University of Sistan and Baluchestan

Geography and Territorial Spatial Arrangement

Print ISSN: 2345 - 2277 Online ISSN: 2783 - 5278

Association of Geography and Planning of Border Areas of Iran

Presenting Integrated Waste Management Scenarios in Mashhad

Mohammad Rahim Rahnama [1]✉, Mohammad Ejza Shokouhi [2], Reza Davari [3]

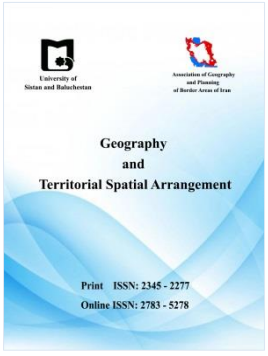
1. Professor, Department of Geography Faculty of Literature and Humanities Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
✉ E-mail: rahnama@um.ac.ir
2. Associate Professor, Department of Geography Faculty of Literature and Humanities, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
E-mail: shokouhim@um.ac.ir
3. PhD student in Geography and Urban Planning, Ferdowsi University, Iran.
E-mail: rezadavari75@gmail.com

How to Cite: Rahnama, M.R; Ejza Shokouhi, M & Davari, R. (2022). Presenting Integrated Waste Management Scenarios in Mashhad. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 12 (43), 149-154.

DOI: http://dx.doi.org/ 10.22111/GAIJ.2022.38404.2913

Article type:
Research Article

Received:
05/02/2022
Received in revised form:
26/02/2022
Accepted:
30/04/2022
Publisher online:
22/06/2022



Keywords:
Municipal Waste, Integrated Solid Waste Management, Scenario writing, Futurology, Mashhad Metropolis.

ABSTRACT

The increase in Solid waste has been generated as a result of rapid population growth and increasing urbanization. A one-dimensional waste management system has had negative environmental consequences as well as increased costs. The Integrated Solid Waste Management (ISWM) model is one of the most effective ways to reduce waste's economic and environmental costs. This futures research sought to identify the key indicators influencing the Integrated Solid Waste Management (ISWM) model in order to develop waste management scenarios for Mashhad. The study's statistical population included 25 experts (Mashhad Waste Management Organization (MAP)) and specialists (academic). Then, using MicMac, 10 indicators were identified as key drivers out of 23 effective indicators. Possible scenarios for urban waste management based on Integrated Solid Waste Management (ISWM) for Mashhad were identified by formulating 30 uncertainty hypotheses for the drivers using a cross impact matrix and ScenarioWizard. According to the findings, there were 59048 possible scenarios, with only 5 having high compatibility and being more likely to occur. The first and second scenarios, which received a total score of 167 and 149 as probable favorable scenarios, respectively, provided promising conditions for the future of waste management in Mashhad. The third, fourth, and fifth scenarios were identified as critical (unfavorable) scenarios, indicating unfavorable conditions for the future of waste management in Mashhad. Finally, the first scenario was identified as the most desirable scenario, while the fourth scenario was identified as the most critical (unfavorable) scenario for the advancement of waste management in Mashhad.

© the Author(s). **Publisher**: University of Sistan and Baluchestan

Extended Abstract

Introduction

Economic growth has led to dynamic development of cities. It is predicted that three-fourths of the world population will lead an urban life by 2050. Rapid growth of population and urbanization as well as increased welfare and consumerism have risen the waste volume. Waste generation in cities currently occurs faster than urbanization. Poor management of wastes has significantly affected public health and economy. Current waste management methods mostly depend on the elements of the management system (collection, transportation, recycling, and ultimate disposal), which lack the efficiency required to reduce waste generation and its destructive effects on environment at local and global levels. A major concern of urban management systems is to have an efficient and effective waste management system — a sustainable one that reduces waste generation, decreases collection costs, increases recycling, reusing, and energy production, lessens the disposal of wastes, is economical, and has the minimum environmental effects. One of such models is the Integrated Solid Waste Management (ISWM) system designed to reduce economic costs and environmental impacts of wastes.

Study Area

The city of Mashhad, the capital of Khorasan Razavi Province, in northeastern Iran, has an area of 213 square kilometers, a population of 3,001,184 and is the second largest city in Iran. A total of 2052 tonnes of waste is generated in Mashhad on a daily basis, out of which 11% is source-separated, 18% recycled, and 71% disposed of. A unilateral approach and a great emphasis on a single part of the whole waste management system is a fundamental problem in waste management of Mashhad. Destructive environmental effects and management costs of wastes are annually intensified due to the increasing volume of wastes and application of current methods. In addition to proposing the ISWM system, this research presented scenarios by identifying uncertainties and strategic driving forces affecting the future of waste management in Mashhad and by developing best-case, worst-case, and base-case scenarios.

Material and Methods

This research used foresight, scenario planning, and cross-impact analysis, based on a mixed (quantitative-qualitative) method. After examining library documents and consulting with the statistical population, 23 indices were selected as the main indices affecting the ISWM system. The statistical population measured the indices based on their cross impact using a cross-impact matrix with a range from 0 to 3. Scores were then entered into the matrix, and the cross impact of each index with other ones was examined using MicMac (a foresight software). According to the index analysis, 10 out of 23 were selected as the key driving indices. To develop scenarios by ScenarioWizard, 3 probable states (uncertainties) were defined for each 10 key driving forces. A questionnaire in the form of a balanced cross-impact matrix was used to measure the significance of these indices, scaling from -3 to +3 (-3: strong restricting impact; -2: moderate restricting impact; -1: weak restricting impact; 0: no impact; +1: weak strengthening impact; +2: moderate strengthening impact; +3: strong strengthening impact). Base-case scenarios were developed and classified according to the entered scores and the analysis on compatibility of indices. Finally, the probable best-case and worst-case scenarios were selected.

Result and Discussion

The results showed that among all examined indices, population was the determining index in waste generation; training had the highest effect; environmental pollution was maximally affected; and economic-financial indicator and participation had greater cross-impact on the future of waste management in Mashhad. Afterwards, the development of base-case scenarios indicated that there are 5 scenarios for future waste management in Mashhad, with high compatibility and high probability of occurrence. In the said scenarios, there are no incompatible balance effects, and the probable assumptions are compatible. The first and second scenarios were identified as the best-case, and the third, fourth, and fifth scenarios as the worst-case. The results revealed that realization of unideal uncertainties in these scenarios is more probable (52%) than that of ideal states. This means that the worst-case scenarios are highly likely to occur in waste management of Mashhad if the status quo remains. Therefore, realization of the best-case scenarios appears as a necessity to implement the ISWM system in Mashhad since failure of each scenario prevents the realization of the next model. Moreover, it is strictly emphasized to pay attention to some descriptors that have a strong cross-impact in realization of the best-case scenarios.

Conclusion

Therefore, Among the most important descriptors in realization of the best-case scenarios about the future of waste management in Mashhad, we can refer to the following: economic-financial descriptor whose high cross-impact compared to other ones is indicative of its particular significance, contributing in developing and sustaining the integrated management system, establishing infrastructures and facilities for private sector investment, providing sustainable sources of income, and reducing costs. In contrast, unsustainability of financial sources and economic conditions has the highest effect on changing the priorities of urban management planning for wastes, and increases the probability of occurrence of worst-case scenarios. Moreover, the descriptor "training" plays an essential role in building capacity in, empowering, and informing citizens; realizing waste management plans; increasing participation; and keeping the system sustainable. Public participation contributes in sustainability, integration, and coordination of all stakeholders, reduction of waste generation, and realization of strategic plans. Furthermore, authorities and citizens' level of attention as well as their environmental concern and awareness contribute in following and changing the consumption pattern, developing strategic plans, allocating budgets, and collaborating with members of the ISWM system. As an index determined by real goals, exploitation of a sound strategic plan was found to be highly effective in increasing the ISWM system efficiency, preventing waste of money and time, and improving the quality of services, system sustainability, and system flexibility in different conditions to achieve the best-case scenario.

Key words: Municipal Waste, Integrated Solid Waste Management, Scenario writing, Futurology, Mashhad Metropolis.

References (Persian)

Ahmadi, J., Chalavi, S. (2019). An analysis of the impact of social capital on waste management. Second international conference on Green University, Isfahan. University.

https://conf.ui.ac.ir/fa/article.php?lrId=11&cnfId=10

Ahmadi, N. (2009). A critique of and an introduction to the Delphi method. Journal of Social Science, Iranian Book and Literature Home, Issue 22, Pages 100-108 .

http://ensani.ir/fa/article

Arasteh, M., Bagheban, A., Bagheban, S. (2020). Identification of key factors affecting urban resilience with a foresight approach. Journal of Physical Development Planning, Payam-e Noor University, Volume 2, Issue 18, Pages 63-78.

https://psp.journals.pnu.ac.ir/article_7007_124f894a2805b1c6717d5385c6ece85e.pdf

Dadras, B., Raeisi, S. (2019). Modeling the waste disposal system emphasizing on urban wastes (Case Study: Shahr-e Kord City). Expert-scientific journal spatial locational researches, Institution of higher education of Jahad Daneshgahi of Isfahan, Volume 3, Issue 2, Pages 70-102.

https://www.magiran.com/magazine/2664

Davodian J., KeyvanLoo Shahrestanaki, A., KhanMohammadi, A., Rezaee, M. R. (2014). Strategy evaluation of urban waste management of Mashhad using SWOT model. The first specialized congress of urban management and city councils. Sari. Iran development Conference center.

https://civilica.com/doc/271471/

Farzadkia M., Ghasemi L., Alahabadi A., Rastegar A. (2017). The rate of solid waste production in Mashhad, Iran, 2012. Journal of Sabzevar University of medical sciences, Sabzevar University of medical science. Volume 23, Number 6, pages 888-895.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=269508

Hosseini S. M., Rahnama, M. R., Shokohi M. A., Kharazmi O. A. (2019). Explanation of scenarios to achieving the green city in Mashhad, with an approach Futures Study. Geographical planning of space quarterly Journal, Golestan University, Volume 9, Issue 34, Pages 17-36.

https://civilica.com/doc/1029572

Khajeh Shahkoohi A., Khoshfar Gh., Negari A. (2015). Evaluation of citizen participation scale in household waste management. Case Study: Mashhad City. Geography and territorial spatial arrangement, Sistan and Balochestan University, Volume 5, Number 15, Pages 215-232.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=254878

Kharazmi, O. A., ValiPourami, M. (2013). The comprehensive management of urban wastes with emphasize on systematic origin separation of waste. Case Study: Sari City. 5th urban planning and management conference. Ferdowsi University of Mashhad.

https://www.sid.ir/Fa/Seminar/ViewPaper.aspx?ID=29081

Kohansal M. R., Zare A. F., Baradran M. M. (2015). Data mining and analysis of the citizens' behavior towards the source separation of waste project by applying c4.5 algorithm of decision tree. Case Study: Mashhad City. Journal of geography and regional development, Ferdowsi University of Mashhad, Volume 13, Number 1 (24), Pages 133-155.

https://jgrd.um.ac.ir/article_31239.html

Mashhad municipality (2019). Annual report from Mashhad waste management organization.

https://wmo.mashhad.ir.

Monzavi, M. (2005). Scenarios: the art of strategic conversation, Written by: Van der Heijden, Kees 1st ed., Tehran: Defense industries' training and education institute Press, Foresight center of defense science and technology.

Rafiee, H., Shahnoshi, N., Rahnama, M. R. (2013). Study and ranking of urban regions based on citizens' participation in origin separation of waste by using several criterion programming (Case Study: Mashhad City). Geographical Research, Papeli Yadi, M.H, Volume 28, Number 2 (109); Pages 195-213.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=234410

Rafiee, R., Salman Mahiny, A. R., Khorasani, N. (2009). Environmental Life Cycle Assessment of Municipal Solid Waste Management System (Case Study: Mashhad City). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. Volume 16, Number (SPECIAL ISSUE 2); Pages 208-220.

https://www.sid.ir/paper/9110/fa#downloadbottom

Rahnama, M. R., Kazemi, Kh. (2012).An strategic review on Iran local management of urban management, emphasizing on urban waste (Case Study: Mashhad City). Urban Management, Iran's Municipalities and village administrators, Volume 10, Number 30; Pages 307-319.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=188727

Rahnama, M.R., Maarofei, A. (2015). Scenario planning in urban and regional studies (Concepts, methods and experiences). 1st printing. Research center of Mashhad City.

RashidiArdeh, HA., Khazaee, S. (2016). Identification of strategic factors affecting the future of banking industry. Management and Development Process, Institute for management and planning studies, Volume 26, Issue 3. Pages 71.104.

http://jmdp.ir/browse.php?a_id=2395&sid=1&slc_lang=fa

Saberifar R, Shokgozar Abbasi A. (2019). Technical, economic and environmental assessment of electricity generation from solid municipal waste: Case of Mashhad. Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research, Ministry of Energy, 5 (1) :169-195.

https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=541849

Sepehr A., Biglar M., Safarabadi A. (2014). Prioritizing suitable locations to domestic waste disposal considering geomorphic criteria. Geography and development, Sistan and Balochestan University, Volume 12, Number 34; Pages 139-151.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=211496

TishehYar, M. (2011). Foresight in strategic studies. Tehran: Research institute of strategic studies.

