



Original article

Economic evaluation of hospital waste sterilization using outsourcing and government-managed methods in selected hospitals in Yazd

Mehdi Raadabadi^{a*}, Gholamreza Ahmadi Tehrani^b, Parnia Nikomanesh^{b,c}

^a Health Policy and Management Research Centre, Health Management and Policy Research Center, Department of Health Management and Economics, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

^b Department of Health Management and Economics, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

^c Student Research Committee, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

ARTICLE INFO

Corresponding Author:

Mehdi Raadabadi

e-mail addresses:
mehdiraadabadi@gmail.com

Received: 05/Jul/2025
Revised: 01/Nov/2025
Accepted: 21/Nov/2025
Published: 08/Dec/2025

Keywords:

Medical waste disposal
Outsourced services
Costs
Cost analysis
Hospital

10.61882/jha.28.3.1

ABSTRACT

Introduction: Hospital waste management poses a major challenge for health systems because of its infectious and hazardous nature. Waste disinfection has health, environmental, and financial implications. Although both outsourcing and in-house methods are used, evidence comparing their cost-effectiveness remains limited. This study aimed to conduct an economic comparison of these two methods in selected hospitals in Yazd, Iran.

Methods: This partial economic evaluation was conducted as a cost analysis in four public hospitals in Yazd. Data were collected using a researcher-made form through interviews with relevant experts and review of financial records. Costs were calculated as total annual cost, cost per kilogram of waste, and cost per active beds. Data were analyzed using Excel 2016.

Results: Hospital “A” generated the highest amount of waste (432,000 kg/year). The highest waste generation per active beds occurred in hospital “D” (917.2 kg/year). In terms of total annual cost, hospital “A” was the highest, while hospital “D” had the highest cost per active bed (approximately 4 million Iranian Rials= IRR). The highest cost per kilogram of waste was observed in hospital “C” (51,527 IRR). The cost differences between the two methods were statistically significant ($p < 0.05$).

Conclusion: The findings suggest that outsourcing hospital waste disinfection is more cost-effective than the in-house method. However, improper outsourcing can lead to inefficiency and additional costs. Therefore, conducting preliminary assessments and following recommended management steps, such as the Gartner Institute’s ten-step framework, is recommended before implementation.

What was already known about this topic:

- Hospital waste management, particularly infectious and hazardous waste, is critically important due to its health and environmental risks, and requires costly treatment and disposal methods.
- Outsourcing hospital services has been introduced as a reform strategy in health systems, with evidence showing potential cost reduction, improved efficiency, and enhanced service quality.
- Iranian national policies recommend outsourcing certain hospital services; however, evidence comparing the economic aspects of in-house and outsourced hospital waste management approaches remains limited.

What this study added to our knowledge:

- Outsourcing hospital waste treatment is more cost-effective, with lower expenses per kilogram of waste and per hospital beds.
- In spite of the high upfront investment required for purchasing equipment, hospitals with in-house systems bear higher operational and personnel costs.
- Outsourcing, when properly implemented and closely monitored, is a cost-effective strategy for hospital waste management.

Copyright: © 2025 The Author(s); Published by Iran University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits any non-commercial use, sharing, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

Extended Abstract

Introduction

One of the ongoing challenges in public health and environmental protection is managing waste generated by human activities. Hospital waste, in particular, is concerning due to its toxic and infectious components [1]. Beyond health and environmental implications, it imposes a significant economic burden on healthcare systems [2]. This burden extends beyond direct operational costs, as improper management can lead to hospital-acquired infections, environmental contamination, and legal penalties, resulting in substantial additional costs. Consequently, selecting an optimal waste management strategy, both technically efficient and economically viable, is a critical priority for hospital administrators.

Two main approaches are commonly employed: in-house waste treatment carried out directly by hospitals (the public or governmental model), and outsourcing to specialized private contractors. Each strategy has distinct economic advantages and disadvantages, highlighting the need for systematic and comprehensive comparative assessments [3]. The lack of robust cost-effectiveness evaluations comparing in-house and outsourced waste management approaches presents a notable research gap that complicates evidence-based decision-making for policymakers. Therefore, conducting economic evaluations in this field, particularly within the Iranian healthcare system, is essential to identify the most cost-effective and sustainable option [4].

In Yazd, hospitals adopt varying strategies for medical waste treatment. While some rely on outsourcing to private waste management companies, others manage the process internally under hospital supervision. This variation has created uncertainty regarding the most cost-effective approach, complicating decision-making. Given the health, environmental and financial consequences of medical waste management, applying scientific cost analysis methods is essential. Accordingly, the present economic evaluation was conducted to compare outsourcing versus in-house (governmental) models of hospital waste treatment in selected Yazd hospitals, aiming to identify the more cost-effective strategy.

Methods

This study employed a partial economic evaluation via cost analysis to identify, quantify, and compare the costs of hospital waste treatment under two approaches, outsourcing and in-house (governmental) management, in selected Yazd hospitals in 2023. All costs were assessed from the provider perspective (hospital).

For comparative assessment, four public hospitals in Yazd were purposively selected: two hospitals (A and B) outsourced their waste treatment services, while the other two (C and D) managed it in-house. Included hospitals were medium to large in terms of bed capacity. The inclusion criteria were: 1) active waste management unit with continuous use of waste treatment devices for ≥ 2 years; 2) availability of complete financial and cost data related to the waste treatment process; 3) managerial approval for data sharing. Hospitals with incomplete financial records, major device interruptions, or refusing data access were excluded. Hospital selection was based on management type (outsourced/in-house) and relative similarity in service level and bed capacity to ensure comparability.

Data were collected through interviews with hospital experts and review of financial and administrative records for the previous year. Separate cost estimates were calculated for two types of hospitals.

A researcher-designed data collection form was used to collect information such as hospital name, management type, unit size, staff numbers, daily and monthly waste volume, use of non-combustible waste bags, device specifications (brand, capacity, purchase cost), personnel costs, protective equipment, accommodation and hygiene expenses, repair and maintenance costs, consumables (e.g., bags, test kits), and outsourcing contract values.

All costs related to hospital waste treatment under both approaches were identified, valued, and measured. These included consumable costs (materials, tests, and protective equipment), personnel costs, maintenance costs, and capital costs (waste treatment devices). Annual total costs were calculated for each hospital, along with cost per kilogram of treated waste and cost per active beds. For economic comparison, the average cost-effectiveness ratio (ACER) was used, based on costs and outcomes (waste volume treated and number of active beds). Statistical differences between outsourcing and in-house models were examined using the Mann-Whitney U test ($p < 0.05$).

Capital costs included only device acquisition. Initial purchase prices were adjusted to account for a 10-year useful life, using future value (FV) calculations with an assumed annual inflation rate of 30% in the base scenario: $FV = PV \times (1+i)^n$ where FV = future value, PV = initial purchases cost, i = annual inflation rate (30%), and n is the expected device life (10 years). Equivalent annualized costs were then incorporated into the total cost estimates.

To assess robustness and uncertainty, a two-stage sensitivity analysis was conducted: 1) One-way sensitivity analysis with $\pm 10\%$ variation in total

costs (consumables, capital, and maintenance); 2) Inflation rate sensitivity analysis, varying between 20–40% to assess its impact on capital costs. All modeling, economic evaluation, statistical tests, and sensitivity analyses were performed in Microsoft Excel 2016.

Results

The costs of hospital waste treatment were calculated and compared across four selected hospitals, two applying the outsourcing model and two using the in-house (governmental) model. Device specifications and staffing details for the waste treatment units are presented in Table 1.

Table 1. Specifications of hospitals regarding waste treatment

Hospital	Type of waste treatment	Device capacity (L)	Number of staff
A	Outsourced	1000	2
B	Outsourced	1000	1
C	In-house (governmental)	1000	2
D	In-house (governmental)	300	1

Daily, monthly, and annual waste volumes are reported in Table 2. Hospital A generated the highest total volume (432,000 kg/year), while hospital D

had the highest waste per active bed (917.2 kg/bed/year).

