KMAN PUBLISHING INSTITUTE
Journal Website

Article history:
Received 25 February 2024
Revised 14 May 2024
Accepted 28 May 2024
Published online 09 June 2024

Journal of Technology in Entrepreneurship and Strategic Management

Volume 3, Issue 1, pp 183-200

E-ISSN: 3041-8585

Presenting a System Dynamics Model with an Environmental Strategy Selection Approach in the Bisotun Petrochemical Industry, Kermanshah

Narges. Akbarpour[1], Mansour. Khaksar[2*], Reza. Irandoust[2]

[1] Doctoral Student of Systems Management, Department of Industrial Management, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Management, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

*** Corresponding author email address**: khaksar1403@gmail.com

A r t i c l e I n f o

Article type:
Original Research

How to cite this article:
Akbarpour, N., Khaksar, M., & Irandoust, M. (2024). Presenting a System Dynamics Model with an Environmental Strategy Selection Approach in the Bisotun Petrochemical Industry, Kermanshah. *Journal of Technology in Entrepreneurship and Strategic Management*, *3*(1), 183-200.

© 2024 the authors. Published by KMAN Publication Inc. (KMANPUB), Ontario, Canada. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

A B S T R A C T

The petrochemical industry, as one of the largest and most popular industries globally, holds particular significance in economic development and job creation. However, it also plays a considerable role in environmental consequences and their impacts on human health and quality of life. Therefore, implementing appropriate environmental strategies in the petrochemical industry is essential and vital. In this study, using a system dynamics model, the current status of the Bisotun petrochemical industry has been initially examined. Based on this status, various environmental strategies have been proposed that can be used to improve the environmental conditions and performance of the petrochemical industry. In the present research, after constructing the model using the system dynamics method, the model's validity and the simulation of various scenarios were analyzed using the VENSIM software. The results of this simulation indicated that air and water pollution in the petrochemical industry exceeds permissible limits, and strategies need to be adopted to mitigate this issue. In this regard, optimizing energy consumption and utilizing new technologies are also highly effective in improving the environmental conditions and performance of the petrochemical industry in the region. Implementing strategies such as the use of alternative fuels and enhancing safety and health in the workplace can also contribute to improving the environmental conditions and performance of the petrochemical industry. Consequently, the use of appropriate environmental strategies can lead to environmental improvement and enhanced industry performance.

Keywords: *Water, Environmental Strategies, Bisotun Petrochemical Industry, System Dynamics Model, Air.*

Introduction

The petrochemical industry is a crucial sector globally, significantly contributing to economic development and job creation. However, its environmental implications are profound, impacting human health and ecosystem quality. As the global economy grows and energy demands increase, the role of the petrochemical industry becomes even more critical. Despite its economic benefits, the industry is a major source of environmental pollutants, which can have severe consequences on human health and biodiversity (Dobaradaran & Mohamadzadeh, 2014; Ghorani-Azam et al., 2016). European countries have often relocated petrochemical plants to developing countries to mitigate local environmental impacts. Reports indicate that 25% of deaths in developing countries are linked to environmental pollution, compared to 17% in developed nations (Al-Wahaibi & Zeka, 2015). Thus, implementing effective environmental strategies in the petrochemical industry is essential for sustainable development.

Methods and Materials

This study utilizes a system dynamics approach to model and evaluate environmental strategies in the Bistoon Petrochemical Industry, located in Kermanshah, Iran. System dynamics, introduced by Professor Forrester at MIT in the 1950s, is a method used to understand complex systems over time by focusing on feedback loops, non-linear effects, and time delays (Bastan et al., 2019). The primary objective is to assess the current environmental status of the Bistoon Petrochemical Industry and propose strategies for improvement.

The research began with a comprehensive review of existing literature, industry reports, and environmental data specific to the Bistoon Petrochemical Industry. Data were collected on air, water, soil, and noise pollution levels, as well as energy consumption and waste production. Interviews with industry experts and field observations provided additional insights. Using this information, a system dynamics model was constructed with VENSIM software to simulate various scenarios and validate the proposed strategies.

Findings and Results

The simulation results highlighted that air and water pollution levels in the Bistoon Petrochemical Industry exceed permissible limits. The model indicated that optimizing energy consumption and adopting new technologies could significantly reduce environmental impact. Strategies such as using alternative fuels, enhancing workplace safety, and improving health standards were also shown to be effective in mitigating pollution and improving overall industry performance.

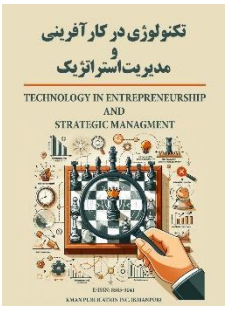
A key finding from the model was the identification of critical feedback loops that influence pollution levels. For instance, increasing the number of air filters in exhaust systems reduced air pollution but led to a rise in noise pollution, highlighting the need for a balanced approach to environmental management. The model also demonstrated that integrated strategies addressing multiple pollution sources simultaneously were more effective than isolated measures.

Conclusion

The application of system dynamics modeling in the Bistoon Petrochemical Industry provides a robust framework for selecting and implementing environmental strategies. The study underscores the importance of a holistic approach to environmental management, considering the interconnected nature of various pollution sources and their cumulative impact on the ecosystem and human health. By adopting the proposed strategies, the Bistoon Petrochemical Industry can achieve significant improvements in environmental performance, contributing to sustainable development in the region.

The findings of this research have broader implications for the petrochemical industry worldwide. They demonstrate the potential of system dynamics modeling as a tool for environmental strategy development, enabling industries to anticipate the long-term effects of their actions and make informed decisions that balance economic and environmental goals.

E-ISSN: 3041-8585



شاپای الکترونیکی: ۸۵۸۵-۳۰۴۱

تکنولوژی در کارآفرینی و مدیریت استراتژیک

دوره ۳، شماره ۱، صفحه ۲۰۰-۱۸۳

PUBLISHING INSTITUTE

وبسایت مجله

تاریخچه مقاله
دریافت شده در تاریخ ۰۷ اسفند ۱۴۰۲
اصلاح شده در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ۱۴۰۳
پذیرفته شده در تاریخ ۰۸ خرداد ۱۴۰۳
منتشر شده در تاریخ ۲۰ خرداد ۱۴۰۳

ارائه مدل پویایی سیستم با رویکرد انتخاب استراتژی‌های زیست‌محیطی در صنعت پتروشیمی بیستون کرمانشاه

نرگس اکبرپور[۱]، منصور خاکسار[۲*]، منصور ایراندوست[۲]

۱. دانشجوی دکتری مدیریت سیستم ها، گروه مدیریت صنعتی، واحدسنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران
۲. استادیار، گروه مدیریت، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: khaksar1403@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله

پژوهشی اصیل

نحوه استناد به این مقاله:

اکبرپور، نرگس.، خاکسار، منصور.، و ایراندوست، منصور. (۱۴۰۳). ارائه مدل پویایی سیستم با رویکرد انتخاب استراتژی¬های زیست‌محیطی در صنعت پتروشیمی بیستون کرمانشاه. *تکنولوژی در کارآفرینی و مدیریت استراتژیک*، ۳(۱)، ۲۰۰-۱۸۳.

© ۱۴۰۳ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.

چکیده

صنعت پتروشیمی به‌عنوان یکی از صنایع بزرگ و پرطرفدار در سطح جهان، دارای اهمیت ویژه‌ای در توسعه اقتصادی و ایجاد اشتغال است. بااین‌حال، نقش بسزایی در پیامدهای زیست‌محیطی و تأثیرات آن بر روی سلامت و کیفیت زندگی انسان‌ها دارد. به همین دلیل، اجرای استراتژی‌های زیست‌محیطی مناسب در صنعت پتروشیمی امری ضروری و حیاتی است. بر این اساس در این مطالعه، با استفاده از مدل پویایی سیستم، ابتدا وضعیت فعلی صنعت پتروشیمی بیستون موردبررسی قرارگرفته است. سپس با توجه به این وضعیت، استراتژی‌های زیست‌محیطی مختلفی ارائه‌شده‌اند که به‌منظور بهبود وضعیت زیست‌محیطی و عملکرد صنعت پتروشیمی می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. در پژوهش حاضر پس از ساخت مدل با استفاده از روش پویایی سیستم، با استفاده از نرم‌افزار VENSIM به بررسی اعتبار مدل و شبیه‌سازی سناریوهای مختلف پرداخته‌شده و نتایج حاصل از این شبیه‌سازی بیانگر این بود که آلودگی هوا و آب در صنعت پتروشیمی بیش‌ازحد مجاز است و باید استراتژی‌هایی برای کاهش این مشکل اتخاذ شود. در این راستا، بهینه‌سازی مصرف انرژی و استفاده از فناوری‌های جدید نیز به‌منظور بهبود وضعیت زیست‌محیطی و عملکرد صنعت پتروشیمی در منطقه بسیار مؤثر است. استفاده از استراتژی‌هایی مانند استفاده از سوخت‌های جایگزین و تقویت ایمنی و بهداشت در محیط کار نیز می‌تواند به بهبود وضعیت زیست‌محیطی و عملکرد صنعت پتروشیمی کمک کند. درنتیجه، استفاده از استراتژی‌های زیست‌محیطی مناسب می‌تواند بهبودی محیط‌زیست و بهبود عملکرد صنعت را به همراه داشته باشد.