Zalei, N., PourSohrab, A. (2017). Regional development foresight with emphasis on combined scenario making and SWOT analytical model approach. Case Study: Gilan province. Journal of Spatial Planning, Tarbiat Modares University, Volume 21, Issue 3. Pages 189-220.

http://ensani.ir/fa/article/377545

References (English)

Bartholomew,K.(2005).Integrating Land Use Issues into Transportation Planning:Scenario Planning: University of Utah, College of Architecture & Planning.

https://collections.lib.utah.edu/ark:/87278/s6qv44kf

Garnett, K., Cooper, T., Longhurst, P., Jude, S., & Tyrrel, S. (2017). A conceptual framework for negotiating public involvement in municipal waste management decision-making in the UK. Waste Management, 66, 210-221.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X17302519

Greene, K. L., & Tonjes, D. J. (2014). Quantitative assessments of municipal waste management systems: Using different indicators to compare and rank programs in New York State. Waste Management, 34(4), 825-836.
https://www.researchgate.net/publication/259917066_Quantitative_assessments_of_municipal_waste_management_systems_Using_different_indicators_to_compare_and_rank_programs_in_New_York_State

Grzesik, K. (2018). The environmental impact of municipal waste management systems. In E3S Web of Conferences (Vol.45, 00020).p8.

https://www.academia.edu/52579756/The_environmental_impact_of_municipal_waste_management_systems

Jouhara, H., Czajczyńska, D., Ghazal, H., Krzyżyńska, R., Anguilano, L., Reynolds, A. J., & Spencer, N. (2017). Municipal waste management systems for domestic use. Energy, 139, 485-506.

https://www.researchgate.net/publication/318782741_Municipal_waste_management_systems_for_domestic_use

Mahajan, S. A., Kokane, A., Shewale, A., Shinde, M., & Ingale, S. (2017). Smart waste management system using IoT. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, 4(4), 237122.

https://ijaers.com/uploads/issue_files/12%20IJAERS-APR-2017-35-Smart%20Waste%20Management%20System%20using%20IoT.pdf

Mamadzhanov, R., Zakirova, Y., & Umarov, M. (2020, April). Municipal Waste Management in Towns of Switzerland: a Foreign Ecologist's View. In E3S Web of Conferences (Vol. 169, p. 02010).

https://www.mdpi.com/journal/sustainability

Mesjasz-Lech, A. (2014). Municipal waste management in context of sustainable urban development. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 151, 244-256.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814054652

Morrissey, A. J., & Browne, J. (2004). Waste management models and their application to sustainable waste management. Waste management, 24(3), 297-308.

https://www.researchgate.net/publication/5391371

Mwangi, M. W., & Thuo, A. D. M. (2014). Towards conceptual and theoretical foundation for identifying problems, challenges and mechanisms for municipal waste management in developing countries. International Journal of Innovation and Scientific Research ISSN 2351-8014, Vol. 2 No. 2 Jun. 2014, pp. 230-251.

https://www.academia.edu/30959234/

Perrot, J. F., & Subiantoro, A. (2018). Municipal waste management strategy review and waste-to-energy potentials in New Zealand. Sustainability, 10(9), 3114.

https://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3114

Plastinina, I., Teslyuk, L., Dukmasova, N., & Pikalova, E. (2019). Implementation of circular economy principles in regional solid municipal waste management: The case of Sverdlovskaya Oblast (Russian Federation). Resources, 8(2), 90.

https://www.mdpi.com/2079-9276/8/2/90

Pomberger, R., Sarc, R., & Lorber, K. E. (2017). Dynamic visualisation of municipal waste management performance in the EU using Ternary Diagram method. Waste management, 61, 558-571.

https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28161336/

Salau, O., Osho, S., Sen, L., Osho, G., & Salau, M. (2017). Urban Sustainability and the Economic Impact of Implementing a Structured Waste Management System: A Comparative Analysis of Municipal Waste Management Practices Developing Countries. waste management, 4(1).

https://www.macrothink.org/journal/index.php/ijrd/article/view/10005

Sefouhi, L., Kalla, M., & Bahmed, L. (2014). Assessment of different methods of treatment for an integrated municipal waste management for an Algerian city. Management of Environmental Quality: An international Journal.

https://www.researchgate.net/figure/Integrated-solid-waste-management-model-for-Batna_fig1_263287234

Tanatanee,S.,& Hantrakul,S.(2019).Municipal Waste Management Challenge of Urbanization: Lesson Learned from FROM PHITSANULOK, THAILAND. Geographia Technica, 14. pp 39to 46.

https://www.semanticscholar.org/paper/Municipal-Waste-Management-Challenge-of-Lesson-From-Tantanee-Hantrakul/9c8a09d29adda9cda6ef4c50b33a95414c6d27dc

Wilson, D. C., Velis, C. A., & Rodic, L. (2013, May). Integrated sustainable waste management in developing countries. In Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management (Vol. 166, No. 2, pp. 52-68). ICE Publishing.

https://www.researchgate.net/publication/237076750_Integrated_sustainable_waste_management_in_developing_countries

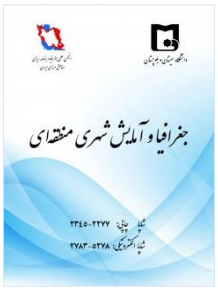
جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای
شاپا چاپی: ۲۳۴۵-۲۲۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۵۲۷۸
دانشگاه سیستان و بلوچستان

ارائهٔ سناریوهای مدیریت یکپارچهٔ پسماند شهر مشهد

محمدرحیم رهنما [۱*]، محمد اجزاء شکوهی [۲]، رضا داوری [۳]

مقاله پژوهشی

جغرافیا و آمایش شهری–منطقه‌ای
شمارهٔ ۴۳، تابستان ۱۴۰۱
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰
صفحات : ۱۷۸-۱۴۹



واژه‌های کلیدی:
پسماند شهری، مدیریت یکپارچهٔ پسماندهای جامد، آینده‌پژوهی، سناریونگاری، کلان‌شهر مشهد.

چکیده

رشد جمعیت و شهرنشینی، منجر به افزایش تولید پسماند و نگرش تک‌بُعدی به سیستم مدیریت پسماند، منجر به اثرات تخریبی زیست‌محیطی و افزایش هزینه‌ها شده‌است. الگوی مدیریت یکپارچهٔ پسماندهای جامد(ISWM) از مناسب‌ترین الگوهای مؤثر در کاهش هزینه‌های اقتصادی مدیریت پسماند و اثرات زیست‌محیطی پسماندها به‌شمار می‌رود. این مطالعه با رویکرد آینده‌پژوهی از طریق شناسایی شاخص‌های کلیدی مؤثر بر الگوی مدیریت یکپارچهٔ پسماند در راستای تدوین سناریوهای پیش‌روی مدیریت پسماند شهر مشهد انجام شده‌است. جامعهٔ آماری تحقیق، شامل ۲۵ نفر از کارشناسان (سازمان مپ شهرداری مشهد) و متخصصان (دانشگاهی) است. پس از بررسی، ۲۳ شاخص مؤثر شناسایی شد، سپس با تحلیل نرم‌افزار میک‌مک، ۱۰ شاخص به‌عنوان پیشران‌های کلیدی مشخص شد. با تدوین ۳۰ فرض عدم‌قطعیت برای پیشران‌ها، با استفاده از ماتریس اثرات متقابل و نرم‌افزار سناریوویزارد، به شناسایی سناریوهای محتمل پیش‌روی مدیریت پسماند شهر مشهد براساس الگوی مدیریت یکپارچهٔ پسماند پرداخته‌شد. براساس نتایج، ۵۹۰۴۸ سناریو محتمل وجود دارد که فقط ۵ سناریو دارای سازگاری بالا و احتمال وقوع بیشتر هستند. سناریوی اول و دوم با مجموع امتیاز ۱۶۷ و ۱۴۹ به‌عنوان سناریوهای محتمل مطلوب، شرایط امیدوارکننده‌ای را برای آیندهٔ مدیریت پسماند شهر مشهد ارائه می‌دهند. سناریوهای سوم، چهارم و پنجم به‌عنوان سناریوهای بحرانی (نامطلوب) گویای شرایط نامناسب برای آیندهٔ مدیریت پسماند شهر مشهد است.

مقدمه

پیشرفت اقتصادی منجر به توسعهٔ پویای شهرها شده‌است. این در حالی است که پیش‌بینی شده‌است که در سال ۲۰۵۰، سه‌چهارم جمعیت جهان در محیط شهری زندگی خواهندکرد. سرعت بالای شهرنشینی یکی از مهم‌ترین چالش‌های نظام مدیریت شهری خواهد بود (Mesjasz-Lech,2014:245). رشد سریع جمعیت و شهرنشینی، به همراه افزایش سطح رفاه و مصرف‌گرایی، منجر به تولید روزافزون پسماند شده‌است. درحال‌حاضر میزان تولید پسماند در شهرها، سریع‌تر از میزان رشد شهرنشینی است. افزایش تولید پسماند، پایداری محیط‌زیست را به چالش کشیده‌است. مدیریت ضعیف پسماندها، تأثیرات زیادی بر سلامت، بهداشت عمومی و اقتصاد گذاشته‌است (Tanatanee & Hantrakul,2019:40). روش‌های مدیریت پسماند، اغلب بر عناصر سیستم مدیریت (جمع‌آوری، حمل‌ونقل و بازیافت و دفن نهایی) متکی هستند. الگویی که امروزه توانمندی لازم در کاهش تولید زباله و کاهش آثار تخریبی آن بر محیط زیست در سطح محلی و جهانی را ندارد (Greene & onjes,2014:826). برخورداری از

۱- استاد، گروه آموزشی جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی، مشهد (نویسنده مسئول) rahnama@um.ac.ir
۲- دانشیار، گروه آموزشی جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی، مشهد shokouhim@um.ac.ir
۳- دانشجوی دورهٔ دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی، مشهد rezadavari75@gmail.com

یک سیستم مدیریت پسماند کارآمد و مؤثر، یکی از موضوعات اصلی در نظام‌های مدیریت شهری به‌شمار می‌رود؛ الگویی متناسب که بتواند یک سیستم پایدار برای کاهش تولید، کاهش هزینهٔ جمع‌آوری، افزایش میزان بازیافت، افزایش بازیابی مجدد، تولید انرژی و کاهش دفن زباله را برای جوامع شهری دربر داشته باشد و از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه، و تأثیرات زیست‌محیطی آن نیز حداقل باشد (Grzesik,2018:3). بسیاری از کشورها با درک وضعیت موجود و ضرورت توجه به پسماندهای تولیدی، با نگرشی جدید نسبت‌به تغییر فرایندهای قدیمی با رویکردی نو، به سمت اجرای تدریجی یک طرح جامع و پایدار، در مدیریت پسماندهای شهری پیش‌رفته‌اند (Dri et al,2018:2). مدل مدیریت یکپارچهٔ پسماند (ISWM[1]) یکی از روش‌هایی است که درجهت کاهش هزینه‌های اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی مدیریت پسماند طراحی شده‌است.

مدیریت یکپارچهٔ پسماندها از سه بخش مهم تشکیل شده‌است: ۱- جنبه‌های استراتژیک که شامل تجهیزات و تأسیسات پیشرفته، تکنولوژی و فناوری‌های نو، شرایط اقتصادی-مالی، محیط‌زیست، مدیریت و برنامه‌ریزی راهبردی، سیاست و قانون، شرایط اجتماعی و فرهنگی است. ۲- عناصر سیستم، شامل: کاهش تولید زباله، تولید زباله، مرتب‌سازی، ذخیره‌سازی اولیه (تفکیک از مبدأ)، جمع‌آوری، حمل‌ونقل و انتقال، بازیابی و استفادهٔ مجدد، پردازش، بازیافت، دفن و مراقبت‌های بعد از دفن. ۳- ذی‌نفعان و متولیان، عموماً شامل مدیریت شهری (شهرداری‌ها و دولت‌ها)، گروه‌های مردم‌نهاد و سازمان‌های عمومی، شهروندان، بخش‌خصوصی رسمی و غیررسمی را شامل می‌شود. مدیریت یکپارچه، رویکردی است که با بهره‌گیری از تکنیک‌های نوآورانه، افزایش توانایی و پایداری سیستم، می‌تواند با چالش‌های افزایش حجم پسماندهای شهری مقابله کند (Mahajan,2017:93). مدلی که تمام پسماندهای شهری را صرف‌نظر از اینکه آن‌ها قابل‌بازیافت هستند یا خیر و تمام ذی‌نفعان و تکنیک‌های نوآورانه مدیریت پسماند را در بردارد؛ سیستمی است که ابعاد فنی، شاخص‌های اجتماعی، اقتصادی، مالی، نهادی و محیطی را به‌طور یکپارچه و در ارتباط متقابل با هم، دربر داشته و درجهت توسعهٔ پایدار، به‌عنوان یک رویکرد استراتژیک جدید، برای مدیریت پسماندهای جامد شهری شناخته می‌شود؛ زیرا چالش‌های مدیریت پسماند، صرفاً زیرساخت‌های فنی و تأسیساتی نیستند، بلکه به همکاری فعال ذی‌نفعان، تأثیر و ارتباط متقابل ساختارهای اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و قانونی نیز بستگی دارد (Mwangi & Maina,2014:248). اهداف نهایی سیستم یکپارچهٔ مدیریت پایدار سیستم عبارت اند از: کاهش تولید در منبع، بازیافت و استفادهٔ مجدد، کمپوست و تولید انرژی، افزایش میزان مشارکت جامعه، شراکت و فعالیت بخش‌خصوصی، بهره‌وری بالای تجهیزات و هوشمندسازی، ظرفیت‌سازی، کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی و دفع و دفن حداقلی پسماندها است.

ازآنجایی‌که ابعاد مهم مدیریت یکپارچهٔ پسماند متأثر از شاخص‌هایی است که کنترل‌ناپذیر و دارای عدم‌قطعیت هستند، نیازمند است برای آنچه که ممکن است رخ دهد، نه صرفاً یک پیش‌بینی، بلکه احتمالاتی که در آینده رخ می‌دهد، سناریوهایی داشت. روش سناریونگاری، فرایندی است از ارزیابی سناریوها، با بهره‌گیری از یک‌سری شاخص‌ها برای شرایط احتمالی آینده که از طریق درک یک فرایند و یک کنترل محدود، می‌تواند امکانات بیشتری در اختیار مدیریت شهری قرار دهد. سناریوها، از سه مؤلفهٔ اصلی تشکیل شده‌اند: ۱- پیشران‌های تأثیرگذار بر یکدیگر (پیشران‌ها، عوامل خارجی هستند که مسبب تغییرات هستند و خارج از کنترل ذی‌نفعان بر فرایندها و

[1]. Integrated Soild Waste Management

اجرای برنامهٔ مدیریتی تأثیرمی‌گذارند)، ۲- یقین نسبت‌به حوادث اجتناب‌ناپذیر، ۳- عدم‌قطعیت عناصر کلیدی (Bartholomew,2005).

مطالعات آینده‌پژوهی و روش سناریونگاری، با تحلیل شاخص‌های اثرگذار در مدل مدیریت یکپارچهٔ پسماند، می‌تواند چشم‌اندازی میان‌مدت تا بلندمدت را با هدف اتخاذ تصمیم‌های کارآمد، ترسیم کند. با بهره‌گیری از روشی منظم و منضبط، پس از شناسایی نیروهای پیشران کلیدی، از درون همهٔ تغییرات، پیچیدگی‌ها و عدم‌قطعیت‌های حساس، می‌توان برای همهٔ آینده‌های ممکن، تصمیمات استراتژیک گرفت (رهنما و معروفی،۱۳۹۴:۲۳).