Table 2. Waste generation in the studied hospitals

Hospital	Daily waste (kg)	Monthly waste (kg)	Annual waste (kg)	Waste per bed (kg/year)
A	1,200	36,000	432,000	813.6
B	600	18,000	216,000	885.2
C	300	9,000	108,000	650.6
D	293	8,790	105,480	917.2

For in-house hospitals, waste treatment costs included consumables (e.g., Class VI and biological indicator tests, special non-combustible bags), annual personnel expenses, personal protective equipment (masks, gloves, protective clothing), maintenance and repair, and capital costs for treatment devices (annualized over 10 years,

adjusted for inflation). Estimated total annual costs were 5,564,924,906 Iranian Rials (IRR) for hospital C and 4,556,454,197 IRR for hospital D. Energy, utilities, and accommodation costs were excluded as they were common to both models. Details are in Table 3.

Table 3. Personnel, consumables, maintenance, and capital costs in in-house hospitals

Cost items (Iranian Rials)	Hospital C	Hospital D
Class VI & biological tests	156,000,000	201,405,000
Non-combustible bags	486,400,000	0
Personnel (annual)	3,240,000,000	2,250,051,889
Personal protective equipment	6,000,000	50,960,000
Maintenance	85,850,000	158,377,000
Capital (annualized)	1,590,674,906	1,895,660,308
Total	5,564,924,906	4,556,454,197

Overall costs and cost-effectiveness ratios are summarized in Table 4. Hospital A had the highest annual cost in absolute terms, while hospital D had the highest costs per bed (~39.6 million IRR). For cost per kilogram of waste treated, hospital C was the most expensive (51,527 IRR/kg). The average cost-effectiveness ratio (ACER) indicated that

outsourcing was, on average, 39% less costly per kilogram of waste and 32% cheaper per active bed compared to in-house treatment. Statistical tests (Mann–Whitney U) confirmed significant differences for both cost per bed ($p = 0.041$) and cost per kilogram ($p = 0.038$).

Table 4. Comparison of total costs and ACER across hospitals

Hospital	Total annual cost (IRR)	Cost per bed (IRR)	Cost per kg waste (IRR)
A	10,000,000,000	18,832,392	23,148
B	7,500,000,000	30,737,705	34,722
C	5,564,924,906	33,523,644	51,527
D	4,556,454,197	39,621,341	43,197

To assess the robustness of results, a two-stage sensitivity analysis was performed. First, a $\pm 10\%$ variation in total costs was applied. For outsourcing, the average annual cost (baseline 8,750,000,000

IRR) ranged between 7,875,000,000 and 9,625,000,000 IRR. For in-house management (baseline 5,060,689,551 IRR), costs ranged between 4,554,620,596 and 5,566,758,507 IRR. Outsourcing

consistently remained the lower-cost option, though cost differences narrowed in higher-cost scenarios. Second, inflation rates for capital costs were varied from 20% to 40%. Increasing inflation from 30% (baseline) to 40% increased in-house annual costs by

~18%, while reducing it to 20% lowered costs by ~15%. These results indicate that in-house management is more sensitive to economic assumptions and inflation than outsourcing. Full sensitivity results are shown in Table 5.

Table 5. Sensitivity analysis of hospital waste treatment costs

Waste treatment method	90% scenario	Baseline	110% scenario	Inflation 20%	Inflation 40%
Outsourcing	7,875,000,000	8,750,000,000	9,625,000,000	–	–
In-house (governmental)	4,554,620,596	5,060,689,551	5,566,758,507	~4,301,000,000	~5,975,000,000

Discussion

This study found that hospital waste treatment through outsourcing was, on average, 39% less costly per kilogram of waste and 32% less costly per active bed compared to the in-house (government-managed) approach. Evidence from biomedical waste management in India has similarly shown that hospitals generating smaller volumes of waste face higher costs per bed/day, highlighting efficiency gains from centralized collection and treatment, often provided by outsourced companies [5]. Previous reports highlight that unit costs of waste management vary widely across countries and facilities, influenced by structural factors such as waste composition, segregation practices, transportation distance, and treatment/incineration technology. The cost reduction observed in outsourcing, particularly in facilities with higher waste volumes, is consistent with these findings of the present study. Moreover, these results align with research showing that improved segregation and economies of scale can substantially reduce the cost per kilogram of treated waste [6]. Domestic evidence also supports that outsourcing reduces operational expenditures and improves efficiency. A systematic review in Iranian hospitals confirms that outsourcing can reduce costs and enhance efficiency but its success critically depends on clear contracts, rigorous oversight, and effective risk management [7].

Limitations

Data were obtained from a limited number of hospitals within one region, which may limit the generalizability. Analysis relied on predefined assumptions regarding inflation rates and cost trends; thus, extreme fluctuations or external factors could influence the results. In addition, this study was limited to financial dimensions and did not assess non-financial outcomes such as service quality, environmental impact, or staff and patient satisfaction, which require further investigations.

Conclusion

Overall, outsourcing hospital waste management and treatment proved more cost-effective compared to the in-house approach, with potential to

substantially reduce financial burden on healthcare organizations. ACER analysis demonstrated that outsourcing delivers higher efficiency at lower cost, and sensitivity analyses confirmed the robustness of this advantage under different cost and inflation scenarios. The success of outsourcing highly depends on proper implementation, transparent contracts, continuous monitoring, and stakeholder engagement. Future research should include non-financial outcomes such as service quality, environmental impacts, and social considerations, for a more comprehensive comparison of these approaches.

Declarations

Ethical Considerations: The study was approved by the Ethics Committee of the School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, with the ethics code IR.SSU.SPH.REC.1403.050.

Funding: This research was financially supported by Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran. Funder had no roles in conducting the research, data collection, and analysis and paper preparation.

Conflicts of interests: None.

Authors' contributions: **M.R.:** Conceptualization, study design, methodology, supervision, project administration, data analysis, writing–original draft, writing–review & editing, final approval; **G.A.T.:** Study design, data curation, validation, data analysis, writing–review & editing, final approval; **P.N.:** Data collection, data curation, validation, writing–review & editing, final approval. All authors have read and approved the final version of the manuscript

Consent for publication: None.

Data Availability: The datasets generated and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

AI deceleration: None.

Acknowledgments: This article is derived from the research project (Code: 17511) entitled “Economic Evaluation of Hospital Waste Treatment through Outsourcing versus In-house Management in Selected Hospitals of Yazd, 2023”, conducted at Shahid Sadoughi University of Medical Sciences,

Yazd, Iran. The authors would like to sincerely thank the managers and staff of the participating hospitals for their valuable cooperation in this study.

References

1. Zeraatkar E, Rahmani H, Ghazi Asgar M, Saeid Pour J, Azami S, Aryankhesal A. Waste management in selected hospitals of Teheran University of Medical Sciences: staff awareness and hospital performance-2012. *Journal of Hospital*. 2014;12(4):91-8. [In Persian] <http://jhosp.tums.ac.ir/article-1-5214-en.html>
2. Sharifi S, Yaghmaeian K, Golbaz S, Nabizadeh R, Baghani AN. Economic evaluation of hazardous healthcare waste treatment systems. *Scientific Reports*. 2024;14(1): 21764. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-69940-0>
3. Thakur V, Ramesh A. Healthcare waste management research: a structured analysis and review (2005–2014). *Waste Management & Research*. 2015;33(10):855-70. <https://doi.org/10.1177/0734242X15594248>
4. Khan GM, Khan SU, Khan HU, Ilyas M. Challenges and practices identification in complex outsourcing relationships: a systematic literature review. *PloS One*. 2022;17(1): e0262710. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262710>
5. D'Souza BC, Seetharam AM, Chandrasekaran V, Kamath R. Comparative analysis of cost of biomedical waste management across varying bed strengths in rural India. *International Journal of Healthcare Management*. 2018;11(1):38-43. <https://doi.org/10.1080/20479700.2017.1289438>
6. Vaccari M, Tudor T, Perteghella A. Costs associated with the management of waste from healthcare facilities: an analysis at national and site level. *Waste Management & Research*. 2018;36(1):39-47. doi: <https://doi.org/10.1177/0734242X17739968>
7. Sarabi Asiabar A, Azami-Aghdash S, Rezapour A, Alaei Kalajahi R, Taghizadeh S, Amuzadeh S, et al. Economic consequences of outsourcing in public hospitals in Iran: a systematic review. *Journal of Health Administration*. 2021;24(1):68-83. [In Persian] <http://dx.doi.org/10.52547/jha.24.1.68>



مقاله اصیل

ارزشیابی اقتصادی بی‌خطر سازی پسماندهای بیمارستانی به دو روش برون‌سپاری
و دولتی در بیمارستان‌های منتخب شهر یزدمهدی رعدآبادی^{۱*}، غلامرضا احمدی تهرانی^۲، پرنیا نیکومنش^۳ ^۱ مرکز تحقیقات مدیریت و سیاستگذاری سلامت، گروه علوم مدیریت و اقتصاد سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران.^۲ گروه علوم مدیریت و اقتصاد سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران.^۳ کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران.

