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

Investigating the Role of Using Gray Wastewater on the Civil Development of City Garden Karizland project in Yazd

Issa Ibrahimzadeh[1], Behnam Motavaseli [2]✉

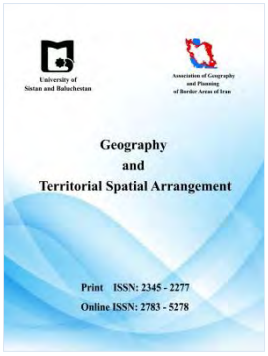
1. Professor, Department of Human Geography - Urban Planning, Faculty of Geography and Urban-Regional Planning, University of Sistan and Baluchistan, Zahedan, Iran.
E-mail: iazh@gep.usb.ir
2. PhD student, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography and Environmental Planning, University of Sistan and Baluchistan, Zahedan, Iran.
✉ E-mail: motavaseli.behnam@gmail.com

How to Cite: Ibrahimzadeh, I & Motavaseli, B. (2023). Investigating the Role of Using Gray Wastewater on the Civil Development of City Garden Karizland project in Yazd. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 13 (48), 93-100.

DOI: http://dx.doi.org/ 10.22111/GAIJ.2023.45289.3107

Article type:
Research Article

Received:
13/04/2023
Received in revised form:
06/05/2023
Accepted:
03/09/2023
Publisher online:
10/09/2023



Keywords:
Gray wastewater, sustainable environmental development, urban green space, fuzzy linear BWM model.

ABSTRACT

The development of all construction activities depends on water consumption, and according to the existing limitations and challenges, providing sustainable water resources with proper management and according to the principles of sustainable development can greatly help the progress of construction projects. Therefore, reuse of waste water, especially gray water, is a suitable option for proper quality. Therefore, in this research, the role and effects of using gray wastewater on the civil development of City garden project of Yazd have been investigated. This research has been applied from the point of view of objective and with an experimental and survey approach. The collection of research information has been done with documentary and field methods and with questionnaire tools. The community of this research is the project agents and also the experts and the sample size was considered to be 100 people. Multi-criteria decision-making method and fuzzy linear BWM model were used for data analysis. The results showed that in the road and transportation sector, the sub-criterion of building boulevards and shelters with a final weight of 0.179, in the construction and space-building sector, the sub-criterion of building residential buildings with a final weight of 0.1965, and in the environment and tourism sector, the sub-criterion of building tourist attractions with a final rating of 0.2431 is the highest. The effects of gray sewage have been taken in the direction of construction and civil development in City garden Karizland, Yazd. Therefore, taking into account that half of the urban wastewater produced in the houses turns into gray water, gray water recycling with proper management and according to sustainable development can greatly contribute to the development of City garden.

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

Extended Abstract

Introduction

In the countries and cities that are located in the arid and semi-arid belt of the world and are faced with qualitative and quantitative limitations of water resources, including due to high evaporation and transpiration, low rainfall and increasing demand for water for irrigation and tourism, etc. the most important challenge for construction activities and city development projects is to provide sustainable water resources. Therefore, new approaches such as integrated management of water resources have been considered as a solution to provide water resources to create urban gardens. This approach is the result of a broader look at the available options for water resources management, such as seawater, underground brackish water, fossil water and gray wastewater. The reuse of gray water is a desirable option due to the limited water resources available on the surface of the earth, and it can meet the demand for reduce water resources and provide an additional source of water. Gray water is usually referred to as the wastewater produced from the bathroom, laundry and kitchen, except for toilet waste. According to statistics, it constitutes about 50% to 80% of domestic wastewater, so it is one of The ways of supplying water needed in the city garden projects and infrastructure construction and equipping is the use of gray wastewater, considering that half of the urban wastewater produced in houses turns into gray water, gray water recycling with proper management and according to sustainable development can It will help the construction progress of City Garden. In the 6th development plan, the use of waste collection and filtration systems, recycling and the use of waste water with a quality commensurate with the type of consumption in the projects have been considered. One of the most important projects to create a garden on a national scale that uses gray water and sewage is the Karizland Garden Project (Qanat Land) with an area of 1,200 hectares in the belt between Yazd and Taft, which is connected to the three cities of Ashkazar, Taft and Yazd. This project has been implemented in three phases, in which the first and second phases are the villa garden and the third phase is the cultural campus. For the construction and development of this project, the sewage of Yazd city and especially the gray sewage is used.

Study Area

City Garden Karizland project (land of Qanat) with an area of 1,200 hectares in km 5, is a belt from Yazd to Taft, which is connected with the three cities of Ashkazar, Taft and Yazd. The water needed for this complex is supplied from the effluent and gray wastewater of Yazd Refinery. The creation and construction of this project is being formed as a partnership by Yazd City Municipality and Kausar Institute (private sector). This project has been implemented in three phases, in which the first and second phases are the villa garden and the third phase is the cultural campus. In addition to the use of house and garden, it includes buildings such as service and welfare campus and temporary accommodation, entertainment and shopping center, administrative units, business, research department and science and technology park, sports complex, cultural department, as well as IT town, textile cluster. for you.

Material and Methods

This research is from the point of view of the practical purpose, which is used to collect information in this research by documentary and field method, the most important tool is the "researcher construction" questionnaire to determine the reliability and validity of the questionnaire, in this research, the content validity method was used. To determine the validity by studying the relevant sources, the initial draft of the questionnaire was prepared and reviewed by several professors and experts, as a result of which some points were suggested for correction, and after applying the desired corrections, the final questionnaire was compiled. The reliability of the questionnaire was also calculated with the help of SPSS "Cronbach's Alpha" software, and the number of 0.986 was obtained for all the questionnaires, which should be above 0.700 for the reliability of the questionnaire to be accepted. The community of this research is the agents involved in the project as well as experts familiar with the studied environment. For data analysis, multi-criteria decision-making method and fuzzy BWM linear model (best and worst criteria) were used with Lingo 17 and Excel software.

Result and Discussion

The road and transportation sub-criteria of City Garden Karizland, which were created and developed using gray sewage, were ranked. The results showed that the sub-criterion of the construction of boulevards and shelters with a final weight of 0.179 took the highest value and took the first place. And the installation of table stones and tabulation with a final weight of 0.1026 is in the second place, the sub-criterion of constructing footpaths and sidewalks with a final weight of 0.1004 is in the third place, and the sub-criterion of covering

roads with a final weight of 0.0936 is in the fourth place. Also, the sub-criterion of building health paths with a final weight of 0.0627 ranks last. The sub-criteria of the construction and spatial development of Karizland Garden, which were created and developed using gray wastewater, were ranked. The results showed that the sub-criteria of construction of residential buildings with a final weight of 0.1965 was assigned the highest value and ranked first, the construction of recreational buildings. With a final weight of 0.956 in the second place, the construction of infrastructure buildings with a final weight of 0.952 is in the third place, and the construction of office buildings is in the fourth place with a final weight of 0.0948. Also, under the criterion of construction of educational buildings with a final weight of 0.0644, it ranks last. The environmental and tourism sub-criteria of City Garden Karizland which have been created and developed using gray sewage have been rated. The results showed that the sub-criteria of building a tourist attraction with a final rating of 0.2431 has the highest value, and the sub-criteria of building sewage collection channels has a final weight of 0.1249. In the second place, the construction of a natural garden with a final weight of 0.1163 is in the third place, and the construction of a green roof is in the fourth place with a final weight of 0.1117. It is also in the last place under the criteria of making a green belt with a final weight of 0.0792.

Conclusion

Data analysis has been done by the fuzzy BWM linear model. The results in all 10 road and transportation sub-criteria showed that the construction development of the road and transportation sub-criteria that depended heavily on water for construction and development had a good realization, while challenges such as the hot and dry climate of Yazd city and resource limitations The available water has been in front of this project. The results of this part of the research are the same and in the same direction as the results of the research, Dehghan Bahadi and Amanian, 2017. The effect of gray wastewater as a source of water supply in the 10 sub-criteria of space construction and building construction has also been noteworthy and a way forward. In this part of the project, gray wastewater has been used as an element for the preparation of shafts, mortar, concrete processing and concreting, construction derivatives, material production processes in the stiffening and joinery sector, etc., and it has created spaces with different uses It is different in the studied area. The findings of this part of the research with the research of Amini and Bahmani Chahestani, 2018; Shabani Eqta and Tizghad Ghazani, 2014 and Abdullah et al., 2020 are consistent and confirm their findings. The sub-criteria in the environmental and tourism criteria, which are 8, have also accepted a significant impact of gray wastewater in the direction of their development and construction, in such a way that the creation, development and maintenance of uses with a green nature requires a lot of suitable and quality water, which can meet water needs at the right time and place. Due to the good quality of gray wastewater compared to other wastewaters, the per capita green space of Karizland project is provided without any problems. This important, on the one hand, has improved the facade and landscape and softened the air of Baghshahr, and on the other hand, it has filled the distance between the buildings and controlled the building density in Baghshahr of Karizland and reduced the building density. The results of this part of the research can be similar to the research of Azizi et al., 2015; Martina et al., 2017 and Josh et al., 2020 and they complement each other in a way.

Key words: Gray wastewater, sustainable environmental development, urban green space, fuzzy linear BWM model.