شهر مشهد با جمعیتی بالغ بر ۳ میلیون نفر ساکن، زائر و مسافر، روزانه ۲۰۵۲ تُن زباله تولید می‌کند. براساس آمار سال ۱۳۹۸، کل زبالهٔ تولیدی شهر مشهد معادل ۸۴۶۸۸۰ تُن برآورد شده‌است. از کل پسماندهای تولیدشده، زبالهٔ خانگی ۵۶۹۰۸۹ تُن، پسماند بیمارستانی ۸۰۹۲ تُن و زبالهٔ صنعتی ۸۶۳۶۴ تُن است. از این مقدار ۴۸۴۸۸۱ تُن زبالهٔ تر (پسماند موادغذایی و...) و ۸۴۲۰۸ تُن زبالهٔ خشک است. از میزان کل پسماند تولیدی، حدود ۵۷.۲۵ درصد آن پسماند تر است. سرانهٔ تولید زبالهٔ تر برای هر نفر، ۴۰۹ گرم و میانگین روزانهٔ تولید زبالهٔ تر در شهر مشهد، ۱۳۲۸ تُن است. در فرایند مدیریت پسماند شهر مشهد، از کل پسماندهای تولیدشده، ۱۱ درصد تفکیک ازمبدأ، ۱۸ درصد بازیافت و ۷۱ درصد دفن می‌شود (آمارنامهٔ سازمان مپ، ۱۳۹۸). مطابق با پیش‌بینی‌ها و براساس افزایش سالانهٔ زباله، احتمال میزان زبالهٔ تولیدی در شهر مشهد طی ۱۰ سال آینده به بیش از ۳۵۰۰ تُن خواهد رسید (صابری‌فر و شکرگزار، ۱۳۹۸: ۷۳). شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی در میزان تولید پسماند و نحوهٔ مشارکت در فرایند مدیریت پسماند، اثرگذار است (خواجه شاهکویی و همکاران،۱۳۹۴:۲۲۹). همکاری‌نکردن و نبود تعامل لازم در ساختار سازمانی مدیریت شهری و مدیریت پسماند، نبود راهبرد و برنامه‌ریزی کلان مدون (رهنما و کاظمی، ۱۳۹۱)، عدم‌شناخت دقیق از کمیت و کیفیت پسماند تولیدی، نبود آگاهی لازم در رابطه با فرایند کلی مدیریت توسط شهروندان، عدم‌مشارکت، ضعف قوانین مدیریتی و ضمانت اجرایی (فرزادکیا و همکاران،۱۳۹۱:۹۴۱) در تصمیم‌گیری، فعال‌نبودن بخش خصوصی، نبود سیستم مستقل و سازمان‌یافته، منابع مالی ناپایدار، فعالیت افراد غیررسمی، نگرش تک‌بُعدی و عمدتاً پرداختن به یک بخش از کل سیستم فرایند مدیریت پسماند، ازجمله آسیب‌های اساسی در مدیریت پسماند مشهد بوده‌است (داودیان، ۱۳۹۳:۸). با روند رو به افزایش تولید زباله و بهره‌گیری از شیوه‌های فعلی مدیریت پسماند، آثار تخریبی زیست‌محیطی پسماندها به‌خصوص در محل‌های دفن فعلی (سپهر و همکاران، ۱۳۹۳:۱۵۰) و هزینهٔ مدیریت آن، سالانه رو به افزایش خواهد بود. با ادامهٔ این روند، توان مدیریت پسماندها از کنترل مدیریت شهری خارج خواهد شد. افزایش آگاهی عمومی، شناخت از مسائل بازیافت پسماندها، مسئلهٔ کاهش هزینه‌ها، صرفه‌جویی انرژی مصرف‌شده (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۲:۲۰۴)، بهره‌مندی از تجهیزات و تأسیسات پیشرفته همراه با تکنولوژی و فناوری‌های نو، بهره‌مندی از ظرفیت گروه‌های مردم‌نهاد، توجه به جنبه‌های اقتصادی، ایجاد اشتغال، تولید منابع درآمدی از پسماندها، تغییر رویکرد مدیریت شهری به سمت تدوین یک مدل مدیریت یکپارچه و پایدار، می‌تواند درجهت کاهش اثرات زیست‌محیطی و مقرون‌به‌صرفه‌بودن مدیریت پسماند اثربخش باشد. این مطالعه ضمن معرفی مدل مدیریت یکپارچهٔ پسماند به دنبال پاسخ به سؤالات اساسی پژوهش است: ۱- در تدوین الگوی مدیریت یکپارچهٔ پسماند (در شهر مشهد)، چه شاخص‌هایی اثرگذار هستند؟ ۲- براساس تحلیل و شناخت این شاخص‌ها چه سناریوهایی برای آیندهٔ مدیریت پسماند شهر مشهد

قابل‌تصور است؟ هدف از این پژوهش، شناسایی سناریوها، عدم‌قطعیت‌ها و پیشران‌های راهبردی مؤثر بر آیندهٔ مدیریت پسماند و تدوین سناریوهای مطلوب، نامطلوب و محتمل است.

ضرورت این پژوهش در راستای شناسایی شاخص‌هایی است که بتواند در شرایط عدم‌قطعیت، با یک برنامه‌ریزی پایدار و منظم، اثربخشی و تعادل‌بخشی ساختار نظام مدیریت پسماند را ارتقا دهد. اهمیت این پژوهش، نسبت‌به سایر پژوهش‌ها این است که در این پژوهش، از روش‌های ترکیبی (کیفی و کمّی) درجهت بررسی مدیریت پسماند، با استفاده از بیشترین شاخص‌های مهم، استفاده شده‌است؛ بنابراین این پژوهش از نظر روش، یافته‌ها و نتایج در موضوع مدیریت پسماند، پژوهش جدیدی است.

بررسی مدیریت پسماند با الگوی آینده‌پژوهی می‌تواند بسیار بااهمیت باشد؛ زیرا آینده‌پژوهی، اندیشیدن دربارهٔ آینده (رشید ارده و خزایی، ۱۳۹۵: ۷۶) و ابزاری برای ایجاد تغییر به‌منظور دستیابی به آینده‌ای مطلوب است. مهم‌ترین اهداف آینده‌پژوهی، توسعهٔ تفکر، تقویت تفکر؛ وادار و تشویق به گفت‌وگوها و شناسایی احتمالات را برشمرد. تصمیم‌گیری و آگاهی بیشتر امروز دربارهٔ آینده، با تمرکز بر پرسش‌های مهم، چشم‌اندازها، افزایش تعداد گزینه‌های قابل‌دسترس، آمادگی بیشتر برای تصمیم‌گیری مثبت؛ تمهیدات برای مدیریت بهتر، تغییر به‌وسیلهٔ ارتقای ظرفیت یادگیری؛ ایجاد زمان واکنش به حوادث واقعی آیندهٔ کوتاه‌تر، واکنش‌های هدف‌دارتر و پرورش مشارکت فعال در تفکر استراتژیک درجهت تصمیم‌گیری است (رهنما و معروفی، ۱۳۹۴: ۲۶). در آینده‌پژوهی، آینده‌های بدیل متعددی می‌تواند تحقق یابد. آینده به‌طور کامل از پیش تعیین شده نیست؛ ازهمین‌رو آینده، باز، بدون مرز و تکاملی است؛ درنتیجه، ذاتاً دارای عدم‌قطعیت است. آن‌دسته از نیروهای پیشران که تحقق یا عدم‌تحقق‌شان وابسته به سایر عوامل دیگر باشد و نتوان از پیش در خصوص تحقق یا عدم تحقق آنها با اطمینان بالایی سخن گفت، عدم قطعیت هستند که به میزان پیش‌بینی‌ناپذیربودن تحولات و نتایج آینده اشاره دارند (منزوی، ۱۳۹۱: ۱۲۹). عدم‌قطعیت‌های آینده، دوگانه‌ها یا چندگانه‌هایی هستند که دربارهٔ پیشران‌ها و عوامل کلیدی یک موضوع، بیان می‌شوند. هریک از وضعیت‌های پیش‌روی آن پیشران، می‌تواند آیندهٔ آن موضوع را تحت تأثیر قرار دهد. روش‌های آینده‌نگاری مبتنی بر تحلیل‌های متقاطع و ماتریس‌های تأثیر تحلیل‌های متقاطع، روش‌هایی هستند که روندها، تأثیر عملکردهای متفاوت بر یکدیگر و روابط بین متغیرها در یک سیستم را بیان می‌کنند (تیشه‌یار، ۱۳۹۰: ۱۶۲).

برنامه‌ریزان به ابزاری نیاز دارند تا آینده را در قالب عناصر قابل‌پیش‌بینی و عدم‌قطعیت‌ها بیان کنند؛ این ابزار، همان سناریوها هستند. سناریوها، آینده‌های احتمالی را به تصویر می‌کشند و دیدگاهی منسجم از درون، به آینده‌های ممکن هستند. سناریوها پیش‌بینی نیستند؛ بلکه بر حصول نتیجه‌ای امکان‌پذیر دلالت می‌کنند. مدیران و تصمیم‌سازان از سناریو به‌منظور تسهیل غلبه بر عدم‌قطعیت‌ها در افق بلندمدت استفاده می‌کنند. سناریوها به‌صورت پویا، جریان تحول و پیدایش دنیای آینده را نمایش می‌دهند. سناریو، پیش‌گویی از آینده نیست؛ بلکه راهی برای ساماندهی و نظم‌بخشیدن به حالت‌ها و وضعیت‌های گوناگونی از آینده به‌شمار می‌رود. سناریو باید به حد کافی روشن باشد تا بتوان به کمک آن، دشواری‌ها، چالش‌ها و فرصت‌هایی را که محیط، پیش‌رو خواهد گذاشت، درک کرد. هدف برنامه‌ریزی بر پایهٔ سناریو، کمک به رهبران و مدیران برای تغییر نگرش آن‌ها نسبت‌به «واقعیت‌های پنداری» و نزدیک‌کردن هرچه بیشتر دیدگاه آن‌ها به «واقعیت‌های موجود» یا «واقعیت‌های در حال ظهور» است. در ترسیم سناریوها، سه سطح آینده‌های ممکن، آینده‌های باورکردنی و آینده‌های محتمل مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. آینده‌های ممکن، وضعیت‌های ممکن است که می‌تواند در آینده محقق شود، عمدتاً تخیلی و فراتر از دانش

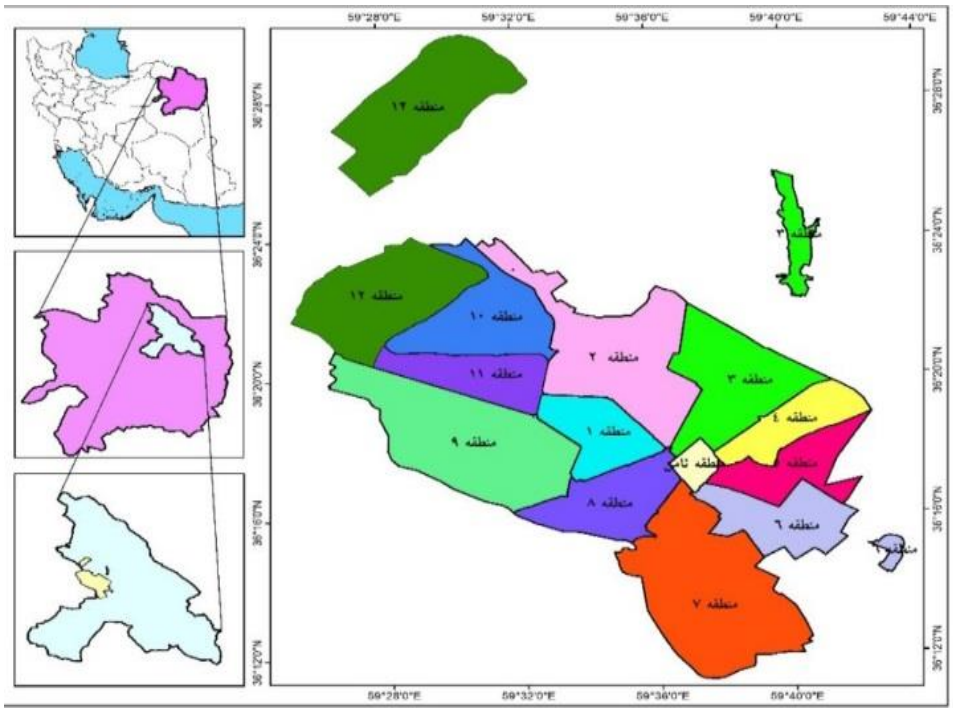
و علم بشر امروزی است. آینده‌های باورکردنی که براساس دانش فعلی بشر، امکان ظهور آن‌ها در آینده وجود دارد و منطبق بر اصول و دانش فعلی بشر هستند. آینده‌های محتمل، آینده‌هایی که احتمالاً تحقق می‌یابند. در سناریونویسی برای آینده، ترکیبی از آینده‌های ممکن، محتمل و باورکردنی به‌عنوان آیندهٔ مطلوب ترسیم می‌شود و برای رسیدن به آن آینده، سناریوهای مختلفی ازجمله سناریوهای متناقض، متناسب، متفاوت و متشابه، تدوین می‌شود (رشید ارده و خزائی، ۱۳۹۵: ۷۹).

مروری بر متون نظری مرتبط: درخصوص مدیریت پسماند، مطالعات گسترده‌ای انجام شده‌است. کنیشا گارنت[۱] و همکاران در سال ۲۰۱۷ با پژوهشی در انگلستان، به این نتیجه رسیدند که صرفاً توانایی‌های فنی برای مدیریت پسماند مناسب نیست. افزایش سطح مشارکت عمومی و شرایط اجتماعی جامعه، اثرگذاری بالایی دارد. در سال ۲۰۱۳ لیندا سفوحی[۲] و همکاران با ارزیابی مدیریت یکپارچهٔ پسماندهای شهری به این نتیجه رسیدند برنامه‌ریزی استراتژیک، آگاهی، آموزش و مشارکت عوامل موفقیت در بهبود سیستم هستند. پنگ لی و هوا لی[۳] در سال ۲۰۱۵ برای بهبود مدیریت پسماندهای جامد و پایداری سیستم، نقش مشارکت ذی‌نفعان، از اهمیت بالایی برخوردار است. کاتارزینا گرزسیک[۴] در سال ۲۰۱۸ در پژوهشی به این نتیجه رسید که سیستم مدیریت پسماند باید تأثیر حداقل زیست‌محیطی، کارا و مقرون‌به‌صرفه باشد. رومان ممدژانوف[۵] و همکاران در سال ۲۰۲۰ در بررسی مدیریت پسماند شهرهای سوئیس، بهترین سناریو، سناریوی بازیافت پیشنهاد شده‌است. ژان فرانسوا پروو و آلیسون سوبیانتورو[۶] نیز در سال ۲۰۱۸ با بررسی مدیریت پسماند در نیوزیلند، استراتژی موجود برای مدیریت زباله‌های اصلی، هضم بی‌هوازی (تولید بیوگاز) برای تولید انرژی و سوخت جایگزین را توصیه کردند. در بررسی‌ای که در سال ۲۰۱۷ توسط جوهارا و همکاران[۷] با مطالعهٔ سیستم‌های مدیریت پسماند شهری به این نتیجه رسیدند که سیستم‌های قدیمی تأثیر منفی قابل‌توجهی بر محیط‌زیست و انسان‌ها دارند. مدل یکپارچه و پایدار به‌عنوان بهترین مدل معرفی شد. آر.پومبرگر و همکاران[۸] در سال ۲۰۱۷ با بررسی عملکرد مدیریت پسماند شهری در اتحادیهٔ اروپا رویکرد نهایی، رسیدن به منابع پایدارتر و تولید انرژی است. درحالی‌که در سال ۱۹۹۵، ۶۴ درصد زباله‌های تولیدی دفن می‌شد، با انتخاب رویکرد پایدار و سیستم یکپارچه این مقدار در سال ۲۰۱۴ به ۲۸ درصد دفن رسیده‌است. در پژوهشی دیگر در سال ۲۰۱۹ ایولیبا پلاستینینا و همکاران[۹] با بررسی تأثیر شرایط اقتصادی در مدیریت پسماند شهری جامد شهر سوردلوفسکایا[۱۰] روسیه، پایین‌بودن سطح شاخص اقتصادی، یکی از موانع شکل‌گیری مدل پایدار و یکپارچهٔ مدیریت پسماند بود. در مطالعه‌ای که توسط اِی. جی. موریسی و ج. براونب[۱۱] در سال ۲۰۰۳ انجام شد، مشخص شد، مدل مدیریت پسماند پایدار، باید جنبه‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی را هم‌زمان و در ارتباط باهم در نظر بگیرند. در سال ۲۰۱۷ اولادیپوپوسالو و همکاران[۱۲] به این نتیجه رسیدند، مدیریت یکپارچه و پایدار علاوه بر کاهش