اطلاعات مقاله چکیده

نویسنده مسئول:

مهدی رعدآبادی

رایانامه:

Mehdiraadabadi
@gmail.com

وصول مقاله: ۱۴۰۴/۰۴/۱۴

اصلاح نهایی: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰

پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۸/۳۰

انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۹/۱۷

واژه‌های کلیدی:

پسماندهای پزشکی

خدمات برون‌سپاری

هزینه

تحلیل هزینه

بیمارستان

مقدمه: مدیریت پسماند بیمارستانی به دلیل ماهیت عفونی و خطرناک، از چالش‌های مهم نظام سلامت است و بی‌خطر سازی آن علاوه بر پیامدهای بهداشتی، زیست‌محیطی، هزینه زیادی ایجاد می‌کند. با وجود اجرای این خدمات به صورت برون‌سپاری یا درون‌سپاری، شواهد کافی برای مقایسه اقتصادی و تعیین روش کم‌هزینه‌تر وجود ندارد. این پژوهش با هدف مقایسه اقتصادی دو روش بی‌خطر سازی پسماند در بیمارستان‌های منتخب یزد انجام شد.

روش‌ها: این مطالعه ارزشیابی اقتصادی جزئی از نوع تحلیل هزینه بود که در چهار بیمارستان دولتی شهر یزد انجام شد. داده‌ها با فرم پژوهشگر ساخته از طریق مصاحبه با کارشناسان و بررسی اسناد مالی گردآوری شد. هزینه‌ها به صورت کل سالانه، به‌ازای هر کیلوگرم پسماند و به‌ازای هر تخت فعال محاسبه شد. تحلیل‌ها با نرم‌افزار Excel 2016 صورت گرفت.

یافته‌ها: بیمارستان "الف" با ۴۳۲۰۰۰ کیلوگرم پسماند در سال بیشترین حجم تولید را داشت. بیشترین پسماند به‌ازای تخت فعال در بیمارستان "د" (۹۱۷/۲ کیلوگرم در سال) مشاهده شد. از نظر هزینه کل سالانه و هزینه به‌ازای هر تخت فعال، به ترتیب بیمارستان "الف" و بیمارستان "د" (حدود ۴ میلیون ریال) بیشترین هزینه را داشتند. بالاترین هزینه به‌ازای هر کیلوگرم پسماند در بیمارستان "ج" با ۵۱۵۲۷ ریال ثبت شد. تفاوت هزینه‌ها میان دو روش از نظر آماری معنادار بود ($p < 0.05$).

نتیجه‌گیری: یافته‌ها نشان داد روش برون‌سپاری بی‌خطر سازی پسماندهای بیمارستانی از نظر هزینه مقرون‌به‌صرفه‌تر از روش دولتی است. با این حال، استفاده نادرست از برون‌سپاری می‌تواند موجب آسیب و هزینه‌های اضافی شود. انجام مطالعه‌های مقدماتی و رعایت گام‌های مدیریتی پیشنهادی مانند مراحل ده‌گانه مؤسسه گارتنر پیش از اجرای برون‌سپاری توصیه می‌شود.

آنچه می‌دانیم:

- مدیریت پسماندهای بیمارستانی به‌ویژه بخش عفونی و خطرناک آن، به دلیل تهدیدهای بهداشتی و محیط‌زیستی، از اهمیت بالایی برخوردار است و نیازمند روش‌های بی‌خطر سازی پرهزینه است.
- برون‌سپاری خدمات در بیمارستان‌ها به‌عنوان راهبردی اصلاحی در نظام سلامت مطرح است که می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌ها، افزایش کارایی و بهبود کیفیت خدمات شود.
- در ایران، سیاست‌گذاری‌های کلان از جمله برنامه سوم توسعه، برون‌سپاری بخشی از خدمات بیمارستانی را توصیه کرده‌اند ولی درباره مقایسه اقتصادی روش‌های مختلف بی‌خطر سازی پسماندهای بیمارستانی (دولتی در مقابل برون‌سپاری) شواهد محدودی وجود دارد.

آنچه این مطالعه اضافه کرده است:

- برون‌سپاری بی‌خطر سازی پسماندهای بیمارستانی از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه‌تر است و هزینه کمتری به‌ازای هر کیلوگرم زباله و هر تخت بیمارستانی دارد.
- بیمارستان‌های دولتی با وجود سرمایه‌گذاری اولیه زیاد برای خرید دستگاه‌ها، هزینه‌های عملیاتی و پرسنلی بیشتری نسبت به روش برون‌سپاری متحمل می‌شوند.
- برون‌سپاری در صورت اجرای صحیح و نظارت دقیق، می‌تواند به‌عنوان راهبردی هزینه‌اثربخش در مدیریت پسماندهای بیمارستانی مورد استفاده قرار گیرد.

مقدمه

یکی از مشکل‌های مربوط به بهداشت عمومی و محیط‌زیست، که جزء لاینفک زندگی انسان محسوب می‌شود، پسماندهایی هستند که در جامعه تولید می‌شوند. در بین پسماندهای تولیدی، پسماندهای بیمارستانی به علت دارا بودن عوامل سمی و بیماری‌زا به شدت مورد توجه می‌باشند [۱]. بر اساس تعریف سازمان بهداشت جهانی (WHO)، پسماندهای جامد بیمارستانی شامل تمام مواد زائد جامدی است که در مراکز بهداشتی و درمانی، تحقیقاتی و آزمایشگاه‌های بهداشتی و تشخیص طبی تولید می‌شود [۲] که به‌طور کلی به دو گروه خطرناک - عفونی و زائدات عمومی یا شبه‌خانگی طبقه‌بندی می‌شوند. حدود ۷۵ تا ۹۰ درصد پسماندهای تولیدشده در مراکز بهداشتی درمانی جزء زباله‌های بی‌خطر و یا عمومی و ۱۰ تا ۲۵ درصد باقیمانده پسماندهای بیمارستانی به دلیل داشتن ترکیبات عفونی و سمی به‌عنوان زباله‌های خطرناک شناخته می‌شوند که دفع آن‌ها مستلزم صرف منابع مالی قابل توجه است [۳].

مدیریت پسماندهای بیمارستانی علاوه بر ابعاد بهداشتی و زیست‌محیطی، دارای بار اقتصادی سنگینی برای نظام سلامت است. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که هزینه سالانه بی‌خطر سازی پسماندهای عفونی در بیمارستان‌ها به‌طور متوسط حدود ۰/۳ دلار به‌ازای هر کیلوگرم و در برخی بیمارستان‌ها به بیش از ۱۰۰ هزار دلار در سال می‌رسد [۴]. این هزینه‌ها شامل سرمایه‌گذاری اولیه برای خرید تجهیزات، هزینه‌های عملیاتی، تعمیر و نگهداری و نیروی انسانی است که فشار مالی قابل توجهی بر بیمارستان‌ها وارد می‌کند [۵]. مطالعات نشان می‌دهند که هزینه مدیریت پسماندهای بیمارستانی در مقایسه با پسماندهای شهری به مراتب بالاتر است، به‌طوری‌که ممکن است بین ۵ تا ۲۰ برابر بیشتر هزینه در بر داشته باشند. این هزینه‌های سنگین ناشی از شرایط سختگیرانه از جمله جداسازی، جمع‌آوری ایمن، حمل و نقل ویژه، و به‌خصوص فرآیند پرهزینه بی‌خطر سازی (مانند اتوکلاو، میکروویو یا روش‌های شیمیایی) و دفع نهایی است [۶].