کلیدواژگان: *آب، استراتژی‌های زیست¬محیطی، صنعت پتروشیمی بیستون، مدل پویایی سیستم، هوا.*

مقدمه

صنعت پتروشیمی ازجمله صنایع پایین‌دست نفت و گاز، جزء صنایع مادر و اشتغال‌زا می‌باشد که به‌عنوان صنعت تغذیه‌کننده سایر صنایع محسوب می‌شود و نقش اساسی درحرکت پیش‌رونده اقتصادی کشورها ایفا می‌کند. با توجه به روند رو به رشد اقتصاد جهانی و بالا رفتن تقاضای انرژی، نقش کلیدی این صنعت بیش‌ازپیش موردتوجه واقع‌شده و منجر به گسترش و پیشرفت چشمگیر آن در دهه‌های اخیر شده است. اگرچه پیشرفت این صنعت دستاوردهای بسیاری را در پی داشته است، اما آلودگی‌های ناشی از آن می‌تواند به‌سلامت موجودات زنده و اکوسیستم آسیب برساند. لذا مسائل زیست‌محیطی ناشی از این صنعت باعث گردیده که کشورهای اروپایی بسیاری از کارخانجات تولید محصولات پتروشیمی را به کشورهای جهان سوم و درحال‌توسعه منتقل نموده و یا دیگر برنامه‌ای برای افزایش ظرفیت نداشته باشند. گزارش سازمان بهداشت جهانی[1] نشان می‌دهد که ۲۵ درصد مرگ‌ومیر در کشورهای درحال‌توسعه مرتبط با آلودگی‌های محیط‌زیست می‌باشد و این در حالیست که این برآورد در کشورهای توسعه‌یافته ۱۷ درصد است (Al-Wahaibi & Zeka, 2015).

صنعت پتروشیمی انواع مختلفی از آلاینده‌ها شامل ذرات ریز معلق (PM2.5, PM10)، اوزون (O3)، اکسیدهای سولفور (SOX)، سولفید هیدروژن (H_2S)، اکسید نیتروژن (NOX)، ترکیبات عالی فرار (VOC_s)[2]، فلزات سنگین (HAP)[3] و آلاینده‌های مخاطره‌آمیز هوا مانند بنزن، هگزان، تولوئن، گزیلن، پروپیلن، نفتالین، نیکل، کروم، کادمیوم و سلنیوم را تولید می‌کند که اثرات سوء جبران‌ناپذیری بر اکوسیستم، محیط‌زیست و سلامت انسان دارند (Dobaradaran & Mohamadzadeh, 2014).

همچنین رشد صنعت، کشاورزی و حمل‌ونقل که از زمان انقلاب صنعتی شروع‌شده است، موجب افزایش مقدار گازهای گلخانه‌ای طبیعی گشته و علاوه بر آن‌ها کلرفلور و کربن‌ها و گازهای دیگر به آن‌ها اضافه‌شده‌اند. به‌طورکلی پذیرفته‌شده است که افزایش مقدار گازهای گلخانه‌ای موجب حبس شدن گرما و افزایش دمای کره زمین می‌شود و بنابراین پدیده‌ای که برای زندگی انسان‌ها سودمند است، به پدیده‌ای نگران‌کننده و مضر که سلامت عمومی را تحت شعاع خود قرار می‌دهد تبدیل می‌گردد (Vafa-Arani et al., 2014).

بی‌تردید حفاظت از محیط‌زیست یکی از دل‌مشغولی‌های جوامع کنونی به شمار می‌رود. افزایش انفجار آمیز جمعیت، بهره‌برداری غیرمعقول از منابع طبیعی، تخریب و کاهش تنوع زیستی، گسترش روزافزون آلودگی‌ها اعم از هوا، خاک و آب به طرق مختلف جهان را تحت تأثیر زیان‌بار قرار داده است و بالاخره تنزل کیفیت زندگی انسان‌ها درنتیجه برهم خوردن تعادل و تناسب محیط‌زیست موجب شده است تا دولت‌ها، سازمان‌ها و مجامع بین‌المللی به تدوین و اجرای قوانین و مقرراتی برای جلوگیری از آلودگی و تخریب محیط‌زیست مبادرت ورزند (Ghorani-Azam et al., 2016; Yaha et al., 2022).

بحران آلودگی محیط‌زیست جهانی موجب شد دانشمندان اعتقاد پیدا کنند که اگر توسعه و حفاظت محیط‌زیست با یکدیگر همسو و سازگار نشوند، تداوم حیات وزندگی روی کره زمین برای نسل آینده امکان‌پذیر نخواهد بود. در ایران نیز به دلیل گسترش صنایع نفت و گاز و ارتباط بسیار نزدیک بازندگی اجتماعی و زیست‌محیطی ساکنین اطراف، توجه بیش‌ازپیش به اثرات صنایع نفت، گاز و پتروشیمی بر محیط‌زیست و سلامت را توجیه می‌نماید (Ghorani-Azam et al., 2016). بنابراین حذف یا کاهش این خطرات تا سطحی قابل‌قبول، مسئله بسیار مهمی است.

[1] - WHO
[2] - Volatile Organic Compounds
[3] - hydroxyapatite

E-ISSN: 3041-8585

در فرایندهای مختلف پتروشیمی امکان آلودگی در سه مرحله؛ جمع‌آوری مواد اولیه، تولید و تبدیل مواد واسطه، جمع‌آوری و انبار مواد تولیدشده محتمل می‌باشد. مهم‌ترین اثرات زیست‌محیطی و بهره‌برداری پروژه‌های پتروشیمی، آلودگی آب‌وخاک و هوا و صدا و نیز پیامدهای اقتصادی – اجتماعی است. مهم‌ترین آلودگی‌های احتمالی صنایع پتروشیمی را می‌توان شامل موارد زیر دانست: سرطان‌زایی و سمیت زیاد فاضلاب‌ها زایدات خطرناک با سمیت فوق‌العاده زیاد نظیر کلرین، قابلیت انفجار، اشتعال و سمیت در فرایندها و تولید مواد با خاصیت واکنش‌های شیمیایی سریع انتشار، آلاینده‌های هوا شامل اکسیدهای گوگرد، کربن، ترکیبات کلرینه، ازته و آمونیاک، تولید سروصدا در مرحله تأمین و حمل نقل مواد اولیه و محصول و فرایند تولید در داخل و خارج از محوطه مجتمع (Ghorani-Azam et al., 2016).

بر اساس بررسی‌های به‌عمل‌آمده تاکنون مدل‌های گوناگون و متنوعی پیرامون استراتژی زیست‌محیطی ارائه‌شده است. این مدل‌ها اغلب فارغ از محتوای مسائل استراتژی به تبیین چگونگی و شکل‌گیری آن پرداخته‌اند؛ اما مدلی که صرفاً موضوع استراتژی زیست‌محیطی کشور را مدنظر قرار داده باشد، تبیین نشده است که ازجمله آن‌ها می‌توان به پژوهش ژانگ و همکاران (۲۰۲۰) (Zhang et al., 2023) اما تاکنون این مهم با رویکرد تحلیل پویایی سیستم مدل‌سازی نشده است.

بر این اساس تحقیق حاضر بر آن است تا با توجه به مدل‌های متعارف تصمیم‌گیری عمومی، الزامات نظری طراحی راهبرد استراتژی زیست‌محیطی شرکت پتروشیمی بیستون را ارائه کند. پویایی سیستم روشی برای درک رفتارهای یک سیستم پیچیده در طول زمان است. در این روش با تمرکز بر حلقه‌های بازخورد درون سیستم، تأثیرات غیرخطی و تأخیرهای زمانی در میان متغیرها و همچنین ماهیت انباشتی یا جریانی متغیرها به بررسی رفتار یک سیستم می‌پردازند. با توجه به ماهیت عددی روش پویایی سیستم، ممکن است مدل‌های مبتنی بر این روش با استفاده از رایانه شبیه‌سازی شود و با مجموعه پارامترها و متغیرهای مختلف وضعیت سیستم برای یک بازه زمانی در آینده پیش‌بینی شود. از این علم برای شناخت، درک و تجزیه تحلیل رفتار و حرکات اجزای سیستم استفاده می‌شود. توانایی این علم به حدی است که می‌توان با بهره‌گیری از آن، مسائل مختلف را مدل‌سازی کرد و به بررسی تغییرات ناشی از تعامل متغیرها و شناسایی رفتار آتی آن‌ها در دوره‌های زمانی مختلف پرداخت (Keshmiri et al., 2018).

