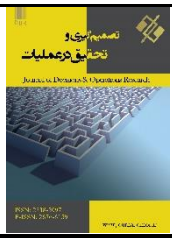
E-ISSN: 2676-6159 | P-ISSN: 2538-5079

Journal of Decisions and Operations Research

www.journal-dmor.ir

J. Decis. Oper. Res. Vol. 9, No. 1 (2024) 80–97.



Paper Type: Original-Application Paper

Application of Dynamic Systems Modeling Approach to Rank Optimal Urban Waste Management Strategies Using SWOT Method

Hamid Shahbandarzadeh[1,*], Mohammad Hossein Kabgani[1]

[1] *Department of Industrial Management, Faculty of Business and Economics, Persian Gulf University, Bushehr, Iran; shahbandarzadeh@pgu.ac.ir; mohammadhossein.kabgani@gmail.com.*

Citation:

Shahbandarzadeh, H., & Kabgani, M. H. (2024). Application of dynamic systems modeling approach to rank optimal urban waste management strategies using SWOT method. *Journal of decisions and operations research, 9*(1), 80-97.

Received: 10/10/2022 Reviewed: 12/11/2022 Revised: 09/12/2022 Accepted: 15/01/2023

Abstract

Purpose: In a city, there are different sectors in operation, and each sector also plays a role in the production of municipal waste, which draws attention to waste management methods. The present study explains a model to identify the factors affecting waste production in Bushehr.

Methodology: The main dimensions of the model are taken from the review of the theoretical literature. A dynamic systems approach has also been used to identify urban waste management strategies. First, we identified and modelled the factors affecting municipal waste production with dynamic systems. The reasons for using the dynamic systems approach for this research can also be enumerated as follows: 1) an appropriate approach in determining and predicting the effects of factors affecting waste production, 2) helping to understand the relationships between variables and examining the behaviour and structure of systems, incredibly complex systems (creating a conceptual model), 3) a flexible approach with the ability to analyze quantitatively and qualitatively, 4) the ability to review the system in the future under different scenarios and policies of decision makers and 5) dynamic system models are considered as simulation models; therefore, they have the advantages of using the simulation method over the analysis methods. In the next step, the organization's internal and external factors in urban waste management were performed by referring to the SWOT analysis method, urban waste management strategies in Bushehr.

Findings: The results of the SWOT method showed that the vulnerability threshold of urban waste management in Bushehr is very high, and it is necessary to provide appropriate policies to address weaknesses and threats using strengths and opportunities. In the next step, Mikhailov's nonlinear method was used to rank the four strategies. This approach shows that among SO strategies, increasing awareness and changing citizens' attitudes towards proper waste management is in the first place. Among ST strategies, culturing for recyclable containers weighing 0.51 is in the first place. Employing knowledgeable people for proper waste segregation and disposal among WT strategies, with a weight of 0.57, was ranked first, and finally, the strategy of encouraging the private sector to invest, with a weight equivalent to 0.43 among WO strategies, Ranked first. Pollution from poor waste management in urban areas imposes irreversible health and aesthetic consequences on society. Among the consequences of poor waste management will be a variety of diseases. Environmental issues are also at the top of all human problems.

Originality/Value: In this research, an attempt has been made to examine innovation from three aspects: theoretical, technical and practical gaps, which can be mentioned as the strengths of the current research compared to other research. From a theoretical point of view, it has been tried to conduct a relatively comprehensive study of factors affecting urban waste management to formulate strategies. Also, from the technical point of view, the current research is innovative by focusing on combining fuzzy logic with the dynamic systems modelling approach and the Delphi method. Finally, it has been tried to reduce the practical vacuum of previous research in this field by formulating optimal strategies.

Keywords: Waste management, Dynamic systems, SWOT approach, Delphi method, Fuzzy.

Corresponding Author: shahbandarzadeh@pgu.ac.ir

Licensee. **Journal of Decisions and Operations Research**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات
دوره ۹، شماره (۱)، (۱۴۰۳)، ۹۷-۸۰
www.journal-dmor.ir

نوع مقاله: پژوهشی-کاربردی

کاربرد رویکرد مدل‌سازی سیستم‌های پویا جهت رتبه‌بندی استراتژی‌های بهینه مدیریت پسماند شهری با استفاده از روش SWOT

حمید شاهبندرزاده[۱*]، محمد حسین کبگانی[۱]
[۱] گروه مدیریت صنعتی، دانشکده کسب و کار و اقتصاد ، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.

چکیده

هدف: دریک شهر، بخش‌های مختلفی در فعالیت هستند و هر بخش نیز در تولید مواد زاید شهری نقش دارد که این موضوع باعث توجه به روش‌های مدیریت پسماند می‌شود. در پژوهش حاضر به تبیین مدلی جهت شناسایی عوامل موثر بر تولید انواع پسماند در شهر بوشهر پرداخته شده است.

روش‌شناسی پژوهش: ابعاد اصلی مدل مذکور از بررسی ادبیات نظری در حوزه مدیریت پسماند شهری گرفته شده است. همچنین از رویکرد سیستم‌های پویا برای شناسایی استراتژی‌های مدیریت پسماند شهری استفاده شده است. در این پژوهش سعی شده است که ابتدا عوامل موثر بر تولید پسماند شهری شناسایی و با استفاده از سیستم‌های پویا مدل‌سازی شود. دلایل استفاده از رویکرد سیستم‌های پویا برای این تحقیق را نیز می‌توان به‌صورت زیر برشمرد: ۱- رویکرد مناسب در تعیین و پیش‌بینی اثرات فاکتورهای موثر بر تولید پسماند، ۲- کمک به درک روابط بین متغیرها و بررسی رفتار و ساختار سیستم‌ها به‌ویژه سیستم‌های پیچیده (ایجاد یک مدل مفهومی)، ۳- یک رویکرد انعطاف‌پذیر با قابلیت تحلیل کمی و کیفی، ٤- قابلیت بررسی سیستم در آینده تحت سناریوها و سیاست‌های مختلف تصمیم‌گیرندگان، ٥- مدل‌های سیستم پویا به‌عنوان مدل‌های شبیه‌سازی در نظر گرفته می‌شوند؛ بنابراین، آن‌ها مزایای استفاده از روش شبیه‌سازی را نسبت به روش‌های تجزیه‌وتحلیل دارند. در گام بعدی عوامل داخلی و خارجی سازمان در زمینه مدیریت پسماند شهری و با استناد به روش تحلیل *SWOT*، راهکارهای مدیریت پسماند شهری در بوشهر اجرا شد.

یافته‌ها: نتایج روش *SWOT* نشان داد که آستانه آسیب‌پذیری مدیریت پسماند شهری در بوشهر بسیار بالاست و نیازمند ارایه سیاست‌های مناسب در جهت رفع ضعف‌ها و تهدیدها با استفاده از نقاط قوت و فرصت‌ها می‌باشد. در گام بعد جهت رتبه‌بندی استراتژی‌های چهارگانه از روش غیرخطی میخایلوف استفاده شد. نتایج استفاده از این رویکرد نشان می‌دهد که در بین استراتژی‌های *SO*، استراتژی افزایش آگاهی و تغییر نگرش شهروندان نسبت به نحو صحیح مدیریت پسماند در رتبه نخست قرار دارد. در بین استراتژی‌های *ST*، فرهنگ‌سازی جهت استفاده از ظروف قابل بازیافت با وزن ۰/۵۱ در رتبه نخست قرار گرفته است. به‌کارگیری افراد آگاه برای تفکیک پسماند و دفن مناسب در بین استراتژی‌های *WT*، با وزن ۰/۵۷ در رتبه اول قرار گرفت و در نهایت استراتژی تشویق بخش خصوصی جهت سرمایه‌گذاری با وزن معادل با ۰/٤۳ در بین استراتژی‌های *WO* در رتبه اول قرار گرفت. آلودگی حاصل از مدیریت ضعیف پسماندها در مناطق شهری پیامدهای جبران‌ناپذیر از نظر بهداشتی و زیباشناختی به جامعه تحمیل می‌کند. ابتلا به انواع بیماری‌ها از جمله تبعات ناشی از ضعف در مدیریت پسماندهای شهری می‌باشد. همچنین مسایل زیست‌محیطی در راس همه مسایل انسانی قرار گرفته است.

اصالت/ارزش‌افزوده علمی: در این پژوهش سعی شده است نوآوری را از سه جنبه خلا نظری، خلا تکنیکی و همچنین خلا کاربردی موردبررسی دقیق قرار گیرد؛ به‌عبارت‌دیگر برطرف نمودن این سه خلا را می‌توان به‌عنوان نقاط قوت پژوهش حاضر در مقایسه با سایر پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه در نظر گرفت. از منظر نظری سعی شده است که مطالعه نسبتا جامعی از عوامل موثر بر مدیریت پسماند شهری برای تدوین استراتژی‌ها انجام گردد. همچنین از منظر تکنیکی پژوهش حاضر، با تمرکز بر تلفیق منطق فازی با رویکرد مدل‌سازی سیستم‌های پویا و روش دلفی دارای نوآوری می‌باشد. در نهایت سعی گردیده است با تدوین استراتژی‌های بهینه از خلا کاربردی که در پژوهش‌های پیشین انجام‌شده در این حوزه انجام شده است، کاسته گردد.

کلیدواژه‌ها: مدیریت پسماند، سیستم‌های پویا، رویکرد *SWOT*، دلفی، روش میخایلوف فازی.

۱- مقدمه

امروزه برنامه‌ریزی پسماند شهری از مقیاس‌های اصلی توسعه‌یافتگی شهرها محسوب می‌شود. مدیریت پسماند در تعریف کلی به کلیه اقداماتی که در راستای ممانعت از تولید بی‌رویه، کاهش زباله جمع‌آوری‌شده، حمل، پردازش، دفع آن صورت می‌گیرد اطلاق می‌گردد. در تعریف کاربردی‌تر مدیریت پسماند شامل جمع‌آوری، حمل، پردازش، بازیافت دفع زباله با در نظر داشتن مسایل اقتصادی، زیست‌محیطی اجتماعی می‌باشد. با توجه به افزایش جمعیت و مصرف‌گرایی فزآینده، تولید پسماند در سطح شهرهای کشور به نسبت گذشته نه‌چندان دور افزایش چشمگیری داشته است که با ادامه روند فعلی مدیریت پسماند تبعات منفی عمیقی بر محیطزیست شهری و اکوسیستم طبیعی وارد می‌نماید [1].