[1] Kenisha Garnett, Tim Cooper, Philip Longhurst, Simon Jude, Sean Tyrre
[2] Linda Sefouhi and Mehdi Kalla and Lylia Bahmed
[3] Hua Li and Peng Li
[4] Katarzyna Grzesik
[5] Roman Mamadzhanov, Yulia Zakirova, andMykhadi Umarov
[6] Jean-François Perrot and Alison Subiantoro
[7] H. Jouhara , D. Czajczy_nska H. Ghazal, R. Krzy_zy_nska, L. Anguilano, A.J. Reynolds, N. Spencer
[8] R. Pomberger, R. Sarc, K.E. Lorber
[9] Iuliia Plastinina, Lyudmila Teslyuk, Nataliya Dukmasova and Elena Pikalova
[10] Sverdlovskaya
[11] A.J. Morrisseya, J. Browneb
[12] Oladipupo Salau, Samuel Osho, Lalita Sen

خطر برای بهداشت عمومی و محیط‌زیست، صرفه‌جویی در منابع و بازیابی مواد را شامل می‌شود و در بهینه‌سازی بهره‌وری اقتصادی، ارتقا و توسعهٔ پایدار نقش اساسی دارد. در سال ۱۳۹۲ رفیعی و همکاران در پژوهشی از نظر مشارکت شهروندان در تفکیک پسماند شهر مشهد، افزایش مشارکت شهروندان، برخورداری از تجهیزات و تأسیسات به‌روز و کارآمد نقش اساسی دارد. دادرس و رئیسی در سال ۱۳۹۸ با پژوهش در مدل‌سازی مدیریت پسماند (مطالعهٔ موردی: شهرکرد)، شاخص آگاهی در مدیریت پسماند، مشارکت و آموزش در بازیافت توسط شهروندان، بیشترین بار عاملی را دارند. احمدی و چلاوی، در سال ۱۳۹۸ در خصوص تأثیر سرمایهٔ اجتماعی در مدیریت پسماند، افزایش بی‌رویهٔ تولید پسماند، کمبود و محدودیت‌های دفن پسماندها یکی از چالش‌های اغلب شهرها است که سرمایهٔ اجتماعی می‌توانند در ارتقای مشارکت شهروندان، نقش مهمی داشته باشد. کهنسال و همکاران در سال ۱۳۹۴ در پژوهشی به تحلیل رفتار شهروندان در تفکیک پسماند در شهر مشهد براساس الگوریتم C4.5 پرداختند و مشارکت و آگاهی شهروندان به‌عنوان مهم‌ترین شاخص اثرگذار مشخص شد. خوارزمی و ولی‌پورارمی در سال ۱۳۹۲ در خصوص مدیریت جامع پسماندهای شهری بر مبنای تفکر سیستمی، شهرستان ساری، نگرش تک‌سیاستی در برنامه‌ریزی، اثربخشی و کارآیی کافی نداشته و باید مجموعه‌ای از سیاست‌ها را در ارتباط با یکدیگر در نظر گرفت.

داده‌ها و روش کار: شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی، در شمال‌شرقی ایران قرار دارد (شکل شماره ۱- موقعیت محدودهٔ مورد مطالعه). این شهر، در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه قرار دارد. مشهد با ۲۱۳ کیلومتر مربع مساحت، دومین شهر پهناور ایران است. براساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ مشهد با ۳,۰۰۱,۱۸۴ نفر جمعیت، دومین شهر پرجمعیت ایران به‌شمار می‌رود. (آراسته و همکاران، ۱۳۹۹: ۶۶).



شکل شماره ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی شهر مشهد

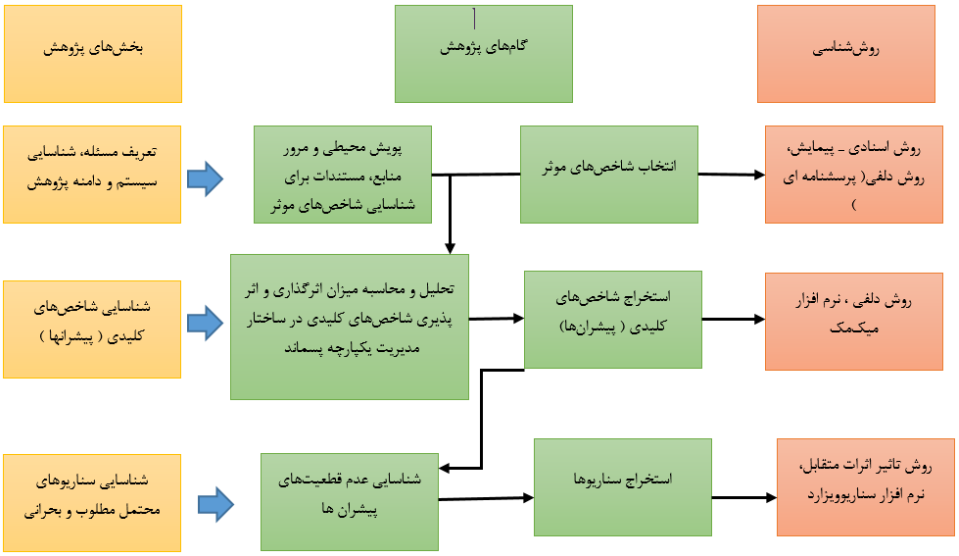
(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

روش این پژوهش از نظر هدف «کاربردی- توسعه‌ای»، از نظر ماهیت «توصیفی- تحلیلی» و از بُعد روش‌شناسی به‌دلیل شیوه‌های آینده‌نگاری، سناریونگاری و تحلیل تأثیر متقاطع و مبتنی بر روش «ترکیبی (کمّی- کیفی)» است (حسینی و همکاران، ۲۱:۱۳۹۸). با مطالعهٔ اسناد کتابخانه‌ای و همفکری با جامعهٔ آماری شاخص‌های مؤثر بر الگوی مدیریت یکپارچهٔ پسماند مورد شناسایی قرار گرفت. پرسشنامه‌ای در چارچوب مدل دلفی و تحلیل‌های نرم‌افزاری، درجهت تحلیل تأثیرگذاری و تأثیرپذیری شاخص‌ها در ابعاد سیستم مدیریت یکپارچهٔ پسماندها تدوین شد. روش جمع‌آوری داده‌ها مبتنی بر روش‌های تشکیل جلسات و گفتمان‌های گروهی بوده‌است. درخصوص انتخاب تعداد متخصصان جامعهٔ آماری در روش دلفی اختلاف نظر وجود دارد، تعداد آن‌ها بیشتر وابستگی به فاکتورهای مختلفی چون همگنی یا ناهمگن‌بودن داده‌ها، هدف پژوهش، کیفیت و توانایی تصمیم‌گیری، زمان جمع‌آوری داده‌ها، منابع دردسترس و میزان پذیرش پاسخ‌ها و مشکلات و پیچیدگی رسیدن به اجماع و بازبینی نتایج است. برخی از محققان تعداد حداکثر ۳۰ نفر برای ارائهٔ اطلاعات را کافی دانسته‌اند (احمدی،۱۰۳:۱۳۸۸). براین‌اساس، ابتدا جامعهٔ آماری ۳۰ نفر شناسایی شد که درنهایت ۲۵ نفر از متخصصان دانشگاهی و کارشناسان حوزهٔ سازمان مدیریت پسماند شهر مشهد که اطلاعات و تخصص لازم در این زمینه را داشتند و حاضر به همکاری در این پژوهش بودند، انتخاب شدند (۵ نفر از دانشجویان دورهٔ دکتری رشتهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، ۵ نفر از دانشجویان دورهٔ دکتری و ارشد در حوزهٔ محیط‌زیست شهری، ۳ نفر از استادان دانشگاه، ۲ نفر از کارشناسان ارشد دانشگاه علوم پزشکی مشهد رشتهٔ بهداشت محیط، ۵ نفر از کارشناسان با مدرک دکتری در سازمان پسماند، ۲ نفر از مسئولان سازمان پسماند و ۳ نفر از کارشناسان ارشد حوزهٔ خدمات شهری شهرداری مشهد). روش نمونه‌گیری به روش هدفمند و نمونه‌گیری غیرتصادفی بوده‌است. گام اول، شناخت موضوع اصلی و تهیهٔ فهرست شاخص‌های مؤثر بود، طی چندین جلسه با جامعهٔ آماری، ۲۳ شاخص به‌عنوان شاخص‌های اصلی که در مدل مدیریت یکپارچهٔ پسماندهای جامد، تأثیرگذار هستند، انتخاب شدند (جدول شماره ۱). از جامعهٔ آماری خواسته شد تا در چارچوب ماتریس اثرات متقاطع، شاخص‌ها را بر مبنای میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری، با اعداد در طیف ۰ تا ۳ که در آن صفر، به‌منزلهٔ بدون تأثیر، یک، به‌منزلهٔ تأثیر کم، دو، به‌منزلهٔ تأثیر متوسط، سه، به‌منزلهٔ تأثیر زیاد و P، به معنای اثرگذاری بالقوه هستند، بسنجند. سپس امتیازها را در ماتریس متقاطع وارد کنند تا در چارچوب نرم‌افزار آینده‌نگاری میک‌مک، تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هرکدام از شاخص‌ها با دیگر شاخص‌ها، سنجیده شود. با تحلیل شاخص‌ها در محیط نرم‌افزاری میک‌مک، ۱۰ شاخص از ۲۳ شاخص، به‌عنوان شاخص‌های کلیدی و پیشران، انتخاب شد. برای تدوین سناریو، با استفاده از سناریوویزاد، برای ۱۰ پیشران کلیدی، هر کدام سه وضعیت محتمل (عدم‌قطعیت) تعریف شد. در مجموع ۳۰ وضعیت محتمل، در چارچوب ماتریسی با ابعاد n*n، تعریف و کُدگذاری متفاوت با مرحلهٔ اول انجام شد. با استفاده از پرسش‌نامه‌ای در قالب ماتریس اثرگذاری متقاطع متعادل، از نمونهٔ آماری خواسته شد تا برحسب میزان اهمیت این شاخص‌ها، از ۳- تا ۳+ (۳-: اثر محدودکنندهٔ شدید، ۲-: اثر محدودکنندهٔ متوسط، ۱-: اثر محدودکنندهٔ ضعیف، ۰: بدون اثر، ۱+: اثر تقویت‌کنندهٔ ضعیف، ۲+: اثر تقویت‌کنندهٔ متوسط، ۳+: اثر تقویت‌کنندهٔ شدید) امتیازدهی شود (Wolfgang,2013). بر مبنای امتیازهای واردشده، تحلیل میزان سازگاری شاخص‌ها، سناریوهای محتمل تدوین و طبقه‌بندی شد. درنهایت سناریوهای محتمل مطلوب و بحرانی انتخاب شد.

نرم‌افزارهای مورد استفاده: نرم‌افزار میک‌مک (MicMac) روش این نرم‌افزار، ابتدا متغیرها و مؤلفه‌های مهم در حوزهٔ مورد نظر را شناسایی کرده، ازطریق ماتریس تحلیل اثر متقاطع، میزان ارتباط این متغیرها با حوزهٔ مربوط را

تشخیص می‌دهد. در این مدل، متغیرهای موجود در سطرها، بر متغیرهـای موجـود در سـتون‌هـا تـأثیر مـی‌گـذارد. مجموع داده‌های متغیرهای سطرها، میزان تأثیرگذاری و مجموع داده‌های متغیرهای ستون‌ها، میزان تأثیرپـذیری را نشان خواهند داد (زالی، ۱۳۹۶: ۸۹).

نرم‌افزار سـناریوویزارد (ScenarioWizard): ایـن نـرم‌افـزار بـرای انجـام محاسـبات پیچیـدۀ سناریونویسـی طراحـی شده‌است. برای تسهیل در امر پردازش اطلاعات کیفی در پروژه‌های است که ماهیت میان‌رشته‌ای دارند و نیاز اسـت نظرات خبرگان که به‌طور مشخص داده‌های کیفی هستند، در پروژه‌های آینده‌نگاری به‌کار گرفته شوند. اسـاس کـار بر مبنای ماتریس‌های اثر متقاطع است. این ماتریس‌ها به‌منظور استخراج نظر خبرگان در موارد اثـر احتمـالی وقـوع یک حالت از یک توصیف‌گر بر روی حالتی از توصیف‌گـر دیگـر، در قالـب عبـارت‌هـای کلامـی مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیرد. درنهایت با محاسبۀ اثرات مستقیم و غیرمستقیم حالت‌ها بر روی یکـدیگر، سـناریوهای سـازگار پـیش‌روی سیستم مورد مطالعه، استخراج می‌شوند.