در پژوهش حاضر از ابزار پویایی‌های سیستمی به‌منظور مدل‌سازی استفاده می‌شود تا صنعت پتروشیمی، با نگاه سیستمی و یکپارچه ارزیابی و تحلیل گردد. از سوی دیگر با حل مشکل آلایندگی شرکت‌های پتروشیمی، علاوه بر اینکه چرخه محیط‌زیست در امان می‌ماند، شرکت‌های پتروشیمی نیز از پرداخت عوارض سنگین آلایندگی نجات پیدا می‌کنند. به نظر می‌رسد نتایج حاصل از این پژوهش درصورتی‌که با دقت تدوین و با عزم جدی مسئولان اجرا گردد، می‌تواند به شاه‌کلید حل معضلات محیط زیستی صنعت پتروشیمی و صنایع جانبی آن تبدیل شود و حتی می‌تواند به‌عنوان یک مدل و الگوی موفق برای بقیه صنایع تبدیل گردد.

مطالعه حاضر بر روی شرکت پتروشیمی بیستون انجام‌شده است، این شرکت در شمال شـــرقی شهر کـرمانشاه و در زمینـی به مساحت ۶۳ هکتار واقع‌شده است. خوراک این شرکت، نفت سفید و بنزن می‌باشد که نفت سفید آن به میزان ۳۸۶ هزار تن در سـال از پالایشگاه‌های کرمانشاه و آبادان و بنزن به مقدار ۱۹ هزار تن در سال از سایـر مجتمع‌های پتروشیمی کشور تأمین خواهد شد. با توجه به مسافت نزدیک این شرکت به مناطق مسکونی کرمانشاه یکی از دغدغه‌های مردم و مسئولین میزان آلاینده‌ها و تأثیر آن بر محیط و انسان می‌باشد ازاین‌روی سؤال‌ها به ذهن متبادر می‌شود که ابعاد مسئله آلودگی محیط‌زیست در این شرکت کدام است؟ متغیرهای فزاینده و کاهنده در مدل پویایی آلودگی پتروشیمی بیستون کدام‌اند؟ سیاست‌های کاهش آلودگی زیست‌محیطی در صنعت پتروشیمی بیستون کدام‌اند؟ جهت پاسخ به این سؤالات و سؤال‌های دیگری ازاین‌دست لازم است که میزان آلاینده‌های مختلف پتروشیمی بیستون در محیط‌های هوا، آب و فاضلاب، خاک و مواد زائد و صوت بر اساس مدل‌های مناسب موردبررسی قرار بگیرد. لذا پژوهش حاضر باهدف ارائه مدل پویایی سیستم با

رویکرد انتخاب استراتژی‌های زیست‌محیطی در صنعت پتروشیمی بیستون کرمانشاه انجام می‌شود و سؤال اصلی پژوهش این است که «مدل پویایی سیستم با رویکرد انتخاب استراتژی‌های زیست‌محیطی در صنعت پتروشیمی بیستون چگونه است و راهکارهای کاهش آلودگی آن چیست»؟

روش پژوهش

رویکرد اصلی مورداستفاده در این پژوهش، روش پویایی‌های سیستم است. روش پویایی‌های سیستم در اواسط سال ۱۹۵۰ توسط پروفسور فارستر از دانشگاه MIT ابداع شد. او درواقع پارادایم مشتق‌گیری را در نظریه کنترل به انباشت (انتگرال‌گیری) در پویایی سیستم تبدیل کرد، زیرا وی عقیده داشت که طبیعت به‌جای مشتق شدن انباشته می‌شود. حل مسئله توسط مدل پویایی سیستم در ۵ مرحله زیر انجام می‌گردد:

۱. شناسایی و تعریف مسئله؛ ۲. ساختن مدل مفهومی (نمودارهای حلقه علی)؛۳. ساختن مدل ریاضی (ترسیم نمودار حالت - جریان)؛۴. شبیه‌سازی و اعتبارسنجی مدل؛۵. تعریف سناریوهای مختلف، انتخاب و پیاده‌سازی راه‌حل مناسب (Bastan et al., 2019).

مطالعه حاضر در پتروشیمی بیستون کرمانشاه انجام مشده است؛ بنابراین می‌توان گفت که جامعه آماری این پژوهش عبارت است از تمام بخش‌ها و زیر بخش‌های پتروشیمی بیستون کرمانشاه. با توجه به اینکه تحلیل پژوهش بر استراتژی‌های زیست‌محیطی در صنعت پتروشیمی استوار است بنابراین بخش‌های آلاینده‌ی هوا، خاک، آب و صدا در پتروشیمی بیستون نمونه آماری پژوهش حاضر را تشکیل می‌دهند.

در پژوهش حاضر، با توجه به اینکه از ابزار سیستم‌های پویا استفاده خواهد شد و همچنین با توجه به اینکه مبنای تهیه و ترسیم انواع نمودارها در سیستم‌های پویا بر اساس اطلاعات حاصل از مصاحبه با خبرگان صنعت پتروشیمی در شرکت پتروشیمی بیستون و مشاهدات میدانی محقق است، لذا مصاحبه‌های باز مرتبط با موضوع صورت گرفته و درنهایت با کنار هم قرار دادن محتوای مصاحبه‌ها و مشاهدات محقق در خصوص آلاینده‌های هوا، خاک، آب و صوت پتروشیمی بیستون، اطلاعات آماری جمع‌آوری‌شده و همچنین داده‌های حاصل از تحقیقات میدانی، نیازمندی‌های اطلاعاتی موضوع تحقیق تأمین می‌گردد. سپس جهت تحلیل و شبیه‌سازی مدل از نرم‌افزار ونسیم استفاده شده است. این نرم‌افزار این توانایی را دارد که رفتار پویای سیستم‌ها را شبیه‌سازی کند. هدف این نرم‌افزار کمک به شرکت‌ها در جهت پیدا کردن راه‌حل بهینه، در موقعیت‌های مختلف می‌باشد که به تجزیه‌وتحلیل نیاز دارند و نیز جایی که لازم است تمام نتایج ممکن از تصمیم‌گیری و پیاده‌سازی در آینده را بیابیم.

در این پژوهش به کمک نرم‌افزار ونسیم مراحل زیر انجام گرفته است:

۱. ساختن حلقه‌های علی - معلولی آلاینده‌های پتروشیمی بیستون؛ ۲. ترسیم نمودارهای حالت – جریان آلاینده‌های پتروشیمی بیستون؛ ۳. ساخت مدل پویای استراتژی زیست‌محیطی پتروشیمی بیستون؛ ۴. شبیه‌سازی و اعتبارسنجی مدل به‌دست‌آمده در سناریوهای مختلف.

یافته‌ها

با استفاده از رویکرد مدل‌سازی سیستمی، یک مدل سیستم پویا برای انتخاب استراتژی‌های زیست‌محیطی در صنعت پتروشیمی بیستون کرمانشاه ارائه‌شده است. ابتدا، به‌منظور جمع‌آوری داده‌های موردنیاز، از منابع مختلفی ازجمله گزارشات و اسناد صنعتی، منابع آماری و اطلاعات مربوط به مصرف انرژی و مواد مصرفی صنعت پتروشیمی استفاده‌شده است. سپس، با استفاده از روش مدل‌سازی سیستمی، یک