به‌طورکلی انواع پسماندها به ۵ نوع تقسیم‌بندی می‌گردد: ۱- پسماندهای عادی: به پسماندهایی گفته می‌شود که به‌صورت معمول از فعالیت‌های روزمره انسان‌ها در شهرها، روستاها و خارج از آن‌ها تولید می‌شود که قبیل زباله‌های خانگی و نخاله‌های ساختمانی، ۲-پسماندهای پزشکی: به کلیه پسماندهای عفونی و زیان‌آور ناشی از بیمارستان‌ها، مراکز بهداشتی، درمانی، آزمایشگاه‌های تخصصی طبی و سایر مراکز مشابه گفته می‌شود [2]، ۳- پسماندهای ویژه: به کلیه پسماندهایی گفته می‌شود که به دلیل بالا بودن حداقل یکی از خواص خطرناک از قبیل سمی بودن، بیماری‌زایی، قابلیت انفجار یا اشتعال، خورندگی و مشابه آن به مراقبت ویژه نیاز داشته باشد [3]، ٤- پسماندهای کشاورزی: به پسماندهای ناشی از فعالیت‌های تولیدی در بخش کشاورزی گفته می‌شود از قبیل فضولات، لاشه حیوانات، محصولات کشاورزی فاسد یا غیرقابل‌مصرف و ٥- پسماندهای صنعتی: به کلیه پسماندهای ناشی از فعالیت‌های صنعتی و معدنی، پسماندهای پالایشگاهی، صنایع گاز، نفت و پتروشیمی و نیروگاهی و امثال آن گفته می‌شود از قبیل براده‌ها، سرریزها و لجن‌های صنعتی [4]. از نظر حجم نیز از ذرات گردوغبار تا وسایل اسقاطی در این ضایعات وجود دارد. از نظر خطرناک بودن نیز شامل مواد زاید و غیر فسادپذیر و هم مواد کاملا خطرناک مثل مواد زاید بیمارستانی را در بر می‌گیرد. ازاین‌رو می‌توان بیان داشت که مهم‌ترین مرحله از مدیریت پسماندها مرحله تولید است؛ زیرا در صورت کاهش تولید پسماند در هزینه‌ها، انرژی، وقت و ... صرفه‌جویی خواهد شد. تولید انواع پسماند جزو لاینفک زندگی انسان‌ها به شمار می‌آید. رشد فناوری و بهره‌گیری بیشتر از منابع طبیعی و تبدیل انرژی بر ابعاد و پیچیدگی تولید انواع پسماند افزوده است. یکی از مشکلات اصلی جوامع تولید روزافزون این نوع پسماندها می‌باشد. ازاین‌رو شناسایی استراتژی‌های مدیریت پسماند از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. ازاین‌رو برای شناسایی استراتژی‌های مدیریت پسماند شهری که دربرگیرنده هدف اصلی این پژوهش می‌باشد از رویکرد سیستم‌های پویا استفاده شده است. در این پژوهش سعی شده است تا ابتدا عوامل موثر بر تولید پسماندهای شهری شناسایی و به کمک سیستم‌های پویا مدل‌سازی شود. سیستم‌های پویا می‌تواند پیچیدگی، غیرخطی بودن و ساختارهای حلقوی بازخوری را که در سیستم‌های فیزیکی و غیرفیزیکی ذاتا وجود دارند را در برگیرد. در گام بعد جهت شناخت دقیق وضعیت فعلی مدیریت پسماند در شهر بوشهر و تعیین راهبردهای برتر از روش سوات (*SWOT*) بهره گرفته شده است. این رویکرد ابزاری قدرتمند جهت تجزیه‌وتحلیل مناسب عوامل رسیدن به اهداف سازمان برای تعیین استراتژی‌های مناسب که تضمین‌کننده موفقیت آن می‌باشند؛ با بررسی موقعیت داخلی (نقاط قوت و ضعف) و موقعیت خارجی (فرصت‌ها و تهدیدها) را فراهم می‌کند. در نهایت با استفاده از روش غیرخطی میخایلوف فازی به رتبه‌بندی استراتژی‌های تعیین‌شده اقدام گردید که این ابزاری مناسب برای مدیران جهت تصمیم‌گیری مناسب را فراهم می‌کند.

۲- ادبیات نظری و پیشینه پژوهش

از آغاز تمدن بشری یکی از چالش‌های مردمان، چگونگی دفع زباله و پسماند بوده است. امروزه با گسترش شهرنشینی و افزایش انواع گوناگون زباله و پسماند، دفع صحیح و اصولی پسماندهای حاصل از زندگی روزمره و فعالیت‌های گوناگون شهروندان یکی از چالش‌های مهم و جدی "مدیریت شهری" در همه جوامع و کشورها می‌باشد [5]. با روند سریع شهرنشینی و بهبود سطح مصرف ساکنان، مواد زاید بیشتری در شهرها و روستاها تولید شده است. حالت سنتی دفع مواد زاید دیگر نمی‌تواند از شرایط جدید پیروی کند و به حفاظت از محیط‌زیست و حفاظت از انرژی و ... بپردازد. علاوه‌براین، با افزایش فعالیت‌های صنعتی، مسایل مربوط به میزان دسترسی به منابع کمیاب و همچنین مدیریت پسماند به گونه فراگیری مطرح شده است. از سوی دیگر به دلیل تغییرات مداوم در الگوی زندگی و پیشرفت فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی استفاده از تجهیزات الکترونیکی و الکتریکی در زندگی روزمره ما رو به افزایش می‌باشد. علاوه‌براین، تغییر ماهیت محصولات، معرفی فناوری هوشمند، فضای کاملا رقابتی در بین شرکت‌ها، افزایش فروش اینترنتی، ترجیح بیشتر مصرف‌کنندگان به محصولات هوشمند جدید در طول سه دهه و نوآوری‌های دیجیتال باعث افزایش جریان بازده، پسماند و فرسودگی از محصولات قدیمی می‌شود [6]. امروزه می‌توان به‌وضوح دریافت که انواع مختلف پسماندهای تولید بشر در جهان عموما یک موضوع زیست‌محیطی تلقی می‌شود اگرچه همراه با ابعاد اجتماعی و اقتصادی فراوانی در ارتباط می‌باشد [7]. برای مثال زمانی یک غذای ساده خوراکی به سطل زباله انداخته می‌شود یا یک اسباب‌بازی شکسته دور ریخته می‌شود، یک وسیله هوشمند یا هر وسیله الکترونیکی دفع می‌شود [8]، منابع در حال استفاده هستند و علاوه بر این همه این عوامل اثرات خود را بر محیط‌زیست وارد می‌کنند. همچنین هنگامی‌که محصولی دور ریخته شد و به پسماند تبدیل شد، تاثیرات عمیقی بر سلامت افراد جامعه وارد می‌کند. به اعتقاد برخی از محققان مانند کینامن [9]، ژو و همکاران [10]، آگوینا و همکاران [11]، سامپلاک مدیریت ضعیف پسماندهای شهری به‌عنوان یکی از منابع هزینه‌های اقتصادی و همچنین موجب افزایش خطرات زیست‌محیطی و سلامت خواهد شد [1].

دوره ۹، شماره ۱، (۱۴۰۳)
صفحه: ۹۷-۸۰

به‌عبارت‌دیگر می‌توان بیان داشت که هرچه میزان توسعه شهرنشینی افزایش یابد مقدار پسماند تولیدی بیشتر می‌گردد. همچنین هرچه سطح و اندازه بازار رشد کند و همچنین عدم وجود فعالیت‌های انگیزشی و نبود برنامه مدون در نظام آموزشی (مدارس و گروه‌های هدف) سبب ایجاد پسماندهای بیشتر می‌گردد. اتحادیه اروپا بیش از ۱۰۰۰ دستورالعمل در ارتباط با حفاظت از محیط‌زیست و مسئولیت زیست‌محیطی صادر نموده است؛ اما به علت عدم اجرای این اسناد، تولید پسماند در جامعه رو به افزایش است. از سوی دیگر بسیاری از کشورهای پیشرفته دارای سیستم‌های مدیریت پسماند هستند و از این سیستم‌ها در جهت افزایش کیفیت زندگی شهروندان، انطباق با استانداردهای زیست‌محیطی و قانونی و افزایش قابل‌ملاحظه مشارکت عمومی استفاده می‌کنند [10]. برقراری سیستم مدیریت جمع‌آوری و دفع پسماند از جمله مواردی است که برای کنترل تولید، صرفه‌جویی و مصرف مواد و نیز فرآیند جمع‌آوری دفع پسماند اهمیتی اساسی دارد. کارایی این سیستم باید با توجه به بهداشت، اقتصاد و مهندسی محیط‌زیست منطبق بوده و هماهنگ با دیگر شرایط عمومی جامعه برنامه‌ریزی شود. در این برنامه تمامی اهداف اجرایی، مالی و مهندسی دفع پسماند با روابط درون بخشی آن هم‌چون سیاست، برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، اقتصاد و بهداشت عمومی به خوبی مدنظر قرار خواهد گرفت. اگرچه کشورهای توسعه‌یافته اقدامات موثری را انجام دادند و گام‌های موثری برای کنترل و مدیریت مسایل مربوط به انواع پسماندها برداشته‌اند؛ اما تاکنون کشورهای درحال‌توسعه از نظر مدیریت انواع پسماندها دید کامل و روشنی ندارند. علاوه‌براین، جوامع بشری قادر به ایجاد استراتژی‌های مناسب به‌منظور کاهش و کنترل انواع پسماندها نمی‌باشند. پسماندهای تولیدی دست بشر حاوی مواد خطرناکی هستند که می‌تواند به سلامت انسان و حتی محیط‌زیست آسیب جدی وارد کند؛ بنابراین، وجود یک سیستم مدیریت پسماند کارا به‌منظور کاهش اثرگذاری انواع پسماندها بر محیط‌زیست لازم به نظر می‌رسد [5]. همچنین استفاده نادرست از روش‌های بازیافت و دفع ناکافی و باز پسماندها باعث آلودگی محیط پیرامون از قبیل آب، زمین و هوا می‌گردد و پایداری گونه‌های زنده را به خطر می‌اندازد. این شیوه‌های نادرست مدیریت پسماند سوالات، نگرانی‌ها، خطرات احتمالی و نیازهای مختلف برای چارچوب مدیریت پسماند را به وجود آورده است؛ بنابراین، پردازش و مدیریت انواع پسماندها می‌تواند به‌طور کارآمد و سازگار با محیط‌زیست انجام شود. اقدامات نظارتی و قانونی یکی از اقدامات موثر و ابزاری مناسب برای پیاده‌سازی سیستم مدیریت موفق انواع پسماندها در هر کشوری می‌باشد [12]. زارپاس [13] بیان می‌کند که "استراتژی" در چارچوب مدیریت پسماند می‌تواند به‌عنوان مجموعه‌ای از گام‌ها و اقداماتی تعریف گردد که می‌تواند موجب کاهش اثرات زیست‌محیطی از طریق محصولات و سیاست‌های سازمانی مانند ۱- کاهش انرژی، ۲- مدیریت و تصفیه پسماند، ۳- میزان مصرف آب و ٤- تغییر نگرش و رفتار اجتماعی، استفاده از منابع پایدار سبز می‌گردد [11]. دلایل زیادی برای تولید پسماند وجود دارد که شامل عمر محدود محصولات (عمدتا تجهیزات الکترونیکی، لباس، مبلمان و ...) می‌گردد. همچنین تولید مواد غذایی که هرگز خورده نمی‌شوند (براساس تحقیقات علمی فائو ضایعات مواد غذایی بیشتر از ۱٫۳ میلیارد تن در سال می‌باشد که میزان انتشار دی‌اکسیدکربن از این ضایعات برابر با ۳٫۱ میلیارد تن است). یکی دیگر از دلایل تولید پسماند عدم آگاهی شهروندان نسبت به استفاده مواد سبز و قابل بازیافت و نبود فعالیت‌های تبلیغاتی در زمینه مدیریت پسماند (شیوه‌های پیشگیری از تولید پسماند، استفاده مجدد از مواد، بازیافت و برنامه‌های مرتبط با مسایل زیست‌محیطی) می‌باشد [8].