بار اقتصادی این پسماندها تنها محدود به هزینه‌های مستقیم عملیاتی نیست. عواقب ناشی از مدیریت ناصحیح، مانند شیوع عفونت‌های بیمارستانی، آلودگی محیط زیست و جریمه‌های قانونی، می‌تواند هزینه‌های غیرمستقیم عظیمی را به دنبال داشته باشد. بنابراین، انتخاب راهبرد بهینه مدیریتی کارآمد و مقرون‌به‌صرفه به یک چالش مهم برای مدیران بیمارستان‌ها تبدیل شده است. در این زمینه، دو الگوی اصلی مدیریت وجود دارد: اجرای داخلی فرآیند بی‌خطر سازی توسط خود بیمارستان (روش دولتی) و برون‌سپاری این فرآیند به شرکت‌های خصوصی متخصص. هر یک از این راهبردها دارای مزایا و معایب اقتصادی خاص خود هستند که مقایسه آنها نیازمند ارزیابی نظام‌مند و همه‌جانبه است [۷]. برون‌سپاری تحت عنوان «عمل انتقال برخی از فعالیت‌های داخلی سازمان و واگذاری حق تصمیم‌گیری به عرضه‌کننده بیرون از سازمان بر اساس قرارداد» تعریف می‌شود [۸]. این رویکرد می‌تواند سبب کاهش هزینه‌ها، افزایش کارایی و بهبود کیفیت خدمات شود [۹]. در حوزه مدیریت پسماندهای بیمارستانی، برون‌سپاری یکی از مداخله‌های کلیدی برای کاهش هزینه‌ها و ارتقای

کارایی است و مطالعات مختلف نیز به نقش آن در اصلاح ساختار مالی بیمارستان‌ها اشاره کرده‌اند [۱۰، ۱۱].

در ایران، وزارت بهداشت هر ساله طبق سیاست اجرایی برنامه سوم توسعه، به‌منظور افزایش اثربخشی و کارایی مراقبت‌های بهداشتی ملزم به برون‌سپاری سه درصد از خدمات است [۱۲]. ایران در زمینه استفاده از روش برون‌سپاری در ابتدای راه است. بنابراین، باید روش متناسبی برگزید و برنامه‌ای عملیاتی برای این مهم تدوین نمود، زیرا این راهبرد برای رفع مشکلات روزافزون سیستم سلامت کشورمان به‌ویژه افزایش هزینه پیشنهادشده است [۱۳]. نبود ارزیابی‌های مقایسه‌ای دقیق از هزینه‌ها در دو رویکرد برون‌سپاری و دولتی، خلأ علمی مهمی است که می‌تواند تصمیم‌گیری سیاست‌گذاران را با چالش مواجه کند. از این رو انجام مطالعات اقتصادی در این حوزه، به‌ویژه در ایران، برای شناسایی روش مقرون‌به‌صرفه و پایدار ضروری به‌نظر می‌رسد [۱۴].

در خصوص دستگاه‌های بی‌خطر ساز پسماندهای بیمارستانی، در شرایط کنونی رویکردهای متفاوتی در بیمارستان‌های شهر یزد مشاهده می‌شود. برخی از بیمارستان‌ها این خدمات را از طریق برون‌سپاری به شرکت‌های خصوصی ارائه‌دهنده خدمات مدیریت پسماند دریافت می‌کنند و گروهی دیگر این فرآیند را به‌صورت درون‌سازمانی و تحت مدیریت مستقیم مجموعه بیمارستان انجام می‌دهند. این تنوع رویکرد سبب شده است که اجماع مشخصی در خصوص مقرون‌به‌صرفه‌ترین روش بی‌خطر سازی پسماندهای بیمارستانی وجود نداشته باشد و تصمیم‌گیری در این زمینه با چالش همراه باشد. از آنجا که مدیریت پسماندهای پزشکی علاوه بر آثار بهداشتی و زیست‌محیطی، پیامدهای مالی قابل توجهی برای بیمارستان‌ها به‌دنبال دارد، ضرورت دارد با استفاده از رویکردهای علمی به تحلیل و مقایسه هزینه‌های ناشی از روش‌های مختلف پرداخته شود. بر همین اساس، پژوهش حاضر با بهره‌گیری از ارزشیابی اقتصادی، به بررسی و مقایسه دو رویکرد برون‌سپاری و درون‌سپاری در بیمارستان‌های منتخب شهر یزد می‌پردازد.

روش‌ها

پژوهش حاضر یک ارزشیابی اقتصادی جزئی (Partial Economic Evaluation) از نوع تحلیل هزینه (Cost Analysis) می‌باشد که به‌منظور شناسایی، ارزش‌گذاری، اندازه‌گیری و مقایسه هزینه بی‌خطر سازی پسماندهای بیمارستانی به دو روش برون‌سپاری و دولتی در بیمارستان‌های منتخب شهر یزد در سال ۱۴۰۲ انجام شد. تمام هزینه‌ها از دیدگاه (Perspective) ارائه‌کننده (بیمارستان) بررسی شد.

به‌منظور بررسی مقایسه‌ای هزینه بی‌خطر سازی پسماندهای بیمارستانی به دو روش برون‌سپاری و دولتی، چهار بیمارستان دولتی منتخب شهر یزد بررسی شد. دو بیمارستان "الف" و "ب" به‌عنوان بیمارستان‌های استفاده‌کننده از خدمات برون‌سپاری در امر بی‌خطر سازی زباله و دو بیمارستان "ج" و "د" به‌عنوان بیمارستان‌های انجام‌دهنده بی‌خطر سازی به‌صورت درون‌سپاری (دولتی) انتخاب شدند. تمام بیمارستان‌های واردشده در مطالعه در گروه بیمارستان‌های متوسط به بالا از نظر تعداد تخت قرار داشتند. معیارهای ورود به مطالعه

و همچنین هزینه سرمایه‌ای (دستگاه بی‌خطر ساز) بودند. در ادامه، هزینه کل سالانه برای هر بیمارستان محاسبه شد. همچنین، هزینه به ازای هر کیلوگرم پسماند بی‌خطر سازی شده و هزینه به‌ازای هر تخت فعال محاسبه و بین بیمارستان‌ها مقایسه شد. به‌منظور مقایسه اقتصادی بین بیمارستان‌ها بر حسب هزینه و پیامد (شامل حجم پسماند تولیدی و تعداد تخت فعال)، از شاخص نسبت میانگین هزینه-پیامد (ACER) استفاده شد. علاوه بر آن، برای بررسی تفاوت‌های آماری بین دو روش (برون‌سپاری و درون‌سپاری)، از آزمون من‌ویتنی بهره گرفته شد و سطح معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. هزینه‌های سرمایه‌ای در این مطالعه صرفاً هزینه دستگاه بی‌خطر سازی در نظر گرفته شد. بنابراین، هزینه دستگاه در زمان خرید ملاک قرار داده شد و با توجه به متوسط عمر مفید ۱۰ سال برای تجهیزات، با توجه به ارزش آتی و تورم ۳۰ درصد سالانه، مبلغ دستگاه برای ۱۰ سال آتی محاسبه و هزینه سرمایه‌ای معادل هزینه هر سال لحاظ شد. محاسبه ارزش آتی هزینه‌های سرمایه‌ای بر اساس فرمول زیر صورت گرفت: $FV = PV \times (1+i)^n$. در این فرمول، FV ارزش آتی، PV هزینه اولیه دستگاه، i نرخ تورم سالانه (۳۰ درصد در سناریوی پایه) و n عمر مفید دستگاه (۱۰ سال) می‌باشد.