E-ISSN: 3041-8585

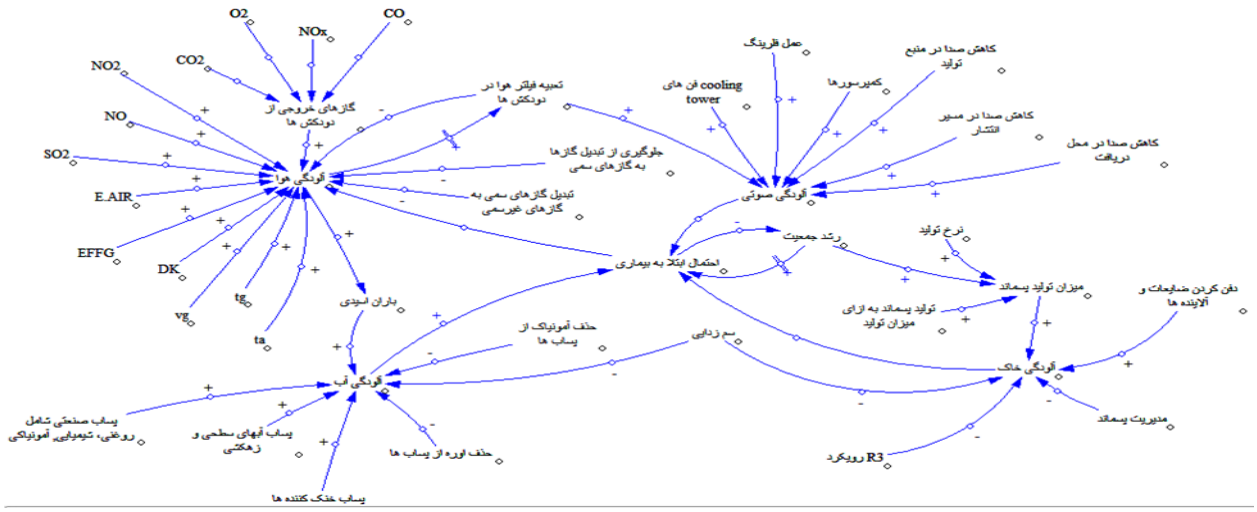
مدل سیستم پویا برای صنعت پتروشیمی بیستون کرمانشاه ساخته شد. در این مدل، متغیرهای مختلفی ازجمله آلاینده‌های آب، خاک، هوا و صوت، به‌عنوان متغیرهای کلیدی مدل در نظر گرفته شدند. با استفاده از این مدل، وضعیت فعلی صنعت پتروشیمی در منطقه موردبررسی تحلیل‌شده و پس از آن، استراتژی‌های زیست‌محیطی مختلفی برای بهبود وضعیت زیست‌محیطی و عملکرد صنعت پتروشیمی ارائه شدند.

بررسی عوامل مثبت و منفی در فرآیند

با استفاده از نمودار علی معلولی (شکل ۱)؛ می‌توانیم عوامل مثبت و منفی در فرآیند را شناسایی کرده و در راستای بهبود عملکرد این عوامل حرکت کنیم.

شکل ۱

نمودار علی معلولی



همان‌طور که در نمودار بالا مشخص است، می‌توان رابطه بین متغیرهای موجود را بررسی و نتیجه‌گیری کرد. این نمودار شامل متغیرهای تأثیرگذار بر آلودگی می‌باشد که با بهره‌گیری از این عوامل می‌توان بررسی کرد که چه اقداماتی در جهت کاهش آلودگی مؤثر می‌باشند.

زیرسیستم آلودگی هوا-آلودگی صوتی

حلقه آلودگی هوا- تعبیه فیلتر هوا در دودکش ها-آلودگی صوتی-احتمال ابتلا به بیماری: مهم‌ترین عوامل ایجادکننده آلودگی، منابع آلوده‌کننده هوا می‌باشند به این صورت که با افزایش میزان آلودگی هوا، آلودگی خاک و آب نیز تحت تأثیر قرارگرفته و به دنبال این افزایش آلودگی، احتمال ابتلا به بیماری نیز افزایش پیدا می‌کند. با افزایش آلودگی هوا، نیاز به تعبیه فیلتر هوا در دودکش‌ها بیشتر شده که با افزایش تعداد و یا قدرت فیلترهای هوا، آلودگی صوتی بیشتری تولید می‌شود و به دنبال افزایش آلودگی صوتی و آلودگی هوا، احتمال ابتلا به بیماری نیز افزایش پیدا می‌کند.

زیرسیستم آلودگی آلودگی آب-آلودگی خاک

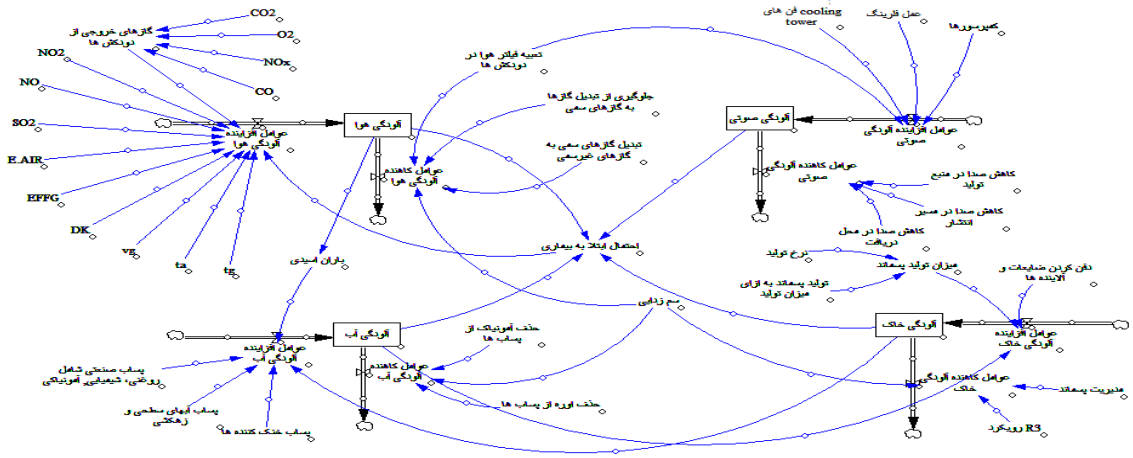
حلقه آلودگی خاک-احتمال ابتلا به بیماری-آلودگی هوا-باران اسیدی-آلودگی آب: با افزایش میزان آلودگی خاک، احتمال ابتلا به بیماری نیز افزایش پیدا می‌کند. به دنبال افزایش ابتلا به بیماری‌ها، آلودگی محیط به دلیل انتشار بیماری‌های مصری افزایش پیدا می‌کند. طبیعی است که افزایش میزان ابتلا به بیماری درنتیجه‌ی افزایش آلودگی هوا می‌باشد (در این حلقه سایر آلودگی‌ها در نظر گرفته نشده‌اند). با افزایش آلودگی هوا میزان اسیدی شدن باران‌ها افزایش پیدا می‌کند که این امر سبب آلوده شدن آب‌های موجود در سطح می‌شود. حال پرواضح است که متغیرها چگونه بر روی یکدیگر تأثیر گذاشته و می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با تغییر هرکدام از آلودگی‌ها، سایر آلودگی‌ها نیز تحت تأثیر قرارگرفته و دچار افزایش یا کاهش می‌شوند. این امر نشان‌دهنده روابط صحیح بین متغیرهای موجود در مدل می‌باشد.

بررسی مدل حالت جریان

بررسی رفتار سیستم در طول زمان، نیازمند شبیه‌سازی روابط و متغیرها در نرم‌افزار ونسیم است که در شبیه‌سازی، نمودارهای جریان معادل حلقه‌های علی خواهند بود. شکل ۲، نمودار حالت جریان را نشان می‌دهد.