لی و همکاران [4] در پژوهشی با عنوان "برنامه‌ریزی خطی فازی-تصادفی-فاصله‌ای برای کمک به مدیریت مواد زاید جامد" با ارایه مدلی ریاضی به دنبال بهینه کردن سیستم مدیریت مواد زاید جامد با در نظر گرفتن هزینه‌های سیستم موجود در منطقه‌ای در شمال چین می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که هرچقدر بازه‌های تصمیم‌گیری مدل از مقادیر فازی دقیق‌تری استفاده کنند، هزینه‌های سیستم دقیق‌تر به دست می‌آیند. آرنا و همکاران [14] در تحقیق خود به دنبال برنامه‌ریزی و بهینه‌کردن سیستم مدیریت مواد زاید می‌باشند. نتایج حاصل از برنامه‌ریزی مدیریت مواد زاید جامد شهری بر اساس استفاده گسترده از تجزیه‌وتحلیل مواد و جریان آن‌ها توصیف شده است و با مقایسه فن‌آوری‌های مدیریت مواد زاید، به دنبال کمک به تصمیمات مدیریت پسماند در هر دو سطح استراتژیک و عملیاتی می‌باشد. در نهایت پژوهشگران این تحقیق بدین نتیجه رسیدند که حداکثر سطح جداسازی در مبدا و جمع‌آوری زباله‌ها باید بر اساس توسعه پایدار تعریف شود. مین سیاردی و همکاران [15] در پژوهش خود با عنوان "بهینه‌سازی چندهدفه جریان مواد زاید جامد، استراتژی‌های پایدار زیست‌محیطی برای شهرداری‌ها" با ارایه یک مدل بهینه‌سازی چند هدفه غیرخطی به‌منظور تخصیص جریان زباله، چهار هدف هزینه‌های اقتصادی، ضایعات غیر بازیافتی، دفع بهداشتی مرکز دفن و تولید گازهای گلخانه‌ای زباله‌سوز را در نظر می‌گیرد. گالانت و همکاران [16] در پژوهشی با عنوان "رویکردی چندهدفه برای مدیریت مواد زاید جامد" از یک مدل برنامه ریزی چندهدفه برای در نظر گرفتن مسایل اقتصادی و زیست‌محیطی در مدیریت مواد زاید جامد استفاده نمودند. مدل پیشنهادی آن‌ها هم‌زمان به دنبال کاهش هزینه‌های سالانه و آلودگی هوای ناشی از فعالیت‌های وسایل نقلیه مرتبط با سیستم مدیریت مواد زاید جامد می‌باشد. در پژوهشی که نگ و یانگ [17] صورت پذیرفته است بیان می‌گردد که از دست دادن قابل‌توجه منابع ارزشمند و افزایش پسماند، باعث کمبود محل‌های دفن زباله

شده است. برنامه‌ریزی صحیح در مدیریت پسماند و استراتژی بازیابی منابع می‌تواند یک مدل مدیریت پسماند پایدار باشد. در این پژوهش مدل سیستم جامع با استفاده از نمودار ذخیره و جریان برای بررسی عملکرد مدیریت پسماند در انگلستان به‌عنوان مطالعه موردی، سناریوهای تولید، تصفیه و دفع زباله در آینده را طراحی و طرح‌ریزی نمود. لی و همکاران [18] با توسعه یک مدل برنامه‌ریزی درجه دوم فازی تصادفی به دنبال شناسایی یک حالت بهینه مدیریت مواد زاید جامد شهری تحت شرایط عدم قطعیت و با در نظر گرفتن عدم قطعیت دوگانه فازی و احتمالی در فرآیند بهینه‌سازی می‌باشند. نتایج نشان می‌دهد که این روش برای سایر مسایل برنامه‌ریزی محیط‌زیست مانند مدیریت کیفیت هوا و برنامه‌ریزی منابع آب نیز قابل‌اجرا می‌باشد. آگناویا و همکاران [11] در پژوهشی و با عنوان "ارایه مدلی چند هدفه برای مدیریت یکپارچه مواد زاید جامد با رویکرد برنامه‌ریزی پارامتریک فازی تحت شرایط عدم قطعیت" با در نظر گرفتن هزینه‌های سیستم مدیریتی و میزان خطرپذیری زباله‌های شهری مدلی دو هدفه را ارایه دادند که در آن ظرفیت مرکز دفن و تاسیسات پردازش به‌طور دقیق مشخص نبوده و به‌صورت مقادیر غیرقطعی فازی در نظر گرفته شدند. آن‌ها نشان داند که رابطه میان افزایش زباله‌ها در طول زمان و هزینه‌های سیستم مدیریتی و مخاطرات زیست‌محیطی رابطه‌ای غیرخطی می‌باشد. در **جدول ۱** خلاصه پژوهش‌های انجام‌شده نشان داده شده است.

جدول ۱- خلاصه پژوهش‌های انجام شده.

Table 1- Summary of the conducted research.

منبع	هدف پژوهش	روش پژوهش
لوو و همکاران [2]	برنامه‌ریزی مدیریت مواد زاید جامد	روش تحلیلی-توصیفی
هی و همکاران [5]	برنامه‌ریزی برای توسعه تاسیسات پردازش مواد زاید جامد	برنامه‌ریزی ریاضی
ماوروتاس و همکاران [19]	بهینه‌سازی سیستم مدیریتی مواد زاید جامد برای مکان‌یابی و مسیریابی مواد زاید خطرناک صنعتی از مدلی چندهدفه استفاده نموده است که در آن محدودیت‌های تقاضای زباله و ظرفیت مراکز پردازش و دفن از محدودیت‌های در نظر گرفته‌شده در این مدل می‌باشند.	الگوریتم‌های بهینه‌سازی، برنامه‌ریزی چند هدفه
ژانگ و هوانگ [3]	برنامه‌ریزی مدیریت پسماند شهری با توجه به جریان تولید مواد زاید	برنامه‌ریزی ریاضی
جبور و همکاران [20]	برای بهینه‌سازی سیستم حمل‌ونقل مدیریت مواد زاید جامد از مدلی دو هدفه استفاده نمودند که برای درنظرگرفتن ریسک زیست‌محیطی از مقدار سوخت مصرف‌شده توسط ماشین‌آلات حمل‌ونقل زباله بهره برده‌اند.	مدل‌سازی ریاضی
وانگ و همکاران [21]	بهینه‌سازی سیستم مدیریت مواد زاید جامد	رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی فازی
گونسالوس [22]	رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی فازی	روش تحلیل شبکه ANP

۳- روش‌شناسی پژوهش

همان‌گونه که در بخش‌های گذشته نیز بیان گردید برای شناسایی استراتژی‌های مدیریت پسماند شهری که دربرگیرنده هدف اصلی این پژوهش می‌باشد از رویکرد سیستم‌های پویا استفاده شده است. در این پژوهش سعی شده است تا ابتدا عوامل موثر بر تولید پسماندهای شهری شناسایی و به کمک سیستم‌های پویا مدل‌سازی شود. سیستم‌های پویا می‌تواند پیچیدگی، غیرخطی بودن و ساختارهای حلقوی بازخوری را که در سیستم‌های فیزیکی و غیرفیزیکی ذاتا وجود دارند را در برگیرد. همچنین می‌توان دلایل استفاده از رویکرد سیستم‌های پویا برای این پژوهش را این‌گونه بر شماری نمود: ۱- رویکردی مناسب در تعیین و پیش‌بینی آثار عوامل موثر بر تولید پسماند، ۲- کمک به فهم روابط بین متغیرها و بررسی رفتار و ساختار سیستم‌ها به‌خصوص سیستم‌های پیچیده (ایجاد مدل مفهومی)، ۳- رویکردی منعطف با توانایی تحلیل کمی و کیفی، ٤- توانایی بررسی سیستم در آینده تحت سناریوها و سیاست‌های مختلف تصمیم‌گیرندگان و ٥- مدل‌های سیستم‌های پویا از رده مدل‌های شبیه‌سازی محسوب می‌شوند؛ بنابراین، مزایای استفاده از روش شبیه‌سازی را نسبت به روش‌های تحلیل دارند. در گام بعد جهت شناخت دقیق وضعیت فعلی مدیریت پسماند در شهر بوشهر و تعیین راهبردهای برتر از روش سوات (*SWOT*) بهره گرفته شده است. این رویکرد ابزاری قدرتمند جهت تجزیه‌وتحلیل مناسب عوامل رسیدن به اهداف سازمان برای تعیین استراتژی‌های مناسب که تضمین‌کننده موفقیت آن می‌باشند؛ با بررسی موقعیت داخلی (نقاط قوت و ضعف) و موقعیت خارجی (فرصت‌ها و تهدیدها) را فراهم می‌کند. در نهایت با استفاده از روش غیرخطی میخایلوف فازی به رتبه‌بندی استراتژی‌های تعیین‌شده اقدام گردید که این ابزاری مناسب برای مدیران جهت تصمیم‌گیری مناسب را فراهم می‌کند. به‌طورکلی مراحل انجام پژوهش به‌صورت زیر می‌باشد:

دوره ۹، شماره ۱، (۱۴۰۳)
صفحه: ۹۷-۸۰

گام ۱- شناسایی متغیرهای موثر بر سیستم مدیریت پسماند.

گام ۲- بومی‌سازی متغیرهای پژوهش در قالب مدل‌سازی سیستم‌های پویا.

گام ۳- شبیه‌سازی متغیرهای اصلی و اعتبارسنجی الگو.

گام ۴- استفاده از روش دلفی به‌منظور تدوین استراتژی‌های مدیریت پسماند با رویکرد سوات.

گام ۵- تشکیل ماتریس سوات.

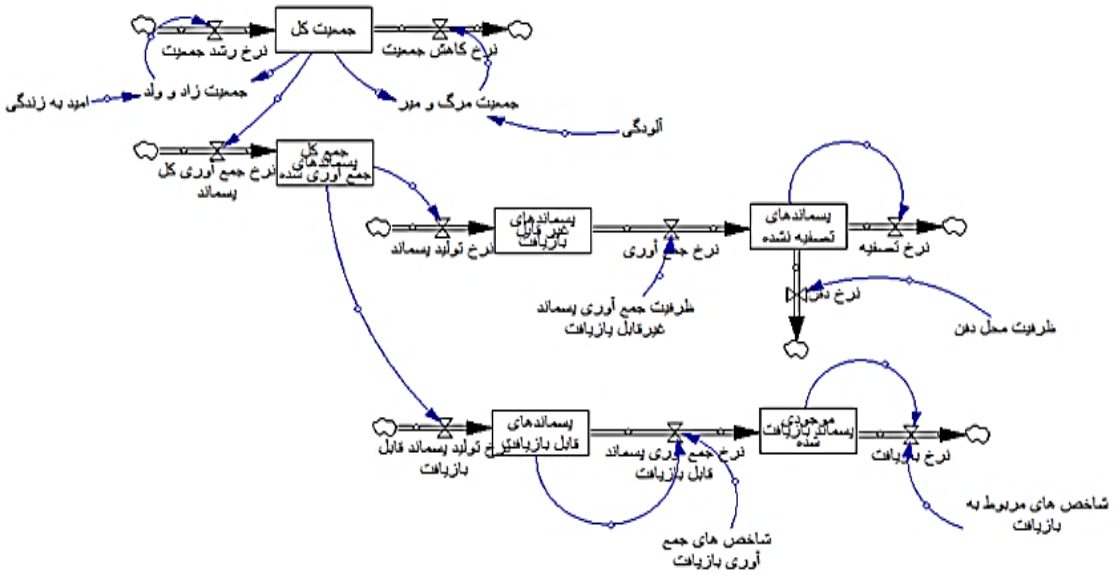
گام ۶- استفاده از روش اولویت‌گذاری غیرخطی فازی.

