیشتر، راهکارهایی مطرح شد که عبارت است از:

- افزایش تخصیص بودجه تولید مواد اولیه و کاهش تخصیص بودجه به افزایش ظرفیت تولید؛
- افزایش بودجه تخصیصی تحقیق و توسعه؛
- افزایش درصد تخصیص سود به پاداش کارکنان از محل سود انباشته شرکت؛
- افزایش درصد تخصیص بودجه خرید قطعات و تجهیزات بودجه خرید قطعات و تجهیزات باکیفیت و
- افزایش مقدار تزریق سرمایه‌سالیانه از طرف سهامداران برای راه‌اندازی طرح‌های توسعه.

پس از شبیه‌سازی سیستم با راهکارهای انفرادی، راهکارهایی ترکیبی از این سیاست‌ها ارائه شد. با مقایسه نتایج به‌دست‌آمده، ترکیب سیاست‌های اول، سوم، چهارم و پنجم، بیشترین بازده را دارد. این سیاست ترکیبی، بهای تمام‌شده را از همه سیاست‌های دیگر، بیشتر کاهش می‌دهد و در زمینه سودآوری نیز به تمامی سیاست‌های دیگر، برتری دارد و در بلندمدت، ارزش افزوده زیادی برای شرکت ایجاد می‌کند.

در هیچ پژوهشی به مدل‌سازی سیستمی استراتژی کاهش بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی در کشور توجه نشده است؛ بنابراین، مبنای دقیقی برای مقایسه نتایج با پژوهش‌های پیشین وجود ندارد. به‌طور کلی، یافته‌های پژوهش حاضر با یافته‌های شینکویچ و همکاران (۲۰۲۰) در زمینه بهره‌وری تجهیزات و بهبود تحقیق و توسعه در برنامه‌ریزی افزایش تولید محصولات پتروشیمی همسوست. همچنین، بر یافته‌های علی و فیصل (۲۰۲۰) درباره اثر میزان تقاضا بر میزان سرمایه‌گذاری و هزینه تولید در رشد صنعت پتروشیمی تأکید می‌کند. نتایج پژوهش، نتایج اسماعیلی‌پور و همکاران (۱۳۹۶) را در زمینه چالش تأمین خوراک و مواد اولیه و چالش تعمیرات تجهیزات و قطعات در صنعت پتروشیمی تأیید می‌کند. در این پژوهش برای ساده‌سازی مدل، برخی عوامل مؤثر در سیستم تولید و بهای تمام‌شده به‌عنوان متغیرهای برون‌زا در نظر گرفته شد و از نوسان‌های قیمت‌های فروش کالا و خرید مواد اولیه، که از عوامل گوناگونی مانند نرخ ارز و تورم، مناسبات سیاسی و قیمت‌های تصویب‌شده از جانب دفتر صنایع پایین‌دستی پتروشیمی نشئت می‌گیرد، صرف نظر شده است. اگر این کار انجام نمی‌شد، وجود متغیرهای بسیار و در نتیجه، حلقه‌های بازخورد فراوان، سبب پیچیدگی بیش‌ازحد مدل می‌شد و شبیه‌سازی را دشوار می‌کرد؛ بنابراین، در مدل ارائه‌شده، متغیرهای اصلی مد نظر قرار گرفته؛ ولی برای ساده‌سازی از برخی متغیرها و روابط صرف نظر شده است. البته با توجه به قابلیت تحلیل حساسیت مدل، تأثیر تغییر هر یک را بر رفتار سیستم می‌توان پیش‌بینی کرد. همچنین، به‌علت کمبود مطالعات در زمینه کاهش بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی، استخراج عوامل تأثیرگذار بر اساس مشاوره از متخصصان و مدیران صنعت پتروشیمی و به‌ویژه مدیران پتروشیمی تحت جمشید انجام شده است.

به‌علت اینکه در فرایند تولید از تعداد زیادی مواد شیمیایی در کنار خوراک مصرفی این شرکت استفاده می‌شود، تمامی اطلاعات مربوط به آنها به‌صورت اجمالی و متوسط سالانه به‌صورت متغیر به نام مواد اولیه بیان شده است. همچنین، مقادیر ارائه‌شده برای افزایش ظرفیت تولید مواد اولیه نیز با توجه به طرح‌های ایجادشده در این شرکت و برآیندی از طرح‌های مشابه و هزینه‌های آنها لحاظ شده است.