شکل شماره ۲. فرایند عملیاتی انجام پژوهش

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

جدول شماره ۱. شاخص‌های الگوی مدیریت یکپارچۀ پسماندهای جامد شهری ISWM

ابعاد اصلی	بخش‌های سیستم	شاخص‌های منتخب پژوهش (۲۳ شاخص)	منبع
جنبه‌های استراتژیک	تکنیکی- فنی	فرهنگ (شیوۀ زندگی و الگوی مصرف جامعه)،	Wilson, Velis,2013
	مالی- اقتصادی	اجتماعی (مشارکت و ظرفیت‌سازی)،	
	زیست‌محیطی	آلودگی زیست‌محیطی، بهداشت عمومی،	
	سیاسی- حقوقی	اقتصادی- مالی (همۀ هزینه‌های مدیریت، رقابت، باریابی و...)	Mesjasz-Lech2014
	نهادی- سازمانی	بهره‌مندی از برنامه‌ریزی راهبردی	
	فرهنگی- اجتماعی	بهره‌مندی از نیروی انسانی کارآمد	
		ابزارهای قانونی و ضمانت اجرایی	Mwangi,2014

عناصر سیستم	تولید پسماند	بهره‌مندی از تأسیسات و تجهیزات کارآمد بهره‌مندی از فناوری و تکنولوژی پیشرفته- هوشمند بافت کالبدی شهر شبکهٔ معابر شهری کمّیت و کیفیت پسماند تولیدشده حجم پسماند تولیدشده دسترسی به زمین کافی برای دفن زباله موقعیت جغرافیایی	Salau,Osho,2017 دادرس و رئیسی، ۱۳۹۸ احمـــدی و چـــلاوی، ۱۳۹۸
	ذینفعان	شهرداری- دولت	مشارکت عمومی آموزش نگرش و سطح آگاهی مسئولان و شهروندان جمعیت استفاده از محصولات تولیدی بازیافتی
		بخش خصوصی رسمی- غیررسمی	
		گروه‌های مردم‌نهاد	
		گروه‌ها و سازمان‌های عمومی غیردولتی	
		شهروندان	
	ذخیره‌سازی اولیه		
	جمع‌آوری		
	حمل‌ونقل		
	پردازش- بازیابی- بازیافت		
	دفن		

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

شرح و تفسیر نتایج

براساس ابعاد و مؤلفه‌های مختلف الگوی مدیریت یکپارچهٔ پسماندهای جامد در شهر مشهد (جدول شماره ۱)، ماتریس تحلیل تأثیر متقابل با تشکیل پنلی از جامعهٔ آماری ترسیم شد. در این روش، پس از بررسی و مطالعات میدانی و برگزاری جلسات با جامعهٔ آماری؛ شاخص‌هایی چون فرهنگ، شاخص اجتماعی، آلودگی زیست‌محیطی و بهداشت عمومی، اقتصادی- مالی، بهره‌مندی از برنامه‌ریزی راهبردی، بهره‌مندی از نیروی انسانی کارآمد، ابزارهای قانونی و ضمانت اجرایی، بهره‌مندی از تأسیسات و تجهیزات کارآمد، بهره‌مندی از فناوری و پیشرفته (هوشمندسازی)، بافت کالبدی شهر، توزیع شبکهٔ معابر شهری، کمّیت و کیفیت پسماندهای تولیدی، حجم پسماند تولیدشده، دسترسی به زمین کافی برای دفن زباله، شاخص موقعیت جغرافیایی شهر، مشارکت عمومی، آموزش، نگرش و سطح آگاهی مسئولان و شهروندان، جمعیت و استفاده از محصولات تولیدی بازیافتی که در مجموع ۲۳ شاخص، به‌عنوان شاخص‌های اصلی تأثیرگذار شناسایی و در قالب ماتریس اثرات متقاطع به ابعاد ۲۳×۲۳ طراحی شد. سپس داده‌ها وارد نرم‌افزار میک‌مک شد. طبق جدول ۲، اعتبار متغیرها در سطح بسیار مطلوبی است، شاخص برازش به‌دست‌آمده برای متغیرها با ۲ بار تکرار چرخش داده‌ای، عدد ۹۰/۱۷ درصد را نشان می‌دهد که با ضریب سازگاری ۹۹ درصد، نشانگر ضریب بالای تأثیرگذاری و بار عاملی بالا در متغیرها و عوامل انتخاب‌شده، بر یکدیگر است. یافته‌ها نشان داد که بر مبنای آن، ۴۷۷ ارزش، محاسبه شد. در ماتریس اولیهٔ اثرات متقاطع ۱۸۹ مورد، با حجم آماری بالا، دارای میزان اثرگذاری متوسط بود. ۱۷۰ مورد دارای تأثیرگذاری بالا، ۱۰۷ مورد تأثیرگذاری کم، میزان عدم‌تأثیر یا تأثیر بسیار ضعیف با ۵۲ مورد و ۱۱ مورد تأثیرات بالقوه ارزیابی شد. با ارزیابی تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم و غیرمستقیم شاخص‌ها بر یکدیگر توسط نرم‌افزار میک‌مک، عوامل حاصل از تحلیل ماتریس و چگونگی توزیع شاخص‌ها در شکل شماره ۳، شاخص‌ها تأثیر زیادی بر یکدیگر دارند. نوع پراکندگی شاخص‌ها، روی نمودار نشان می‌دهد که وضعیت مدیریت پسماند براساس این شاخص‌ها، در حالت ناپایداری است. جدول ۳ میزان تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم شاخص‌ها بر یکدیگر را نشان می‌دهد. با مشخص‌شدن مقادیر هر شاخص برابر جدول

۳، شاخص آموزش با امتیاز ۵۷، دارای بیشترین ضریب تأثیرگذاری مستقیم بر سایر شاخص‌ها بود؛ مشارکت با امتیاز ۵۶، بهرمندی از برنامه‌ریزی راهبردی با امتیاز ۵۶ و شاخص اقتصادی-مالی با امتیاز ۵۵ در رتبه‌های بعدی میزان تأثیرگذاری بالا قرار گرفت. همچنین براساس جدول شماره ۳، بیشترین شاخص تأثیرپذیری مربوط به شاخص آلودگی زیست‌محیطی با امتیاز ۶۱ مشخص شد، شاخص‌های اقتصاد-مالی با امتیاز ۵۹، حجم تولید با امتیاز ۵۵، بهداشت عمومی با امتیاز ۵۳ و کمّیت و کیفیت پسماند با امتیاز ۵۲ در رتبه‌های بعدی بیشترین تأثیرپذیری را از سایر شاخص‌ها داشتند.

جدول شماره ۲. ویژگی‌های ماتریس اولیه

اندازهٔ ماتریس	تعداد تکرار	تعداد صفرها	تعداد یک‌ها	تعداد دوها	تعداد سه‌ها	تعداد Pها	جمع	شاخص پُرشدگی
۲۳×۲۳	۲	۵۲	۱۰۷	۱۸۹	۱۸۹	۱۱	٤۷۷	۹۰/۱۷ درصد

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

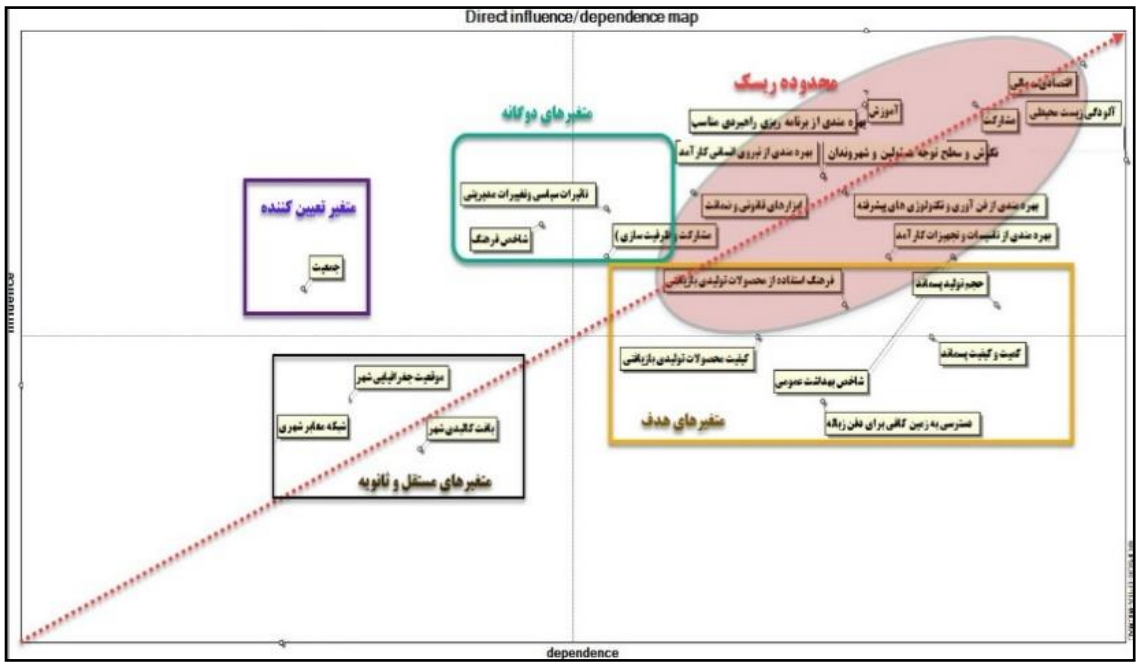
جدول شماره ۳. میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم و غیرمستقیم شاخص‌ها

ردیف	نوع شاخص	تأثیرات مستقیم		تأثیرات غیرمستقیم	
		جمع سطرها تأثیرگذاری	جمع ستون‌ها تأثیرپذیری	جمع سطرها تأثیرگذاری	جمع ستون‌ها تأثیرپذیری
۱	موقعیت جغرافیایی شهر	۳۵	۰	۲۷۷۵۸	۰
۲	جمعیت	٤۲	۲۲	٦۲٤۷۲	۹۷٤۲
۳	فرهنگ (شیوهٔ زندگی و الگوی مصرف جامعه)	٤۵	۳٤	۸۳۱۲۳	٦۳۸۱۹
٤	اجتماعی (مشارکت و ظرفیت‌سازی)	٤۳	۳۷	۸٦۷۱۱	۷۸۹۹۸
۵	آلودگی زیست‌محیطی	٤۹	٦۱	۳۸۲٤٦	۹۲۸٤٦
٦	بهداشت عمومی	٤۳	۵۳	٤۲٤۱٤	۹۱۰۰۰
۷	اقتصادی- مالی (همهٔ هزینه‌های سیستم؛ رقابت، بازاریابی و...)	۵۵	۵۹	۹۰۷۰۵	۹٦۸۷۵
۸	بهره‌مندی از فناوری‌های پیشرفته	٤۷	٤۸	۸۲۹٦٤	۸۸۲۰۵
۹	نگرش و سطح توجه مسئولان و شهروندان	٤۸	٤۷	۸۱۱۲٦	۷٤۰٤۱
۱۰	تأثیرات سیاسی و تغییرات مدیریتی	٤۵	۳۷	۷۰٤۵۱	٤۸٦۵۰
۱۱	بهره‌مندی از برنامه‌ریزی راهبردی مناسب	۵٦	٤۹	۸۳۰۳۲	۷۸۵۱۵
۱۲	بهره‌مندی از تأسیسات و تجهیزات کارآمد	٤۳	۵۰	۷٦٦۰۷	۹۲۵۰۹
۱۳	بافت کالبدی شهر	۲۷	۲۹	۹۷۳٦	٤۳۵۳
۱٤	شبکهٔ معابر شهری	۱۹	۲۳	۱۵۱۹۸	۲٦٦٤
۱۵	کمّیت و کیفیت پسماند	۳۸	۵۲	۷٦۳۰۸	۷۳۰۱٤
۱٦	حجم تولید پسماند	٤۰	۵۵	٦۲۲۱۱	۸۰٦۰۳
۱۷	فرهنگ استفاده از محصولات تولیدی بازیافتی	٤۰	٤۸	۵٦۰۳۳	۵۹۹۸۱
۱۸	کیفیت محصولات تولیدی بازیافتی	۳۸	٤٤	۵۹۷۷٦	٦۰۸۰۱
۱۹	دسترسی به زمین کافی برای دفن زباله	۳٤	٤۷	٤۰۳۵۷	۷۱۰۱۰

۲۰	بهره‌مندی از نیروی انسانی کارآمد	٤٨	٤٨	٦٣٣٤٩	٦٦٢٠٥
۲۱	مشارکت	٥٦	٥٣	٨٦٢٠٨	٧٩٨٤٩
۲۲	آموزش	٥٧	٤٩	٩٣٠٤٠	٨٣٩٥٢
۲۳	ابزارهای قانونی و ضمانت اجرایی	٤٧	٤١	٨٠٢٥٧	٧٥٤٥٠

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

هدف از تحلیل ساختاری شاخص‌های کلیدی، شناخت مهم‌ترین عوامل مؤثر بر سیستم است. در ماتریس متقاطع، جمع اعداد در سطر، بیانگر میزان تأثیرگذاری آن شاخص؛ جمع اعداد موجود در ستون، بیانگر میزان تأثیرپذیری آن شاخص است. شاخص‌ها براساس امتیازهای کسب‌شده تأثیرگذار و تأثیرپذیر مستقیم و غیرمستقیم، در محیط نرم‌افزاری میک‌مک محاسبه و رتبه‌بندی می‌شوند. شاخص‌هایی که اثرگذاری و تأثیرپذیری بالایی داشته باشند، در رتبه‌های نخست قرار می‌گرند و به‌عنوان شاخص‌های راهبردی (استراتژیک) که قابلیت تنظیم، کنترل، پویایی و تغییر سیستم را دارند، انتخاب می‌شوند. براساس خروجی نرم‌افزار میک‌مک طبق نمودار شکل شماره ۳ و رتبه‌بندی شاخص‌ها طبق جدول شماره ۴، ۱۰ شاخص از بین ۲۳ شاخص به‌عنوان شاخص‌های کلیدی (پیشران) انتخاب شد. این شاخص‌ها روی نمودار در ناحیهٔ یک شبکهٔ مختصات قرار دارند. شاخص‌های اقتصادی-مالی، آلودگی زیست‌محیطی، مشارکت، آموزش، حجم تولید، بهره‌مندی از برنامه‌ریزی راهبردی مناسب، بهره‌مندی از نیروی انسانی کارآمد، بهره‌مندی از فناوری و تکنولوژی پیشرفته (هوشمندسازی)، بهره‌مندی از تأسیسات و تجهیزات کارآمد و نگرش، سطح توجه و تعامل مسئولان و شهروندان به‌عنوان شاخص‌های راهبردی انتخاب شدند. این شاخص‌ها در ادامه با عنوان پیشران‌های کلیدی در سناریوسازی مورد استفاده قرار گرفتند.



شکل شماره ۳. موقعیت انواع شاخص‌های متناسب با تأثیرگذاری و تأثیرپذیری در نرم‌افزار MicMac

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

جدول شماره ۴. رتبه‌بندی شاخص‌های کلیدی براساس اثرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم و غیرمستقیم

امتیاز	شاخص	رتبه
٦٣٠	آموزش	١
٦٠٧	اقتصاد- مالی	٢
٥٧٣	آلودگی زیست‌محیطی	٣
٥٧٠	مشارکت	٤
٥٥٠	بهره‌مندی از نیروی انسانی کارآمد	٥
٥٤٥	هوشمندسازی	٦
٥٣٠	بهره‌مندی از برنامه‌ریزی راهبردی مناسب	٧
٥٢٧	نگرش، سطح توجه و تعامل مسئولان و شهروندان	٨
٥١٦	بهره‌مندی از تجهیزات و تأسیسات کارآمد	٩
٥١٠	حجم تولید پسماند	١٠

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

در ادامهٔ پژوهش، عدم‌قطعیت (آینده‌های محتمل) پیشران‌های کلیدی مشخص شد. میزان پیش‌بینی‌ناپذیربودن تحولات و نتایج آینده را عدم‌قطعیت گویند. وضعیت‌های محتمل پیشران‌های کلیدی، به‌طور دقیق چالش‌ها، مسیرهای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی را معیّن می‌کنند. با نظر جامعهٔ آماری، عدم‌قطعیت برای پیشران‌ها به شرح جدول شماره ۵ تهیه شد. برای تحقق اهداف مدیریت یکپارچهٔ پسماند و اثربخشی آن، وضعیت‌های مختلفی از پیشران‌های کلیدی قابل‌تصور است. این وضعیت‌های احتمالی برای آیندهٔ مدیریت پسماند، از نظر برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری از اهمیت بالایی برخوردار است. با تحلیل دقیق شرایط پیش‌رو وضعیت‌های احتمالی، نیاز ضروری به تدوین سناریوها وجود دارد. در تعریف سناریوها، هدف فقط انتخاب یک آیندهٔ مشخص و رسیدن به آن آینده نیست، بلکه اتخاذ تصمیم‌هایی راهبردی است که سیستم بتواند برای همهٔ آینده‌های ممکن، استراتژی و برنامه‌ای درست برای پایدارماندن داشته باشد. درجهت دقیق‌بودن، با استفاده از نظر جامعهٔ آماری، برای ۱۰ پیشران کلیدی، به‌ترتیب آینده‌های محتمل سه‌گانه (روند کنونی، روند بهبودی و روند تضعیفی) همراه با کدگذاری، مجموعاً ۳۰ وضعیت محتمل تنظیم شد. سپس در نرم‌افزار سناریوویزارد یک ماتریس متقاطع ۱۰×۱۰ شامل تأثیرات نیروهای پیشران بر یکدیگر همچنین حدود تأثیرات عدم‌قطعیت‌های پیشران‌ها بر یکدیگر، در بازهٔ ارزش‌گذاری ۳- و ۳+ ترسیم، ارزیابی شد. مقادیر سناریوها محاسبه شد. نتایج حاصل از محاسبه نشان داد: از مجموع ۸۱۰ قضاوت سلولی انجام‌شده، ۵۶ سلول، (۶/۹۱ درصد) دارای اثرات متقابل ۳-، ۱۰۲ سلول (۱۲/۵۹ درصد) دارای اثرات متقابل ۲-، ۱۱۷ سلول (۱۴/۴۴ درصد) دارای اثرات متقابل ۱-، ۲۰۱ سلول (۲۴/۸۱ درصد) فاقد اثر متقابل بر یکدیگر، ۱۳۸ سلول (۱۷/۰۴ درصد) دارای اثرات متقابل ۱+، ۱۲۳ سلول (۱۵/۱۹ درصد) دارای اثرات متقابل ۲+ و ۷۳ سلول (۹/۰۱ درصد) دارای اثرات متقابل ۳+ هستند.