References

Abbas M. Hassan and Hyowon Lee (2014) The paradox of the sustainable city: deifnitions and examples,. Environment, Development and Sustainability volume 17, pages1267–1285, DOI 10.1007/s10668-014-9604-z.

https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-014-9604-z

Abdallah., Sh. b, Mohamad, A Kh., Ahmed, M., Mohamed, A., Ala, E I., Abdullah, Y., b, c, Tarek, M., b, Mohsin, S., b, Rami, Al-R., b, Monzur, A I., Noora, D, Mayyada A, B, Ghada., S. (2020), Greywater reuse experience in Sharjah, United Arab Emirates: feasibility, challenges and opportunities, Desalination and Water Treatment, volume 179, p211–222.

doi: 10.5004/dwt.2020.25048.

https://repository.usfca.edu/cgi/viewcontent.cgi

Alisa, K., Sandra, T. (2018) Urban Gardening as a Multifunctional Tool to Increase Social Sustainability in the City, Architecture and Urban Planning, Volume 14: Issue 1, 91-95. doi: 10.2478/aup-2018-0012.

https://www.researchgate.net/publication/330928751

Amini, Mehshad and Bahmani Chahestani, Amir (2018), Decentralized treatment design for reuse of gray wastewater in residential buildings to save water consumption, Second National Conference on Civil Engineering and Architecture in 21st Century Urban Management, Tabriz. *(in Persian)*

https://civilica.com/doc/934157/

Amira mersal (2017), challenge and opportunities in transferring a city in to green city, procedia environmental sciences, volume 37, 1, p 23-33.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029617300105

Anacleto, R., Fabio, M. (2020), A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental beneifts Science of The Total Environment. Volume 711, 1-26.

https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134731

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719347229

Andreea., Maria, T. (2020), Urbanization and cities of the future, International Journal for Innovation Education and Research, Vo: -8 No-03, 2020, p 235-345.

https://www.researchgate.net/

Angela Heymans, Jessica Breadsell, Gregory M. Morrison, Joshua J. Byrne and Christine Eon (2019), Ecological Urban Planning and Design: A Systematic Literature Review, Sustainability 2019, 11, p1-20.

doi:10.3390/su11133723.

www.mdpi.com/journal/sustainability

Aziz, T., Addelkader, Ch., Driss, B., Khadija, O., Imane, T. (2019), Recycling gray water after treatment to irrigate green spaces in smart city, SCA '19: Proceedings of the 4th International Conference on Smart City Applications October 2019 Article No.: 7 Pages 1–4.

https://doi.org/10.1145/3368756.3368973.

https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3368756.3368973

Azizi, Mohammad and Bani Taba, Seyyed Shahabuddin and Ghafarzadeh, Mohammad Javad (2015), gray wastewater treatment with aeration method to provide water needed for green spaces, study, design and implementation: Kashan University, Iran Congress of Water and Wastewater Engineering, Tehran. *(in Persian)*

https://civilica.com/doc/600336/

Boano, A. Caruso, E. Costamagna, L. Ridolfi, S. Fiore, F. Demichelis, A. Galvão, J.Pisoeiro, A. Rizzo, F. Masi (2019), A review of nature-based solutions for greywater treatment: applications, hydraulic design, and environmental benefits, Science of the Total Environment doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134731.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719347229

Brenda, B.L., Monika, H., Egerer, H., Liere, Sh., Stacy, M. P (2018), Soil management is key to maintaining soil moisture in urban gardens facing changing climatic conditions, Scientific REPORTS, 8: p 1-9, DOI:10.1038/s41598-018-35731-7.

www.nature.com/scientificreports

Bruno., N. (2018) Residential Landscapes Garden design, urban planning and social formation in Belgium, Urban Forestry & Urban Greening, Volume 30, Pages 220-238.

https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.02.013.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866716304137

Chengzhong, M., Jifeng, D., Xiaojing, Zh., Yingchun., Zh. (2018), Theory and practice of ecological city construction, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 186 (2018) 012058. doi :10.1088/1755-1315/186/3/012058.

https://www.researchgate.net/publication/328236152_Theory_and_practice_of_ecological_city_construction

Christine Haaland,Cecil Konijnendijk Van den Bosch (2015), Challenges And strategies for urban green-space planning in cities undergoing densiifcation: A review, Urban forestry and urban greeni□g, Volume 14, Issue 4, P 760-771.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S161886671500

Colby J Tanner, Frederick R Adler, Nancy B Grimm, Peter M Groffman, Simon A Levin, Jason Munshi-South, Diane E Pataki, Mitchell Pavao-Zuckerman, and William G Wilson (2014) Urban ecology: advancing science and society, Volume12, Issue10, P 574-581.

https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/140019

Dehghan Bahabadi, Zohra and Amanian, Nusrat Elah, (2017), Sanitization and reuse of gray wastewater, methods and challenges, 7th National Conference on Water Resources Management of Iran, Yazd. *(in Persian)*

https://civilica.com/doc/845657/

Dinko, Đ., Maja, T., Ivona., H. (2020), Sewage Sludge Thermal Treatment Technology Selection by Utilizing the Analytical Hierarchy Process, Water 2020, Volume 12, Issue 5, p 1-16; doi:10.3390/w12051255.

https://www.mdpi.com/2073-4441/12/5/1255

Dragica, G., Marija, B., Bojan, Đ., Dejan, F., (2019), The Origin and Development of Garden Cities, An Overview, UDC, 711.417.2, 18/19, p 33-43. doi:10.5937/zrgfub1901033G.

https://www.researchgate.net/publication/334609864

Eleanor C Stokes and Karen C Seto (2019), Characterizing and measuring urban landscapes for sustainability, Environ. Res. Lett. 14, p1-15.

https://doi.org/10.1088/1748-9326/aafab8.

https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aafab8

Evan, W., Xiaohua, X. (2017) Optimal energy-water management in urban residential buildings through grey water recycling, Sustainable Cities and Society, Volume 32, July 2017, P 654-668.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670716305844

Franz, M.r, Wolfgang. M., Franz, P., Franz, F., Reinthaler, G., E. Zarfel, Clemens, K. (2017) Impact of Combined Sewer Overflow on Wastewater Treatment and Microbiological Quality of Rivers for Recreation. Water, 9, p 1-10; doi:10.3390/w9110906.

https://www.researchgate.net/publication/321672028

Fulvio, B., Alice, C., Elisa, C., Luca R., Silvia, F., Francesca, D., Ana, G., Joana, P., (2020), A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits, Science of The Total Environment V, 711, p 1-26.

https://www.mdpi.com/2073-4441/12/8/2310

Gabriele Cepeliauskaite and Zaneta Stasiskiene (2020), The Framework of the Principles of Sustainable Urban Ecosystems Development and Functioning, Journals Sustainability Volume 12, Issue 2.

https://doi.org/10.3390/su12020720. https://www.mdpi.com/2071-1050/12/2/720

Gokul, AK. R, Rajalakshmi, N.R., Saranya.P, Vidhya.P, Latha.B (2018), Active utilization of grey water in residential buildings using IOT, International Creative Research Thoughts (IJCRT) Volume 6, Issue 2, p131-138.

http://www.ijcrt.org/papers/IJCRT1892685

Golda, A., Edwin, P., Nandhivarman., M. (2014), Characterization of domestic gray water from point source to determine the potential for urban residential reuse: a short review, Appl Water Sci (2014) 4:39–49, DOI 10.1007/s13201-013-0128-8.

https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-013-0128-8

Howe C.A., K. Vairavamoorthy and van der Steen N. P. (2012) Sustainable Water Management in the City of the Future, the SWITCH Project 2006-2011.

www.switchurbanwater.eu

Hyde, M.J. Smith and K. Adeyeye (2017), Developments in the quality of treated greywater supplies for buildings, and associated user perception and acceptance, International Low-Carbon Technologies 2017, 12, 136–140. doi:10.1093/ijlct/ctw006.

https://academic.oup.com/ijlct/article/12/2/136/2527616

Josh, B., Stewart, D., Martin, A., Goen, H. (2020) Quantifying the Benefits of Residential Greywater Reuse, Journals Water , 12 (8), p 1-13.

https://doi.org/10.3390/w12082310

https://www.mdpi.com/2073-4441/12/8/2310

Junxue, Z., Lin., M. (2020) Environmental Sustainability Assessment of a New Sewage Treatment Plant in China Based on Infrastructure Construction and Operation Phases Emergy Analysis, Water 2020, 12, p 1-23; doi:10.3390/w12020484.

https://www.researchgate.net/publication/339191882

Kabiri, Maziar and Dosti, Mohammadreza (2018), review of gray wastewater reuse situation in developed and developing countries, National Symposium on Belde Ferdous Aqueduct, Birjand. *(in Persian)*

https://civilica.com/doc/1015402/

Maja Vujcica, Jelena Tomicevic-Dubljevica, Ivana Zivojinovicb, Oliver Toskovicc (2019) Connection between urban green areas and visitors' physical and mental well-being, Urban Forestry & Urban Greening, Volume 40,, P. 299-307.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866717304703

Martina, R., Daniela, K., Zuzana, V. (2017), Green Walls as an Approach in Grey Water Treatment, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 245 (2017) 072049 doi:10.1088/1757-899X/245/7/072049.

https://www.researchgate.net/publication/320861110_Green_Walls_as_an_Approach_in_Grey_Water_Treatment

Natalie, M., Mark, N. (2020), Changing the urban design of cities for health: The superblock model, Environment International, Volume 134, January 2020, 105132.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412019315223

Nicolas, V. Anne, C. (2017) Garden Cities of the 21st Century: A Sustainable Path to Suburban Reform, Urban Planning, Volume 2, Issue 4, Pages 45–60. DOI: 10.17645/up. v2i4.110.

https://www.researchgate.net/publication/322140094

Patrizia, C., Michele, N., Roberto, F. (2016), in buildings: a mini-review of guidelines, technologies and case studies, Journal Civil Engineering and Environmental Systems Volume 33,Issue 1, P, 35-54.

Salehi Sedekiani and Ebrahimi Iraj (2019) Advanced statistical analysis (for students of management, accounting and economics) Hestan Publications, first edition. *(in Persian)*

Santiago, P O. (2019) Private Preservation: Using Garden City-Inspired Legal Tools to Preserve Communities and Heritage, Theses (Historic Preservation). 669.

https://repository.upenn.edu/hp_theses/669

Shabani Eqta, Rasul and Tizgadham Ghazani, Mostafa (2014), Feasibility of Gray Wastewater Separation in Buildings and Its Reuse, International Conference on Environment and Natural Resources, Shiraz. *(in Persian)*

https://civilica.com/doc/551118/

Shashi, K., Fouad, H., Jaber, R. K. (2018) Evaluation of a portable in-house greywater treatment system for potential water-reuse in urban areas JournalUrban Water Journal Volume 15, 2018 - Issue 4, P 309-315.

https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1573062X.2018.1457165

Shuai, Y. (2017) The Development Trend of Modern Garden City and the Characteristic Town Construction, International Conference on Sports, Arts, Education and Management Engineering (SAEME 2017), Advances in Social Science, Education and Humanities Research, volume 105, p 515-518.

https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1573062X.2018.1457165?scroll=top&needAccess=true

Simon Elias Bibri (2020), The eco-city and its core environmental dimension of sustainability: green energy technologies and their integration with data-driven smart solutions, Bibri Energy Informatics 3:4, p 1-26.

https://doi.org/10.1186/s42162-020-00107-7.

https://energyinformatics.springeropen.com/articles/10.1186/s42162-020-00107-7

Simon Elias Bibri and John Krogstie (2020) Smart Eco-City Strategies and Solutions for Sustainability: The Cases of Royal Seaport, Stockholm, and Western Harbor, Malmö, Sweden, Urban Sci. 2020, 4, 11; doi:10.3390/urbansci4010011.

www.mdpi.com/journal/urbansci

Simone., M P. Rudy., R. (2020) Attitude and Actual Behaviour towards Water-Related Green Infrastructures and Sustainable Drainage Systems in Four North-Western Mediterranean Regions of Italy and France, Water 2020, 12(5), 1474; https://doi.org/10.3390/w12051474.