برای ارزیابی پایداری نتایج و بررسی عدم قطعیت‌های اقتصادی، تحلیل حساسیت در دو مرحله انجام شد: (۱) تحلیل حساسیت یک‌طرفه $\pm 10\%$ بر روی هزینه‌های کل شامل هزینه‌های مصرفی، سرمایه‌ای و تعمیرات؛ (۲) تحلیل حساسیت روی نرخ تورم (۲۰ تا ۴۰ درصد) برای بررسی تغییرات هزینه سرمایه‌ای. تمام مراحل طراحی مدل، اجرای مدل ارزشیابی اقتصادی، آزمون‌های آماری و تحلیل حساسیت با استفاده از نرم‌افزار اکسل ویرایش ۲۰۱۶ انجام شد.

یافته‌ها

در این مطالعه، هزینه‌های بی‌خطر سازی پسماند در چهار بیمارستان منتخب (دو بیمارستان با رویکرد برون‌سپاری و دو بیمارستان با رویکرد درون‌سپاری) محاسبه و مقایسه شد. مشخصات دستگاه‌ها و تعداد کارکنان واحد بی‌خطر سازی در جدول ۱ ارائه شده است.

بیمارستان	نوع عملیات بی‌خطر سازی	حجم دستگاه (لیتر)	تعداد کارکنان واحد بی‌خطر سازی
الف	برون‌سپاری	۱۰۰۰	۲
ب	برون‌سپاری	۱۰۰۰	۱
ج	دولتی	۱۰۰۰	۲
د	دولتی	۳۰۰	۱

میزان را به خود اختصاص داده است. با اعمال تعداد تخت فعال، حجم زباله تولیدی به تخت در سال در بیمارستان "د" با ۹۱۷/۲ کیلوگرم بیشتر از سایر بیمارستان‌ها می‌باشد.

شامل: (۱) برخورداری از واحد فعال مدیریت پسماند و استفاده مستمر از دستگاه‌های بی‌خطر ساز طی حداقل دو سال گذشته، (۲) دسترسی به اطلاعات مالی و هزینه‌ای مرتبط با فرآیند بی‌خطر سازی پسماندها، و (۳) رضایت مدیریت بیمارستان جهت همکاری در ارائه داده‌ها بود. بیمارستان‌های فاقد داده‌های مالی کامل، دارای توقف یا اختلال طولانی‌مدت در فعالیت دستگاه‌های بی‌خطر ساز، یا عدم همکاری در ارائه اطلاعات از مطالعه خارج شدند. انتخاب بیمارستان‌ها به صورت هدفمند و بر اساس نوع مدیریت (برون‌سپاری/درون‌سپاری) و شباهت نسبی از نظر سطح خدمات و تعداد تخت انجام شد تا امکان مقایسه هزینه‌ها بین دو رویکرد فراهم شود.

به بیمارستان‌های منتخب شهر یزد مراجعه شد و داده‌های لازم از طریق مصاحبه با کارشناسان بیمارستانی و با بررسی مستندات و مدارک مالی مربوط به بی‌خطر سازی پسماندهای بیمارستانی در یک سال گذشته و همچنین سیستم اطلاعاتی مرتبط گردآوری شد. هزینه بی‌خطر سازی پسماندها در بیمارستان‌هایی که این امر را برون‌سپاری کرده‌اند و بیمارستان‌هایی که بی‌خطر سازی توسط خود بیمارستان انجام می‌شود به‌طور جداگانه محاسبه شد.

ابزار گردآوری اطلاعات فرم محقق ساخته بود. این فرم دربرگیرنده اطلاعاتی از قبیل نام مرکز، نوع واگذاری، مساحت واحد بی‌خطر ساز، تعداد کارکنان واحد بی‌خطر ساز، حجم زباله تولیدی در روز و ماه، تعداد کیسه‌های زباله نسوز مصرفی در روز و ماه، مشخصات و برند دستگاه، حجم دستگاه برحسب لیتر، قیمت خرید دستگاه، هزینه‌های پرسنلی در سال، هزینه‌های حفاظت فردی، هزینه‌های اسکان و امور بهداشتی، هزینه‌های تعمیرات در سال، هزینه‌های مصرفی در سال (هزینه‌هایی از قبیل کیسه نسوز، کیت و غیره) و مبالغ واگذاری در بیمارستان‌های برون‌سپاری بود. در نهایت، تمام هزینه‌ها در دو روش مورد مقایسه قرار گرفت.

تمام هزینه‌های مرتبط با بی‌خطر سازی پسماندهای بیمارستانی در دو رویکرد برون‌سپاری و درون‌سپاری (دولتی) شناسایی و سپس ارزش‌گذاری و اندازه‌گیری شدند. هزینه‌ها شامل هزینه‌های مصرفی (مواد، تست‌ها، حفاظت فردی)، هزینه‌های پرسنلی، هزینه‌های تعمیرات

جدول ۱. مشخصات بیمارستان‌های مورد مطالعه از حیث بی‌خطر سازی

در جدول ۲، حجم زباله تولیدی (کیلوگرم) در بیمارستان‌های مورد مطالعه برحسب روز، ماه و سال ارائه شده است به‌گونه‌ای که بیمارستان "الف" با ۴۳۲ هزار کیلوگرم زباله تولیدی در سال، بالاترین

جدول ۲. حجم زباله تولیدی در بیمارستان‌های مورد مطالعه

بیمارستان	زباله روزانه (کیلوگرم)	زباله ماهانه (کیلوگرم)	زباله سالانه (کیلوگرم)	زباله به تخت (کیلوگرم/سال)
الف	۱۲۰۰	۳۶۰۰۰	۴۳۲۰۰۰	۸۱۳/۶
ب	۶۰۰	۱۸۰۰۰	۲۱۶۰۰۰	۸۸۵/۲
ج	۳۰۰	۹۰۰۰	۱۰۸۰۰۰	۶۵۰/۶
د	۲۹۳	۸۷۹۰	۱۰۵۴۸۰	۹۱۷/۲

در بیمارستان‌های با روش دولتی، هزینه‌های مرتبط با بی‌خطر سازی پسماند شامل چند بخش اصلی بود: هزینه‌های تست کلاس شش و تست بیولوژیک جهت اطمینان از عملکرد صحیح دستگاه، هزینه کیسه‌زباله نسوز برای جمع‌آوری پسماندهای عفونی، هزینه‌های پرسنلی سالانه واحد بی‌خطر سازی، هزینه‌های حفاظت فردی پرسنل شامل ماسک، دستکش و لباس‌های محافظ و هزینه‌های تعمیرات و نگهداری تجهیزات. علاوه بر این، هزینه سرمایه‌ای مربوط به دستگاه بی‌خطر سازی با در نظر گرفتن ارزش آتی، تورم و متوسط عمر

در بیمارستان‌های با روش دولتی، هزینه‌های مرتبط با بی‌خطر سازی پسماند شامل چند بخش اصلی بود: هزینه‌های تست کلاس شش و تست بیولوژیک جهت اطمینان از عملکرد صحیح دستگاه، هزینه کیسه‌زباله نسوز برای جمع‌آوری پسماندهای عفونی، هزینه‌های پرسنلی سالانه واحد بی‌خطر سازی، هزینه‌های حفاظت فردی پرسنل شامل ماسک، دستکش و لباس‌های محافظ و هزینه‌های تعمیرات و نگهداری تجهیزات. علاوه بر این، هزینه سرمایه‌ای مربوط به دستگاه بی‌خطر سازی با در نظر گرفتن ارزش آتی، تورم و متوسط عمر

جدول ۳. هزینه‌های پرسنلی، مصرفی، تعمیرات و سرمایه‌ای در بیمارستان‌های بی‌خطر سازی به روش دولتی