جدول شماره ۵. پیشران‌ها و حالت‌های ممکن پیش‌روی هر پیشران (شاخص‌های کلیدی)

ردیف	عامل کلیدی	(ع‌ل‌ائم)	وضعیت‌های احتمالی	نوع سناریو
۱	آلودگی زیست‌محیطی	L1	افزایش شدید آلودگی‌های زیست‌محیطی، تهدید بهداشت و سلامت عمومی	نامطلوب
		L2	افزایشی نسبی آلودگی‌ها، حفظ وضع موجود	نیمه‌مطلوب
		L3	کاهش آلودگی محیطی، افزایش امنیت سلامتی و بهداشت عمومی، ایجاد شهر پاک	مطلوب
۲	اقتصادی- مالی	E1	افزایش معضلات اقتصادی و عدم‌موفقیت در کاهش هزینه‌ها	نامطلوب
		E2	افزایش نسبی هزینه‌ها و مشکلات مالی	نیمه‌مطلوب
		E3	مدیریت پایدار اقتصادی- مالی، منابع مالی پایدار	مطلوب
۳	هوشمندسازی	H1	اقدام با روش سنتی با کیفیت پایین و هزینهٔ بالا.	نامطلوب
		H2	استفادهٔ محدود از تکنولوژی و زیرساخت‌های تکنولوژی‌های روز هزینهٔ بالا و روند وضع موجود	نیمه‌مطلوب
		H3	بهره‌مندی از فناوری و تکنولوژی‌های پیشرفته و هوش مصنوعی	مطلوب
٤	نگرش، سطح توجه و تعامل مسئولان و شهروندان	T1	اختلاف زیاد بین مسئولان و شهروندان	نامطلوب
		T2	عدم‌هماهنگی و تعامل بین شهروندان و مسئولان	نیمه‌مطلوب
		T3	مشارکت و هماهنگی و تعامل بالا بین شهروندان و مسئولان	مطلوب
۵	مشارکت	M1	عدم‌مشارکت مردم در انجام بازیافت	نامطلوب
		M2	ادامهٔ روند فعلی و افزایش محدود میزان مشارکت	نیمه‌مطلوب
		M3	افزایش مشارکت	مطلوب
٦	بهره‌مندی از تأسیسات و تجهیزات کارآمد	B1	افزایش هزینه، کاهش کیفیت خدمات	نامطلوب
		B2	ادامهٔ روند وضع موجود افزایش هزینه و عدم‌افزایش کیفیت خدمات	نیمه‌مطلوب
		B3	افزایش بهره‌وری سیستم و کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت خدمات	مطلوب
۷	آموزش	A1	نبودبرنامه‌های‌آموزشی و یک چشم‌انداز مشخص و موفق‌نشدن در ارائهٔ برنامهٔ آموزشی	نامطلوب
		A3	موفقیت نسبی در تدوین برنامهٔ آموزشی و حرکت به‌سوی جامعهٔ آموزش‌دیده	نیمه‌مطلوب
		A4	آموزش بخش بزرگی از شهروندان و موفقیت در ارائهٔ برنامه‌های اجرایی و...	مطلوب
۸	بهره‌مندی از برنامه‌ریزی راهبردی مناسب	R1	ناپایداری سیستم مدیریت پسماند.	نامطلوب
		R2	تغییرات مداوم برنامه و اتلاف هزینه و بی‌برنامه‌های اجرایی مختلف	نیمه‌مطلوب
		R3	عدم اتلاف هزینه و زمان و افزایش راندمان وبالارفتن کیفیت‌خدمات‌وپایداربودن سیستم	مطلوب
۹	حجم تولید پسماند	N1	افزایش آلودگی زیست‌محیطی، تهدید سلامت و بهداشت عمومی، ناپایداری سیستم، کاهش کیفیت خدمات، افزایش هزینه	نامطلوب
		N2	کنترل وضع‌موجود؛ افزایش‌هزینه. کاهش‌کیفیت خدمات،خطر آلودگی‌وبهداشت عمومی	نیمه‌مطلوب
		N3	کاهش آلودگی؛ کاهش هزینه و افزایش کیفیت خدمات، امنیت سلامت و بهداشت عمومی شهروندان	مطلوب
۱۰	بهره‌مندی از نیروی انسانی کارآمد	J1	ناپایداری سیستم؛ کاهش کیفیت خدمات، افزایش هزینه و اتلاف سرمایه و انرژی، عدم‌رشد سیستم	نامطلوب
		J2	روند وضع موجود، منعطف‌نبودن سیستم، افزایش هزینه	نیمه‌مطلوب
		J3	افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها، پایداری و انعطاف‌پذیری سیستم، رشد و توسعهٔ سیستم	مطلوب

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

براساس نتایج، برای مدیریت پسماند مشهد، ۵۹۰۴۸ سناریو پیشنهاد شد. ۲۵۴ سناریو، به‌عنوان سناریوهای ضعیف بودند که امکان تحلیل، سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی ندارند و صرفاً استفادهٔ آماری دارند. نرم‌افزار سناریوویزارد، براساس تحلیل و محاسبات، امکان استخراج سناریوهای با احتمال قوی، سناریوهای با احتمال ضعیف و سناریوهایی با احتمال سازگاری و انطباق بالا را دارد. برای آینده‌های محتمل مدیریت پسماند شهر مشهد، ۵ سناریو در حالت سازگاری قوی با امتیاز بالا و احتمال وقوع بیشتر مشخص شد. از ۵ سناریوی محتمل، ۲ سناریو با مجموع امتیاز ۱۶۷ و ۱۴۹ به‌عنوان سناریوهای مطلوب، سه سناریو با مجموع امتیاز اثر متقابل ۱۳۷، ۱۳۸، ۱۴۳ به‌عنوان سناریوهای نامطلوب (بحرانی) است. جدول ۶ سناریوهای (محتمل) برای آیندهٔ مدیریت پسماند شهر مشهد را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۶. سناریوهای پیشنهادی پیش‌روی مدیریت یکپارچهٔ پسماند شهر مشهد

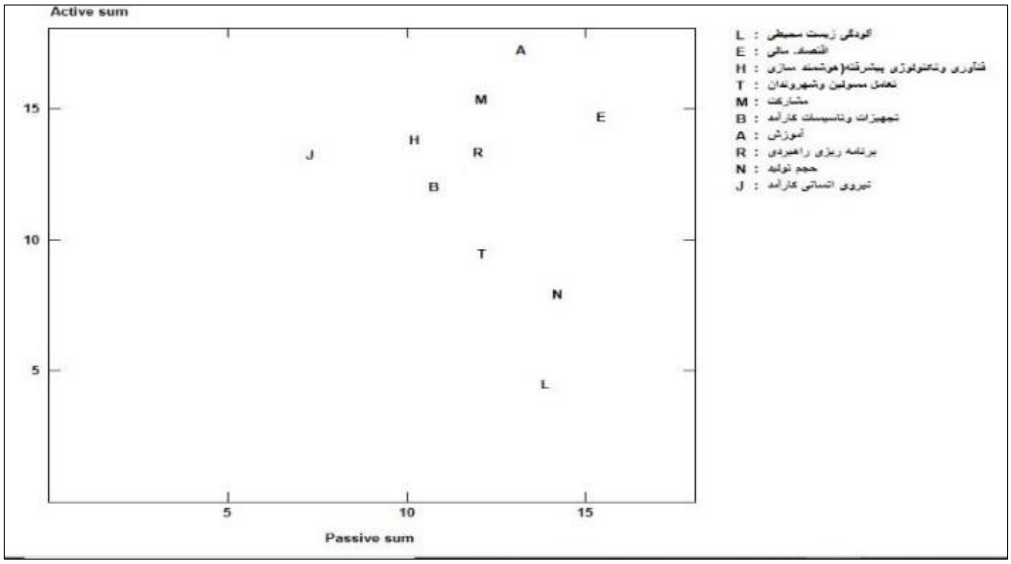
ردیف	پیشران (توصیف‌گرها)	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۳	سناریوی ٤	سناریوی ٥
۱	آلودگی زیست‌محیطی	L3	L3	L1	L1	L2
۲	اقتصاد- مالی	E3	E3	E1	E1	E2
۳	هوشمندسازی	H3	H3	H1	H1	H1
٤	نگرش، سطح توجه و تعامل مسئولان و شهروندان	T3	T2	T1	T1	T1
٥	مشارکت	M3	M3	M1	M1	M1
٦	بهره‌مندی از تأسیسات و تجهیزات کارآمد	B3	B3	B1	B1	B1
۷	آموزش	A3	A3	A1	A1	A1
۸	بهره‌مندی از برنامه‌ریزی راهبردی مناسب	R3	R2	R2	R1	R2
۹	حجم تولید پسماند	N3	N3	N1	N1	N1
۱۰	بهره‌مندی از نیروی انسانی کارآمد	J3	J3	J1	J1	J1
ارزش سازگاری سناریوها		۰	۰	۰	۰	۰
مجموع امتیاز اثر متقابل		۱٦۷	۱٤۹	۱٤۳	۱۳۸	۱۳۷

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

تشکیل سیستم شبکه‌ای، نقش توصیف‌گر (پیشران) در تحلیل نحوهٔ اثرگذاری بر سیستم و نقش مؤثری در فرایند ایجاد سناریوی واقعی دارد. نتایج حاصل از سیستم شبکه نشان داد که پیشران‌های آموزش، مشارکت، اقتصادی-مالی، برنامه‌ریزی راهبردی، هوشمندسازی در شرایط اثرگذاری و اثرپذیری توأم هستند، همان‌طوری که روی سایر توصیف‌گرها، تأثیرگذاری زیادی دارند، از سایر توصیف‌گرها نیز تأثیر می‌پذیرند. در این بین، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری توصیف‌گر اقتصاد- مالی، بسیار بیشتر از سایر توصیف‌گرهاست که نشان از اهمیت ویژهٔ این توصیف‌گر، در ساختار مدیریت یکپارچهٔ پسماند دارد. می‌تواند تأثیرات به‌شدت مثبت یا منفی، بر سناریوهای پیش‌روی آیندهٔ پسماند شهر مشهد را داشته باشد. توصیف‌گر بهره‌مندی از نیروی انسانی ماهر، اثرگذاری بیشتری نسبت‌به تأثیرپذیری از سایر توصیف‌گرها را دارد. همچنین نتایج نشان داد که توصیف‌گرهای حجم تولید پسماند و آلودگی

زیست‌محیطی، بالاترین اثرپذیری را نسبت‌به سایر توصیف‌گرها دارند. شکل شماره ۴ الگوی توزیع شبکه‌ای توصیف‌گرها را نشان می‌دهد.

بررسی وضعیت تعادل اثر سناریوها، مهم‌ترین بخش از روش تعادل اثر متقابل ارزیابی سازگاری درونی یک سناریو است. این ارزیابی به بررسی وضعیت‌ها و متغیرهای درگیر در هر سناریو می‌پردازد. اگر یک یا چند فرض سناریو با بقیهٔ قسمت‌های سناریو مغایرت داشته باشد، در این بررسی مشخص می‌شود. جدول ۷ وضعیت سازگاری سناریوهای اصلی براساس مقادیر محاسبه‌شده را نشان داده می‌دهد.



شکل شماره ۴. الگوی توزیع شبکه‌ای توصیف‌گرهای پژوهش

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

جدول شماره ۷. محاسبهٔ تعادل اثر سناریوهای پیش‌روی مدیریت یکپارچهٔ پسماند شهر مشهد

ردیف	پیشران (توصیف‌گرها)	حالت‌های عدم‌قطعیت‌ها	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۳	سناریوی ٤	سناریوی ٥
۱	آلودگی زیست‌محیطی	L1	-۱۸	-۱٥	۱۸	۱۹	۱۷
		L2	-۱۰	-۸	۱۷	۱٦	۱۷
		L3	۲۰	۱٦	-۱۳	-۱۳	-۱۲
۲	اقتصاد- مالی	E1	-۱۸	-۱٦	۱۹	۱۹	۱۸
		E2	-۱٤	-۱۳	۱۸	۱۸	۱۸
		E3	۱۲	۱٥	-۱٥	-۱٥	-۱۳
۳	هوشمندسازی	H1	-۱٥	-۱۲	۱۷	۱٦	۱۷
		H2	٥	٤	-۳	-۱	-۲
		H3	۱٤	۱۲	-۱۲	-۱۲	-۹
٤	نگرش، سطح توجه و تعامل مسئولان و شهروندان	T1	-۱٥	-۱٤	۱٦	-۱٦	۱٥
		T2	۱٥	۱٤	-۱۱	-۱۰	-۱۲
		T3	۱٥	۱٤	-۱۰	-۱۰	-۹

۵	مشارکت	M1	-۱٤	-۱۱	۱۳	۱۱	۱۳
		M2	۱۳	۱۱	-۷	-۵	-۷
		M3	۱۹	۱۵	-۱٤	-۱۲	-۱۳
٦	بهره‌مندی از تأسیسات و تجهیزات کارآمد	B1	-۱۳	-۱۲	۱٤	۱٤	۱۳
		B2	۸	۷	-٤	-۲	-٤
		B3	۱٦	۱۵	-۱۲	-۱۰	-۱۱
۷	آموزش	A1	-۱٤	-۱۳	۱۲	۱۰	۱۲
		A2	۱۸	۱۸	-۱۱	-۹	-۱۱
		A3	۱۹	۱٦	-۱۸	-۱۵	-۱۹
۸	بهره‌مندی از برنامه‌ریزی راهبردی مناسب	R1	-۱۵	-۱۳	۸	۸	۷
		R2	-۱۷	-۱٦	۸	۸	۷
		R3	۲۰	۱٦	-۹	-۹	-۹
۹	حجم تولید پسماند	N1	-۱۸	-۱٦	۱٦	۱٦	۱۷
		N2	-۱۲	-۱۱	۱۳	۱٤	۱۳
		N3	۱۹	۱۷	-۱٦	-۱۷	-۱۵
۱۰	بهره‌مندی از نیروی انسانی کارآمد	J1	-۱۱	-۹	۱۰	۹	۸
		J2	۹	۸	-٦	-٤	-۵
		J3	۱۳	۱۱	-٦	-٤	-٤

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

با بررسی مقادیر وضعیت‌های پیشران‌ها در هر سناریو، مشخص شد اثرهای تعادل ناسازگار در دورن هر سناریو وجود ندارد. تمامی فرض‌های تدوین‌شده برای سناریوهای پژوهش، سازگار هستند.