https://www.mdpi.com/2073-4441/12/5/1474

Soltani Abolfazl and Mehboob Seyed Nasser Seidi (2017), examining the pattern of urban development of Bagshahr Islamia as a superior model and comparing it with Howard's Bagshahr theory, specialized scientific quarterly of green architecture, fourth year, number eleven, pages 59-68. *(in Persian)*

http://ensani.ir/file/download/article/1539431957-10121-11-5

Stephan., H. (2017), From the Garden City to the Smart City, Urban Planning 2017, Volume 2, Issue 3, P, 1–4, DOI: 10.17645/up. v2i3.1072.

https://www.cogitatiopress.com/urbanplanning/article/view/1072

Steward T. A. Pickett, Mary L. Cadenasso, Daniel L. Childers, Mark J. McDonnell, and Weiqi Zhou (2016) Evolution and future of urban ecological science: ecology in, of, and for the city, Volume2, Issue7, P1-16. https://doi.org/10.1002/ehs2.1229.

https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ehs2.1229

Turner, R.D.R., Warne, M.St.J. Dawes, L.A., Vardy, S. & Will, G.D (2016), "Irrigated greywater in an urban sub-division as a potential source of metals to soil, groundwater and surface water", Environmental Management, vol. 183, pp. 806-817.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716306703

Wannawit, T., Phongphiphat, Ph. (2017), Grey Water Recycle System for a University Building: A Case Study in Thailand, International Environmental Science and Development, Vol. 8, No. 6, p 420-424, doi: 10.18178/ijesd.2017.8.6.990.

https://www.researchgate.net/publication/314167272

Yahya, Sheikhneja and Tan Yigitcanlar (2020), Scientiifc Landscape of Sustainable Urban and Rural Areas. Research: A Systematic Scientometric Analysis, Sustainability 2020, 12, p1-28. doi:10.3390/su12041293.

www.mdpi.com/journal/sustainability

Yi-Kai Juan, Yi Chen and Jing-Ming Lin (2016) Greywater Reuse System Design and Economic Analysis for Residential Buildings in Taiwan, Water 2016,p 8, 546; doi:10.3390/w8110546. www.mdpi.com/journal/water

Yongjun, S., Li, D., Shu-Yuan, P., Pen-Chi, Ch., Shailesh, S, Sable, d., Kinjal, J., Shah (2020) Integration of green and gray infrastructures for sponge city: Water and energy nexu, Water Energy Nexus 3, p 29–40.

https://doi.org/10.1016/j.wen.2020.03.003.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2588912520300151

Zarghami Vahid, Kianoush and Mehraban, Masoud and Roshan Ravan, Hamid and Hassanzadeh, Ramzan Ali (2017), gray water recycling in order to adapt to water shortage and reduce the cost of wastewater treatment in Mehr Shahr Bojnord Housing, the second Water Science and Engineering Congress and Sewage of Iran, Isfahan. *(in Persian)*

https://civilica.com/doc/

Zheng, Jia-X., Tu., Hao-R,, Lee., K, (2020), Research on Greening Design Based on Urban Landscape, E3S Web of Conferences 165, 04036 (2020) p1-5.https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016504036 .

https://www.researchgate.net/publication/341074842

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

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

بررسی نقش استفاده از فاضلاب خاکستری بر توسعهٔ عمرانی پروژهٔ باغشهر کاریزلند یزد

عیسی ابراهیم‌زاده[1*]، بهنام متوسلی[2]

مقاله پژوهشی

جغرافیا و آمایش شهری–منطقه‌ای
پاییز ۱۴۰۲، سال ۱۳، شمارهٔ ۴۸
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۲
صفحات : ۱۳۰-۹۳

واژه‌های کلیدی:
فاضلاب خاکستری، توسعهٔ پایدار زیست‌محیطی، فضای سبز شهری، مدل BWM خطی فازی.

چکیده

توسعهٔ همهٔ فعالیت‌های عمرانی وابسته به مصرف آب است و با توجه به محدودیت‌ها و چالش‌های موجود، تأمین منابع آب پایدار با مدیریت صحیح و مطابق با اصول توسعهٔ پایدار می‌تواند کمک شایانی به پیشرفت پروژه‌های عمرانی کند؛ بنابراین استفادهٔ مجدد از پساب‌ها مخصوصاً آب خاکستری به‌دلیل کیفیت مناسب، گزینهٔ مناسبی است؛ ازاین‌رو در این تحقیق به بررسی نقش و اثرات استفاده از فاضلاب خاکستری بر توسعهٔ عمرانی پروژهٔ باغشهرکاریزلند یزد پرداخته شده است. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و با رویکرد تجربی و پیمایشی بوده است. گردآوری اطلاعات تحقیق با روش اسنادی و میدانی و با ابزار پرسشنامه انجام گرفته است. جامعهٔ این تحقیق عوامل پروژه و همچنین کارشناسان و خبرگان بوده که حجم نمونه ۱۰۰ نفر در نظر گرفته شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل BWM خطی فازی استفاده شده است. نتایج نشان داد که در بخش راه و حمل‌ونقل، زیرمعیار ساخت بولوار و رفوژ با وزن نهایی ۰.۱۷۹، در بخش ساختمان و فضاسازی، زیرمعیار ساخت ساختمان‌های مسکونی با وزن نهایی ۰.۱۹۶۵ و در بخش محیط‌زیست و گردشگری، زیرمعیار ساخت جاذبهٔ گردشگری با رتبهٔ نهایی ۰.۲۴۳۱ بیشترین تأثیرات را از فاضلاب خاکستری درجهت ساخت و توسعهٔ عمرانی در باغشهر کاریزلند یزد برده‌اند؛ بنابراین با توجه به اینکه نیمی از فاضلاب شهری تولیدشده در خانه‌ها به آب خاکستری تبدیل می‌شود، بازچرخانی آب خاکستری با مدیریت صحیح و مطابق با توسعهٔ پایدار می‌تواند کمک شایانی به پیشرفت عمرانی باغشهرها کند.

مقدمه

توسعهٔ فشردهٔ شهرها، به‌ویژه مناطق بزرگ شهری، تحت‌تأثیر انقلاب صنعتی و رشد روزافزون زمینه‌های تکنولوژی ارتباطات و فناوری، اقتصاد، فرهنگ، سیاست و شیوه‌های جدید زندگی در سطح شهرها به انبوهی از تراکم و تزاحم در محیط‌های ساخته‌شدهٔ فیزیکی رسیده‌اند (Natalie et al, 2020: 2)؛ ماحصل این روند، چالش‌های شهری از قبیل: تخریب و نابودی اراضی زراعی و باغات، کاهش سرانهٔ فضای باز، کاهش سطح اشغال محیط، کاهش اکسیژن و هوای پاک و تازه، ترافیک متراکم، آلودگی‌های صوتی، اغتشاش نما و منظر، رواج بورس‌بازی زمین و مسکن و حاشیه‌نشینی در حومهٔ کلان‌شهرها و... را به همراه آورده است که درنتیجهٔ آن، تنزل کیفیت محیط زندگی، کاهش دلپذیربودن و افت و نزول سرسبزی و سرانهٔ فضای سبز محیط شهر را سبب شده است (Andreea, 2020: 326)؛ ازاین‌رو دولت‌ها درجهت پدیده‌هایی نظیر زمین‌خواری، کنترل گرانی مسکن و زمین، ایجاد فضای سبز موجود در اطراف شهرها و توسعهٔ این فضاها، خلق فضای گذران اوقات فراغت برای عموم شهروندان در اطراف شهرها به‌ویژه در

۱- استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. iazh@gep.usb.ir
۲- دانشجوی دکتری گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. (نویسنده مسئول)
motavaseli.behnam@gmail.com

کلان‌شهرها، توجه به پاکی هوا در اطراف شهرهای بزرگ، عرضهٔ وسیع و تصرف اراضی مستعد و هدایت منابع موجود در بازار به سمت توسعه و عمران فضای سبز شهرها و... سعی در برنامه‌ریزی و ایجاد طرح‌ها و پروژه‌های عمرانی دوستدار محیط‌زیست و محافظ طبیعت کرده‌اند (Zheng et al, 2020: 2) در برنامه‌ریزی برای ایجاد طرح‌های شهری باید تعادل بین آب و انرژی و محیط برقرار باشد (Yongjun et al, 2020: 32).

از مهم‌ترین برنامه‌ریزی‌های صورت‌گرفته در این زمینه، ساخت باغشهرها، برگرفته از ایدهٔ ابنزرد هاوراد است. از دید این نظریه‌پرداز، باغشهر به مکان‌هایی با تراکم باغات و درختان محصور که واحدهای مسکونی در لابه‌لای آن‌ها شکل می‌گیرند، اطلاق می‌شود (Simon & John, 2020). باغشهر، برنامه‌ریزی یک الگوی اکولوژیکی است که در اطراف شهر با هماهنگی زیست‌محیطی و سلامت طبیعی باعث ایجاد شرایط پایدار برای اسکان بشر ایجاد می‌شود (Dragica et al, 2019: 34). باغشهر یک واحد همسایگی با وحدت شهر و روستا است که باوجود همهٔ تفاوت‌ها و شباهت‌هایی که دارند، یکدیگر را تکمیل می‌کنند و ازنظر معماری و توپوگرافی اجتماعی به نقطهٔ واحد می‌رسند (Santiago, 2019: 49).

در کشورها و شهرهایی که در مسیر کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارند و با محدودیت کیفی و کمّی منابع آب ازجمله به‌دلیل زیادبودن تبخیر و تعرق، بارندگی کم و افزایش تقاضا برای آب برای آبیاری و گردشگری و... روبه‌رو هستند، مهم‌ترین چالش برای فعالیت‌های عمرانی و پروژه‌های توسعهٔ شهرها، تأمین منابع آب پایدار است. بنابراین رویکردهای جدیدی نظیر مدیریت یکپارچهٔ منابع آب به‌عنوان راهکاری درجهت تأمین منابع آب برای ایجاد باغشهرها مدنظر قرار گرفته است (Yi et al, 2016). این رویکرد نتیجهٔ نگاه وسیع‌تر به گزینه‌های دردسترس مدیریت منابع آب، مانند آب‌های دریاها، آب‌های لب شور زیرزمینی، آب‌های فسیلی و فاضلاب‌های خاکستری است (hyde et al, 2017: 136).