۳-۱- شناسایی متغیرهای موثر بر سیستم مدیریت پسماند

این مطالعه به لحاظ هدف در قالب تحقیقات کاربردی و به لحاظ روش تحقیق، در زمره تحقیقات کیفی-کمی است. قلمرو مکانی پژوهش، سیستم مدیریت پسماند شهرستان بوشهر می‌باشد. جامعه آماری این تحقیق را مدیران و کارشناسان شاغل در این سازمان مدیریت پسماند شهرداری و آشنا به موضوع تشکیل دادند که با روش غیرتصادفی هدفمند از نوع قضاوتی اعضای نمونه انتخاب گردیدند. همچنین برای رتبه‌بندی استراتژی‌های استخراج‌شده از نظر اساتید دانشگاه نیز بهره گرفته شده است.

۳-۲- بومی‌سازی متغیرهای پژوهش و کاربرد مدل‌سازی سیستم‌های پویا

در این بخش، ابتدا به‌منظور نمایش ساختار واقعی مدل طراحی می‌شود، سپس به برقراری روابط در بین متغیرها و شبیه‌سازی و تحلیل مدل پرداخته می‌شود. مراحل مدل‌سازی مرحله‌به‌مرحله در ادامه بیان شده است. عوامل موثر بر تولید پسماند شهری در هر منطقه و مکانی متفاوت است؛ زیرا در هر منطقه، شرایط محلی از قبیل آب‌وهوا، استاندارد زندگی، سطح فناوری، فرهنگ مردم، عوامل اقتصادی و ... متفاوت است؛ بنابراین عوامل موثر بر تولید پسماند در هر منطقه باید به‌صورت جداگانه تحلیل شود. عوامل موثر بر تولید پسماند در این پژوهش با توجه به مطالعات پیشین و همچنین نظر اساتید دانشگاه و خبرگان سازمان مدیریت پسماند شهرداری بوشهر انتخاب شده است. هرچند نمودارهای علی حلقوی ساختار بازخوردی سیستم را به خوبی نشان می‌دهند، اما برای شبیه‌سازی کامپیوتری مناسب نیستند. نمودارهای انباشت و جریان ابزاری جهت مدل‌سازی فرضیات ساخته‌شده در نمودارهای علی می‌باشند. دو متغیر اصلی در هر سیستم پویا وجود دارد. اولی متغیر انباشت است که به آن سطح یا متغیر حالت نیز گفته می‌شود. هر انباشت وضعیت یکی از متغیرهای سیستم را به‌صورت تجمعی در طول زمان نشان می‌دهد. متغیر انباشت با یک مستطیل نشان داده می‌شود. نوع دوم متغیرهای نرخ هستند. این متغیرها نشان می‌دهند که در واحد زمان، انباشت چگونه تغییر می‌کند. نرخ‌ها با علامت دو مثلث متصل‌به‌هم که بیانگر یک شیر یا سوپاپ است نشان داده می‌شوند. نرخ ورودی موجب افزایش مقدار متغیر انباشت و نرخ خروجی موجب کاهش آن می‌گردد. همچنین در نمودار انباشت و جریان از علامت ابر نیز استفاده می‌شود. این علامت نشان‌دهنده انباشتی نامحدود در خارج از سیستم است. متغیرهای کمکی، حاوی متغیرهای دیگر هستند و مقدار آن‌ها از مقدار متغیرها در دوره‌های زمانی قبل مستقل است. متغیرهای ثابت، همواره در طول دوره شبیه‌سازی، مقدار ثابت دارند. متغیرهای درون‌زا متغیرهای پویایی هستند که در درون حلقه‌های بازخوردی یک سیستم قرار می گیرند و متغیرهای برون‌زا اجزایی هستند که به‌طور مستقیم بر سیستم تاثیر ندارند. **شکل ۱** نمودار جریان و حالت مدل پویایی‌های سیستم مدیریت پسماند شهری را نشان می‌دهد. در ادامه به تحلیل نتایج این مدل، سیاست‌ها و سناریوهای مختلف آن می‌پردازیم.

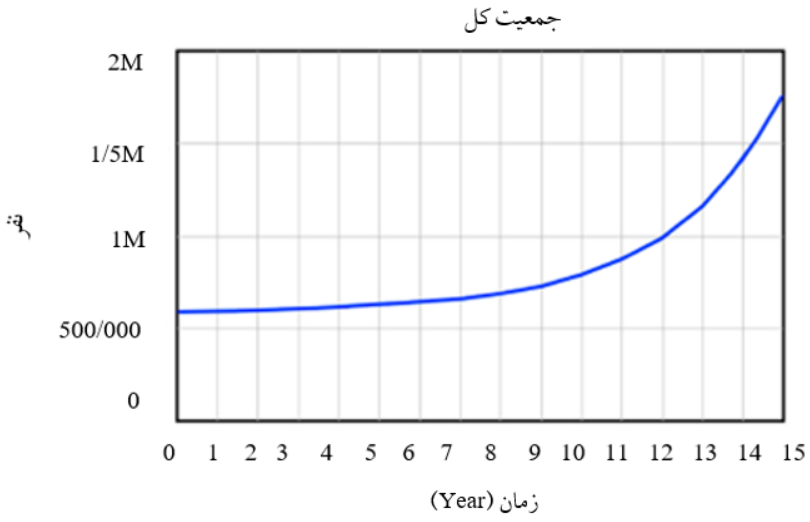


شکل ۱- نمودار جریان عوامل موثر بر سیستم مدیریت پسماند شهری.

Figure 1- Flow diagram of factors affecting the urban waste management system.

۳-۳- شبیه‌سازی متغیرهای اصلی و اعتبارسنجی الگو

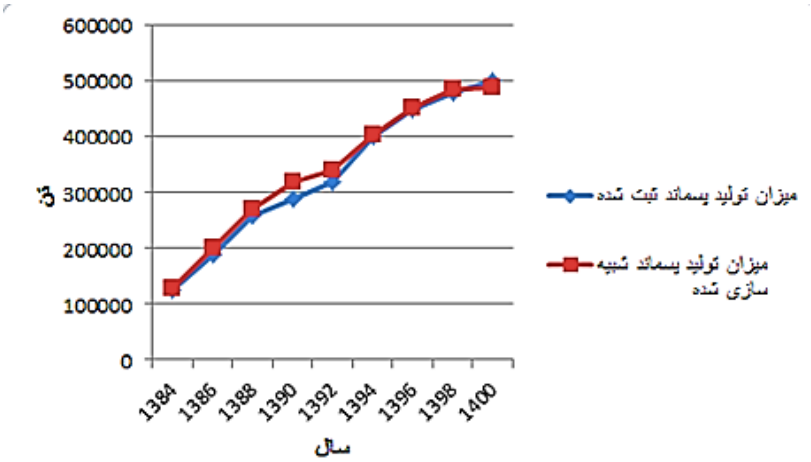
پس از تخصیص معادلات و پارامترها و اطمینان از صحت واحدها، شبیه‌سازی با زمان اولیه صفر تا ۱۵ سال انجام شده است. مقادیر ثابت با توجه به آمارهای موجود در سال نامه استان بوشهر و سازمان پسماند به دست آمده است. در این پژوهش سال مبنا ۱۳۸٤ در نظر گرفته شده است. همچنین برای اطمینان از اعتبار عملکرد مدل ارایه شده به روش پویایی سیستم، آزمون رفتار مجدد توسط نرم‌افزارهای *Vensim* انجام گردیده است که نتیجه آن به شرح زیر است. یکی از مهم‌ترین آزمون‌ها برای اعتبارسنجی مدل، آزمون مجدد رفتار (مقایسه با داده‌های تاریخی) است. در این آزمون مشخص می‌شود که متغیرهای مدل تا چه حد می‌توانند مقدار داده‌های تاریخی را بازسازی کنند. **شکل ۲** تا **شکل ٤** مقادیر شبیه‌سازی شده و داده تاریخی برای متغیر جمعیت کل، ظرفیت دفن پسماند و همچنین میزان تولید انواع پسماند طی سال‌های ۱۳۸٤ تا ۱٤۰۰ که به‌عنوان متغیرهای کلیدی پژوهش در نظر گرفته شده‌اند را نشان می‌دهند.



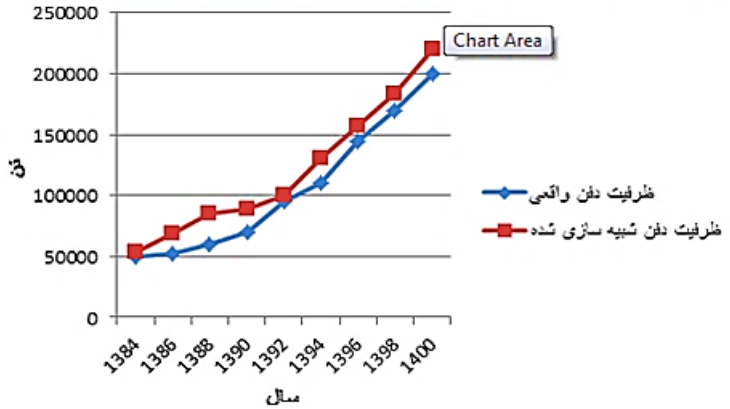
شکل ۲- نمودار جمعیت کل شهر بوشهر.

Figure 2- Population chart of Bushehr city.

دوره ۹، شماره ۱، (۱۴۰۳)
صفحه: ۹۷-۸۰



شکل ۳- نمودار میزان تولید انواع پسماند و مقدار شبیه‌سازی‌شده.
Figure 3- The graph of waste types' production and the simulated amount.



شکل ۴- نمودار ظرفیت دفن انواع پسماند و مقدار شبیه‌سازی‌شده.
Figure 4- Burial capacity diagram of waste types and simulated amount.

۳-۴- استفاده از روش دلفی به‌منظور تدوین استراتژی‌های مدیریت پسماند با رویکرد سوات

سپس جهت بومی‌سازی متغیرهای موثر در مدل‌سازی سیستم‌های پویا و موثر بر تدوین استراتژی‌های مدیریت پسماند از رویکرد دلفی استفاده گردید. به‌طورکلی هدف اصلی از انجام مطالعه دلفی کسب قابل‌اطمینان‌ترین میزان توافق بین نظرات گروه متخصصان از طریق توزیع پرسش‌نامه‌ها به همراه بازخوردهای کنترل‌شده بوده است. معیارهای انتخاب خبرگان در این پژوهش شامل تسلط نظری، تجربه عملی، تمایل و توانایی مشارکت در پژوهش و دسترسی می‌باشد. در نمونه‌گیری برای تعیین متخصصان در تکنیک دلفی، اغلب برای نمونه‌گیری، از روش غیرتصادفی هدفمند از نوع قضاوتی استفاده می‌شود. تعداد اعضای پانل نیز در پژوهش‌های پیشین‌بین ۱۰ تا ارقام مختلف متغیر بوده است؛ اما چنانچه شرکت‌کنندگان همگن باشند، تعداد ۱۰ تا ۱۵ عضو برای پانل کافی خواهد بود. برای تعیین میزان اتفاق‌نظر میان اعضای پانل از ضریب هماهنگی کندال استفاده می‌گردد. ضریب هماهنگی کندال مقیاسی برای تعیین درجه هماهنگی و موافقت میان چندین دسته رتبه مربوط به N شیی یا فرد است. مقدار ضریب هماهنگی کندال با استفاده از نرم‌افزار *SPSS* محاسبه گردید. مقدار بیشتر از ۰/۸ برای ضریب هماهنگی کندال نمایانگر اتفاق‌نظر بسیار قوی بر روی عوامل می‌باشد. لازم به ذکر است که برای پانل‌های با تعداد بیشتر از ۱۰ عضو حتی مقادیر بسیار کوچک نیز معنادار است.