با وجود محدودیت‌های ذکرشده، در این پژوهش کوشیده شد علاوه بر افزودن به دانش موجود در زمینه کاهش بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی، پیش‌زمینه مناسبی نیز برای مطالعات بعدی فراهم شود. پیشنهاد پژوهشگران در این زمینه شامل موارد ذیل است:

- افزودن متغیرهای نرخ ارز، تورم، واکنش رقبا، نوسان‌های قیمت مواد اولیه برای بررسی دقیق‌تر سیستم؛
- افزودن متغیرهای حامل‌های انرژی در محاسبه هزینه‌های سربار و بررسی تأثیرگذاری این متغیرها و ایجاد راهکارهای جدید برای کاهش بهای تمام‌شده، کاهش هزینه‌های حامل‌های انرژی و سرمایه‌گذاری در پروژه‌های مدیریت انرژی؛

- ارزیابی راهکارهای کاهش آلودگی‌های محیط زیستی با توجه به چالش‌های محیط زیستی اخیر صنایع پتروشیمی در کشور و اثر بلندمدت بر مسئولیت اجتماعی و تقویت جایگاه تجاری شرکت؛
- شناسایی عوامل تأثیرگذار دیگر در انگیزش کارکنان به غیر از پاداش نقدی و بررسی تأثیرگذاری آنها در ایجاد انگیزش کارکنان شرکت و افزایش بهره‌وری آنها؛
- بررسی امکان تولید محصولات جدید، ورود به بازارهای جدید و بررسی تأثیر بازاریابی در روند فروش با دید افزایش سودآوری شرکت؛
- بررسی و ارزیابی فرایندهای مربوط به خرید و تعمیر و نگهداری تجهیزات و قطعات، فرایندهای کنترل و نظارت و بازرسی پیشگیرانه برای کاهش نرخ ازکارافتادگی تجهیزات و
- گسترش مرزهای مدل و در نظر گرفتن ذی‌نفعان اصلی صنعت پتروشیمی کشور و ارائه راهکارهای توسعه صنعت پتروشیمی بر مبنای مشارکت ذی‌نفعان و روش‌های تفکر نرم سیستمی مبتنی بر توافق ذی‌نفعان.

References

- Abasi, E., and Rastegar, I. (2011). "Evaluation of the opportunity cost in Jam Petrochemical Company Projects". *Management Accounting*, 3: 95-108. (in Persian).
- Ali, A., and Faisal, S. (2020). "Capital structure and financial performance: A Case of Saudi Petrochemical Industry. *The Journal of Asian Finance, Economics, and Business*, 7(7): 105-112.
- Azad, S., and Ghodsipour, S. (2018). "Modeling and Policymaking the Techno-Sectoral Innovation System in Petrochemical Industry using System Dynamics". *Innovation Management Journal*, 6(4): 29-62. (in Persian).
- Azad, S., and Ghodsipour, S. (2017). "Modeling technological innovation system by system dynamics approach and analyzing functional indices Case study: technological innovation in developing catalysts for Iranian petrochemical industry". *Journal of Technology Development Management*, 5(1): 39-64. Doi: 10.22104/jtdm.2018.2035.1710. (in Persian).
- Baxodirovna, A.N. (2017). "The features of methods of calculation of the cost at the industrial enterprises of ferrous metallurgy". *International Journal of Research in Social Sciences*, 7(3): 327-335.
- Behnami, A., Benis, K.Z., Shakerkhatibi, M., Fatehifar, E., Derafshi, S., and Chavoshbashi, M.M. (2019). "Integrating data reconciliation into material flow cost accounting: The case of a petrochemical Waste water treatment plant". *Journal of Cleaner Production*, 218: 616-628.
- Cleary, P. (2015). "An empirical investigation of the impact of management accounting on structural capital and business performance". *Journal of Intellectual Capital*, 16(3): 566-586.
- Dargahi, R. (2015). *Industrial Accounting*, Tehran: Negah Danesh Publications, Fifth Edition. (in Persian).
- Farashah, V.H., Hosseini, S.H., Sazvar, Z., and Ganjavi, H.S. (2020). "An investigation on the petrochemical industry development in Iran: a system dynamics approach". *International Journal of Energy Technology and Policy*, 16(5-6): 493-509.
- Ghaem Maghami Hazaveh, M. (2015). "Identifying the factors affecting the reduction of production costs and prioritizing them based on multi-criteria decision making method, Case study of manufacturing company", *International Conference on Management, Economics and Industrial Engineering*, Tehran, Iran. (in Persian).
- Ismailipour Masouleh, E., and Garshasbi, A. (2016). "Identify challenges and provide solutions for the development of the petrochemical industry from the perspective of financial performance of listed companies". *Business Reviews*, 14(80): 14-30. (in Persian).