شکل ۲

نمودار حالت جریان



شرح مدل حالت - جریان

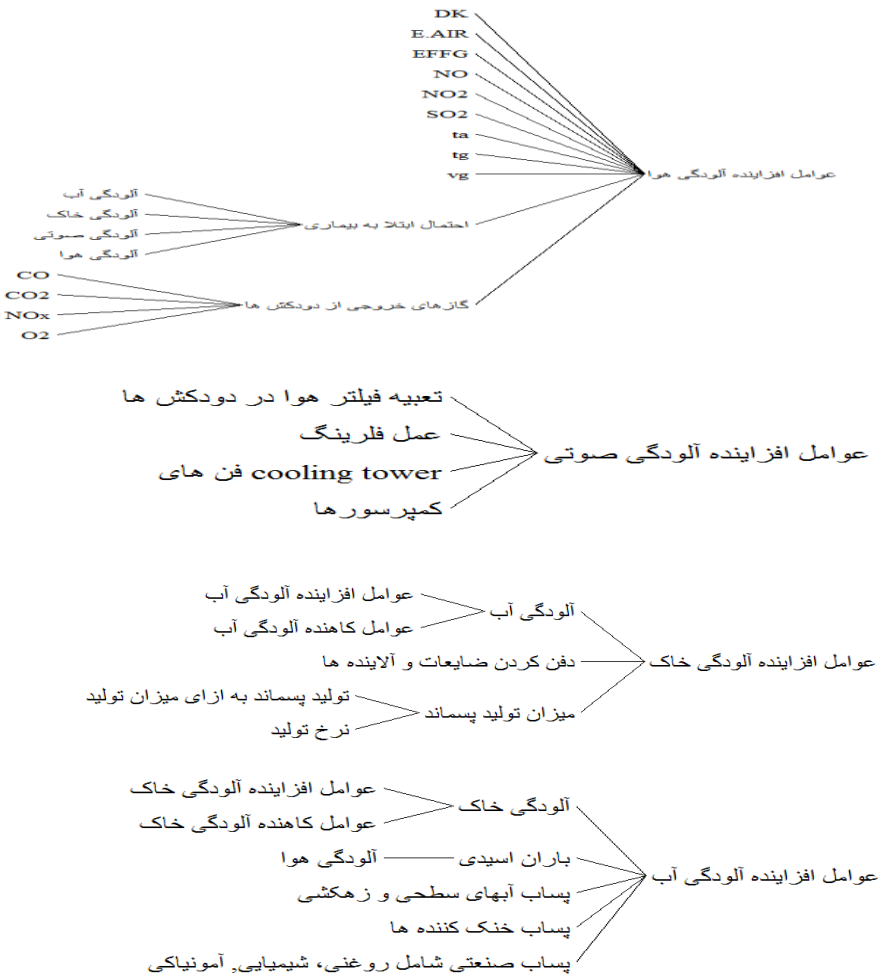
در مدل حالت جریان، بر اساس مصاحبه‌ای که از خبرگان انجام شد، متغیرهایی را انتخاب کردیم که تأثیر بیشتری در کاهش میزان آلودگی داشتند و برای فرمول نویسی در نرم‌افزار، اطلاعات کافی از آن متغیرها وجود داشتند. ابتدا بازه زمانی موردنظر و همچنین ارتباط بین اجزای متغیرهای سیستم را به‌صورت فرضیه در نرم‌افزار ونسیم تعریف کردیم؛ که این فرضیه و فرمول‌ها به دلیل اینکه تعریف دقیقی از روابط بین متغیرها وجود ندارد، بر اساس نظر خبرگان؛ بر پایه منطق و داده‌های در دست این روابط ایجاد و تعریف‌شده است. سپس نرم‌افزار بر اساس اطلاعات ورودی، رفتاری را شبیه‌سازی و ترسیم کرده است که نمایش این رفتار خروجی سیستم در شکل ۲ قابل‌مشاهده است. این مدل برای دوره زمانی ۱۰ ساله اجراشده است و رفتاری که سیستم از خود نشان می‌دهد، نشانه صحت این روابط می‌باشد. لذا رفتار خروجی متغیرها، بر اساس فرض تعریف‌شده طبق شکل ۳ در ادامه موردبررسی قرار می‌گیرد. پس از ورود اطلاعات در نرم‌افزار و اجرای نرم‌افزار شبیه‌ساز ونسیم خروجی‌هایی در قالب شکل ۳، به دست می‌آید.

E-ISSN: 3041-8585

سایر شاخص های هر دو تحلیل عامل تأییدی در جدول ۱ نشان داده شده است. مقدار شاخص های مذکور باید در طیف (۰ تا ۱) قرار داشته باشند و هرچه به ۱ نزدیک‌تر باشند مدل در وضعیت مناسب‌تری قرار دارد. مقدار این شاخص ها در پژوهش حاضر مناسب می‌باشد. بنابراین مدل‌های عاملی تأییدی از این لحاظ نیز قابل پذیرش است. با توجه به اینکه شاخص‌های برازش مدل نشان‌دهنده برازش مناسب مدل می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که مدل مناسبی براورد شده و تناسب داده‌های گردآوری شده مطلوب است.

شکل ۳

روابط موجود بین متغیرها



با توجه به روابط موجود در رابطه‌های علی معلولی که در شکل آورده شده است، می‌توان این موضوع را درک کرد که چه عواملی باعث ایجاد آلودگی در چهار بخش هوا، آب، خاک و صوت می‌باشند. با افزایش آلودگی هوا، احتمال بارش باران اسیدی نیز افزایش پیداکرده و به دنبال افزایش احتمال بارش باران اسیدی، آب‌های موجود در دریاچه‌ها و رودخانه‌ها بیشتر در معرض آلودگی قرار می‌گیرند. همچنین افزایش بارش‌های اسیدی باعث آلوده شدن خاک شده و این امر باعث از بین رفتن پوشش گیاهی و در بلندمدت باعث ایجاد بیماری‌های مختلف در انسان و حیوانات می‌گردد.

اعتبارسنجی مدل

اعتبارسنجی در رویکرد سیستم‌های پویا، بیشتر بر رفتار داده‌ها در طول زمان تأکید دارد که بیان‌کننده صحت ارتباط ساختار ایجادشده با رفتار تولیدشده است. تست مدل به دنبال اعتماد به مدل و نتایج آن و رسیدن به درک عمیق‌تر می‌باشد.

تست شرایط حدی

در این تست با استفاده از مقادیر حدی بعضی از متغیرها به تعیین اینکه آیا معادلات و مدل به‌صورت منطقی و مطابق با قوانین فیزیکی رفتار می‌کنند، پرداخته می‌شود. در این بخش رفتار متغیرها در حالت حدی موردبررسی قرارگرفته است. منفی نشدن متغیرهای حالت و جهت حرکت اطلاعات و مواد بر اساس مفروضات مدل نیز ازجمله موارد بررسی‌شده در این بخش بوده و رفتار متغیرها این وضعیت را تائید می‌کند. همچنین برای جلوگیری از رفتار غیرمنطقی متغیرها در حالت‌های حدی، بینهایت ظرفیت برای متغیرهای حالت و نرخ تعریف‌شده است. در نمودار زیر رفتار سیستم را در بیشترین و کمترین مقدار مؤلفه‌های اصلی مدل مشاهده می‌شود که با تغییر میزان متغیرهای ورودی و خروجی می‌توانیم به این مقادیر برسیم. در این تست می‌خواهیم بررسی کنیم با افزایش سطح مؤلفه‌هایی که تأثیر مثبت و کاهش مؤلفه‌هایی که تأثیر منفی بر مدل‌دارند و بالعکس، چه تغییری در پارامترهای مدل به وجود می‌آید. با توجه به این نوع تست می‌توان نتیجه گرفت که رفتار و روابط بین متغیرهای مدل صحیح می‌باشد. شکل ۴، رفتار مدل در حالت اکستریم پوینت را نشان می‌دهد

این نوع رفتار با مقایسه حالت حداکثر متغیرهای ورودی و میزان حداقل متغیرهای خروجی نشان‌دهنده میزان تأثیر این مؤلفه‌ها بر روی میزان تغییر آلودگی می‌باشد. با کمینه شدن متغیرهایی که تأثیر مثبت و بیشینه شدن متغیرهایی که تأثیر منفی بر میزان آلودگی دارند، مقادیر مؤلفه‌هایی که تحت تأثیر این پارامتر هستند نیز تغییر می‌یابند. همان‌طور که در نمودار بالا مشاهده می‌شود تأثیر بیشینه شدن میزان آلاینده‌ها و منابع ایجادکننده آلودگی را بر روی میزان ابتلا به بیماری مشاهده می‌کنید. در این تست مقدار موردنیاز در هر واحد در دو حالت کمینه و بیشینه ممکن است، به‌طوری‌که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، اگر جمع متغیرهای ورودی برابر با جمع متغیرهای خروجی شود، حلقه‌های بعدی کمینه می‌شوند که نشان‌دهنده روابط و رفتار سالم میان متغیرهای مدل است. این تست علاوه بر اینکه باعث می‌شود حداکثر و حداقل مقدار پارامترها را پیدا کنیم، به ما کمک می‌کند تا تأثیر بیشینه یا کمینه شدن متغیرهای اصلی را بر روی مدل بررسی کرده و با توجه به آن تصمیمات مناسب را اتخاذ کنیم. برای مثال می‌توانیم تأثیر پارامترهای مختلف را برافزایش یا کاهش میزان آلودگی مشاهده کرده و بررسی کنیم چه اقداماتی تأثیر بیشتری در کاهش میزان آلاینده‌های خروجی از مجتمع دارند.