استفادهٔ مجدد از آب خاکستری به‌دلیل محدودبودن منابع آب موجود در سطح زمین، گزینهٔ مطلوبی است و می‌تواند تقاضا برای منابع آب را کاهش دهد و منبع آب اضافی را فراهم کند (Wannawit and Phongphiphat, 2017: 420). آب خاکستری معمولاً به فاضلاب تولیدشده از حمام، لباسشویی و آشپزخانه به جز زباله‌های توالت، گفته می‌شود که طبق آمار حدود ۵۰ درصد تا ۸۰ درصد از فاضلاب خانگی را تشکیل می‌دهد (Golda et al, 2014: 40)؛ بنابراین یکی از راه‌های تأمین آب مورد نیاز در بخش پروژه‌های باغشهر و ساخت و تجهیز زیرساخت‌ها، استفاده از فاضلاب خاکستری است (Stephan, 2017: 4). با توجه به اینکه نیمی از فاضلاب شهری تولیدشده در خانه‌ها به آب خاکستری تبدیل می‌شود، بازچرخانی آب خاکستری با مدیریت صحیح و مطابق با توسعهٔ پایدار می‌تواند کمک شایانی به پیشرفت عمرانی باغشهرها کند. در برنامهٔ ششم توسعه نیز استفاده از سامانه‌های جمع‌آوری و تصفیهٔ فاضلاب، بازچرخانی و استفاده از پساب با کیفیتی متناسب با نوع مصرف در پروژه‌ها مدنظر قرار گرفته است.

از مهم‌ترین پروژه‌های ایجاد باغشهر در مقیاس کشوری که از آب و فاضلاب خاکستری استفاده می‌کند، پروژهٔ باغشهر کاریزلند (سرزمین قنات) با مساحت هزار و ۲۰۰ هکتاری در کمربندی یزد به تفت است که با سه شهرستان اشکذر، تفت و یزد ارتباط دارد. این پروژه در سه فاز مورد اجرا و پیاده‌سازی قرار گرفته که در فاز اول و دوم باغ ویلا و فاز سوم پردیس فرهنگی، تفریحی است. به‌منظور ساخت‌وساز و توسعهٔ این پروژه، از فاضلاب شهر یزد و مخصوصاً فاضلاب خاکستری استفاده می‌شود.

بنابراین سؤال اصلی تحقیق عبارت است از:

- نقش استفاده از فاضلاب خاکستری در ساخت و توسعهٔ عمرانی باغشهرکاریزلند یزد چیست و اولویت‌بندی آن‌ها چگونه است؟

مفاهیم و مبانی نظری تحقیق

فاضلاب: به همهٔ آب‌های استفاده و مصرف شده برای مقاصد گوناگون اصطلاحاً فاضلاب گفته می‌شود؛ به عبارت دیگر، به مجموعه آب‌های دورریختنی که پس از جمع‌آوری و تصفیه ممکن است قابلیت استفادهٔ مجدد را داشته باشد، فاضلاب اطلاق می‌شود (Junxue and Lin, 2020: 3). آبی است که به‌دلیل فعالیت‌های گوناگون انسان دچار آلودگی شده است که ازلحاظ آلودگی محیط‌زیست و از طرفی از این نظر که می‌تواند به‌عنوان یک منبع آب مورد استفاده قرار گیرد، مورد توجه قرار می‌گیرد (Fabio & Anacleto, 2020: 1). تقریباً به نظر می‌رسد ترکیب ۹۹/۹ درصد فاضلاب را آب و حدود ۰/۱ درصد آن را ناخالصی‌ها و مواد آلاینده تشکیل می‌دهد (Franz et al, 2017: 5).

فاضلاب‌ها انواع متفاوتی دارند؛ شامل: فاضلاب ناشی از صنایع گوناگون، فاضلاب ناشی از فعالیت‌های مرتبط با کشاورزی، فاضلاب نشتاب رواناب و سیلاب از نفوذ یا جمع‌آوری آب‌های سطحی و بارش‌ها به شبکه‌ها و کانال‌ها و فاضلاب شهری ناشی از فعالیت‌های صورت‌گرفته در یک شهر است که شامل فاضلاب خانگی، مکان‌های عمومی، مراکز اداری، تجاری و صنعتی مستقر در شهر و... است (Dinko et al, 2020: 2).

فاضلاب خاکستری: در محیط‌های شهری در اثر فعالیت‌های روزمرهٔ انسان از قبیل شست‌وشو، پخت‌وپز، استحمام، روشویی و ماشین‌های لباسشویی و... فاضلاب خاکستری به‌وجود می‌آید که به‌عنوان بزرگ‌ترین منبع دارای پتانسیل در ذخیرهٔ منابع آب به‌صورت بالقوه شناخته شده است (Josh et al, 2020: 2). کمّیت و کیفیت فاضلاب خاکستری به خصوصیاتی از قبیل: نحوهٔ استفاده و فرهنگ مصرفی کاربران (تعداد، سن، عادات، فعالیت‌ها)، امکانات خانه (ماشین ظرف‌شویی، ماشین لباسشویی) و نوع منطقه (شهر، حومه، ساحل) بستگی دارد (Fulvio et al, 2020: 4).

آب خاکستری اصولاً نام خویش را از ظاهر تیره‌ای دریافت کرده‌اند که حد واسط آب آشامیدنی با مفهوم «آب سفید» و «گنداب‌ها» یا «آب‌سیاه» هستند. این فاضلاب به‌عنوان یک نوع فاضلاب رقیق شناخته شده است که دارای بار آلی و باکتری‌های بیماری‌زای کمتری نسبت‌به فاضلاب سیاه است و ازنظر رنگ نیز از آن روشن‌تر و تقریباً بدون بو است (gokul et al, 2018: 130).

با افزایش جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی، مصرف منابع آب و تقاضا برای آن به‌طور پیوسته افزایش‌یافته، به‌طوری‌که مسئلهٔ کمبود منابع آب یکی از بزرگ‌ترین مشکلاتی است که در نیمهٔ دوم قرن بیستم مطرح شده است؛ بنابراین مسئلهٔ مدیریت آب شهری و ذخیره‌سازی آب و ایجاد منابع جدید جایگزین منابع آب قبلی مثل آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی در سرتاسر جهان به‌ویژه در کشورهای توسعه‌یافته، اهمیت بسیار زیادی یافته است (Howe and van der Steen, 2012 :29)؛ ازاین‌رو بازیافت فاضلاب خاکستری به‌عنوان یک منبع جدید آب، درجهت پیشبرد اهداف توسعهٔ پایدار شهری، مانند: کاهش هزینه‌های مصرف آب و هزینه‌های احداث اولیه و بهره‌برداری از سیستم تصفیهٔ فاضلاب شهری، ساخت و توسعهٔ شهرک‌های سبز، ساختمان‌های سبز، محیط‌های سبز و... در نظر گرفته شده است (Turner et al, 2016: 15).

باغشهر: یکی از برجسته‌ترین رویکردهای طرفداران محیط‌زیست در خصوص پایداری محیط‌زیست شهری، ساخت و توسعهٔ باغشهرها است که به‌عنوان اساس توسعهٔ پایدار شهری بر ساماندهی و تنظیم مجدد وضعیت محیط‌زیست

شهری و حراست و حفاظت از آن برای بهره‌گیری نسل آینـدۀ بشـر صحه مـی‌گـذارد (Chengzhong et al, 2018: 2). این رویکرد به بازنگری در اولویت کاربری اراضی متنوع و سبز، استفادۀ مجدد از زمین، توسعه‌های درون‌زا، بازنگری در اولویت‌های حمل‌ونقل و تأکید بر دسترسی نزدیک، ترویج بازیافـت، گسـترش فنـاوری حفاظـت از منـابع و هـم‌زمـان کاهش آلودگی و پسماندهای خطرناک، بالابردن درک و آگاهی‌های محیط‌زیستی جامعـه، اشـاره دارد (Bruno et al, 2018: 4). این رویکرد توسط ابنزرد هاوارد یکی از نظریه‌پردازان مسائل شهری در بریتانیا مطـرح و مـورد توجـه قـرار گرفت. هاوارد در طرح باغشهر خود، شهر را به‌صورت چند دایره متحدالمرکز تصویر کرد کـه در مرکـز شـهر یـک بـاغ است که در اطراف آن واحدهای مسکونی، خیابان‌ها و معابر، ایستگاه‌هـا و توقفگـاه‌هـا، سـاختمان‌هـای عمـومی مثـل شهرداری، تالار، کتابخانه و... احداث و توسعه می‌یابند (Alisa and Sandra, 2018: 92-95).

نظریات بسیاری در خصوص توسعه و ایجاد شهرها با رویکرد زیست‌محیطی ارائه شده است که به برخی از آن‌ها اشـاره می‌شود.

نظریۀ شهر پایدار: مطابق با تعریف سازمان ملل متحد، سکونتگاه‌های انسانی وسیع، ایمن، انعطاف‌پذیر و تاب‌آور را شهر پایدار می‌گویند که نیازمند تعامل بین محیط‌های فیزیکی، اقتصادی و زیست‌محیطی اسـت و منـابع طبیعـی را حفظ کنند (Yahya and Tan, 2020: 7).

این شهر به‌عنوان یک سیستم پیچیده و باز که در آن عناصر اقلیمی (جو، دما، آب، مواد معدنی)، زیست (مواد، غـذا، انرژی)، فرهنگی (قانون، اقتصاد، فناوری، سیاست، ایدئولوژی، ارزش‌ها و سبک زندگی) و عوامل انسانی با یکـدیگر در تعامل هستند (Gabriele et al, 2020: 3). توسعۀ چشم‌انداز برای یک شهر پایدار به معنای تعیین اهدافی اسـت کـه به نیازهای جامعه، ارزش‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی بستگی دارد که در آن تأثیر جمعیت، کشـاورزی و تنوع زیستی، صنعت، استفاده از انرژی و منابع انرژی، گرم‌شدن کرۀ زمین و تغییرات آب‌وهـوا، آلـودگی و... بـه یـک اندازه مهم هستند. در شهرهای پایدار باید اطمینان از عدالت بین جریان و نسـل‌هـای آینـده، حقـوق بشـر، کیفیـت زندگی و حفظ سرمایۀ طبیعی مدنظر قرار گیرد (Abbas and Hyowon, 2014: 1268).