سناریوهای محتمل و قوی: براساس تحلیل‌های نرم‌افزار سناریوویزارد، سناریوهای باورکردنی و محتمل شامل سناریوهای قوی هستند. در این مرحله ۵ سناریوی قوی پیش‌روی مدیریت یکپارچهٔ پسماندهای شهر مشهد مورد بازنگری قرار گرفت. جدول شماره ۸ وضعیت‌های محتمل پیشران‌ها را به تفکیک سناریوها نشان می‌دهد.

جدول شماره ۸. وضعیت‌های محتمل پیشران‌ها به تفکیک سناریوهای پژوهش

ردیف	پیشران (توصیفگرها)	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۳	سناریوی ٤	سناریوی ٥
۱	آلودگی زیست‌محیطی	مطلوب	مطلوب	نامطلوب	نامطلوب	نیمه‌مطلوب
۲	اقتصاد– مالی	مطلوب	مطلوب	نامطلوب	نامطلوب	نیمه‌مطلوب
۳	هوشمندسازی	مطلوب	مطلوب	نامطلوب	نامطلوب	نامطلوب
٤	نگرش، سطح توجه و تعامل مسئولان و شهروندان	مطلوب	نیمه‌مطلوب	نامطلوب	نامطلوب	نامطلوب
٥	مشارکت	مطلوب	مطلوب	نامطلوب	نامطلوب	نامطلوب
٦	بهره‌مندی از تأسیسات و تجهیزات کارآمد	مطلوب	مطلوب	نامطلوب	نامطلوب	نامطلوب
۷	آموزش	مطلوب	مطلوب	نامطلوب	نامطلوب	نامطلوب
۸	بهره‌مندی از برنامه‌ریزی راهبردی مناسب	مطلوب	نیمه‌مطلوب	نیمه‌مطلوب	نامطلوب	نیمه‌مطلوب
۹	حجم تولید پسماند	مطلوب	مطلوب	نامطلوب	نامطلوب	نامطلوب
۱۰	بهره‌مندی از نیروی انسانی کارآمد	مطلوب	مطلوب	نامطلوب	نامطلوب	نامطلوب

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

براساس نتایج جدول شماره ۸، از مجموع وضعیت‌های محتمل سناریوهای پیش‌روی مدیریت پسماند شهر مشهد، وضعیت مطلوب ۳۶ درصد، وضعیت نیمه‌مطلوب ۱۲ درصد و وضعیت نامطلوب ۵۲ درصد مشخص شد. نتایج حاکی از آن است که نیمی از حالت‌های محتمل سناریوها در وضعیت نامطلوب قرار دارد. بیش از یک‌سوم سناریوها، در وضعیت مطلوب قرار دارد. وجود وضعیت‌های بحرانی بیشتر در سناریوهای محتمل، تحقق اهداف مدیریت یکپارچهٔ پسماندهای شهر مشهد را با چالش‌های اساسی روبه‌رو، و مدیریت پسماند را ناکارآمد خواهد کرد. در راستای کاهش اثرات منفی ناشی از وقوع سناریوهای بحرانی (نامطلوب)، لزوم برنامه‌ریزی دیده می‌شود؛ البته در این بین، وجود سناریوهای محتمل مطلوب شرایط امیدوارکننده و مطلوبی را نشان می‌دهد. همچنین درنتیجهٔ بررسی‌های سناریوهای محتمل پژوهش، سناریوی اول با کسب ۱۰۰ درصد وضعیت‌های مطلوب، به‌عنوان مطلوب‌ترین سناریو و سناریوی چهارم با کسب ۱۰۰ درصد وضعیت‌های نامطلوب محتمل، به‌عنوان بحرانی‌ترین سناریو (سناریوی نامطلوب) برای مدیریت پسماند شهر مشهد شناخته شد.

از میان سناریوی محتمل در این پژوهش، سناریوی اول و دوم به‌عنوان سناریوی محتمل مطلوب، بدون داشتن وضعیت‌های بحرانی، شرایط امیدوارکننده‌ای برای مدیریت پسماندهای شهر مشهد دارند. اثرگذاری و تأثیرپذیری شاخص‌های کلیدی و وضعیت‌های محتمل این سناریوها، با حکمروای خوب شهری (نظام مدیریت شهری مشهد) در بخش مدیریت پسماند مشهد، منجر به کاهش قابل‌توجهی در آلودگی زیست‌محیطی، افزایش امنیت سلامتی و بهداشت عمومی، ایجاد شهر پاک، به همراه شرایط پایدار اقتصادی و تأمین منابع مالی پایدار و شکل‌گیری سیستم مدیریت یکپارچهٔ پسماندهای جامد خواهد شد. این روند با بهره‌مندی از فناوری و تکنولوژی‌های پیشرفته و ابزار هوشمندسازی، افزایش نسبی مشارکت در کاهش حجم تولید، همکاری در افزایش تفکیک و بازیافت پسماند شکل می‌گیرد. بهره‌مندی از تأسیسات و تجهیزات کارآمد، برنامه‌ریزی راهبردی و بهره‌مندی از نیروی انسانی کارآمد سیستم مدیریت پسماند با افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها، افزایش کیفیت ارائهٔ خدمات، پایداری، انعطاف‌پذیری،

رشد و توسعه همراه خواهد بود. در این فرایند برابر تحلیل‌ها و شاخص‌های پیشران، مسئلهٔ عدم‌هماهنگی و تعامل بین شهروندان و مسئولان از آسیب‌های این سناریو است.

سناریوهای بحرانی (بدترین حالت‌های محتمل) شامل سناریوهای سوم، چهارم و پنجم که احتمال قوی دارند، است. سناریوهای مذکور فاقد وضعیت مطلوب هستند. بیشترین وضعیت‌های محتمل این سناریوها، در وضعیت بحرانی (نامطلوب) قرار دارد. در نتیجه، این گروه، نشان‌دهندهٔ وضعیت بحرانی پیش‌روی مدیریت پسماند است که در صورت وقوع و ادامهٔ روند موجود، مدیریت پسماند شهر مشهد را با چالش‌های اساسی مواجه می‌سازد. در این سناریوها، به‌دنبال افزایش جمعیت شهر مشهد و افزایش تولید پسماند، روند هزینه‌های مدیریت پسماند و آلودگی‌های زیست‌محیطی آن رو به افزایش خواهد بود. افزایش هزینه‌ها، ناپایداری منابع مالی، توان مدیریت شهری در به‌کارگیری تجهیزات و تأسیسات کارآمد، استفاده از نیروی متخصص، بهره‌مندی از تکنولوژی‌های پیشرفته و هوشمند را ناتوان و تضعیف خواهد کرد. ادامهٔ این روند با عدم مشارکت گروه‌های ذی‌نفع، اختلاف زیاد بین مسئولان و شهروندان نسبت‌به هم، شرایط مدیریت پسماند را ناپایدارتر خواهد کرد. نبود برنامه‌های آموزشی مناسب و مستمر، عدم‌برخورداری از برنامه‌های راهبردی، استفاده از برنامه‌های ناقص، تغییرات مداوم مدیریتی و اتلاف هزینه‌ها، اجرای شیوه‌های سنتی و ناکارآمد اجرایی، منجر به افزایش هزینه‌ها، ناپایداری سیستم، کاهش کیفیت خدمات، اتلاف سرمایه و انرژی و عدم رشد سیستم در آینده خواهد بود. با تحلیل فضایی این گروه از سناریوها، تحقق اهداف الگوی مدیریت یکپارچهٔ پسماندها غیرممکن خواهد بود. درنهایت، افزایش تولید پسماند، افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی و افزایش هزینه‌های مدیریت پسماند برای شهر مشهد اتفاق خواهد افتاد.

بحث و نتیجه‌گیری

افزایش حجم تولید پسماند در سال‌های آینده، حاصل رشد جمعیت به‌عنوان شاخص تعیین‌کننده، مدیریت پسماندها را به یکی از مهم‌ترین چالش‌های مدیریت شهری تبدیل خواهد کرد. اغلب کشورها در راستای بهبود شرایط زیست‌محیطی شهرها، حمایت از توسعهٔ اقتصادی و کاهش هزینه‌ها، ارائهٔ خدمات کارآمد مدیریت پسماند، شناسایی روش‌های مختلف بازیافت و استفادهٔ مجدد درجهت حفاظت از منابع باارزش، نسبت‌به اصلاح و بهبود شیوه‌های مختلف مدیریت پسماندها اقدام کرده‌اند. یکی از مناسب‌ترین الگوها، اجرای الگوی مدیریت یکپارچهٔ پسماندهای جامد (ISWM) در راستای کاهش تولید پسماند، بازیافت و استفادهٔ مجدد، کمپوست و تولید انرژی، افزایش میزان مشارکت جامعه، شراکت و فعالیت بخش خصوصی، بهره‌وری بالای تجهیزات و هوشمندسازی، ظرفیت‌سازی، کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی و دفع و دفن حداقلی پسماندها، است که در پژوهش ویلسون و همکاران (۲۰۱۳) این الگو، برای کشورهای درحال‌توسعه به‌عنوان مناسب‌ترین روش مدیریت پسماند، پیشنهاد شده‌است. الگوی مذکور در ایران و شهر مشهد قابلیت اجرایی دارد و می‌تواند اثربخشی بالایی داشته باشد. این پژوهش، با هدف شناسایی الگوی مدیریت یکپارچه، وضعیت مدیریت پسماند شهر مشهد با رویکرد آینده‌نگاری، با بهره‌گیری از الگوی مطالعات آینده‌نگاری میک‌مک و تحلیل اثرات متقاطع، به معرفی ۲۳ شاخص از شاخص‌های مهم اثرگذار پرداخته‌است. با تحلیل و بررسی، ۱۰ شاخص به‌عنوان شاخص‌های کلیدی مشخص شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Scenario Wizard ضمن بررسی، میزان و چگونگی تأثیرگذاری، تبیین وضعیت‌های محتمل سناریوهای احتمالی و مؤثر در وضعیت آیندهٔ مدیریت پسماند شهر مشهد تدوین شد. نتایج پژوهش نشان داد، در

بین شاخص‌های مورد بررسی شاخص جمعیت، به‌عنوان شاخص تعیین‌کننده در تولید پسماند، شاخص آموزش بیشترین تأثیرگذاری، شاخص آلودگی زیست‌محیطی بیشترین تأثیرپذیری، شاخص اقتصاد-مالی و مشارکت هم تأثیرگذاری بیشتر و هم تأثیرپذیری بیشتری را در وضعیت آیندهٔ مدیریت پسماند شهر مشهد از خود نشان دادند. در ادامه با تدوین سناریوهای محتمل، مشخص شد که برای آیندهٔ مدیریت پسماند، ۵ سناریو در حالت سازگاری قوی، با احتمال وقوع بالا، برای شهر مشهد وجود دارد. در سناریوهای مذکور اثرهای تعادلی ناسازگار وجود ندارد و فرض‌های احتمالی تدوین‌شده سازگار هستند. سناریوی اول و دوم به‌عنوان سناریوهای مطلوب و سناریوهای سوم، چهارم و پنجم به‌عنوان سناریوهای بحرانی شناخته شدند. نتایج حاصل از این پژوهش مشخص کرد: تحقق عدم قطعیت‌های نامطلوب در این سناریوها، از درصد بالاتری (۵۲ درصد) نسبت‌به وضعیت‌های مطلوب برخوردار است. این بدان معنی است که احتمال وقوع سناریوهای بحرانی برای مدیریت پسماند شهر مشهد با ادامهٔ روند موجود، از تحقق‌پذیری بالایی برخوردار است؛ بنابراین تحقق سناریوهای مطلوب در راستای اجرای الگوی مدیریت یکپارچهٔ پسماند برای شهر مشهد، یک ضرورت بشمار می‌رود؛ زیرا عدم‌تحقق هرکدام از سناریوها، تحقق الگوی بعدی را به‌دنبال خواهد داشت. در این میان توجه به برخی از توصیف‌گرها که میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بالایی در تحقق سناریوهای مطلوب دارند، یک ضرورت مورد تأکید است. از مهم‌ترین آن‌ها براساس نتایج این پژوهش، در راستای تحقق سناریوهای مطلوب برای آیندهٔ مدیریت پسماند شهر مشهد، به این موارد می‌توان اشاره داشت: توصیف‌گر اقتصادی-مالی که تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بالای آن نسبت‌به سایر توصیف‌گرها، نشان از اهیمت ویژهٔ این شاخص است که در توسعه و پایداری الگوی مدیریت یکپارچه، ایجاد زیرساخت‌ها و تسهیلات برای سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، ایجاد منابع درآمد پایدار و کاهش هزینه‌ها نقشی اساسی دارد، شاخصی که در پژوهش خواجه‌شاهکویی و همکاران (۱۳۹۱) نیز به اهمیت آن در مدیریت پسماند تأکید شده‌است. درمقابل، ناپایداری منابع مالی و شرایط اقتصادی، بیشترین تأثیر را در تغییر اولویت‌های برنامه‌ریزی مدیریت شهری نسبت‌به پسماند خواهد داشت و احتمال وقوع سناریوهای بحرانی را تشدید می‌کند؛ همچنین توصیف‌گر آموزش، در ظرفیت‌سازی و توانمندسازی و آگاهی‌بخشی شهروندان، در تحقق برنامه‌های مدیریت پسماند؛ افزایش مشارکت و پایداربودن سیستم بسیار اهمیت دارد و این موضوع نیز با یافته‌های کهنسال و همکاران (۱۳۹۴) در نقش آگاهی و مشارکت در مدیریت پسماند هم‌پوشانی دارد و در تحقق سناریوی مطلوب، نقش مشارکت عمومی، در پایداری، انسجام و هماهنگی همهٔ ذی‌نفعان، کاهش میزان تولید پسماند و تحقق اهداف برنامه‌های راهبردی اثربخش است وشاخص سطح توجه مسئولان و شهروندان، حساسیت و آگاهی زیست‌محیطی آن‌ها، در رعایت، تغییر الگوی مصرف، تدوین برنامه‌های راهبردی، تخصیص اعتبار، همکاری و هماهنگی بین اعضای الگوی مدیریت یکپارچه، تأثیرگذار است و شاخص بهره‌مندی از برنامه‌ریزی راهبردی مناسب که در پژوهش رهنما و کاظمی (۱۳۹۱) نیز بدان تأکید شده‌است. به‌عنوان شاخصی که با اهداف واقعی تعیین شده، در افزایش بهره‌وری سیستم الگوی مدیریت یکپارچه، جلوگیری از اتلاف سرمایه و زمان، افزایش کیفیت خدمات، پایداری سیستم، انعطاف‌پذیری سیستم در شرایط مختلف در تحقق سناریوی مطلوب، نشان داد که از اثربخشی بالایی برخوردار است.