۳-۵- تدوین استراتژی‌های مدیریت پسماند شهری با رویکرد SWOT

پس از بررسی مبانی نظری مدل مفهومی مربوط طراحی شد. به‌منظور تدوین استراتژی‌های بهینه مدیریت پسماند شهری اقدام به تدوین ماتریس ارزیابی عوامل خارجی و همچنین ماتریس ابعاد داخلی پرداخته شده است. همچنین در این پژوهش به‌منظور رتبه‌بندی استراتژی‌های بهینه مدیریت پسماند از روش غیرخطی میخایلوف استفاده شده است که نتایج آن در بخش روش‌شناسی پژوهش ذکر خواهد شد.

۱-۵-۳- ماتریس ارزیابی عوامل خارجی

این ماتریس ابزاری است که به استراتژیست‌ها اجازه می‌دهد تا عوامل محیطی، اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و ... را در مقطع زمانی موردنظر ارزیابی کنند و برای سازمان‌های دولتی و خصوصی کاربرد دارد. پارادیم حاکم بر طراحی این ماتریس، عمدتا تجویزی بوده و در رویکردهای مختلف تجویزی به‌عنوان ابزاری برای جمع‌آوری اطلاعات محیط عمومی و محیط صنعت به کار برده می‌شود. در ماتریس زیر عوامل تاثیرگذار بر مدیریت پسماند شهری ابتدا شناسایی‌شده و سپس در قالب فرصت‌ها و تهدیدها به لحاظ اهمیت مورد ارزیابی و سنجش قرار می‌گیرد. در **جدول ۲** فرصت‌ها و تهدیدهای مدیریت پسماند شهری نشان داده شده است.

جدول ۲- ماتریس ارزیابی عوامل خارجی مدیریت پسماند شهری.

Table 2- Evaluation matrix of external factors of urban waste management.

عوامل خارجی (O–T)	ضریب	نمره	رتبه
فرصت‌ها (O)			
O1- وجود قوانین و مقررات زیست‌محیطی	4%	3	12%
O2- ظرفیت همکاری سازمان‌های محلی و منطقه‌ای جهت بهبود سیستم	6%	3	18%
O3- تبلیغات رسانه‌ای در جه تفکیک و کاهش ضایعات و رعایت برنامه زمان‌بندی خروج ضایعات	5%	3	15%
O4- سطح نسبتا مطلوب آموزش پذیری و مشارکت شهروندان	10%	4	40%
O5- وجود بازار مصرفی مواد بازیافتی	5%	3	15%
O6- وجود دانشگاه‌ها و افراد متخصص در منطقه	5%	3	15%
O7- بهبود تکنولوژی جمع‌آوری پسماند	4%	3	12%
O8- الزام قانونی و تعهد دولت به بهبود سیستم از طرف وزارت کشور	8%	4	32%
تهدیدها (T)			
T1- کیفیت پایین جداسازی اولیه توسط شهروندان	10%	1	10%
T2- نوسانات شدید بازار مواد بازیافتی و سوددهی ناکافی	8%	1	8%
T3- وجود جمعیت شناور عدم رعایت ملاحظات زیست‌محیطی از گردشگران	4%	2	8%
T4- شرایط آب و هوایی ویژه و سطح ایستایی آب زیرزمینی	10%	1	10%
T5- افزایش جمعیت مصرف‌گرایی فزاینده	4%	2	8%
T6- هزینه‌بر و زمان‌بر بودن ایجاد فرهنگ صحیح تولید و تفکیک پسماند	6%	2	12%
T7- عدم فرهنگ‌سازی استفاده از ظروف بازیافتی	5%	2	10%
T8- وجود دوره‌گردهای جمع‌آوری ضایعات جهت فروش آن‌ها	3%	2	6%
جمع	100%		2.48%

۲-۵-۳- ماتریس ارزیابی عوامل داخلی

این ماتریس ابزاری جهت بررسی عوامل داخلی سازمان می‌باشد. در واقع نقاط قوت و ضعف واحدهای سازمانی را ارزیابی می‌نماید. برای تهیه یک ماتریس عوامل داخلی، عمدتا از نظرات و قضاوت‌های مدیران و کارکنان استفاده می‌شود. این ماتریس برای جمع‌آوری اطلاعات درون‌سازمانی در فرآیند برنامه‌ریزی استراتژیک کاربرد دارد. در ماتریس زیر عوامل تاثیرگذار بر مدیریت پسماند شهری ابتدا شناسایی‌شده و سپس در قالب قوت و ضعف به لحاظ اهمیت مورد ارزیابی و سنجش قرار می‌گیرد. در **جدول ۳** نقاط قوت و ضعف مدیریت پسماند شهری نشان داده شده است.

جدول ۳- ماتریس ارزیابی عوامل داخلی مدیریت پسماند شهری.

Table 3- Evaluation matrix of internal factors of urban waste management.

عوامل داخلی (S–W)	ضریب	نمره	رتبه
قوت‌ها (S)			
S1- توان و قابلیت مشارکت و همکاری مردمی در زمینه تفکیک و بازیافت پسماند	10%	4	40%
S2- توان و قابلیت شروع آموزش و فرهنگ‌سازی در بین شهروندان در رابطه با بازیافت پسماند	6%	4	24%
S3- وجود ماشین‌آلات مکانیزه جمع‌آوری و حمل پسماند	5%	3	15%
S4- تجربه اجرای طرح تفکیک از مبدا در برخی از محلات	3%	3	9%
S5- انجام مطالعات و تحقیقات در خصوص شرایط محل‌های دفن پسماند	4%	3	12%

دوره ۹، شماره ۱، (۱۴۰۳)
صفحه: ۹۷-۸۰

جدول ۳- ادامه.
Table 3- Continued.

عوامل داخلی (S–W)	ضریب	نمره	رتبه
قوت‌ها (S)			
S6-رعایت برنامه زمان‌بندی جهت جمع‌آوری پسماند توسط ماموران شهرداری	6%	4	24%
S7- تعبیه ظروف جمع‌آوری پسماند	7%	4	28%
S8- انگیزه داخلی جهت بهبود سیستم	6%	3	18%
ضعف‌ها (W)			
W1- متوسط تولید ۱/۲ کیلوگرم پسماند برای هر نفر (استاندارد به ازای هر نفر ۰/۵ کیلوگرم)	8%	1	8%
W2- عدم وجود تکنولوژی جمع‌آوری؛ دفن و بازیافت پسماند	6%	2	12%
W3- مشارکت حداقلی بخش خصوصی	10%	1	10%
W4- عدم وجود مکان مناسب جهت دفن و تمرکز بر دفن	6%	1	6%
W5- کمبود آموزش و فرهنگ‌سازی در زمینه مدیریت بهینه پسماند	5%	2	10%
W6- مشکلات عدم رعایت ایمنی و سلامت کارکنان	6%	1	6%
W7- تولید روزافزون و کنترل نشده پسماندهای شهری	8%	1	8%
W8- عدم رعایت تفکیک پسماند در هنگام جمع‌آوری زایدات	4%	2	8%
جمع	100%		2/38

۳-۵-۳- ماتریس سوات (SWOT)

ماتریس سوات یکی از ابزارهای مهمی است که مدیران بدان وسیله اطلاعات مربوط به عوامل داخلی و خارجی را مقایسه می‌کنند و می‌توانند با استفاده از آن، انواع استراتژی‌های ممکن را ارایه کنند. ماتریس *SWOT* متشکل از یک جدول مختصات دو بعدی است که هریک از چهار نواحی آن نشانگر یک دسته استراتژی می‌باشد. این استراتژی‌ها عبارت‌اند از ۱- استراتژی *SO*، ۲- استراتژی *WO*، ۳- استراتژی *ST* و ٤- استراتژی *WT*. با توجه به موارد ذکرشده و نظرات مدیران واحد پسماند شهرداری بندر بوشهر، استراتژی‌هایی را برای هریک از نواحی چهارگانه ماتریس سوات انتخاب نموده‌ایم. **جدول ٤**، ماتریس سوات را نشان می‌دهد.

جدول ۴- ماتریس سوات مدیریت پسماند شهری.
Table 4- Swat matrix of urban waste management.

عوامل داخلی / عوامل خارج	قوت‌ها (S)	ضعف‌ها (W)
	S1	**W1**
	S2	**W2**
	S3	**W3**
	S4	**W4**
	S5	**W5**
	S6	**W6**
	S7	**W7**
	S8	**W8**
فرصت‌ها (O)	SO1- افزایش آگاهی و تغییر نگرش شهروندان نسبت به نحو صحیح مدیریت پسماند مثل کاهش تولید، تفکیک مواد قابل بازیافت	WO1- تشویق بخش خصوصی جهت سرمایه‌گذاری در امور جمع‌آوری، حمل‌ونقل و بازیافت پسماندهای شهری
O1	SO2- تامین زیرساخت‌های اجرای مدیریت پسماند به لحاظ مالی و فنی	WO2- بهبود سیستم پایش
O2	SO3- تقویت سیستم‌های تفکیک پسماند	WO3- پیشرفته کردن ماشین‌آلات حمل پسماند
O3	SO4- توسعه برنامه‌های تبلیغاتی متناسب با فرهنگ جامعه در راستای جداسازی و کاهش حجم پسماندهای تولیدی	WO4- افزایش مخازن پسماند شهری در سطح شهر با اشکال جدید و زیبا و با داشتن درب مناسب جهت جلوگیری از ورود حیوانات ولگرد
O4		
O5		
O6		
O7		
O8		

جدول ۴- ادامه.
Table 4- Continuation.

عوامل داخلی / عوامل خارج	قوت‌ها (S)	ضعف‌ها (W)
	S1	W1
	S2	W2
	S3	W3
	S4	W4
	S5	W5
	S6	W6
	S7	W7
	S8	W8
تهدیدها (T)	ST1- تقویت برنامه‌های بازیافت با هزینه پایین	WT1- استفاده از تکنولوژی پیشرفته دفن با تاکید بر عدم دفن مستقیم
T1	ST2- فرهنگ‌سازی جهت استفاده از ظروف قابل بازیافت	WT2- تخصیص بودجه مناسب جهت تبلیغات
T2	ST3- راه‌اندازی مراکز تحقیقاتی برای و استفاده از تکنیک‌های برتر برای بازیافت پسماند	WT3- به‌کارگیری افراد آگاه برای تفکیک پسماند و دفن مناسب آن‌ها جهت جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی
T3		
T4		
T5		
T6		
T7		
T8		

در پژوهش حاضر، مراحل روش دلفی در سه دور به انجام رسید که میزان انحراف معیار پاسخ‌های اعضای پانل در دورهای اول، دوم و سوم در خصوص استراتژی‌های سیستم مدیریت پسماند مقدار ضریب هماهنگی کندال نیز برای دورهای اول، دوم و سوم در جدول زیر نشان داده شده است. در **جدول ۵** ریب کندال اعضای پانل نشان داده شده است.