هزینه‌ها (ریال)	بیمارستان "ج"	بیمارستان "د"
تست کلاس شش و تست بیولوژیک	۱۵۶۰۰۰۰۰	۲۰۱۴۰۵۰۰۰
کیسه‌زباله نسوز	۴۸۶۴۰۰۰۰۰	.
هزینه‌های پرسنلی (سالانه)	۳۲۴۰۰۰۰۰۰	۲۲۵۰۰۵۱۸۸۹
هزینه‌های حفاظت فردی	۶۰۰۰۰۰۰	۵۰۹۶۰۰۰۰
هزینه‌های تعمیرات سالانه	۸۵۸۵۰۰۰۰	۱۵۸۳۷۷۰۰۰
هزینه سرمایه‌ای (سالانه)	۱۵۹۰۶۷۴۹۰۶	۱۸۹۵۶۶۰۳۰۸
جمع هزینه‌های مصرفی	۵۵۶۴۹۲۴۹۰۶	۴۵۵۶۴۵۴۱۹۷

در جدول ۴، کل هزینه‌های بی‌خطر سازی در بیمارستان‌های دولتی و برون‌سپاری شده نشان داده شده است. بر اساس کل هزینه، بیمارستان "الف" بالاترین هزینه امحاء را در سال دارا است. بر اساس هزینه امحاء برحسب هر تخت فعال، بیمارستان "د" با هزینه تقریبی ۴ میلیون تومان به‌ازای هر تخت فعال، بالاترین هزینه را دارا شد. بر اساس هزینه امحاء برحسب هر کیلوگرم زباله، بالاترین هزینه مربوط به بیمارستان "ج" بود، به‌گونه‌ای که هر کیلو زباله مبلغی معادل ۵۱۵۲۷ ریال را جهت امحاء صرف می‌نمود. برای مقایسه بین بیمارستان‌ها برحسب هزینه و پیامد (حجم زباله تولیدی و تعداد تخت، از نسبت میانگین هزینه-پیامد (ACER) بهره گرفته شد. ACER بر اساس حجم زباله تولیدی (به‌عنوان پیامد اثربخشی بی‌خطر سازی) برابر با

هزینه امحاء برحسب هر کیلوگرم زباله محاسبه شد. همچنین، بر اساس تعداد تخت فعال (به‌عنوان شاخص ظرفیت بیمارستان) برابر با هزینه امحاء برحسب هر تخت فعال است. نتایج نشان داد که هزینه امحاء بر حسب هر کیلوگرم زباله در بیمارستان‌های برون‌سپاری شده به‌طور متوسط ۳۹٪ کمتر از بیمارستان‌های درون‌سپاری است. همچنین، هزینه امحاء به‌ازای هر تخت فعال در بیمارستان‌های برون‌سپاری ۳۲٪ کمتر گزارش شد. نتایج آزمون آماری Mann-Whitney U نشان داد که تفاوت هزینه به‌ازای هر تخت فعال بین دو روش برون‌سپاری و درون‌سپاری از نظر آماری معنی‌دار است ($p=0.041$). هزینه به‌ازای هر کیلوگرم زباله نیز بین دو گروه اختلاف معنی‌داری داشت ($p=0.038$).

جدول ۴. مقایسه هزینه کل و ACER در بیمارستان‌های مورد مطالعه

نام بیمارستان	هزینه کل سالانه (ریال)	هزینه هر تخت (ریال)	هزینه هر کیلو (ریال)
الف	۱۰۰۰۰۰۰۰۰	۱۸۸۳۲۳۹۲	۲۳۱۴۸
ب	۷۵۰۰۰۰۰۰۰	۳۰۷۳۷۷۰۵	۳۴۷۲۲
ج	۵۵۶۴۹۲۴۹۰۶	۳۳۵۲۳۶۴۴	۵۱۵۲۷
د	۴۵۵۶۴۵۴۱۹۷	۳۹۶۲۱۳۴۱	۴۳۱۹۷

برای ارزیابی پایداری نتایج، تحلیل حساسیت در دو مرحله انجام شد. نخست، تغییرات $\pm 10\%$ درصد در هزینه‌های کل شامل هزینه‌های

مصرفی، سرمایه‌ای و تعمیرات بررسی شد تا اثر عدم قطعیت‌هایی مانند نوسان تورم، هزینه‌های تعمیرات یا انرژی مشخص شود. نتایج نشان داد

می‌ماند، هرچند در صورت افزایش تورم یا هزینه‌های جانبی، اختلاف هزینه بین دو روش می‌تواند کاهش یابد. در مرحله دوم، نرخ تورم برای هزینه‌های سرمایه‌ای بین ۲۰ تا ۴۰ درصد تغییر داده شد. افزایش نرخ تورم از ۳۰ درصد (سناریوی پایه) به ۴۰ درصد موجب رشد حدود ۱۸ درصدی هزینه سالانه در روش دولتی شد، در حالی که کاهش نرخ تورم به ۲۰ درصد موجب کاهش حدود ۱۵ درصدی هزینه‌های سالانه شد. این یافته‌ها نشان دادند که هزینه‌های روش درون‌سپاری نسبت به تغییر مفروضات اقتصادی حساس‌تر از روش برون‌سپاری است (جدول ۵).

که در روش برون‌سپاری، میانگین هزینه کل سالانه در سناریوی پایه ۸۷۵۰۰۰۰۰۰ ریال بود که در سناریوی کم (۹۰ درصد) به ۷۸۷۵۰۰۰۰۰ ریال و در سناریوی زیاد (۱۱۰ درصد) به ۹۶۲۵۰۰۰۰۰ ریال تغییر یافت. در روش دولتی نیز میانگین پایه حدود ۵۰۶۸۹۵۵۱ ریال برآورد شد که در سناریوی کم به ۴۵۵۴۶۲۰۵۹۶ ریال و در سناریوی زیاد به ۵۵۶۶۷۵۸۵۰۷ ریال تغییر پیدا کرد. این نتایج نشان داد که حتی در صورت نوسان هزینه‌ها، روش برون‌سپاری همچنان گزینه کم‌هزینه‌تری نسبت به روش دولتی باقی

جدول ۵. نتایج تحلیل حساسیت هزینه‌های بی خطر سازی پسماند بیمارستانی

روش بی خطر سازی	سناریوی کم (۹۰٪)	پایه	سناریوی زیاد (۱۱۰٪)	تغییر با نرخ تورم ۲۰٪	تغییر با نرخ تورم ۴۰٪
برون‌سپاری	۷۸۷۵۰۰۰۰۰	۸۷۵۰۰۰۰۰۰	۹۶۲۵۰۰۰۰۰	-	-
دولتی	۴۵۵۴۶۲۰۵۹۶	۵۰۶۸۹۵۵۱	۵۵۶۶۷۵۸۵۰۷	۴۳۰۱۰۰۰۰۰۰ تقریبی	۵۹۷۵۰۰۰۰۰۰ تقریبی

بحث

در این مطالعه، هزینه‌های بی خطر سازی پسماندهای بیمارستانی در روش برون‌سپاری به‌طور متوسط ۳۹ درصد کمتر از روش دولتی به ازای هر کیلوگرم زباله و ۳۲ درصد کمتر به‌ازای هر تخت فعال گزارش شد. بیمارستان‌های برون‌سپاری شده هزینه کل سالانه بالاتری داشتند ولی با توجه به حجم زباله بیشتر، ACER بر اساس حجم زباله و تعداد تخت پایین‌تر از بیمارستان‌های دولتی بود. این نتایج نشان‌دهنده کارایی بالاتر برون‌سپاری در مدیریت هزینه‌های عملیاتی به‌ویژه در بیمارستان‌هایی با حجم زباله بالا است. مزیت‌های کاهش هزینه به‌ازای هر کیلوگرم یا هر تخت فعال در بیمارستان‌های برون‌سپاری شده، معمولاً به دلیل صرفه جویی در مقیاس (Economies of Scale) در ارائه‌دهندگان خدمات خارجی است. بررسی‌های انجام شده در زمینه مدیریت پسماندهای زیست‌پزشکی در هندوستان نشان داده‌اند که بیمارستان‌ها با حجم پسماند کمتر، هزینه بالاتری به‌ازای هر تخت‌اروز متحمل می‌شوند، که این امر بر کارایی جمع‌آوری و تصفیه توسط یک نهاد متمرکز (که می‌تواند همان شرکت برون‌سپاری باشد) دلالت دارد. ارائه‌دهندگان برون‌سپاری با خدمات دهی به چندین بیمارستان می‌توانند هزینه‌های ثابت (مانند تجهیزات تصفیه) را تقسیم کنند و در نتیجه هزینه‌های عملیاتی هر واحد را کاهش دهند [۱۵]. مطالعه دیگری در هند نشان می‌دهد که هزینه مدیریت پسماند در بیمارستان‌های دولتی به‌ازای هر تخت در روز حدود ۶۴ روپیه است، در حالی که در روش برون‌سپاری این هزینه بین ۱/۸۹ تا ۸/۶۰ روپیه متغیر است. این تفاوت نشان‌دهنده صرفه‌جویی قابل توجه در هزینه‌ها از طریق برون‌سپاری است [۱۶]. برخی گزارش‌ها نشان می‌دهند که هزینه مدیریت هر واحد زباله در کشورها یا مراکز مختلف می‌تواند بسیار متفاوت باشد و عوامل ساختاری (ترکیب پسماند، نرخ تفکیک، فاصله حمل‌ونقل، فناوری تصفیه/سوزاندن) تعیین‌کننده اصلی هزینه واحد هستند؛ بنابراین، کاهش نسبی هزینه واحد در مدل برون‌سپاری، به‌ویژه در مراکز با حجم بالای زباله، با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی دارد. این مطالعات نشان می‌دهند که بهبود تفکیک و مقیاس تولید می‌تواند هزینه به‌ازای کیلوگرم را به‌طور چشمگیری پایین