نظریۀ بوم‌شهر: تلاش شهرسازان و برنامه‌ریزان شهری برای ساخت و عمران شهر بدون کربن یا سـوخت فسـیلی را بوم‌شهر نامیده‌اند. این گونه شهرها برپایۀ سیستم‌های انرژی سبز، هوشمند و پایدار با هـدف صـرفه‌جـویی و کـاهش تقاضای انرژی با استفاده از روش‌های جایگزین شامل منابع تجدیدپذیر (خورشید، باد، زیسـت‌تـوده، زمـین‌گرمـایی، نیروگاه آبی و اقیانوسی)، بنیان نهاده شده‌اند (Amira, 2017: 27). در بوم‌شهر، حساسیت و رابطۀ موازی شهرنشـینی با محیط‌زیست مورد توجه است و همۀ روابط بین ارگانیسم‌های شهر بـر پایـۀ شهرنشـینی اکولـوژیکی برنامـه‌ریـزی می‌شود. به‌صورت کلی اکوسیتی یک سکونتگاه انسانی است که بر ساختار و عملکرد انعطاف‌پذیر طبیعی خود تأکیـد دارد و به‌دنبال ایجاد یک محیط انسانی سالم و قابل‌زندگی با مصرف منابع تجدیدپذیر بیشتر است. ریچارد رجیسـتر یک بوم‌شهر را به عنوان «یک سیستم زیست‌محیطی شـهری تعریـف کـرد کـه در آن ورودی (از منـابع) و خروجـی (زباله) به حداقل می‌رسد (Simon and rudy, 2020: 6).

از سویی دیگر در بوم‌شهر، چگونگی سازماندهی و هدایت طول عمر شهر که برخاسته از شـکل فیزیکـی و تنظیمـات مکانی شهر است نیز مورد تحلیل قرار می‌گیرد. این نکته در دستور کار قرن ۲۱ (کنفـرانس محـیط‌زیسـت و توسـعۀ سازمان ملل متحد) نیز پیشنهاد شده است که به موجب آن، ساخت و توسعۀ عمرانی شـهر بـا مـدیریت یکپارچـه و محیط سالم و مفید درجهت انجام امور اجتماعی و اقتصادی در همۀ برنامه‌ریزی‌ها مدنظر قرار گیرد.

در برنامه‌ریزی شهری و سیاست‌گذاری بوم‌شهر، معمولاً بر زیرساخت‌های شهری مانند: متابولیسم، سیستم فاضلاب مدرن و استفاده از پساب‌ها، مدیریت انرژی و مدیریت پسماند، حمل‌ونقل، ساختمان‌سازی چندمنظوره و کارکردمدار در سطح شهر تمرکز دارد و در هر حیطه، زیرعامل‌های‌بسیاری را مطابق با جدول ۱ دربرمی‌گیرد (Simon, 2020: 10)

جدول ۱. عوامل مهم در برنامه‌ریزی بوم‌شهر

❑ **سیستم‌های انرژی پایدار**		❑ **ساختمان با کارایی بالا**	
∇	انرژی تجدیدپذیر محلی (خورشید، باد و آب)	∇	فناوری بهره‌وری انرژی و منابع انرژی تجدیدپذیر
∇	سیستم سازگار با سوخت زیستی	∇	بهبود معماری داخلی محیط‌ها (نورگیری، تهویه و...)
∇	خانه‌های خورشیدی	∇	جلوگیری از آلودگی، کاهش مواد و بازیافت
❑ **مدیریت پایدار پسماند**		❑ **حمل‌ونقل پایدار**	
∇	سیستم جمع‌آوری زباله‌های هوشمند	∇	دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی
∇	سیستم جمع‌آوری و دفع زباله	∇	حمل‌ونقل عمومی (مترو، اتوبوس، تراموا و...)
∇	بازیافت مواد زائد غذا، نخالهٔ ساختمانی، چوب و...	∇	ایستگاه شارژ اتومبیل (بیوگاز و برقی)
∇	سیستم بازیافت و تصفیهٔ فاضلاب	∇	مدیریت تحرک
❑ **زیرساخت با کارایی بالا**		❑ **سبزینگی و تنوع اکولوژیکی**	
∇	بهینه‌سازی و چندمنظوره‌کردن کاربری‌ها	∇	ساختار سبز چندمنظوره و خدمات اکوسیستمی متنوع
∇	طراحی یکپارچه	∇	تهیه ابزار و برنامه‌ریزی با رویکرد سبز

(منبع: Simon, 2020: 10)

نظریهٔ شهر اکولوژیکی: نظریه‌پردازان این رویکرد، شهرها را یک اکوسیستم پیچیده و پویا می‌دانند که در آن بازخوردهای بیولوژیکی، فیزیکی و اجتماعی در محیط فضایی و مکانی شهرها بسیار رخ می‌دهد. مناطق جغرافیایی در شهر، تنها براساس مرزهای طبیعی تعیین می‌شود (Angela et al, 2019: 5). در این شهرها برنامه‌ریزی و مدیریت با رویکرد زیست‌محوری انجام می‌شود و از عناصر بیولوژیکی، هم ازنظر مکانی و هم ازلحاظ زمانی درجهت طراحی شهری بهره گرفته می‌شود. عناصر مورد طراحی شامل مدیریت آب، تهویهٔ هوای شهری، کیفیت هوا، تولید غذا، کنترل مخاطرات و بیماری‌ها، مزایای معنوی و روانی و... است. درواقع شهر اکولوژیک مبتنی بر طراحی اکولوژیک یعنی ادغام فرایندهای زنده و کاهش آثار تخریب زیست‌محیطی قرار دارد (Steward et al, 2016: 2).

تمام نظریات و رویکردهای شهر اکولوژیک دارای نقاط مشترک هستند که همهٔ برنامه‌ریزی‌ها و محورها مطابق با آن تدوین می‌شود که این اصول به شرح زیر است:

- بازنگری اولویت‌های کاربری سرزمین برای ایجاد استفاده‌های فشرده، متنوع، سبز، ایمن، خوشایند و حیاتی در نزدیکی گره‌های عبور و مرور و سایر تسهیلات حمل‌ونقل؛
- توسعهٔ بسترهای وسایل حمل‌ونقل‌های مدرن سازگار با محیط‌زیست؛
- احیای محیط‌زیست‌های تخریب‌شدهٔ شهری به‌ویژه خطوط جزر و مدی و خط‌های ساحلی و تالاب‌ها؛
- ایجاد سکونتگاه‌های مخلوط نژادی و اقتصادی پایدار و تاب‌آور، ایمن، مناسب و راحت؛
- عدالت اکولوژیکی (حقوق گیاهان و به‌خصوص جانوران که معمولاً نادیده گرفته می‌شود)؛
- حمایت از کشت‌وکارهای محلی، پروژه‌های سبز شهری و باغداری شهری؛

- بهبود وضعیت بازیافت، تکنولوژی‌های مناسب و خلاق، حفاظت از منابع درعین‌حال کاهش آلودگی و مواد زائد خطرناک؛
- کار و هماهنگی با تجارت‌هایی که فعالیت‌های اقتصادی صحیح اکولوژیکی را مورد حمایت قرار می‌دهند، همراه با ممانعت از آلودگی توسط زباله‌ها و مواد زائد خطرناک؛
- تشویق سادگی‌های داوطلبانه در مصالح و مواد ساختمان‌سازی و ممانعت از مصرف فزایندهٔ مواد و کالاها؛
- افزایش آگاهی دربارهٔ محیط‌زیست محلی و مناطق زیستی از طریق فعالان و پروژه‌های آموزشی که آگاهی‌های عمومی و پایداری اکولوژیکی را افزایش می‌دهد.

نظریهٔ شهر سبز: از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌رو در جهان امروز، تهدید بزرگ سلامت و ایمنی در شهرها ناشی از آلودگی آب‌وهوا و کمبود هوای تازه در راستای فشرده‌سازی شهرها است. تبدیل زمین‌های کشاورزی برای مصارف شهری و توسعهٔ زیرساخت‌ها که درنتیجهٔ حذف گستردهٔ پوشش گیاهی و فضاهای سبز رخ می‌دهد، باعث کاهش سطح و سرانهٔ فضای سبز در محیط‌های فیزیکی شهرها شده است (Maja et al, 2019: 303). درنتیجه وجود چنین شرایطی، نظریه‌های جدید درجهت حل این مشکل برنامه‌ریزی و طراحی شد که از برجسته‌ترین آن‌ها نظریهٔ شهر سبز است. این نظریه به ایجاد و توسعهٔ شهرهای سبز منطبق با پایداری محیط‌زیست، سازگار با تغییرات آب‌وهوایی، محافظ محیط‌زیست اعتبار می‌بخشد. این نظریه کیفیت شهرها را براساس نحوهٔ طراحی، مدیریت و محافظت از فضای سبز شهری، چشم‌انداز اکولوژیکی و آزاد مناسب‌سازی اکسیژن می‌سنجد. فردریک لاو اولمستد (۲۰۱۵)، شهر سبز را شهری می‌داند که پارک‌ها در مرکز شهر به‌عنوان «ریه‌های شهر» ایفای نقش کنند. در این نظریه شاخص سبزبودن شامل هرگونه پوشش گیاهی موجود در محیط شهری ازجمله پارک‌ها، فضای باز، باغ‌های مسکونی یا درختان خیابان است که بیش از ۵۰ درصد از سطح شهر را دربرگیرد (Christine et al, 2015: 761). استراتژی‌های اصلی این نظریه شامل این موارد است:

- ایجاد شهر با محوریت فضای سبز؛
- اختصاص ۵۰ درصد سرانهٔ شهر به فضای سبز؛
- تثبیت کاربری‌های سبز و عدم تغییر کاربری‌های آن‌ها به‌صورت مادام‌العمر؛
- تأمین فضای سبز در سایت‌های بازسازی‌شده؛
- سبزکردن مکان‌های دشوار فاقد فضای سبز (خیابان‌های باریک، تپه‌ها)؛
- کنترل هوشمند فضاهای سبز (Eleanor et al, 2019: 4).

پیشینهٔ تحقیق

با توجه بررسی‌های به‌عمل‌آمده، پژوهش‌های اندکی در رابطه با موضوع تحقیق، چه در داخل و چه در خارج وجود دارد که در نتیجهٔ مهم‌ترین تحقیقات که در مقطع زمانی ۵ سال اخیر که با تحقیق حاضر اشتراکات موضوعی و مفهومی داشته است در جدول ۲، آمده است. با توجه به پیشینهٔ موجود مورد اشاره، درجهت بررسی شکاف تحقیقات موجود می‌توان به این نتیجه رسید که با توجه اینکه تاکنون تحقیق مدون و یکپارچه‌ای در خصوص ساخت و توسعهٔ باغشهر با استفاده از فاضلاب خاکستری انجام نشده است، ازاین‌رو این تحقیق دارای جنبهٔ نوآوری و بی‌بدیل است.