جدول ۵- نتایج ضریب هماهنگی کندال در میان اعضای پانل.
Table 5- Results of Kendall's correlation coefficient among panel members.

نتایج	دور اول	دور دوم	دور سوم
میانگین انحراف معیار	0.542	0.452	0.435
ضریب هماهنگی کندال	0.68	0.79	0.85

۶-۳- مراحل روش اولویت‌گذاری غیرخطی فازی

مرحله ۱ (ترسیم درخت سلسله مراتبی)- در این مرحله ساختار سلسله‌مراتب تصمیم را با استفاده از سطوح هدف معیار و گزینه ترسیم کنید.

مرحله ۲ (تشکیل ماتریس قضاوت فازی)- ماتریس‌های توافقی قضاوت فازی را بر اساس نظرات تصمیم‌گیرندگان تشکیل دهید. ازاین‌رو لازم است از اعداد فازی در تبیین ترجیحات افراد و نظرسنجی آن‌ها استفاده گردد که این مهم در این پژوهش صورت پذیرفته است. مقیاس‌های زبانی فازی در **جدول ۶** بیان شده است [17]، [23].

جدول ۶- مقیاس‌های زبانی فازی.
Table 6- Fuzzy linguistic scales.

مقادیر زبانی برای مقایسات زوجی	مقیاس‌های فازی مثلثی
خیلی کم	(1, 2, 3)
کم	(2, 3, 4)
متوسط	(3, 4, 5)
زیاد	(4, 5, 6)
خیلی زیاد	(5, 6, 7)

مرحله ۳ (صورت‌بندی و حل مدل)- مدل را با استفاده از حدود بالا و پایین درایه‌های ماتریس حاصل تدوین و حل نمایید. مدل غیرخطی مورداستفاده در این پژوهش به‌صورت زیر می‌باشد:

دوره ۹، شماره ۱، (۱۴۰۳)
صفحه: ۹۷-۸۰

$$
\begin{aligned}
&Maximise \quad \lambda,\\
&s.t.\\
&(m_{ij}-l_{ij})\lambda w_j - w_i + l_{ij} w_j \le 0,\\
&(u_{ij}-m_{ij})\lambda w_j + w_i - u_{ij} w_j \le 0,\\
&\sum_{k=1}^{n} w_k = 1,\\
&w_k \ge 0, \quad k=1,2,...,n, \quad i=1,2,...,n-1, \quad j=2,3,...n, \quad j>i.
\end{aligned}
$$

به علت غیرخطی بودن مدل، حل آن به روش سیمپلکس امکان‌پذیر نیست و باید آن را با استفاده از روش‌های مقداری و نرم‌افزاری مناسب مانند *Lingo* حل کرد. مقادیر بهینه مثبت برای شاخص λ نشان‌دهنده این است که تمام نسبت‌های وزن‌ها کاملا در قضاوت اولیه صدق می‌کنند، اما در صورت منفی بودن این شاخص، می‌توان فهمید که قضاوت‌های فازی قویا ناسازگار بوده و نسبت‌های وزنی تقریبا در این قضاوت‌ها صدق کرده است.

۴- تدوین مدل ریاضی

مراحل مربوط به ارزیابی و رتبه‌بندی استراتژی‌ها در این پژوهش خود به دو بخش عمده تقسیم می‌شود. ۱- تعیین ماتریس مقایسات زوجی بر اساس ادغام نظر کارشناسان و ۲- کاربرد مدل‌سازی ریاضی در رتبه‌بندی و به دست آوردن وزن‌های استراتژی‌های مختلف مدل پژوهش. در جدول زیر تعداد افراد مورداستفاده در این پژوهش برای بخش تصمیم‌گیری نشان داده شده است. **جدول ۷** تعداد تصمیم‌گیرندگان مورداستفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۷- تعداد اساتید دانشگاه و کارشناسان مورداستفاده در این پژوهش.

Table 7- The number of university professors and experts used in this research.

سمت	تعداد
اساتید دانشگاه	5
خبرگان واحد پسماند شهرداری بندر بوشهر	5

۴-۱- رتبه‌بندی عوامل مربوط به استراتژی‌های SO

طی نظرسنجی به‌عمل‌آمده بر اساس جمع‌بندی نظرات خبرگان ماتریس مقایسات زوجی عوامل مربوط به استراتژی‌های *SO* نسبت به هم در **جدول ۸** نشان داده شده است.

جدول ۸- ماتریس مقایسات زوجی زیر عوامل مربوط به استراتژی‌های SO بر اساس ادغام نظرات کارشناسان.

Table 8- Pairwise comparison matrix of factors related to SO strategies based on the integration of experts' opinions.

	SO_1			**SO_2**			**SO_3**			**SO_4**		
SO_1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO_2	1.5	3	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO_3	3.5	4.5	5.5	1.5	2	2.5	-	-	-	-	-	-
SO_4	2.5	3.75	4.96	1.2	1.61	2.3	1.05	1.5	2.2	-	-	-

$$
\begin{aligned}
&Maximise \quad \lambda,\\
&S.t.\\
&(3-1/5)\lambda SO_1 - SO_2 + 1/5SO_1 \le 0,\\
&(3/5-3)\lambda SO_1 + SO_2 _ 3/5SO_1 \le 0,\\
&(4/5-3/5)\lambda SO_1 - SO_3 + 3/5SO_1 \le 0,\\
&(5/5-4/5)\lambda SO_1 + SO_3 _ 5/5SO_1 \le 0,\\
&(2-1/5)\lambda SO_2 - SO_3 + 1/5SO_2 \le 0,\\
&(2/5-2)\lambda SO_2 + SO_3 _ 2/5SO_2 \le 0,\\
&(3/75-2/5)\lambda SO_1 - SO_4 + 2/5SO_1 \le 0,\\
&(4/96-3/75)\lambda SO_1 + SO_4 _ 4/96SO_1 \le 0,\\
&(1/61-1/21)\lambda SO_2 - SO_4 _ 1/21SO_2 \le 0,\\
&(2/3-1/61)\lambda SO_2 + SO_4 _ 2/3SO_2 \le 0,\\
&(1/5-1/05)\lambda SO_3 - SO_4 _ 1/05SO_3 \le 0,\\
&(2/2-1/5)\lambda SO_3 + SO_4 _ 2/2SO_3 \le 0,\\
&SO_1 + SO_2 + SO_3 + SO_4 = 1,\\
&SO_k \ge 0, k = 1,2,3,4.
\end{aligned}
$$

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مدل فوق نیز با استفاده از نرم‌افزار *Lingo* مورد حل قرار گرفته که اهمیت هر یک از عوامل مربوط به استراتژی‌های *SO* و همچنین میزان سازگاری λ به‌صورت جدول زیر محاسبه گردیده است. همان‌گونه که در **جدول ۹** مشاهده می‌شود مقدار مثبت برای شاخص سازگاری λ بیانگر سازگاری قابل‌قبول ماتریس است.

جدول ۹- وزن و رتبه‌بندی عوامل مربوط به استراتژی‌های SO برگرفته از مدل غیرخطی فازی.

Table 9- Weight and ranking of factors related to SO strategies derived from the fuzzy nonlinear model.

استراتژی‌ها	کد معیار	وزن	رتبه	مقدار تابع هدف
تامین زیرساخت‌های اجرای مدیریت پسماند به لحاظ مالی و فنی	SO_2	0.3269300	2	
تقویت سیستم‌های تفکیک پسماند	SO_3	0.1967774	3	0.3228417
افزایش اگاهی و تغییر نگرش شهروندان نسبت به نحو صحیح مدیریت پسماند مثل کاهش تولید، تفکیک مواد قابل بازیافت	SO_1	0.3907725	1	
توسعه برنامه‌های تبلیغاتی متناسب با فرهنگ جامعه در راستای جداسازی و کاهش حجم پسماندهای تولیدی	SO_4	0.08552015	4	

۲- ۴- رتبه‌بندی عوامل مربوط به استراتژی‌های ST

طی نظرسنجی به‌عمل‌آمده بر اساس جمع‌بندی نظرات خبرگان ماتریس مقایسات زوجی عوامل مربوط به استراتژی‌های *ST* نسبت به هم در **جدول ۱۰** نشان داده شده است.

جدول ۱۰- ماتریس مقایسات زوجی زیر عوامل مربوط به استراتژی‌های ST بر اساس ادغام نظرات کارشناسان.

Table 10- The matrix of pairwise comparisons of the following factors related to ST strategies based on the integration of experts' opinions.

			ST_1			ST_2			ST_3
ST_1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ST_2	2.40	3.30	5.60	-	-	-	-	-	-
ST_3	2.2	2/98	4.5	1.09	2.05	4.02	-	-	-

دوره ۹، شماره ۱، (۱۴۰۳)
صفحه: ۹۷-۸۰

$$
\begin{aligned}
&Maximise \quad \lambda,\\
&S.t.\\
&(3/30-2/40)\lambda ST_1 - ST_2 + 2/40ST_1 \le 0,\\
&(5/60-3/30)\lambda ST_1 + ST_2 - 5/60ST_1 \le 0,\\
&(2-98-2-2)\lambda ST_1 - ST_3 + 2/2ST_1 \le 0,\\
&(4/5-2/98)\lambda ST_1 + ST_3 - 4/5ST_1 \le 0,\\
&(2/05-1/09)\lambda ST_2 - ST_3 + 1/09ST_2 \le 0,\\
&(4/02-2/05)\lambda ST_2 + ST_3 - 4/02ST_2 \le 0,\\
&ST_1 + ST_2 + ST_3 = 1,\\
&ST_k \ge 0, K = 1,2,3.
\end{aligned}
$$

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مدل فوق نیز با استفاده از نرم‌افزار *Lingo* مورد حل قرار گرفته که اهمیت هر یک از عوامل مربوط به استراتژی‌های *ST* و همچنین میزان سازگاری λ به‌صورت جدول زیر محاسبه گردیده است. همان‌گونه که در **جدول ۱۱** مشاهده می‌شود مقدار مثبت برای شاخص سازگاری λ بیانگر سازگاری قابل‌قبول ماتریس است.

جدول ۱۱- وزن و رتبه‌بندی عوامل مربوط به استراتژی‌های ST برگرفته از مدل غیرخطی فازی.
Table 11- Weight and ranking of factors related to ST strategies derived from fuzzy nonlinear model.

استراتژی‌ها	کد معیار	وزن	رتبه	مقدار تابع هدف
تقویت برنامه‌های بازیافت با هزینه پایین	ST_1	0.3559699	2	
فرهنگ‌سازی جهت استفاده از ظروف قابل بازیافت	ST_2	0.5136857	1	0.3677686
راه‌اندازی مراکز تحقیقاتی برای و استفاده از تکنیک‌های برتر برای بازیافت پسماند	ST_3	0.1303444	3	

۳-۴- رتبه‌بندی عوامل مربوط به استراتژی‌های WT

طی نظرسنجی به‌عمل‌آمده بر اساس جمع‌بندی نظرهای خبرگان ماتریس مقایسات زوجی عوامل مربوط به استراتژی‌های *WT* نسبت به هم در **جدول ۱۲** نشان داده شده است.