بیاورد [۱۷]. این الگو با نتایج برخی مطالعات داخلی که کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش بهره‌وری را به‌عنوان یکی از مزایای برون‌سپاری شناسایی کرده‌اند همسو است. بازبینی نظام‌مند مطالعات برون‌سپاری در بیمارستان‌های ایران نشان می‌دهد که برون‌سپاری می‌تواند هزینه‌ها را کاهش دهد ولی اجرای موفق به قرارداد دقیق، نظارت و مدیریت ریسک بستگی دارد [۱۸].

تحلیل حساسیت انجام شده برتری اقتصادی و پایداری مالی روش برون‌سپاری در مدیریت پسماندهای بیمارستانی را تأیید می‌کند ولی در عین حال، لزوم ارزیابی ریسک‌های ساختاری را در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی برجسته می‌سازد. نتایج به‌وضوح نشان داد که روش برون‌سپاری، حتی با اعمال نوسان ۱۰ درصدی در مجموع هزینه‌های کل سالانه (شامل هزینه‌های مصرفی، سرمایه‌ای و تعمیرات)، همچنان گزینه کم‌هزینه‌تری نسبت به روش دولتی (درون‌سپاری) باقی می‌ماند. این پایداری اقتصادی، با مطالعات متعددی که بر مزایای کلیدی برون‌سپاری در خدمات غیر اصلی بیمارستان تأکید دارند، همسو است. این مزایا شامل صرفه‌جویی در مقیاس و انتقال ریسک‌های عملیاتی به پیمانکاران تخصصی است [۱۹]. در کشورهای در حال توسعه که بیمارستان‌های دولتی اغلب با کمبود منابع مالی و تجهیزات قدیمی مواجه هستند [۲۰]، برون‌سپاری فرآیندهایی مانند تصفیه پسماند به شرکت‌های تخصصی دارای فناوری‌های پیشرفته‌تر و استانداردهای عملیاتی بهینه‌تر می‌تواند موجب کاهش محسوس هزینه‌های واحد (Cost per unit) شود، حتی اگر هزینه کل قرارداد در ظاهر بالاتر باشد [۱۵].

مهمترین بخش تحلیل حساسیت بررسی اثر نوسان نرخ تورم بر هزینه‌های سرمایه‌ای بود که حساسیت بسیار بالاتر روش دولتی را آشکار کرد. افزایش نرخ تورم هزینه‌های سرمایه‌ای از ۳۰ درصد به ۴۰ درصد منجر به رشد قابل ملاحظه ۱۸ درصدی در هزینه‌های سالانه روش دولتی شد، در حالی که هزینه‌های برون‌سپاری پایداری بیشتری از خود نشان داد. ساختار هزینه در روش دولتی به‌شدت به سرمایه‌گذاری‌های ثابت اولیه (Capital Costs) و هزینه‌های تعمیر و نگهداری بلندمدت وابسته است که این اقلام در اقتصادهای با تورم بالا

قراردادهای شفاف، نظارت مستمر بر عملکرد پیمانکاران، ارزیابی ریسک و تعامل کامل با ذی‌نفعان است.

اعلان‌ها

ملاحظات اخلاقی: این مطالعه از کمیته اخلاق در پژوهش دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد کد اخلاق (IR.SSU.SPH.REC.1403.050) دریافت نموده است.

حمایت مالی: این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد انجام گرفت. حامی مالی نقشی در طراحی، اجرا، گردآوری و تحلیل داده‌ها و انتشار نداشته است.

تضاد منافع: نویسندگان اظهار داشتند که تضاد منافی وجود ندارد. مشارکت نویسندگان: مهدی رعدهآبادی: مفهومی‌سازی، طراحی مطالعه، روش‌شناسی، نظارت، مدیریت پروژه، تحلیل داده‌ها، نگارش پیش‌نویس اولیه، بازبینی و ویرایش نهایی، تأیید نسخه نهایی. غلامرضا احمدی تهرانی: طراحی مطالعه، گردآوری داده‌ها، اعتبارسنجی، تحلیل داده‌ها، بازبینی و ویرایش نهایی، تأیید نسخه نهایی. پرنیا نیکومنش: جمع‌آوری داده‌ها، گردآوری و اعتبارسنجی داده‌ها، بازبینی و ویرایش نهایی، تأیید نسخه نهایی. همه نویسندگان نسخه نهایی مقاله را خوانده و آن را تأیید کرده‌اند.

رضایت برای انتشار: مورد ندارد.

دسترسی به داده‌ها: داده‌های این مطالعه از طریق ایمیل نویسنده مسئول با ذکر دلیل منطقی در دسترس است.

هوش مصنوعی: نویسندگان در نوشتن مقاله حاضر از هوش مصنوعی استفاده نکردند.

تشکر و قدردانی: این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی با کد ۱۷۵۱۱ و عنوان "ارزشیابی اقتصادی بی خطر سازی پسماندهای بیمارستانی به روش برون‌سپاری و دولتی در بیمارستان‌های منتخب شهر یزد در سال ۱۴۰۲" از دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد می‌باشد. بدینوسیله از مدیران و کارکنان بیمارستان‌های مورد مطالعه که با مشارکت ارزشمند خود در این مطالعه همکاری داشتند، صمیمانه سپاسگزاری می‌کنیم.

منابع

- Zeraatkar E, Rahmani H, Ghazi Asgar M, Saeid Pour J, Azami S, Aryankhesal A. Waste management in selected hospitals of Teheran University of Medical Sciences: staff awareness and hospital performance-2012. *Journal of Hospital*. 2014;12(4):91-8. [In Persian] <http://jhosp.tums.ac.ir/article-1-5214-en.html>
- Hadipour M, Afkhami M, Takdastan A. Identification and measurement of hospital waste materials and classification of them according to WHO criteria (case study: Amir-Al momenin hospital and ShahidRajaei polyclinic of Ahwaz). *Jundishapur Journal of Health Sciences*. 2011;3(1):39-51. [In Persian] https://jjhs.ajums.ac.ir/article_224088.html

یا نوسان نرخ ارز، به‌طور مستقیم و به‌سرعت افزایش می‌یابد. برعکس، روش برون‌سپاری با انتقال مسئولیت تأمین، نگهداری و جایگزینی تجهیزات سرمایه‌ای به پیمانکار، ریسک توری را از بیمارستان دور می‌کند [۲۱]. این مزیت، به‌ویژه در مقایسه با مطالعاتی که بر پیش‌بینی‌پذیری هزینه‌ها برای پایداری مالی درازمدت سیستم‌های درمانی تأکید می‌کنند، بسیار ارزشمند است. در واقع، برون‌سپاری به بیمارستان این امکان را می‌دهد که منابع مالی محدود خود را از هزینه‌های پربیسک سرمایه‌ای، به سمت هسته‌های اصلی خدمات درمانی هدایت کند.