جدول ۲. پیشینهٔ تحقیق

ردیف	نام نویسندگان و سال	محور موضوع	تکنیک و روش	نتیجه
۱	شعبانی اقطا و تیزقدم غازانی، ۱۳۹۴	امکان‌سنجی استفاده از فاضلاب خاکستری در ساختمان	آزمایش نمونه در آزمایشگاه	امکان تأمین سرانهٔ آب درجهت ساخت‌وساز در ساختمان از فاضلاب خاکستری وجود دارد
۲	عزیزی و همکاران، ۱۳۹۵	تصفیهٔ فاضلاب خاکستری به‌منظور تأمین آب فضای سبز در دانشگاه کاشان	آزمایش نمونه در آزمایشگاه	کیفیت مناسب و استاندارد فاضلاب خاکستری درجهت استفاده در زمینهٔ فضای سبز مشهود است
۳	دهقان بهابادی و امانیان، ۱۳۹۷	استفادهٔ مجدد از فاضلاب خاکستری، روش‌ها و چالش‌ها	مروری با بهره‌گیری از تحقیقات قبلی	با برطرف‌کردن چالش‌ها، می‌توان از فاضلاب خاکستری در بسیاری از امور مخصوصاً پروژه‌های عمرانی استفاده کرد
۴	ضرغامی و همکاران، ۱۳۹۷	بازچرخانی آب خاکستری در مسکن مهر شهر بجنورد	بررسی محیطی و نظرسنجی	باعث کاهش مصرف منابع آبی و کاهش آلودگی زیست‌محیطی در منطقهٔ مورد مطالعه شده است
۵	امینی و بهمنی چاهستانی، ۱۳۹۸	استفادهٔ مجدد از فاضلاب خاکستری در ساختمان‌های مسکونی	اسنادی و کتابخانه‌ای	مدیریت فاضلاب به‌عنوان یکی از روش‌های مهم برای ساخت واحدهای مسکونی و مصارف غیرشرب باید مدنظر قرار گیرد
۶	مارتینا و همکاران[1]، ۲۰۱۷	استفاده از آب خاکستری در ساخت و توسعهٔ دیوارهای سبز	پیمایش میدانی	استفاده از آب خاکستری گزینهٔ مناسبی درجهت ایجاد و توسعهٔ دیوارهای سبز به‌عنوان دیوارهای زنده یا باغ عمودی است
۷	جاش[2] و همکاران، ۲۰۲۰	استفادهٔ مجدد از آب خاکستری در پروژهٔ مسکونی در استرالیای غربی	پیمایش میدانی	استفادهٔ مجدد از آب خاکستری هزینه‌های ساخت، بهره‌برداری و نگهداری ساختمان‌ها و ایجاد باغچه و باغ‌ها را کاهش داده و منجر به توسعهٔ بیشتر این محیط شده است.
۸	عبدالله[3] و همکاران ۲۰۲۰	امکان‌سنجی، چالش‌ها و فرصت‌های استفاده از آب خاکستری در توسعهٔ شهر شارجه، امارات متحدهٔ عربی	پیمایش میدانی	نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از آب خاکستری برای ساخت ساختمان‌های چندطبقه، هتل‌ها، مدارس و... ازلحاظ فرصت‌ها مناسب به نظر می‌رسد، اما با چالش‌هایی از قبیل فقدان انگیزه‌های مالی، برنامه‌ریزی ناکافی قبل از اجرای پروژه، عدم‌هماهنگی و پیگیری و کمبود پتانسیل درجهت افزایش مشارکت مالکان و ذی‌نفعان و نبود سیاست‌ها تشویقی روبه‌رو شده است.

(منبع: یافته های محققین، ۱۴۰۲)

داده‌ها و روش‌ها

این پژوهش از نظر هدف کاربردی است که برای گردآوری اطلاعات در این تحقیق از روش اسنادی و میدانی بهره گرفته شده که مهم‌ترین وسیله، پرسشنامهٔ «محقق ساخت» هست. این پرسشنامه با استفاده از مبانی نظری داخلی و خارجی، مشاهدهٔ نحوهٔ ساخت و توسعهٔ باغشهر با استفاده از فاضلاب خاکستری از نزدیک توسط محقق و برداشت نکات توسط چک‌لیست، مصاحبه با متخصص و خبرگان در حوزهٔ مربوطه شده است. پرسشنامه به دو قسمت

[1] matina
[2] jash
[3] abdulah

تقسیم شده که در قسمت اول مشخصات نمونه‌ها از قبیل: مدرک تحصیلی، سابقهٔ کاری و حوزهٔ فعالیت آورده شده است و در قسمت دوم معیارهای و زیرمعیارهای شناسایی‌شده در جدول زیر درج شده‌اند.

درجهت تعیین اعتبار و روایی پرسشنامه در این تحقیق از روش اعتبار محتوا استفاده شده است. برای تعیین روایی با مطالعهٔ منابع مربوط، طرح اولیهٔ پرسشنامه تهیه شد و توسط چند نفر از استادان و متخصصان مورد بررسی قرار گرفت که در نتیجه مواردی درجهت اصلاح پیشنهاد شد و پس از اِعمال اصلاحات مورد نظر، پرسشنامهٔ نهایی تدوین شد. پایایی پرسشنامه نیز به کمک نرم‌افزار SPSS «آلفای کرونباخ» محاسبه شد که عدد ۰/۹۸۶ برای تمام پرسشنامه به‌دست آمد که باید بالای ۰/۷۰۰ باشد تا پایایی پرسشنامه مورد قبول واقع شود.

جدول ۳- معیارها و زیرمعیارهای شناسایی‌شده برای انجام تحقیق

معیار اصلی	زیرمعیار	کد تحلیل	مقیاس مورد سنجش	منابع و مأخذها
معیار راه و حمل‌ونقل	✸ ساخت خیابان‌های توزیع و پخش‌کننده	A1	ترتیبی	مشاهدات محیطی و معاینهٔ محلی توسط محقق، مصاحبه باز از خبرگان، پرسنل و کارکنان پروژه. Andreea, 2020: Yongjun et al,2020: Fulvio et al,2020: Junxue et alm 2020: Zheng et al, 2020: Abdallah et al, 2020: Simone and Rudy, Andreea.2020: Dinko,2020: Simon & Arthur,2020: Aziz et al, 2019: Santiago et al, 2019: Boano et al, 2019: Dragica et al, 2019: Angela et al,2019: Chengzhong et al,2018: Alisa and Sandra, 2018: Brenda et al, 2018: Shashi et et al,2018: Martina et al, 2017: Shuai, 2017: Nicolas and Anne, 2017: Even et al,2017: Franz et al2017,
	✸ ساخت معابر دسترسی به بلوک‌ها و واحدها	A2		
	✸ ساخت و نصب سنگ جدول و جدول‌کشی	A3		
	✸ ساخت مسیرهای پیاده و پیاده‌رو	A4		
	✸ انجام پوشش معابر			
	✸ ساخت بولوار و رفوژ	A5		
	✸ ساخت ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی	A6		
	✸ ساخت مسیرهای دوچرخه‌سواری			
	✸ ساخت پارکینگ عمومی و خصوصی	A7		
	✸ ساخت مسیرهای سلامت	A8		
		A9		
		A10		
معیار ساختمان و فضاسازی	✦ ساخت ساختمان‌های تأسیسات زیربنایی	B1	ترتیبی	
	✦ ساخت ساختمان‌های تأسیسات روبنایی	B2		
	✦ ساخت ساختمان‌های مسکونی			
	✦ ساخت ساختمان‌های آموزشی	B3		
	✦ ساخت ساختمان‌های درمانی	B4		
	✦ ساخت ساختمان‌های فرهنگی			
	✦ ساخت ساختمان‌های تفریحی	B5		
	✦ ساخت ساختمان‌های رفاهی	B6		
	✦ ساخت ساختمان‌های اداری			
	✦ ساخت ساختمان‌های خدماتی	B7		
		B8		
		B9		
		B10		

معیار زیست‌محیطی و گردشگری	✶ ساخت کانال‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی ✶ ساخت کانال‌های جمع‌آوری فاضلاب ✶ ساخت پارک برون‌شهری ✶ ساخت بوستان طبیعی ✶ ساخت کمربند سبز ✶ ساخت بام سبز ✶ ساخت دیوار سبز ✶ ساخت جاذبهٔ گردشگری (ایجاد آبشارهای مصنوعی و فواره‌ها و...)	C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8	ترتیبی	Shuai,2017: Amira,2017: Patrizia et al,2016: Stewardet al,2016: Christine et al,2015: Colby et al,2014.

(منبع: یافته های محققین، ۱۴۰۲)

جامعهٔ این تحقیق عوامل درگیر پروژه و همچنین کارشناسان آشنا به محیط مورد مطالعه هستند و از آنجایی که این جامعه از حجم و وسعت جغرافیایی زیادی برخوردار بوده، ناگزیر، تعدادی از آن‌ها با استفاده از فرمول کوکران برای جامعهٔ نامحدود به شرح ذیل انتخاب شده‌اند:

رابطهٔ (۱) فرمول کوکران برای جامعهٔ نامحدود

$$n=\frac{Z^2\,pq}{d^2}$$

z: اندازهٔ متغیر در توزیع طبیعی (توزیع نرمال مربوط به منحنی گاوس) است که از جدول مربوط در سطح احتمال مورد نظر استخراج می‌شود (که برای سطح اطمینان ۹۵ درصد مقدار آن از جدول مربوط برابر با ۱.۹۶ به‌دست می‌آید). d: میزان خطایی که محقق در بررسی مرتکب می‌شود که در تحقیقات معمولاً بین ۰/۰۱ تا ۰/۱ انتخاب می‌شود که در این تحقیق مقدار آن مساوی با ۰.۱ در نظر گرفته شده است. P: نسبت موفقیت بین افراد نمونه که به‌دلیل نامعلوم‌بودن مقدار ماکزیمم آن (۰/۵) استفاده شده است. q: نسبت عدم موفقیت بین افراد نمونه که به‌دلیل نامعلوم‌بودن مقدار ماکزیمم آن (۰/۵) استفاده شده است (صالحی صدقیانی و ابراهیمی، ۱۳۹۹).

استفاده از این روش باعث می‌شود تا نمونهٔ انتخابی به‌اندازهٔ کافی بزرگ باشد. با درج اعداد مربوط در فرمول فوق، تعداد نمونه برابر با ۹۶ به‌دست می‌آید؛ بنابراین در این پژوهش درجهت بالابردن کیفیت نمونه‌ها و کاهش خطاهای احتمالی، ۱۰۰ پاسخنامه توزیع و جمع‌آوری شد. با توجه به وجود بحران ویروس کرونا و رعایت فاصله‌گذاری اجتماعی، پرسشنامه به‌صورت آنلاین طراحی و لینک پرسشنامه به‌صورت الکترونیک و با استفاده از شبکه‌های اجتماعی مجازی در اختیار افراد قرار گرفت.