جدول ۱۲- ماتریس مقایسات زوجی عوامل مربوط به استراتژی‌های WT بر اساس ادغام نظرات کارشناسان.
Table 12- The matrix of pairwise comparisons of factors related to WT strategies based on the integration of experts' opinions.

	WT_1			WT_2			WT_3		
WT_1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WT_2	2.5	3	3.5	-	-	-	-	-	-
WT_3	4	5	6	1.5	2	2.5	-	-	-

$$
\begin{aligned}
&Maximise \quad \lambda,\\
&S.t.\\
&(3-2/5)\lambda WT_1 - WT_2 + 2/5WT_1 \le 0,\\
&(3/5-3)\lambda WT_1 + WT_2 - 3/5WT_1 \le 0,\\
&(5-4)\lambda WT_1 - WT_2 + 4WT_1 \le 0,\\
&(6-5)\lambda WT_1 + WT_2 - 6WT_1 \le 0,\\
&(2-1/5)\lambda WT_2 - WT_3 + 1/5WT_2 \le 0,\\
&(2/5-2)\lambda WT_2 + WT_3 - 2/5WT_2 \le 0,\\
&WT_1 + WT_2 + WT_3 = 1,\\
&WT_k \ge 0, k = 1,2,3.
\end{aligned}
$$

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مدل فوق نیز با استفاده از نرم‌افزار *Lingo* مورد حل قرار گرفته که اهمیت هر یک از عوامل مربوط به استراتژی‌های *WT* و همچنین میزان سازگاری λ به‌صورت جدول زیر محاسبه گردیده است. همان‌گونه که در **جدول ۱۳** مشاهده می‌شود مقدار مثبت برای شاخص سازگاری λ بیانگر سازگاری قابل‌قبول ماتریس است.

جدول ۱۳- وزن و رتبه‌بندی عوامل مربوط به استراتژی‌های WT برگرفته از مدل غیرخطی فازی.
Table 13- Weight and ranking of factors related to WT strategies derived from fuzzy nonlinear model.

استراتژی‌ها	کد معیار	وزن	رتبه	مقدار تابع هدف
استفاده از تکنولوژی پیشرفته دفن با تاکید بر عدم دفن مستقیم	WT_1	0.1093	3	
تخصیص بودجه مناسب جهت تبلیغات	WT_2	0.3121	2	0.7082
به‌کارگیری افراد آگاه برای تفکیک پسماند و دفن مناسب آن‌ها	WT_3	0.5786	1	
جهت جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی				

۴-۴- رتبه‌بندی عوامل مربوط به استراتژی‌های WO

طی نظرسنجی به‌عمل‌آمده بر اساس جمع‌بندی نظرات خبرگان ماتریس مقایسات زوجی عوامل مربوط به استراتژی‌های *WO* نسبت به هم در **جدول ۱۴** نشان داده شده است.

جدول ۱۴- ماتریس مقایسات زوجی عوامل مربوط به استراتژی‌های WO بر اساس ادغام نظرات کارشناسان.
Table 14- Matrix of pairwise comparisons of factors related to WO strategies based on the integration of experts' opinions.

	WO_1			WO_2			WO_3			WO_4		
WO_1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WO_2	1.15	1.65	2.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WO_3	1.65	2.71	3.74	1.65	2.71	3.74	-	-	-	-	-	-
WO_4	1.15	1.89	2.57	1	1.32	1.56	0.37	0.49	0.76	-	-	-

$$
\begin{aligned}
&Maximise \quad \lambda,\\
&S.t.\\
&(1/65-1/15)\lambda WO_1 - WO_2 + 1/15WO_1 \le 0,\\
&(2/06-1/65)\lambda WO_1 + WO_2_2/06WO_1 \le 0,\\
&(2/71-1/65)\lambda WO_1 - WO_3 + 1/65WO_1 \le 0,\\
&(3/74-2/71)\lambda WO_1 + WO_3_3/74WO_1 \le 0,\\
&(2/71-1/65)\lambda WO_2 - WO_3 + 1/65WO_2 \le 0,\\
&(3/74-2/71)\lambda WO_2 + WO_3_3/74WO_2 \le 0,\\
&(1/89-1/15)\lambda WO_1 - WO_4 + 1/15WO_1 \le 0,\\
&(2/57-1/89)\lambda WO_1 + WO_4_1/89WO_1 \le 0,\\
&(1/32-1)\lambda WO_2 - WO_4_WO_2 \le 0,\\
&(1/56-1/32)\lambda WO_2 + WO_4_1/56WO_2 \le 0,\\
&(0/49-0/37)\lambda WO_3 - WO_4_0/37WO_3 \le 0,\\
&(0/76-0/49)\lambda WO_3 + WO_4_0/76WO_3 \le 0,\\
&WO_1 + WO_2 + WO_3 + WO_4 = 1,\\
&WO_k \ge 0, k = 1,2,3,4.
\end{aligned}
$$

همچنین میزان سازگاری λ به‌صورت جدول زیر محاسبه گردیده است. همان‌گونه که در **جدول ۱۵** مشاهده می‌شود مقدار مثبت برای شاخص سازگاری λ بیانگر سازگاری قابل‌قبول ماتریس است.

دوره ۹، شماره ۱، (۱۴۰۳)
صفحه: ۹۷-۸۰

جدول ۱۵- وزن و رتبه‌بندی معیارهای استراتژی‌های WO برگرفته از مدل غیرخطی فازی.
Table 15- Weight and ranking criteria of WO strategies derived from fuzzy nonlinear model.

استراتژی‌ها	کد معیار	وزن	رتبه	مقدار تابع هدف
افزایش مخازن پسماند شهری در سطح شهر با اشکال جدید و زیبا و با داشتن درب مناسب جهت جلوگیری از ورود حیوانات ولگرد	WO_4	0.1374929	4	
پیشرفته کردن ماشین‌آلات حمل پسماند	WO_3	0.1957670	3	0.5476
تشویق بخش خصوصی جهت سرمایه‌گذاری در امور جمع‌آوری، حمل‌ونقل و بازیافت پسماندهای شهری	WO_1	0.4366641	1	
بهبود سیستم پایش	WO_2	0.2300760	2	

۵- نتیجه‌گیری

افزایش ناگهانی جمعیت، گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی، برداشت بی‌رویه از منابع، عدم توجه به آزمایش سرزمین و توسعه پایدار و ده‌ها مورد ازاین‌دست بشر امروز را در تلاطمی وارد ساخته که شاید این باور را ازدست‌داده که محیط‌زیست امانتی در اختیار نسل کنونی است و نسل‌های آینده نیز حق حیات دارند. آلودگی حاصل از مدیریت ضعیف پسماندها در مناطق شهری پیامدهای جبران‌ناپذیری از نظر بهداشتی و زیباشناختی به جامعه تحمیل می‌کند. از جمله تبعات ناشی از ضعف در مدیریت پسماندها ابتلا به انواع بیماری‌ها را در پی خواهد داشت. ازاین‌رو در این پژوهش بررسی ادبیات نظری و همچنین انجام مصاحبه با خبرگان حوزه پسماند در شهرداری بندر بوشهر نشان داد که از جمله ضعف‌ها، چالش‌ها و مشکلات موجود در بخش جمع‌آوری پسماند در شهر بوشهر عدم مشارکت مردمی، نارسایی و عدم رعایت مسایل بهداشتی، مشکلات موجود در بخش مهندسی عملیات حمل و انتقال، جایگاه‌های موقت و انبارهای عمومی زباله در سطوح شهری، نامناسب بودن جاده‌های حمل‌ونقل، عدم وجود سیستم نظارتی مستمر و منسجم مواد و مدیریت جمع‌آوری، عدم وجود آموزش و آگاهی همگانی و تخصصی در خصوص مسایل مرتبط با جمع-آوری به‌منظور کاهش پیامدهای نامطلوب و کاهش بهره‌وری سیستم مدیریت مواد زاید، کمبودهای موجود شهرداری‌ها و عدم وجود توان جهت تامین ماشین‌آلات جدید و تجهیزات، عدم وجود نیروی انسانی آموزش‌دیده در سیستم جمع‌آوری پسماند شهری شهر بوشهر متناسب با رشد و شهرنشینی، کمبود بودجه شهرداری، بالا بودن هزینه‌های جمع‌آوری و انتقال پسماند، عدم وجود نظارت بر جمع‌آوری و حمل و پردازش سریع‌تر پسماندها در تمام نقاط شهر بوشهر و ساعات شبانه‌روز، ساماندهی و استحصال نخاله‌های مازاد ساختمانی می‌باشد. ازاین‌رو در این پژوهش سعی شده است با توجه به اهمیت مدیریت پسماند شهری، یک مدل پویا و موثر بر تولید انواع پسماند در شهر بوشهر طراحی شود. مدل پس از بررسی متغیرهای مختلف و شبیه‌سازی آن با استفاده از نرم‌افزار *Vensim* مورد تحلیل قرار گرفت.

به‌طورکلی خروجی حاصل از شبیه‌سازی با استفاده از رویکرد سیستم‌های پویا در این پژوهش نشان می‌دهد که عوامل مختلفی بر تولید انواع پسماند اثرگذار می‌باشد. این عوامل عبارت‌اند از جمعیت کل یک شهر، نرخ‌های رشد و کاهش جمعیت، میزان جمعیت زادوولد، میزان جمعیت مرگ‌ومیر، میزان امید به زندگی در بین اقشار مختلف مردم، میزان پسماند تولیدشده، میزان ظرفیت بازیافت، نرخ بازیافت، انواع پسماند قابل بازیافت و غیرقابل بازیافت، میزان پسماند تصفیه‌شده و تصفیه نشده. همچنین نتایج آزمون رفتار مجدد برای متغیرهای اصلی پژوهش نشان داد که روند تولید انواع پسماند و همچنین میزان ظرفیت دفت پسماند در طی سال‌های مختلف در شهر بوشهر روند افزایشی داشته است. از سوی دیگر امروزه مسایل زیست‌محیطی در راس همه مسایل انسانی قرار گرفته است. ازاین‌رو در زمینه مدیریت پسماند شهری، برنامه‌ها در جهتی تبیین می‌گردد که تصمیم-گیرندگان قادر به تعیین برنامه‌های حال و آینده با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری‌شده باشند. لذا لزوم تدوین استراتژی در این بخش توجه ویژه‌ای را می‌طلبد. با توجه به نتایج حاصل از بررسی نقاط قوت و ضعف (عوامل داخلی) و فرصت‌ها و تهدیدها (عوامل خارجی) در زمینه مدیریت پسماند شهری و با استناد به روش تجزیه‌وتحلیل *SWOT* استراتژی‌های مدیریت پسماند شهری در شهر بوشهر تدوین گردید. در ماتریس ارزیابی عوامل داخلی (نقاط ضعف و قوت)، جمع نمره نهایی ۲/۳۸ محاسبه‌شده که این امر نشان می‌دهد مدیریت پسماند شهر بوشهر از نظر عوامل درونی دارای ضعف می‌باشد. همچنین ماتریس عوامل خارجی (تهدید و فرصت) با مجموع امتیاز ۲/۴۸ نشان‌دهنده این است که در وضعیت موجود، مدیریت پسماند شهر بوشهر می‌تواند با تقویت فرصت‌ها در مقابل تهدیدها به خوبی عمل کند.