محدودیت‌ها

علاوه بر نتایج اقتصادی و تحلیل حساسیت، مطالعه حاضر مزایای قابل توجهی نیز ارائه می‌دهد. یکی از مهمترین مزایا، ارائه شواهد کمی از پایداری مالی روش برون‌سپاری در مواجهه با نوسانات اقتصادی و تغییرات تورم است که می‌تواند به مدیران بیمارستان‌ها در تصمیم‌گیری‌های راهبردی کمک کند. همچنین، مقایسه مستقیم دو روش دولتی و برون‌سپاری با در نظر گرفتن تغییرات $\pm 10\%$ درصد در هزینه‌ها و سناریوهای مختلف تورم، امکان ارزیابی ریسک و سنجش اثر عدم قطعیت‌ها را فراهم کرده است. به‌رغم این مزایا، مطالعه دارای محدودیت‌هایی است. داده‌های استفاده‌شده به‌صورت موردی و محدود به چند بیمارستان هستند که ممکن است قابلیت تعمیم به سایر مراکز یا مناطق را کاهش دهد. علاوه بر این، تحلیل بر اساس مفروضات مشخصی درباره نرخ تورم و تغییرات هزینه‌ها انجام شده است و تغییرات شدیدتر یا عوامل بیرونی دیگر می‌تواند نتایج را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین، جنبه‌های غیرمالی مانند کیفیت خدمات، اثرات زیست‌محیطی و رضایت کارکنان یا بیماران در این مطالعه مورد بررسی قرار نگرفته‌اند که می‌تواند زمینه‌ای برای تحقیقات آتی باشد.

نتیجه‌گیری

روش برون‌سپاری در مدیریت و بی‌خطر سازی پسماندهای بیمارستانی مزایای اقتصادی و عملیاتی قابل توجهی نسبت به روش دولتی (درون‌سپاری) ارائه می‌دهد. بررسی ACER نیز تأکید می‌کند که برون‌سپاری ضمن کاهش هزینه‌ها، بهره‌وری عملیاتی بالاتری ارائه می‌کند و می‌تواند به کاهش بار مالی وارده بر سازمان‌های درمانی کمک نماید. همچنین، تحلیل حساسیت دو مرحله‌ای انجام شده، پایداری یافته‌ها را در برابر نوسانات هزینه‌ها و تغییرات نرخ تورم تأیید می‌کند. نتایج نشان داد که حتی با تغییر $\pm 10\%$ درصد در هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌ای، برتری برون‌سپاری حفظ می‌شود و حساسیت هزینه‌های روش دولتی در برابر شوک‌های اقتصادی بیشتر است. با وجود این مزایا، باید توجه داشت که موفقیت برون‌سپاری به شرایط زمینه‌ای و اجرای صحیح آن وابسته است. مشکلات ساختاری، قوانین دست و پاگیر یا تصمیم‌های غیراقتصادی در واحدهای ارائه‌دهنده خدمات می‌تواند بر نتایج اثرگذار باشد و صرف برون‌سپاری به‌تنهایی مشکل را حل نمی‌کند. بنابراین، اجرای موفق این راهبرد نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، عقد

- 2012;1(25):1-5. doi: <https://doi.org/10.4103/2277-9531.99959>
13. Motlagh M, Rahbar M, Kabir MJ. Decentralization of health system in Islamic Republic of Iran. *Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences*. 2008;16(3):322. [In Persian] <http://jssu.ssu.ac.ir/article-1-584-en.html>
 14. Khan GM, Khan SU, Khan HU, Ilyas M. Challenges and practices identification in complex outsourcing relationships: a systematic literature review. *PloS One*. 2022;17(1): e0262710. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262710>
 15. D'Souza BC, Seetharam AM, Chandrasekaran V, Kamath R. Comparative analysis of cost of biomedical waste management across varying bed strengths in rural India. *International Journal of Healthcare Management*. 2018;11(1):38-43. <https://doi.org/10.1080/20479700.2017.1289438>
 16. Chawla S, Gupta P, Mohanan A, Chawla P. Assessment of cost and resource utilization in hospital waste management in a tertiary care hospital. *African Journal of Biomedical Research*. 2024;27(6S):488-94. <https://doi.org/10.53555/AJBR.v27i6S.6913>
 17. Vaccari M, Tudor T, Perteghella A. Costs associated with the management of waste from healthcare facilities: an analysis at national and site level. *Waste Management & Research*. 2018;36(1):39-47. doi: <https://doi.org/10.1177/0734242X17739968>
 18. Sarabi Asiabar A, Azami-Aghdash S, Rezapour A, Alaei Kalajahi R, Taghizadeh S, Amuzadeh S, et al. Economic consequences of outsourcing in public hospitals in Iran: a systematic review. *Journal of Health Administration*. 2021;24(1):68-83. [In Persian] <http://dx.doi.org/10.52547/jha.24.1.68>
 19. Karakolias S. Outsourcing non-core services in healthcare: a cost-benefit analysis. *International Journal of Scientific Research and Management*. 2024;12(10):1177-95. <https://doi.org/10.18535/ijrm/v12i10.mp01>
 20. Bandaso A, Ayuningtyas D, editors. *Management of medical waste in developing countries: a systematic review*. The International Conference on Public Health Proceeding; 2023. <https://doi.org/10.26911/the6thicph-FP.01.02>
 21. Grimsey D, Lewis MK. Evaluating the risks of public private partnerships for infrastructure projects. *International journal of project management*. 2002;20(2):107-18. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(00\)00040-5](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(00)00040-5)
 3. Taghipour H, Hashemi AA, Mohammadpoorasl A. Training and monitoring of hospitals staffs concerning proper medical waste management. *Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences*. 2012;34(4):47-52. [In Persian] <https://mj.tbzmed.ac.ir/Article/8025>
 4. Sharifi S, Yaghmaeian K, Golbaz S, Nabizadeh R, Baghani AN. Economic evaluation of hazardous healthcare waste treatment systems scientific reports. 2024;14(1): 21764. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-69940-0>
 5. Rashidian A, Alinia C, Majdzadeh R. Cost-effectiveness analysis of health care waste treatment facilities in Iran hospitals; a provider perspective. *Iranian Journal of Public Health*. 2015;44(3):352-60. <https://ijph.tums.ac.ir/index.php/ijph/article/view/3645>
 6. Windfeld ES, Brooks MSL. Medical waste management—a review. *Journal of Environmental Management*. 2015;163:98-108. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.08.013>
 7. Thakur V, Ramesh A. Healthcare waste management research: a structured analysis and review (2005–2014). *Waste Management & Research*. 2015;33(10):855-70. doi: <https://doi.org/10.1177/0734242X15594248>
 8. Alizadeh Z, Torabipour A. The obstacles of outsourcing in educational hospitals: a qualitative study. *Journal of Qualitative Research in Health Sciences*. 2018;7(2):204-13. [In Persian] https://jqrl.kmu.ac.ir/article_90931.html
 9. Abbasi S, Sicakyüz Ç, Gonzalez EDS, Ghasemi P. A systematic literature review of logistics services outsourcing. *Heliyon*. 2024;10(13): e33374. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33374>
 10. Salmani M, Rashidian A, Abolhassani F, Majdzadeh R. Assessing experiences of outsourcing urban health posts: facilities and services offered in publicly owned and outsourced health posts in Tehran University of Medical Sciences. *Hakim Journal*. 2013;16(1):28-34. [In Persian] <http://hakim.tums.ac.ir/article-1-1127-en.html>
 11. Joudaki H, Heidari M, Geraili B. Outsourcing of hospitals services: lessons learned from the experience. *Journal of Health Based Research*. 2015;1(1):13-23. [In Persian] <http://hbrj.kmu.ac.ir/article-1-40-en.html>
 12. Karimi S, Agharahimi Z, Yaghoubi M. Impacts of outsourcing in educational hospitals in Iran: a study on Isfahan University of Medical Sciences-2010. *Journal of Education and Health Promotion*.