- Kadir, A.Z.A., Yusof, Y., and Wahab, M.S. (2020). "Additive manufacturing cost estimation models-A classification review". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 107(9): 4033-4053.
- Kaviani, H., Shokohyar, S., and Fath abadi, H. (2018). "Identifying and Addressing the Contextual Factors Contributing to Strategic Thinking in the Petrochemical Industry". *Journal of Strategic Management Research*, 23(67): 151-171. (in Persian).
- Khajavi, S., Hallaj, M., and Sheykhi, A. (2016). "The Effect of Cost System Function on Managers Evaluations of the Relevance and Usefulness of Cost Data (Case Study: Iranian Petrochemical Industry)". *Quarterly financial accounting journal*, 8(29): 132-156. (in Persian).
- King, R., and Clarkson, P. (2015). "Management control system design, ownership, and performance in professional service organizations". *Accounting, Organizations and Society*, 45: 24-39.
- Kwon, H., Do, T.N., and Kim, J. (2020). "Comprehensive decision framework combining price prediction and production planning models for strategic operation of a petrochemical industry". *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 59(25): 11610-11620.
- Lyu, B., Kwon, H., and Moon, I. (2018). "A novel system dynamics model for forecasting naphtha price". *Korean Journal of Chemical Engineering*, 35(4): 1033-1044.
- Malysheva, T.V., Shinkevich, A.I., Ostanin, L.M., Zhandarova, L.F., Muzhavleva, T.V., and Kandrashina, E.A. (2018). "Organization challenges of competitive petrochemical products production". *Revista ESPACIOS*, 39(09): 28-42.
- Maryanti, C.S., Rasjidin, R., Pusaka, S., and Praja, A.K.A. (2020). "Implementation of Activity based Costing System in Real Price Calculation of Cost of Goods Manufactured for the Determination of the Selling Pricing for Start-up Business: Fruit Combining". *In Proceedings of the 1st International Conference on Recent Innovations (ICRI 2018)*. 2706-2712.
- Masoumi, SH., and Mohammad, M., and Tabarbaei, A. (2010). "The Role of Maintenance and Repair in Reducing Production Costs in Mazandaran Province Industries from a Management Perspective", *The First Integrated Maintenance and Repair Conference, Tehran, Institute of Productivity and Human Resources Studies*. (in Persian).
- Maiga, A.S., Nilsson, A., and Jacobs, F.A. (2014). "Assessing the interaction effect of cost control systems and information technology integration on manufacturing plant financial performance". *The British Accounting Review*, 46(1): 77-90.
- National Petrochemical Company of Iran (NPCI). (2021). <https://en.nipc.ir/index.aspx?fkeyid=&siteid=107&pageid=3588>.
- Shinkevich, A.I., Barsegyan, N.V., Dyrdonova, A.N., and Fomin, N.Y. (2020). "Key directions of automation of petrochemical production". *In Journal of Physics: Conference Series*. 1515(2): 022016. IOP Publishing.
- Shokouhi, M., Mohtashami Pour, R., and Hosseinimehr, S. (2020). "The Investigation of Challenges of Iranian Petrochemical Industry within the Framework of General Policies on Resilient Economy". *Majlis and Rahbord*, 27(102): 295-330. (in Persian).
- Soltanian Telkabadi, H., Mohaghar, A., and Sadeghi Moghadam, M. (2016). "Pricing-Policy Analysis of Petrochemical Feed-Stock through Dynamic Systems Approach". *Journal of Industrial Management Perspective*, 5(4): 59-78. (in Persian).
- Sterman, J.D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a complex world*. Boston: Permission of the McGraw-Hill companies.
- Takhte Jamshid Petrochemical Company (TJPC). (2021). <http://78.157.60.102/en/aboutus/aboutco>.
- Vianello, C., Milazzo, M.F., and Maschio, G. (2019). "Cost-benefit analysis approach for the management of industrial safety in chemical and petrochemical industry". *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 58: 116-123.
- Xie, J., Zhang, W., Liang, L., Xia, Y., Yin, J., and Yang, G. (2018). "The revenue and cost sharing contract of pricing and servicing policies in a dual-channel closed-loop supply chain". *Journal of cleaner production*, 191: 361-383.

- Yousefi-Babadi, A., Tavakkoli-Moghaddam, R., Bozorgi-Amiri, A., and Seifi, S. (2017). “Designing a reliable multi-objective queuing model of a petrochemical supply chain network under uncertainty: a case study”. *Computers & Chemical Engineering*, 100: 177-197.
- Zhao, H., Ierapetritou, M.G., Shah, N.K., and Rong, G. (2017). “Integrated model of refining and petrochemical plant for enterprise-wide optimization”. *Computers and Chemical Engineering*, 97: 194-207.

¹ Cleary

² King and Clarkson

³ Nielsena et al

⁴ Farashah et al.

⁵ Shinkevich et al.

⁶ Kadir et al.

⁷ Baxodirovna

⁸ Maryanti et al.

⁹ Xie et al.

¹⁰ Kwon et al.

¹¹ Ali and Feisal

¹² Vianello et al.

¹³ Lyu et al.

¹⁴ Malysheva

¹⁵ Zhao et al.

¹⁶ Root Mean Squared Percentage Error (RMSPE)