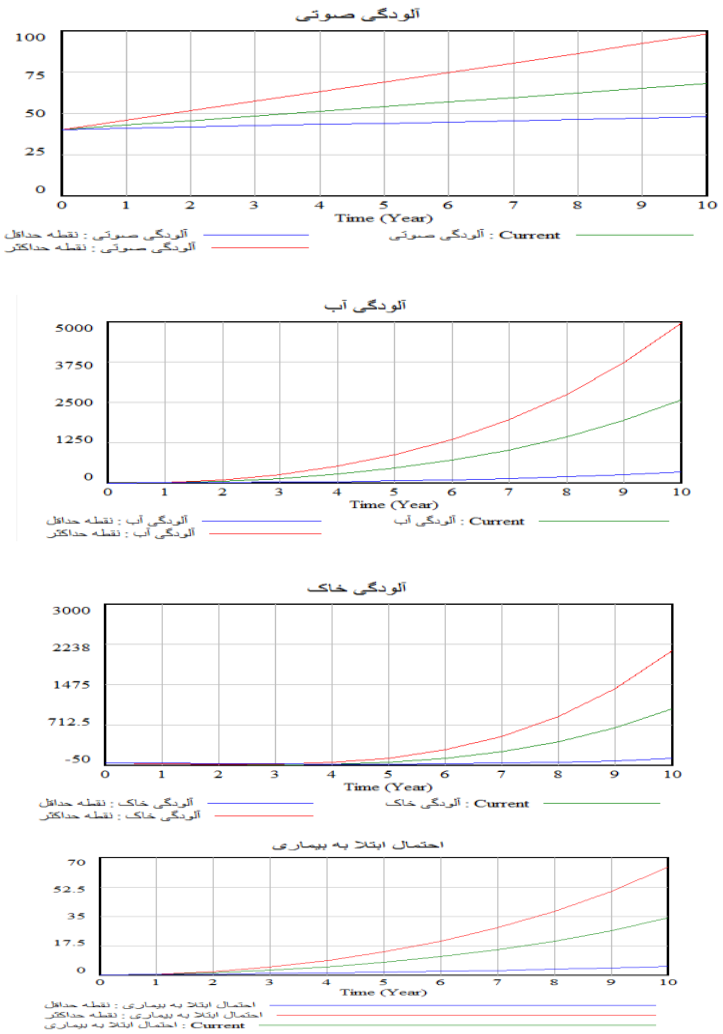
تست ابعادی مدل

این آزمون به‌منظور تعیین واحد متغیرها و هماهنگی آن‌ها با واقعیت انجام می‌شود که در مورد متغیرهای مدل انجام‌شد. نتایج نشان داد مدل ارائه‌شده خطای بارزی ندارد و فاقد هرگونه ایرادی در ساختار متغیرهای تعریف‌شده می‌باشد و در ادامه بر اساس شکل سازگاری ابعاد مدل تأیید می‌شود، بدین معنی که ابعاد متغیرهای استفاده‌شده در مدل با یکدیگر همخوانی دارند. لذا با توجه به موضوعات مطرح‌شده در قسمت اعتبارسنجی و همچنین تأیید خبرگان بر موضوع کارکرد مدل، می‌توان نتیجه گرفت که فرضیه‌های پویای مطرح‌شده تأیید می‌شوند.

E-ISSN: 3041-8585

شکل ۴

رفتار مدل در حالت اکستریم پونت



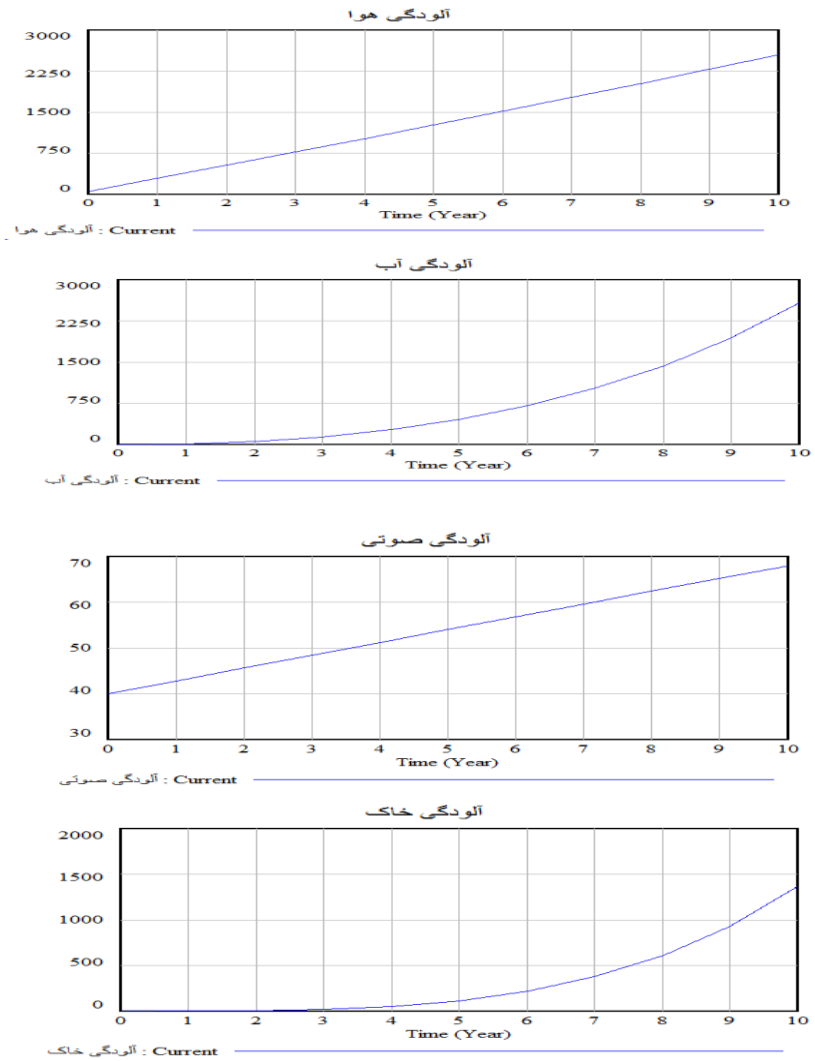
سناریو پردازی

سناریوی ادامه وضعیت با شرایط حاضر

در این سناریو قصد داریم بررسی کنیم با ادامه وضعیت به همین شکل و بدون ایجاد تغییر درروند سیستم، در سال‌های آتی چه اتفاقی برای مدل خواهد افتاد. شکل ۵، این سناریوها را نشان می‌دهد.

شکل ۵

رفتار پارامترهای آلودگی هوا، آلودگی خاک، آلودگی آب و آلودگی صوتی در حالت عادی



همان‌طور که در شکل ۵، مشاهده می‌شود در صورت ادامه پیدا کردن همین شرایط پس از ۱۰ سال، با تداوم انتشار گازها و آلاینده‌ها به محیط اطراف، نرخ آلودگی روند صعودی به خود گرفته و روزبه‌روز به میزان این مؤلفه‌ها افزوده می‌شود.

-پس از ده سال فعالیت این مجتمع، به دلیل انتشار سریع آلاینده‌ها در هوا، به‌طور تقریبی ۲۵۰۰ مترمکعب از فضای اطراف پتروشیمی به حد خیلی زیاد حاوی گازهای خطرناک و مضر برای انسان و جانداران. شده که نرخ رشد این آلودگی می‌تواند قابل‌توجه باشد. صعودی شدن نمودار این مؤلفه و رشد مضاعف آن، نشان‌دهنده ناکافی بودن فعالیت‌هایی است که از انتشار گازهای سمی و آلاینده‌ها در هوا جلوگیری می‌کنند.

-پس از ده سال فعالیت این مجتمع، مقدار قابل‌توجهی از آب‌های اطراف پالایشگاه دچار آلودگی شده‌اند. این امر ناشی از تخلیه نابجای پساب‌های مجتمع درون آب‌ها بوده که نرخ رشد نمودار آلودگی آب حاکی از آن است که فعالیت‌های جلوگیری کننده از انتشار آب‌های آلوده به آب‌های سالم باید تقویت شوند.

E-ISSN: 3041-8585

-پس از ده سال فعالیت این مجتمع، میزان آلودگی صوتی ایجادشده در واحدهای این پالایشگاه از حد استاندارد خود عبور نکرده که این امر نشان‌دهنده کافی بودن فعالیت‌ها و اقدامات انجام‌شده جهت جلوگیری از ایجاد آلودگی صوتی می‌باشد.

-پس از ده سال فعالیت این مجتمع، از سال چهارم میزان آلودگی خاک شاهد روند صعودی بوده که این روند تا پایان سال دهم ادامه دارد. ازآنجایی‌که روند انتشار آلاینده‌ها در خاک نسبت به هوا و آب کمتر است، پس از افق زمانی مشخص‌شده میزان خاک‌های آلوده مقدار کمتری نسبت به هوا و آب‌های آلوده دارند اما باید توجه داشت که آلودگی هوا، آلودگی آب و آلودگی خاک بر روی یکدیگر تأثیر گذاشته و با افزایش هرکدام از این مؤلفه‌ها، مؤلفه‌های دیگر هم افزایش می‌یابند.