برهمین‌اساس و با توجه به اهمیت روزافزون مسئلهٔ پسماندها، به‌منظور کاهش اثرات زیست‌محیطی آن‌ها و همچنین ضرورت کاهش هزینه‌های مدیریت پسماند شهر مشهد، به‌طورکلی پیشنهادهایی به شرح ذیل ارائه می‌شود:

زمینه‌سازی و آماده‌سازی زیرساخت‌های لازم در راستای توسعهٔ مشارکت عمومی، فرهنگ‌سازی، اصلاح الگوی مصرف، افزایش مشارکت شهروندان با ارائهٔ برنامه‌های آموزش مناسب و مستمر برای همهٔ شهروندان، بهره‌گیری از شیوه‌های نوین و تجهیزات پیشرفته با استفاده از تکنولوژی هوشمندسازی، پایداری منابع مالی و برخورداری از برنامه‌ریزی راهبردی مناسب؛ حمایت و تقویت فعالیت‌های گروه‌های مردم‌نهاد، تشویق و حمایت سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و ایجاد سیستم یکپارچهٔ مدیریتی بین همهٔ ذی‌نفعان در موضوع پسماند، پیشنهاد می‌شود.

منابع

آراسته، مژگان؛ باغبان، امیر؛ باغبان، سجاده. (۱۳۹۹). شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری شهری با رویکرد آینده‌نگاری. نشریهٔ علمی-پژوهشی برنامه‌ریزی توسعهٔ کالبدی، دانشگاه پیام نور، دورهٔ دوم، شمارهٔ ۱۸، صص ۶۳-۷۸.

https://psp.journals.pnu.ac.ir/article_7007_124f894a2805b1c6717d5385c6ece85e.pdf

احمدی، ژیلا؛ چلاوی، سپیده. (۱۳۹۸). تحلیل بر تأثیر سرمایهٔ اجتماعی در مدیریت پسماند. دومین همایش بین‌المللی دانشگاه سبز. دانشگاه اصفهان.

https://conf.ui.ac.ir/fa/article.php?lrId=11&cnfId=10

احمدی، نسیبه. (۱۳۸۸). معرفی و نقد روش دلفی، مجلهٔ علوم اجتماعی، خانه کتاب ایران، شمارهٔ ۲۲، صص ۱۰۸-۱۰۰ .

. http://ensani.ir/fa/article

تیشه‌یار، ماندانا. (۱۳۹۰). آینده‌پژوهی در مطالعات استراتژیک. تهران: پژوهشکده مطالعات راهبردی.

حسینی، سید مصطفی؛ رهنما، محمدرحیم؛ شکوهی، محمد اجزا؛ خوارزمی، امیدعلی. (۱۳۹۸). تبیین سناریوهای دستیابی به شهر سبز در کلان‌شهر مشهد، با رویکرد آینده‌پژوهی. مجلهٔ آمایش جغرافیایی فضا، دانشگاه گلستان، دورهٔ نهم، شمارهٔ ۳۴، صص ۱۷-۳۶.

https://civilica.com/doc/1029572

خوارزمی، امیدعلی، ولی پورارمی، معصومه. (۱۳۹۲). مدیریت جامع پسماندهای شهری با اولویت تفکیک از مبدأ بر مبنای تفکر سیستمی، مطالعهٔ موردی: شهرستان ساری، پنجمین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت شهری. دانشگاه فردوسی مشهد.

https://www.sid.ir/Fa/Seminar/ViewPaper.aspx?ID=29081

دادرس، بیژن؛ رئیسی، سهراب. (۱۳۹۸). مدل‌سازی مدیریت پسماند با تأکید بر بازیافت زباله‌های شهری (مورد مطالعه: شهرکرد). فصلنامهٔ پژوهش‌های مکانی فضایی، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی اصفهان، دورهٔ سوم، شمارهٔ ۲، صص ۷۹-۱۰۲.

https://www.magiran.com/magazine/2664

داودیان، جواد؛ کیوانلو شهرستانکی، عقیل؛ خان محمدی، علی؛ رضایی، محمدرضا. (۱۳۹۳). ارزیابی استراتژی مدیریت پسماندهای شهری مشهد به روش SWOT . اولین کنگرهٔ تخصصی مدیریت شهری و شوراهای شهر. ساری. مرکز همایش‌های توسعهٔ ایران.

https://civilica.com/doc/271471/

رشید ارده، حبیب‌اله؛ خزایی، سعید. (۱۳۹۵). شناسایی عوامل مؤثر راهبردی بر آیندهٔ صنعت بانکداری. فصلنامهٔ فرایند مدیریت و توسعه، موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه ریزی، دورهٔ بیست‌وششم، شمارهٔ ۳، صص ۷۱-۱۰۴.

http://jmdp.ir/browse.php?a_id=2395&sid=1&slc_lang=fa

رفیعی، رضا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ خراسانی، نعمت‌اله. (۱۳۸۸). ارزیابی محیط‌زیست چرخهٔ حیات سامانهٔ مدیریت پسماند شهری مطالعهٔ موردی: شهر مشهد. مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، شمارهٔ ۱۶، صص ۲۲۰-۲۰۸.

https://www.sid.ir/paper/9110/fa#downloadbottom

رفیعی، هادی؛ شاهنوشی، ناصر؛ رهنما، محمدرحیم. (۱۳۹۲). بررسی و رتبه‌بندی مناطق شهری از نظر مشارکت شهروندان در تفکیک از مبدأ زباله با استفاده از برنامه‌ریزی چندمعیاره: مطالعهٔ موردی شهر مشهد. فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، محمدحسین پاپلی یزدی، دورهٔ دوم، شمارهٔ ۱۰۹، صص ۱۹۵-۲۱۳.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=234410

رهنما، محمدرحیم؛ کاظمی، خلیل‌الله. (۱۳۹۱). بازنگری راهبردی حوزهٔ خدمات شهری مدیریت محلی ایران با تأکید بر پسماند شهری، مطالعهٔ موردی: شهر مشهد. مدیریت شهری، سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور، شمارهٔ ۳۰، صص ۳۱۹-۳۰۷.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=188727

رهنما، محمدرحیم؛ معروفی، ایوب. (۱۳۹۴). سناریونگاری در مطالعات شهری و منطقه‌ای (مفاهیم، روش‌ها و تجارب)، چاپ اول، مرکز پژوهش‌های شورای اسلامی شهر مشهد.

زالی، نادر؛ پورسهراب، آناهید. (۱۳۹۶). آینده‌نگاری توسعهٔ منطقه‌ای با رویکرد تلفیقی سناریونویسی و مدل تحلیلی SWOT مطالعهٔ موردی: استان گیلان. برنامه‌ریزی و آمایش فضا. دانشگاه تربیت مدرس، دورهٔ بیست‌ویکم، شمارهٔ ۳، صص ۱۸۹-۲۲۰.

http://ensani.ir/fa/article/377545

سپهر، عادل؛ بیگلر، مصطفی؛ صفرآبادی،اعظم. (۱۳۹۳). اولویت‌بندی مکان‌های مستعد دفن پسماند شهر مشهد با تأکید بر شاخص‌های ژئومورفیک. جغرافیا و توسعه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، شمارهٔ ۳۴، صص ۱۵۲-۱۳۹.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=211496

شاهکوهی، خواجه؛ خوش‌فر، غلامرضا؛ نگاری، اعظم. (۱۳۹۴). بررسی میزان مشارکت شهروندان در مدیریت پسماند خانگی موردشناسی: شهر مشهد. جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای، دانشگاه سیستان وبلوچستان، دورهٔ پنجم، شمارهٔ ۱۵، صص ۲۱۵-۲۳۲.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=254878

شهرداری مشهد. (۱۳۹۸). گزارش سالانهٔ سازمان مدیریت پسماند مشهد.

https://wmo.mashhad.ir.

صابری‌فر، رستم؛ شکرگزارعباسی، علی. (۱۳۹۸). ارزیابی فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی تولید برق از زباله‌های جامد شهری: مطالعهٔ موردی مشهد. فصلنامهٔ پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، وزارت نیرو، دورهٔ پنجم، شمارهٔ ۱، صص ۱۶۹-۱۹۵.

https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=541849

فرزادکیا، مهدی؛ قاسمی، لیلا؛ الهآبادی، احمد؛ رستگار، ایوب. (۱۳۹۱). بررسی میزان پسماندهای جامد تولیدشدهٔ شهر مشهد در سال ۱۳۹۱. مجلهٔ دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دورهٔ ششم، شمارهٔ ۲۳، صص ۸۸۸-۸۹۵.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=269508

کهنسال، محمدرضا؛ زارع، علی‌فیروز، برادران، محمدمهدی. (۱۳۹۴). داده‌کاوی و تحلیل رفتار شهروندان در تفکیک زباله از مبدأ بهره‌گیری از الگوریتم C4.5 درخت تصمیم، مطالعهٔ موردی شهر مشهد. مجلهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، دانشگاه فردوسی مشهد، دورهٔ بیست‌وچهارم، شمارهٔ ۱۳، صص ۱۳۳-۱۵۵.

https://jgrd.um.ac.ir/article_31239.html

منزوی، مسعود. (۱۳۹۱). سناریوها: هنر گفت‌وگوی راهبردی، اثری ای: کیس فندرهیدن. چاپ اول، تهران: انتشارات مؤسسهٔ آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، مرکز آینده‌پژوهی علوم و فناوری دفاعی.

Bartholomew,K.(2005).Integrating Land Use Issues into Transportation Planning:Scenario Planning: University of Utah, College of Architecture & Planning.

https://collections.lib.utah.edu/ark:/87278/s6qv44kf

Garnett, K., Cooper, T., Longhurst, P., Jude, S., & Tyrrel, S. (2017). A conceptual framework for negotiating public involvement in municipal waste management decision-making in the UK. Waste Management, 66, 210-221.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X17302519

Greene, K. L., & Tonjes, D. J. (2014). Quantitative assessments of municipal waste management systems: Using different indicators to compare and rank programs in New York State. Waste Management, 34(4), 825-836. https://www.researchgate.net/publication/259917066_Quantitative_assessments_of_municipal_waste_management_systems_Using_different_indicators_to_compare_and_rank_programs_in_New_York_State

Grzesik, K. (2018). The environmental impact of municipal waste management systems. In E3S Web of Conferences (Vol.45, 00020).p8.

https://www.academia.edu/52579756/The_environmental_impact_of_municipal_waste_management_systems

Jouhara, H., Czajczyńska, D., Ghazal, H., Krzyżyńska, R., Anguilano, L., Reynolds, A. J., & Spencer, N. (2017). Municipal waste management systems for domestic use. Energy, 139, 485-506.

https://www.researchgate.net/publication/318782741_Municipal_waste_management_systems_for_domestic_use

Mahajan, S. A., Kokane, A., Shewale, A., Shinde, M., & Ingale, S. (2017). Smart waste management system using IoT. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, 4(4), 237122.

https://ijaers.com/uploads/issue_files/12%20IJAERS-APR-2017-35-Smart%20Waste%20Management%20System%20using%20IoT.pdf

Mamadzhanov, R., Zakirova, Y., & Umarov, M. (2020, April). Municipal Waste Management in Towns of Switzerland: a Foreign Ecologist's View. In E3S Web of Conferences (Vol. 169, p. 02010).

https://www.mdpi.com/journal/sustainability

Mesjasz-Lech, A. (2014). Municipal waste management in context of sustainable urban development. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 151, 244-256.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814054652

Morrissey, A. J., & Browne, J. (2004). Waste management models and their application to sustainable waste management. Waste management, 24(3), 297-308.

https://www.researchgate.net/publication/5391371

Mwangi, M. W., & Thuo, A. D. M. (2014). Towards conceptual and theoretical foundation for identifying problems, challenges and mechanisms for municipal waste management in developing countries. International Journal of Innovation and Scientific Research ISSN 2351-8014 Vol. 2 No. 2 Jun. 2014, pp. 230-251.

https://www.academia.edu/30959234/

Perrot, J. F., & Subiantoro, A. (2018). Municipal waste management strategy review and waste-to-energy potentials in New Zealand. Sustainability, 10(9), 3114.

https://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3114

Plastinina, I., Teslyuk, L., Dukmasova, N., & Pikalova, E. (2019). Implementation of circular economy principles in regional solid municipal waste management: The case of Sverdlovskaya Oblast (Russian Federation). Resources, 8(2), 90.

https://www.mdpi.com/2079-9276/8/2/90

Pomberger, R., Sarc, R., & Lorber, K. E. (2017). Dynamic visualisation of municipal waste management performance in the EU using Ternary Diagram method. Waste management, 61, 558-571.

https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28161336/

Salau, O., Osho, S., Sen, L., Osho, G., & Salau, M. (2017). Urban Sustainability and the Economic Impact of Implementing a Structured Waste Management System: A Comparative Analysis of Municipal Waste Management Practices Developing Countries. waste management, 4(1).

https://www.macrothink.org/journal/index.php/ijrd/article/view/10005

Sefouhi, L., Kalla, M., & Bahmed, L. (2014). Assessment of different methods of treatment for an integrated municipal waste management for an Algerian city. Management of Environmental Quality: An international Journal.

https://www.researchgate.net/figure/Integrated-solid-waste-management-model-for-Batna_fig1_263287234

Tanatanee,S.,& Hantrakul,S.(2019).Municipal Waste Management Challenge of Urbanization: Lesson Learned from FROM PHITSANULOK, THAILAND. Geographia Technica, 14. pp 39to 46.

https://www.semanticscholar.org/paper/Municipal-Waste-Management-Challenge-of-Lesson-From-Tantanee-Hantrakul/9c8a09d29adda9cda6ef4c50b33a95414c6d27dc

Wilson, D. C., Velis, C. A., & Rodic, L. (2013, May). Integrated sustainable waste management in developing countries. In Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management (Vol. 166, No. 2, pp. 52-68). ICE Publishing.

https://www.researchgate.net/publication/237076750_Integrated_sustainable_waste_management_in_developing_countries