ازاین‌رو در یک جمع‌بندی کلی می‌توان بیان داشت که آستانه آسیب‌پذیری مدیریت پسماند شهری در بوشهر بسیار بالاست و نیازمند ارایه سیاست های مناسب در جهت رفع ضعف‌ها و تهدیدها با استفاده از نقاط قوت و فرصت‌ها می‌باشد. همچنین بعد از استخراج استراتژی‌های چهارگانه *SO*، *ST*، *WT* و *WO* اقدام به رتبه‌بندی هریک از عوامل مربوط به این استراتژی‌ها با استفاده از روش غیرخطی میخایلفوف پرداخته شد. نتایج استفاده از این رویکرد نشان می‌دهد که در بین استراتژی‌های *SO*، استراتژی افزایش آگاهی و تغییر نگرش شهروندان نسبت به نحو صحیح مدیریت پسماند در رتبه نخست قرار دارد. همچنین در بین استراتژی‌های *ST*، فرهنگ‌سازی جهت استفاده از ظروف قابل بازیافت با وزن ۰/۵۱ در رتبه نخست قرار گرفته است. به‌کارگیری افراد آگاه برای تفکیک پسماند و دفن مناسب در بین استراتژی‌های *WT*، با وزن ۰/۵۷ در رتبه اول قرار گرفت و در نهایت استراتژی تشویق بخش خصوصی جهت سرمایه‌گذاری با وزن معادل با ۰/۴۳ در بین استراتژی‌های *WO* در رتبه اول قرار گرفت. همچنین می‌توان بخش‌های مختلف این پژوهش را با سایر پژوهش‌های انجام‌شده مورد مقایسه قرار داد که به‌طور خلاصه در **جدول ۱۶** نشان داده شده است.

جدول ۱۶- مقایسه پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌ها.

Table 16- Comparison of the present research with other research.

منابع	نوع مساله		وضعیت		رویکرد حل
	مکان‌یابی	مسیریابی	استراتژی بهینه‌سازی	قطعی	غیرقطعی
پژوهش حاضر			*		*	استفاده از رویکرد سیستم پویا، رویکرد دلفی، برنامه‌ریزی غیرخطی فازی
نگ و یانگ [24]		*		*		تحلیل سناریو
کالا و بولیا [25]			*	*		رویکرد سیستم‌های پویا
ون فن و همکاران [6]	*			*		استفاده از رویکرد گراف تئوری

پژوهش حاضر دارای چندین محدودیت می‌باشد. این پژوهش به‌صورت مقطعی می‌باشد و می‌توان پژوهش را به‌صورت طولی و تجربی در بین انواع پسماندهای موجود در سطح شهر از قبیل پسماندهای پزشکی، پسماندهای ساختمانی و صنعتی و خطرناک انجام داد. همچنین روش‌های پیشنهادی در این پژوهش به مدیران کمک می‌کند تا بر مشکل ذهنی بودن نظرات انسانی و همچنین عدم قطعیت موجود در فرآیند مدیریت پسماند غلبه نماید. استفاده از مدل‌سازی ریاضی به‌منظور رتبه‌بندی استراتژی‌های موجود در مدیریت پسماند شهری توانسته است مساله را به‌صورت بهینه حل نماید. این مطالعه محدود به مدیریت پسماند در شهرستان بوشهر می‌باشد و می‌توان مطالعه را در سطح گسترده کشوری و به‌صورت تطبیقی در مناطق مختلف کشور با شرایط فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی مختلف انجام شود.

بر اساس محدودیت‌هایی که در این پژوهش وجود دارد می‌توان برای مطالعات آینده و انجام پژوهش در این حوزه پیشنهاد نمود که استفاده از روش‌های غیرقطعی از قبیل سیستم‌های خاکستری و سیستم‌های کنترل بهینه تصادفی و مقایسه نتایج آن‌ها برای توسعه مدل این پژوهش بهره برد. همچنین استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل عاملی و تحلیل استواری وزنی بتواند شاخص‌های بسیار بیشتری را در نظر گرفته و با ساختن عامل‌هایی که کم‌ترین میزان ریزش اطلاعات را دارند، تحلیل دقیق‌تری ارایه کند. رویکرد ترکیبی *ANP* و تحلیل استواری وزنی نیز می‌تواند مناسب باشد. این رویکرد قادر خواهد بود تعداد ماتریس‌های مقایسه زوجی، حجم محاسبات و پیچیدگی آن‌ها را کاهش داده و روابط بین معیارهای مختلف را نیز در نظر بگیرد. با توجه به این نکته که بیشتر مسایلی که به تصمیم‌گیری نیاز دارند، در شرایط واقعی و در محیطی که دقیق نیست، رخ می‌دهند استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی نیز برای این منظور مناسب خواهد بود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله مراتب قدردانی و سپاس نویسندگان مقاله، از مدیران و خبرگان اداره کل پسماند شهرداری شهرستان بوشهر از حسن همکاری و ارایه اطلاعات لازم برای انجام این پژوهش اعلام می‌گردد. همچنین از نظرها و پیشنهادهای ارزنده داوران محترم تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضادی در منافع در مورد انتشار این نسخه وجود ندارد، همه نویسندگان نسخه نهایی ارسال‌شده را مشاهده و تایید کرده‌اند. نویسندگان تضمین می‌کنند که مقاله، اثر اصلی آن‌ها بوده، قبلا چاپ نشده و در حال حاضر تحت انتشار نمی‌باشد.

منابع

[1] Šomplák, R., Kůdela, J., Smejkalová, V., Nevrlý, V., Pavlas, M., & Hrabec, D. (2019). Pricing and advertising strategies in conceptual waste management planning. *Journal of cleaner production*, *239*, 118068. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619329385

[2] Lu, H. W., Huang, G. H., He, L., & Zeng, G. M. (2009). An inexact dynamic optimization model for municipal solid waste management in association with greenhouse gas emission control. *Journal of environmental management*, *90*(1), 396–409. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479707003878

[3] Zhang, X., & Huang, G. (2013). Optimization of environmental management strategies through a dynamic stochastic possibilistic multiobjective program. *Journal of hazardous materials*, *246–247*, 257–266. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389412012046

[4] Li, P., & Chen, B. (2011). FSILP: Fuzzy-stochastic-interval linear programming for supporting municipal solid waste management. *Journal of environmental management*, *92*(4), 1198–1209. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479710004548

[5] He, L., Huang, G. H., & Lu, H. (2011). Greenhouse gas emissions control in integrated municipal solid waste management through mixed integer bilevel decision-making. *Journal of hazardous materials*, *193*, 112–119. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389411009174

[6] Fan, Y. Van, Klemeš, J. J., Walmsley, T. G., & Bertók, B. (2020). Implementing Circular Economy in municipal solid waste treatment system using P-graph. *Science of the total environment*, *701*, 134652. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719346431

[7] Ma, J., & Sun, L. (2015). Complex dynamics of a MC–MS pricing model for a risk-averse supply chain with after-sale investment. *Communications in nonlinear science and numerical simulation*, *26*(1), 108–122. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1007570415000350

[8] Pantelitsa, L., Irene, V., & Zorpas, A. A. (2018). Boosting regulations legislation reliefs regarding environmental management systems in the framework of EMAS and ISO 14001: Case study of cyprus. *The international journal of thermal \& environmental engineering*, *17*, 19–27. https://www.academia.edu/download/88486925/ijtee.17.01.pdf

[9] Kinnaman, T. C. (2006). Policy Watch: Examining the Justification for Residential Recycling. *Journal of economic perspectives*, *20*(4), 219–232. https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.20.4.219

[10] Zhu, Q., Sarkis, J., & Lai, K. (2008). Green supply chain management implications for “closing the loop.” *Transportation research part e: logistics and transportation review*, *44*(1), 1–18. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554506000652

[11] Agovino, M., Cerciello, M., & Gatto, A. (2018). Policy efficiency in the field of food sustainability. The adjusted food agriculture and nutrition index. *Journal of environmental management*, *218*, 220–233. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718304407

[12] Mathiyazhagan, K., Govindan, K., NoorulHaq, A., & Geng, Y. (2013). An ISM approach for the barrier analysis in implementing green supply chain management. *Journal of cleaner production*, *47*, 283–297. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612005744

[13] Zorpas, A. A. (2016). Sustainable waste management through end-of-waste criteria development. *Environmental science and pollution research*, *23*(8), 7376–7389. https://doi.org/10.1007/s11356-015-5990-5

[14] Arena, U., & Di Gregorio, F. (2014). A waste management planning based on substance flow analysis. *Resources, conservation and recycling*, *85*, 54–66. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344913001274

[15] Minciardi, R., Paolucci, M., Robba, M., & Sacile, R. (2008). Multi-objective optimization of solid waste flows: Environmentally sustainable strategies for municipalities. *Waste management*, *28*(11), 2202–2212. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X07003418

[16] Galante, G., Aiello, G., Enea, M., & Panascia, E. (2010). A multi-objective approach to solid waste management. *Waste management*, *30*(8), 1720–1728. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X10000905

[17] Das, S. K. (2021). Optimization of fuzzy linear fractional programming problem with fuzzy numbers. *Big data and computing visions*, *1*(1), 30–35. https://www.bidacv.com/article_142084.html

[18] Li, Y. P., Huang, G. H., & Nie, S. L. (2012). A mathematical model for identifying an optimal waste management policy under uncertainty. *Applied mathematical modelling*, *36*(6), 2658–2673. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X11006056

[19] Mavrotas, G., Skoulaxinou, S., Gakis, N., Katsouros, V., & Georgopoulou, E. (2013). A multi-objective programming model for assessment the GHG emissions in MSW management. *Waste management*, *33*(9), 1934–1949. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X13002043

[20] Jabbour, C. J. C., & de Sousa Jabbour, A. B. L. (2016). Green human resource management and green supply chain management: linking two emerging agendas. *Journal of cleaner production*, *112*, 1824–1833. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615000566

[21] Wang, X., Chan, H. K., Yee, R. W. Y., & Diaz-Rainey, I. (2012). A two-stage fuzzy-AHP model for risk assessment of implementing green initiatives in the fashion supply chain. *International journal of production economics*, *135*(2), 595–606. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527311001423

[22] Gonçalves, J. F., Mendes, J. J. M., & Resende, M. G. C. (2008). A genetic algorithm for the resource constrained multi-project scheduling problem. *European journal of operational research*, *189*(3), 1171–1190. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221707005929

[23] Farnam, M., & Darehmiraki, M. (2022). Supply chain management problem modelling in hesitant fuzzy environment. *Journal of fuzzy extension and applications*, *3*(4), 317–336. https://www.journal-fea.com/article_155277.html

[24] Ng, K. S., & Yang, A. (2023). Development of a system model to predict flows and performance of regional waste management planning: A case study of England. *Journal of environmental management*, *325*, 116585. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722021582

[25] Kala, K., Bolia, N. B., & others. (2022). Analysis of informal waste management using system dynamic modelling. *Heliyon*, *8*(8), 1–11. https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(22)01281-6.pdf