برای مثال با افزایش میزان آلودگی هوا، احتمال بارش‌های اسیدی افزایش پیدا می‌کند که در پی تداوم بارش‌های اسیدی، خاک و همچنین آب‌های موجود نیز آلوده می‌شوند. به همین صورت آلودگی خاک بر روی آلودگی آب و همین‌طور آلودگی آب بر روی آلودگی خاک تأثیر می‌گذارد. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، این مفاهیم در نرم‌افزار ونسیم در نظر گرفته‌شده‌اند و با تغییر مقدار هرکدام از آلودگی‌ها (به جز آلودگی صوتی) سایر آلودگی‌ها نیز دچار تغییر می‌شوند.

-ازآنجایی‌که در شرایط عادی نمی‌توان پروژه را تحت شرایط ایده‌ال انجام داد، جلوگیری از افزایش مقدار برخی از متغیرها امری دور از دسترس و بسیار پیچیده می‌باشد که فقط از طریق کاهش میزان تولید و یا توقف خط تولید حاصل می‌گردد. به همین دلیل در این مدل سعی شده تا با تقویت سایر پارامترها مانند تبدیل گازهای سمی به گازهای غیر سمی، حذف آمونیاک از پساب‌ها و ... به کاهش سطح آلودگی و جلوگیری از رشد آن‌ها بدون کاهش میزان تولید کمک کنیم.

به همین دلیل در ادامه با سناریو خوش بینانه-بدبینانه قصد داریم بررسی کنیم مقدار آلودگی تا چند درصد در حالت استاندارد می‌تواند افزایش یا کاهش داشته باشد.

سناریو خوش بینانه-بدبینانه

در این سناریو با تغییر عوامل تأثیرگذار بر مؤلفه‌ها و کاهش یا افزایش ۱۰ درصدی آن‌ها، نوع رفتار مدل را تحت تأثیر این تغییرات بررسی می‌کنیم. جدول ۱ و شکل ۶، این سناریو را نشان می‌دهد

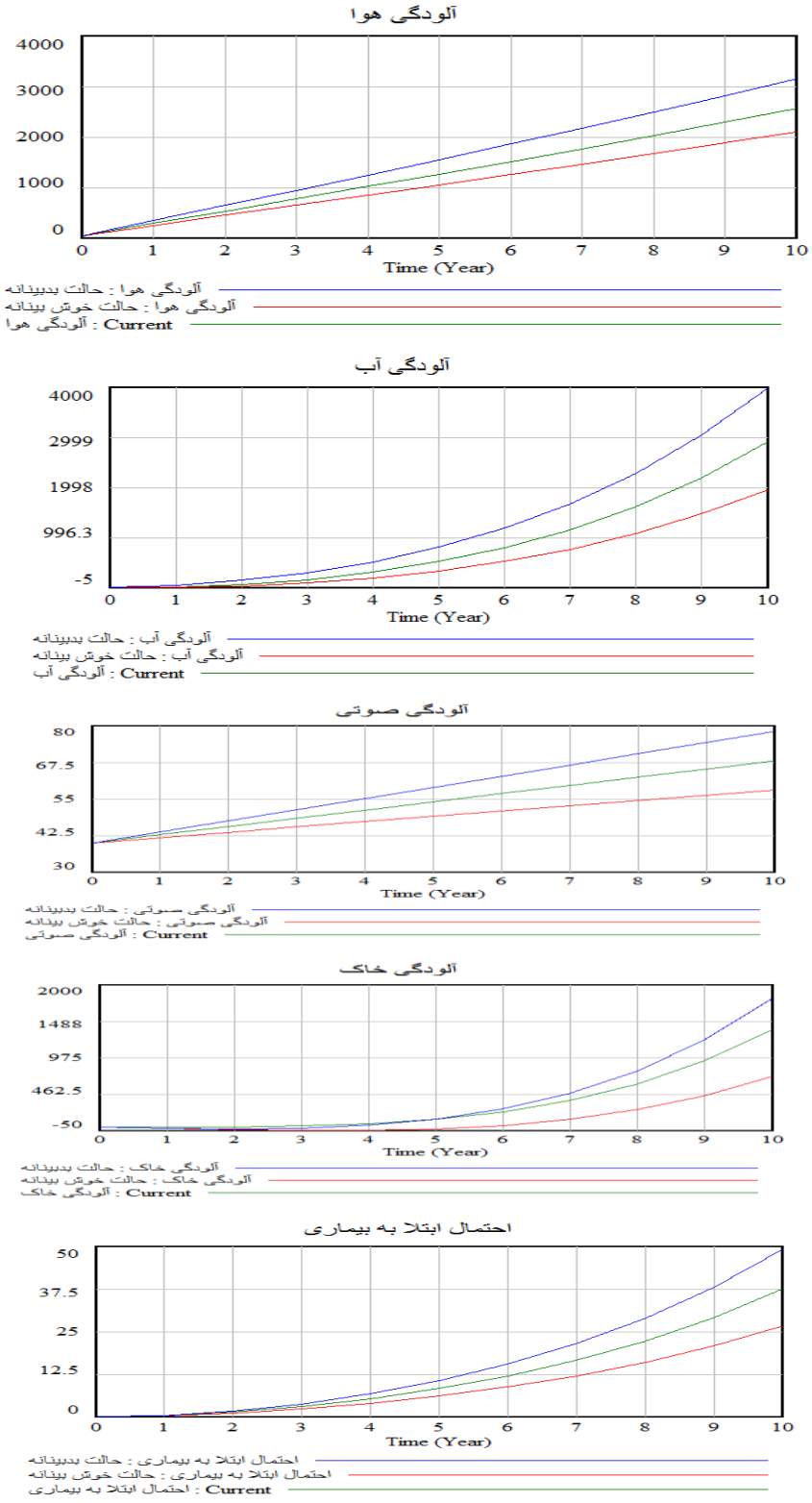
جدول ۱

جدول خوش‌بینانه- بدبینانه

نرخ آلودگی	حالت خوش‌بینانه	حالت بدبینانه
منابع ایجادکننده آلودگی	کاهش ۱۰ درصدی متغیرهای مربوط به این پارامتر	افزایش ۱۰ درصدی متغیرهای مربوط به این پارامتر
تأثیر اقدامات جلوگیری کننده از آلودگی	افزایش ۱۰ درصدی متغیرهای مربوط به این پارامتر	کاهش ۱۰ درصدی متغیرهای مربوط به این پارامتر

شکل ۶

رفتار مدل در حالت اکستریم پونت



E-ISSN: 3041-8585

با اجرای سناریوی خوش‌بینانه نمودارهای مربوط به آلودگی طی ۱۰ سال مقدار کمتری نسبت به حالت پایه و حالت بدبینانه به خود گرفته‌اند که این امر نشان‌دهنده تأثیر افزایش اقدامات جلوگیری کننده و کاهش گازهای منتشرشده می‌باشد و با اجرای سناریوی بدبینانه مقدار این پارامترها نسبت به حالت عادی دچار افزایش می‌شوند. به دنبال این تغییرات، میزان خروجی و به طبع آن میزان ابتلا به بیماری نیز دچار تغییر می‌شوند. ازآنجایی‌که تمام متغیرهای مدل باهم در ارتباط هستند، با ایجاد کوچک‌ترین تغییرها می‌توان روند مدل را تغییر داد. با استفاده از اطلاعات موجود در مدل شبیه‌سازی‌شده می‌توانیم عوامل تأثیرگذار برافزایش و کاهش آلودگی را پیداکرده و مانند سناریو خوش‌بینانه از آن‌ها در جهت افزایش سلامت محیط‌زیست بهره ببریم.