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل خطی BWM فازی (بهترین و بدترین معیار) و نرم‌افزارهای Lingo 17 و Excel استفاده شده است.

مدل خطی BWM فازی این روش اولین بار توسط جو و ژائو (۲۰۱۷) ارائه شد. در این روش استفاده از اعداد فازی به‌دلیل وجود ابهامات کلامی پاسخ‌دهندگان باعث دقت بیشتر و نتیجهٔ بهتر در محاسبات می‌شود. در این روش اگر n

معیار وجود داشته باشد، مقایسات زوجی این n معیار از طریق عبارات کلامی موجود در جدول ۱ با یکدیگر مقایسه می‌شوند؛ یعنی عبارات کلامی پاسخ‌دهندگان براساس جدول ۱ به اعداد فازی متناظر تبدیل می‌شود.

جدول ۴. عبارات کلامی و اعداد فازی متناظر

عبارات کلامی	اهمیت برابر	اهمیت کم	نسبتاً مهم	خیلی مهم	کاملاً مهم
عدد فازی	(۱,۱,۱)	(۰.۶۷,۱,۱.۵)	(۱.۵,۲,۲.۵)	(۲.۵,۳,۳.۵)	(۳.۵,۴,۴.۵)

(منبع: یافته های محققین، ۱۴۰۲)

گام اول؛ ایجاد سیستم تصمیم معیارها

در این گام معیارهای پژوهش که قصد مقایسهٔ آن‌ها را داریم، استخراج می‌کنیم که شامل n معیار درجهت ارزیابی هستند.

گام دوم؛ تعیین بهترین (بااهمیت‌ترین) و بدترین (کم‌اهمیت‌ترین) معیار.

در این گام بااهمیت‌ترین معیار و کم‌اهمیت‌ترین معیار به‌عنوان بهترین و بدترین معیار تعیین می‌شوند که می‌توان از نظرات خبرگان، تشکیل جلسات گروهی یا روش‌هایی نظیر دلفی حاصل شود. بهترین معیار با C_B و بدترین معیار با C_W نشان داده می‌شود.

گام سوم؛ مقایسهٔ زوجی بهترین معیار با دیگر معیارها

در این گام با استفاده از جدول ۶ عبارت کلامی، مقایسه a_{ij} باید تعیین شود i بهترین معیار است یعنی C_B و j دیگر معیارها است. مقایسهٔ بهترین معیار با بدترین معیار باید همیشه بیشترین عدد نسبت‌به بقیه باشد. همچنین مقایسهٔ زوجی a_{BB} برابر (۱,۱,۱) است. در حالت کلی مقایسه به‌صورت زیر است:

رابطهٔ (۲)

$$\tilde{A}_B = (\tilde{a}_{B1}.\tilde{a}_{B2}.\ldots.\tilde{a}_{B3})$$

گام چهارم؛ مقایسهٔ زوجی دیگر معیارها با معیار بدترین

در این گام نیز همانند گام سوم دیگر معیارها براساس جدول ۶ با معیار بدترین مقایسه می‌شوند. مقایسهٔ زوجی که در این گام بررسی می‌شوند، به‌صورت a_{1B} است. همچنین مقایسهٔ زوجی a_{ww} برابر (۱,۱,۱) است. در حالت کلی مقایسه به‌صورت زیر است:

رابطهٔ (۳)

$$\tilde{A}_w = (\tilde{a}_{1w}.\tilde{a}_{2w}.\ldots.\tilde{a}_{3w})$$

گام پنجم؛ تعیین وزن‌های بهینه $\left(\widetilde{W_1}^*.\widetilde{W_2}^*.\ldots.\widetilde{W_n}^*\right)$

وزن بهینه برای معیارها، وزنی که در آن، برای هر زوج $\frac{\tilde{w}_b}{\tilde{w}_j}$ و $\frac{\tilde{w}_j}{\tilde{w}_w}$، رابطهٔ ذیر برقرار باشد.

رابطهٔ (۴)

$$\frac{\widetilde{w}_b}{\widetilde{w}_j} = \tilde{a}_{Bj}\frac{\widetilde{w}_j}{\widetilde{w}_w} = \tilde{a}_{jw}$$

برای برقراری این شرایط برای همهٔ jها، باید راه حلی را پیدا کرد که در آن حداکثر تفاوت‌های مطلق یعنی $|\frac{\widetilde{w}_b}{\widetilde{w}_j} - \tilde{a}_{Bj}|$ و $|\frac{\widetilde{w}_j}{\widetilde{w}_w} - \tilde{a}_{jw}|$ برای همهٔ jها حداقل باشد.

با درنظرگرفتن منفی‌نبودن مقادیر و شرایط جمع اوزان، مسئلهٔ ذیر حاصل می‌شود.

رابطهٔ (۵)

$$\min \max_J \{|\frac{\widetilde{w}_b}{\widetilde{w}_j} - \tilde{a}_{Bj}|,|\frac{\widetilde{w}_j}{\widetilde{w}_w} - \tilde{a}_{jw}|\}$$

s.t.

$$\sum_j R(\widetilde{w}_j) = 1$$

$$l_j^w \le m_j^w \le u_j^w \quad . \quad l_j^w \ge 0 \text{ برای همهٔ jها}$$

که در این رابطه $R(\tilde{a}_i) = \frac{l_i+4m_i+u_i}{6}$ است.

مسئلهٔ مدل رابطهٔ ۴ به مسئلهٔ ذیر تبدیل می‌شود.

رابطهٔ (۶)

$$\min \tilde{\xi}$$

s.t.

$$|\frac{\widetilde{w}_b}{\widetilde{w}_j} - \tilde{a}_{Bj}| \le \tilde{a} \text{ برای تمامی jها}$$

$$|\frac{w_j}{w_w} - \tilde{a}_{jw}| \le \tilde{a} \text{ برای تمامی jها}$$

$$\sum_j R(\widetilde{w}_j) = 1$$

$$l_j^w \le m_j^w \le u_j^w \quad , \quad l_j^w \ge 0 \; W_j \ge 0, \text{ for all j ها j}$$

برای همهٔ

با حل مسئلهٔ بالا، اوزان بهینه $(\widetilde{W_1}^* . \widetilde{W_2}^* . \ldots . \widetilde{W_n}^*)$ و $\tilde{\xi}^*$ به‌دست می‌آیند.

در ادامه با استفاده از $\tilde{\xi}^*$، نسبت سازگاری را معرفی می‌شود. هرچه مقدار $\tilde{\xi}^*$ بزرگتر باشد، مقدار نسبت سازگاری بالاتر رفته و مقایسات قابلیت اطمینان کمتری دارند.

گام ششم؛ نرخ ناسازگاری

مقایسه، زمانی به‌صورت کامل سازگار است که رابطهٔ ذیر برای همهٔ jها برقرار باشد.

$a_{BW} = a_{Bj} \times a_{jw}$ که در آن a_{Bj}، a_{jw} و a_{Bw} به‌ترتیب اولویت‌های بهترین معیار نسبت‌به معیار j، اولویت معیار j نسبت‌به بدترین معیار و اولویت بهترین معیار نسبت‌به بدترین معیار خواهند بود. از آنجایی‌که $a_{BW} = a_{Bj} \times a_{jw}$ و $a_{BW} \in \{1.2.3. \ldots .9\}$ است، می‌توان حداکثر مقدار ξ را به‌دست آورد. با استفاده از شاخص

سازگاری جدول زیر و رابطهٔ آن، مقدار نرخ سازگاری را محاسبه کرد. این نرخ سازگاری در بازهٔ [0 1] قرار می‌گیرد و هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد، مقایسات از سازگاری و ثبات بیشتری برخوردارند و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، مقایسات سازگاری و ثبات کمتری دارند.

رابطهٔ (۷)

$$\text{نرخ سازگاری} = \frac{\xi^*}{\text{شاخص سازگاری}}$$

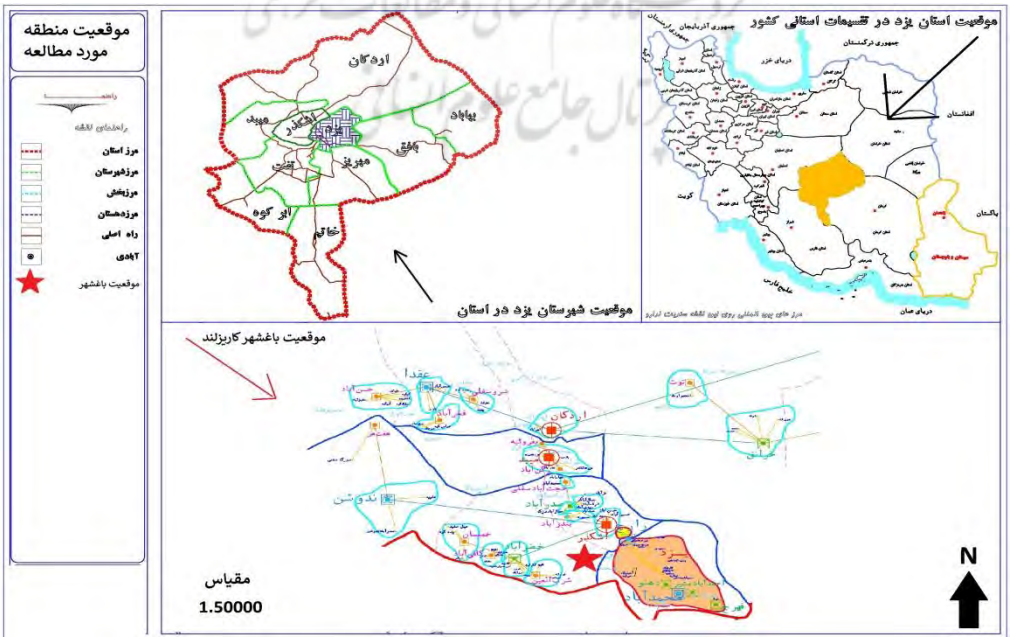
جدول ۵. شاخص سازگاری روش BWM فازی

a_{Bw}	اهمیت برابر	اهمیت کم	نسبتاً مهم	خیلی مهم	کاملا مهم
	(۱,۱,۱)	(۰.۶۷,۱,۱.۵)	(۱.۵,۲,۲.۵)	(۲.۵,۳,۳.۵)	**(۳.۵,۴,۴.۵)**
شاخص سازگاری	۳	۳.۸	۵.۲۹	۶.۶۹	**۸.۰۴**

(منبع: یافته های محققین، ۱۴۰۲)

محدودهٔ پژوهش

پروژهٔ باغشهر کاریزلند (سرزمین قنات) با مساحت هزار و ۲۰۰ هکتاری در کیلومتر ۵، کمربندی یزد به تفت است که با سه شهرستان اشکذر، تفت و یزد ارتباط دارد. آب موردنیاز این مجموعه از قسمت پساب و فاضلاب خاکستری تصفیه‌خانهٔ یزد تأمین می‌شود. ایجاد و ساخت این پروژه به‌صورت مشارکتی توسط شهرداری شهر یزد و مؤسسهٔ کوثر (بخش خصوصی) در حال شکل‌گیری است. این پروژه در سه فاز مورد اجرا و پیاده‌سازی قرار گرفته که در فاز اول و دوم باغ‌ویلا و فاز سوم پردیس فرهنگی، تفریحی است. علاوه‌بر کاربری خانه و باغ، شامل ساختمان‌هایی همچون پردیس خدماتی و رفاهی و اسکان موقت، مرکز تفریحی و خرید، واحدهای اداری، کسب‌وکار، بخش پژوهش و پارک علم و فناوری، مجموعهٔ ورزشی، بخش فرهنگی و همچنین شهرک IT، خوشه نساجی و... است.