همان‌طور که از نمودارها مشخص است، تحت تأثیر سناریوی خوش بینانه-بدبینانه با افزایش ده‌درصدی متغیرهای خروجی از مؤلفه‌های آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی خاک و آلودگی صوتی و کاهش ۱۰ درصدی پارامترهای‌های ورودی به این مؤلفه‌ها، مقادیر مختلف آلودگی در نمودارها قابل‌مشاهده می‌باشد. با کمک این نمودارها ما می‌توانیم با پیش‌بینی روند مدل تحت تأثیر اقدامات مختلف، بهترین سیاست را در جهت کاهش آلودگی انتخاب کرده و در جهت عملی کردن آن اقدام کنیم. با توجه به جدول ۱، (در حالت خوش‌بینانه) با کاهش عوامل ایجادکننده آلودگی و افزایش عوامل جلوگیری کننده می‌توان مانع رشد متغیر «احتمال ابتلا به بیماری» شد. در هر مدلی، عقب افتادن از رقبا تأثیر منفی بر سوددهی پروژه‌ها دارد، ازاین‌رو برخی اقدامات جلوگیری کننده از انتشار آلودگی، باعث کاهش تولید و عقب افتادن سازمان از رقبای خود می‌گردد به همین خاطر ممکن است شرکت‌ها از انجام این اقدامات خودداری کنند. در این صورت باید سیاست‌هایی در نظر گرفته شود که با توجه به رفتار مدل در شرایط عادی، بهترین نتیجه را برای سازمان در برداشته باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این تحقیق، استفاده از مدل‌سازی میزان انتشار آلودگی در پتروشیمی بیستون بوده و مدل پیشنهادی نمونه‌ای از پیاده‌سازی پویا شناسی در این زمینه می‌باشد که می‌توان با در نظر گرفتن خروجی‌های بهینه‌سازی و حساسیت سنجی، پیشنهادهایی در جهت بهبود سطح اقدامات جلوگیری کننده از انتشار آلودگی و سالم‌تر بودن محیط ارائه نمود. از مهم‌ترین محاسن در مدل‌سازی سیستم‌های پویا، توجه به کلیه عناصر مربوط به سیستم درآن‌واحد و بررسی تأثیر بازخورد آن عنصر در دیگر عناصر و کل سیستم می‌باشد. لذا با شناسایی دقیق عوامل مؤثر در پروژه و اجرای مدل شبیه‌سازی‌شده از شرایط موجود می‌توان عوامل کاهنده و افزاینده میزان آلودگی را در یک‌زمان از طریق تأثیر بازخوردهای منفی و مثبتی که حاصل برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های متناسب با ارتقاء سیستم پیش‌بینی‌شده می‌باشد، به‌نحوی‌که نتیجه‌ای مطلوب در کل سیستم حاصل شود، تغییر داد.

ازآنجاکه کاهش اثر فاکتورهای فنی، نبود امکانات و ابزارهای مربوط به جلوگیری از آلودگی که از طریق فشار تحریم‌ها و از شرایط محیطی و خارج از سازمان ناشی می‌گردد اثر چشم‌گیری برافت کیفیت هر مدل دارد، با اعمال سیاست‌های مناسب و استفاده از ظرفیت‌های موجود و به‌کارگیری دانش داخلی می‌توان با سناریوهای موجود در این مدل تا حدی این کمبودها را جبران نمود. از دیگر مزایای نگرش سیستمی ایجاد فرصت برای اقدامات پیشگیرانه و پیش‌بینی خطاها قبل از رویداد است که با ارائه راهکارهای متناسب از کاهش اعتبار سیستم جلوگیری می‌نماید و نیل به هدف که همان افزایش سطح کیفیت محیط می‌باشد را میسر می‌سازد. رویکرد سیستم‌های پویا ساختارهای پیچیده مانند مدیریت پارامترهای سازمانی و روابط پارامترهای کلیدی سیستم را مدل‌سازی می‌نماید. مدل‌سازی کارآمد این وابستگی‌ها و روابط متقابل امری ضروری است و درک کامل از پویایی سیستم و رفتار آن گامی مهم در جهت بهینه‌سازی عملکرد آن است. همان‌طور که گفته شد، عملکرد مناسب این مؤلفه‌ها به‌منظور کاهش آلودگی می‌باشد و این در حالی است که درصد کم در دسترس بودن امکانات یکی از مشکلات هر سازمانی

بوده که هم سبب افزایش ریسک‌ها و هم باعث کاهش سلامت محیط‌زیست می‌شود. برای این منظور مدل ارائه‌شده به نمایندگی از رفتار سیستم، تحت شرایط عادی ساخته‌شده است. عملکرد سیستم با توجه به تعدادی از معیارهای کلیدی عملکرد مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته است. راهبردهایی با توجه به جنبه‌های مختلف میزان جذب مشتری طراحی گردیده و معیارهای عملکردی سیستم اندازه‌گیری شده در انتها با مدل پایه مقایسه گردیده است. سناریوها تأثیر مؤلفه‌های مختلف بر میزان آلودگی را مورد ارزیابی قراردادند. همان‌طور که مشاهده شد با افزایش و کاهش این موارد تغییر چشم‌گیری در سطح مدل صورت گرفته و میزان تغییرات مؤلفه‌های آلودگی نسبت به حالت پایه نشان‌دهنده عملکرد درست پروژه و مؤلفه‌ها می‌باشد. این موضوع شامل صرف نظارت و همکاری بیشتر برای پروژه شده و سلامت محیط را تضمین می‌کند و درنتیجه میزان آلودگی کاهش‌یافته که درنهایت منجر به کاهش نرخ ابتلا به بیماری‌های مختلف می‌شود. درنتیجه در صورت پیاده‌سازی سناریو مطرح‌شده، با افزایش میزان کیفیت آب، هوا، خاک و صوت، سلامت محیط افزایش‌یافته و با پیاده‌سازی نتایج حاصل از استراتژی‌های چیده شده در پایان دوره موردمطالعه شاهد کاهش میزان بیماری‌ها خواهیم بود.

این میزان بهبود درنتیجه مستقیم به‌کارگیری مؤلفه و پارامترهای استفاده‌شده در مدل شبیه‌سازی، محقق شده است. عواملی که بار مالی و کیفی مثبتی برای پروژه به همراه دارند به‌عنوان عوامل مؤثر بر کاهش آلودگی معرفی‌شده‌اند. بااین‌وجود تمام پژوهش‌هایی که در خصوص میزان آلودگی‌های ناشی از شرکت‌ها و کارخانجات صورت گرفته غالباً از ابزار پرسشنامه برای تحلیل داده‌ها استفاده کرده‌اند که این باعث می‌شود میزان تأثیر این عوامل بر سیستم نامشخص باشد و نتایج ایستایی ارائه می‌کند؛ اما در پژوهش حاضر با بهره‌گیری از مبانی پویایی سیستم‌ها نتایج پویایی ارائه‌شده است که در صورت صلاح‌دید مدیریت با تغییر هر یک از مؤلفه‌های تأثیرگذار می‌توان تغییرات را در کل سیستم و خروجی‌ها ملاحظه نمود.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

شفافیت داده‌ها

داده‌ها و مآخذ پژوهش حاضر در صورت درخواست از نویسنده مسئول و ضمن رعایت اصول کپی رایت ارسال خواهد شد.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

References

E-ISSN: 3041-8585

Al-Wahaibi, A., & Zeka, A. (2015). Health impacts from living near a major industrial park in Oman. *BMC public health*, *15*(1), 524. https://doi.org/10.1186/s12889-015-1866-3

Bastan, M., Akbarpour, S., & Ahmadvand, A. (2019). Profitability Paradox in Iranian Commercial Banks Business Model: A Study Based on System Dynamics Methodology. *Monetary & Financial Economics*, *26*(18), 197-242. https://doi.org/10.22067/pm.v26i17.65314

Dobaradaran, S., & Mohamadzadeh, F. (2014). Servey of the oil and gas pollutant impacts on the human and environment. *ISMJ*, *17*(1), 85-98. http://ismj.bpums.ac.ir/article-1-508-en.html

Ghorani-Azam, A., Riahi-Zanjani, B., & Balali-Mood, M. (2016). Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. *Journal of Research in Medical Sciences*, *21*(1). https://journals.lww.com/jrms/fulltext/2016/21000/effects_of_air_pollution_on_human_health_and.65.aspx

Keshmiri, S., Pordel, S., Raeesi, A., Nabipour, I., Darabi, H., Jamali, S., Dobaradaran, S., Heidari, G., Ostovar, A., Ramavandi, B., Tahmasebi, R., Marzban, M., Khajeian, A., Sanati, A., & Farrokhi, S. (2018). Environmental Pollution Caused by Gas and Petrochemical Industries and Its Effects on the Health of Residents of Assaluyeh Region, Irani-an Energy Capital: A Review Study. *ISMJ*, *21*(2), 162-185. https://doi.org/10.29252/ismj.21.2.162

Vafa-Arani, H., Jahani, S., Dashti, H., Heydari, J., & Moazen, S. (2014). A system dynamics modeling for urban air pollution: A case study of Tehran, Iran. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *31*, 21-36. https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.05.016

Yaha, A. D. A., Said, M. A. M., Devi, G. S. L., & Azamathulla, H. M. (2022). Assessing the impacts of petrochemical industrial facilities on groundwater in Zubair district. *Water Supply*, *22*(10), 7713-7731. https://doi.org/10.2166/ws.2022.328

Zhang, Z., Yang, W., Zhang, S., & Chen, L. (2023). Impacts of Pollutant Emissions from Typical Petrochemical Enterprises on Air Quality in the North China Plain. *Atmosphere*, *14*(3).