شکل ۱. موقعیت باغشهر کاریزلند یزد

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

خصوصیات نمونه‌های انسانی

با توجه به اینکه حجم نمونه در این تحقیق ۱۰۰ نفر از خبرگان، کارشناسان و مطلعین انتخاب شد، جدول ۶ مشخصات گروه نمونه را نشان می‌دهد که بیشترین گروه عوامل و پرسنل پیمانکار پروژه (مدیرعامل، معاونان، سرپرست کارگاه، نیروهای فنی و نیروهای اجرایی) بوده‌اند که ۴۰ درصد از حجم نمونه را دربرگرفته‌اند. سایر گروه‌ها نیز به تعداد مساوی هرکدام ۱۵ درصد از حجم نمونه را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۶. مشخصات نمونه‌ها

ردیف	مشخصات گروه نمونهٔ تحقیق	تعداد	درصد	درصد تجمعی
۱	عوامل و پرسنل پیمانکار پروژه (مدیرعامل، معاونان، سرپرست کارگاه، نیروهای فنی و نیروهای اجرایی)	۴۰	۴۰	۴۰
۲	کارشناسان آب و فاضلاب و مدیریت آب استان یزد	۱۵	۱۵	۵۵
۳	کارشناسان نظام مهندسی استان یزد	۱۵	۱۵	۷۰
۴	کارشناسان راه و شهرسازی و شهرداری شهر یزد	۱۵	۱۵	۸۵
۵	استادان دانشگاه در حیطهٔ عمران، شهرسازی و معماری و آب و فاضلاب	۱۵	۱۵	۱۰۰
مجموع		۷۵	۱۰۰	-

(منبع: یافته های محققین، ۱۴۰۲)

مطابق با جدول ۷، سایر خصوصیات گروه نمونه نیز ارائه شده است. در قسمت مدرک تحصیلی بیشترین مقدار فوق‌لیسانس با ۳۹ درصد و کمترین لیسانس و کمتر با ۲۷ درصد قرار دارد. سابقهٔ کاری نیز مورد بررسی قرار گرفته که ۴۳ درصد با سابقهٔ ۱۰ تا ۱۵ سال بوده‌اند و بقیه سابقهٔ کمتری داشته‌اند. در خصوص حوزهٔ فعالیت نیز مشخص شد که قسمت تعمیرات و پشتیبانی با ۹ درصد کمترین و قسمت اجرا با ۴۰ درصد بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۷. خصوصیات نمونه‌ها

شرح	پارامترها								
مدرک تحصیلی	لیسانس و کمتر		فوق‌لیسانس		دکتری		-		
	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد			
	۲۷	۲۷	۳۹	۳۹	۳۴	۳۴			
سابقهٔ کاری	کمتر از ۵ سال		۵ تا ۱۰ سال		۱۰ تا ۱۵ سال		بیش از ۱۵ سال		
	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	
	۱۲	۱۲	۲۰	۲۰	۴۳	۴۳	۲۵	۲۵	
حوزهٔ فعالیت	طراحی		نظارت		اجرا		تعمیرات و پشتیبانی		
	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	
	۱۶	۱۶	۳۵	۳۵	۴۰	۴۰	۹	۹	

(منبع: یافته های محققین، ۱۴۰۲)

اجرای روش بهترین-بدترین فازی[1]

الف) تعیین بهترین (بااهمیت‌ترین) و بدترین (کم‌اهمیت‌ترین) معیار

در این مرحله مطابق با جدول ۸ با استفاده از روش محاسبهٔ میانگین نظرات، بااهمیت‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین زیرمعیار به‌عنوان بهترین و بدترین زیرمعیار تعیین شده‌اند که بهترین معیار با CB و بدترین معیار با CW نشان داده شده است.

جدول ۸. میانگین زیرمعیارها

معیار	زیرمعیار	میانگین	کد
معیار راه و حمل‌ونقل	✸ ساخت خیابان‌های توزیع و پخش‌کننده	۳.۰۳۳	A1
	✸ ساخت معابر دسترسی به بلوک‌ها و واحدها	۳.۰۸۳	A2
	✸ ساخت و نصب سنگ جدول و جدول‌کشی	۳.۰۵۰	A3
	✸ ساخت مسیرهای پیاده و پیاده‌رو	۲.۹۵۰	A4
	✸ انجام پوشش معابر	۳.۱۸۳	A5
	✸ ساخت بولوار و رفوژ CB	۳.۳۶۷	A6
	✸ ساخت ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی	۳.۳۵۰	A7
	✸ ساخت مسیرهای دوچرخه‌سواری	۳.۱۱۷	A8
	✸ ساخت پارکینگ عمومی و خصوصی	۳.۰۵۰	A9
	✸ ساخت مسیرهای سلامت Cw	۲.۹۰۰	A10
معیار ساختمان و فضاسازی	✦ ساخت ساختمان‌های تأسیسات زیربنایی	۳.۱۰۰	B1
	✦ ساخت ساختمان‌های تأسیسات روبنایی	۳.۳۵۰	B2
	✦ ساخت ساختمان‌های مسکونی CB	۳.۴۶۷	B3
	✦ ساخت ساختمان‌های آموزشی Cw	۲.۹۳۳	B4
	✦ ساخت ساختمان‌های درمانی	۳.۰۱۷	B5
	✦ ساخت ساختمان‌های فرهنگی	۳.۰۳۳	B6
	✦ ساخت ساختمان‌های تفریحی	۳.۰۶۷	B7
	✦ ساخت ساختمان‌های رفاهی	۳.۱۵۰	B8
	✦ ساخت ساختمان‌های اداری	۳.۱۰۰	B9
	✦ ساخت ساختمان‌های خدماتی	۳.۰۱۷	B10
معیار زیست‌محیطی و گردشگری	✶ ساخت کانال‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی	۳.۰۱۷	C1
	✶ ساخت کانال‌های جمع‌آوری فاضلاب	۳.۱۱۷	C2
	✶ ساخت پارک برون‌شهری	۳.۰۸۳	C3
	✶ ساخت بوستان طبیعی	۲.۹۸۳	C4
	✶ ساخت کمربند سبز Cw	۲.۹۶۷	C5
	✶ ساخت بام سبز	۳.۰۶۷	C6
	✶ ساخت دیوار سبز	۳.۰۳۳	C7
	✶ ساخت جاذبهٔ گردشگری CB	۳.۵۰۰	C8

(منبع: یافته های محققین، ۱۴۰۲)

[1] Fuzzy Best-Worst Method (BWM)

ب) تشکیل مقایسات زوجی

در این قسمت مطابق با رابطهٔ ۳، مقایسات زوجی بهترین معیار نسبت‌به دیگر معیارها و دیگر معیارها نسبت‌به بدترین معیار انجام می‌شود. مطابق با جدول مرحلهٔ قبل، در زیرمعیارهای راه و حمل‌ونقل، بهترین زیرمعیار ساخت بولوار و رفوژ ^{CB} و بدترین زیرمعیار ساخت مسیرهای سلامت ^{Cw} انتخاب شدند که مطابق با جدول ۹ مقایسهٔ زوجی آن‌ها با سایر زیرمعیارها انجام و نتایج آورده شده است.

جدول ۹. مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای راه و حمل‌ونقل

-		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
بهترین معیار	A6	(۱.۲۸۶,۱.۷۳۵,۲.۲۸)	(۱.۶۵۲,۲.۱۴۵,۲.۶۷۲)	(۱.۳۰۴,۱.۷۴۹,۲.۳۰۵)	(۰.۹۸۷,۱.۳۹۳,۱.۹۲۴)	(۱.۲۰۱,۱.۶۴۴,۲.۱۸)	(۱,۱,۱)	(۱.۴۱۳,۱.۸۸۸,۲.۴۱۴)	(۱.۶۸۵,۲.۱۸۶,۲.۷۰۳)	(۱.۲۴۳,۱.۶۸۹,۲.۲۲۹)	(۲.۷۳۵,۳.۲۳۹,۳.۷۴۳)
بدترین معیار	A10	(۰.۸۵۱,۱.۰۹۷,۱.۴۰۳)	(۰.۸۷۴,۱.۰۹۷,۱.۳۶۵)	(۱.۰۵۶,۱.۲۶,۱.۴۷۲)	(۰.۸۷۴,۱.۲۰۳,۱.۶۲۸)	(۰.۸۰۶,۱.۰۹۷,۱.۴۸۱)	(۲.۷۳۵,۳.۲۳۹,۳.۷۴۳)	(۰.۸۰۶,۱.۰۹۷,۱.۴۸۱)	(۰.۷۶۳,۱,۱.۳۱)	(۰.۸۲۸,۱.۰۹۷,۱.۴۴۱)	(۱,۱,۱)

(منبع: یافته های محققین، ۱۴۰۲)

در قسمت زیرمعیارهای ساختمان و فضاسازی نیز مطابق با مراحل قبل، زیرمعیار ساخت ساختمان‌های مسکونی ^{CB} به‌عنوان بهترین زیرمعیار و ساخت ساختمان‌های آموزشی ^{Cw} به‌عنوان بدترین زیرمعیار شناخته شدند که مقایسهٔ زوجی آن‌ها با سایر زیرمعیارها مطابق با جدول ۱۰ انجام و نتایج درج شده است.

جدول ۱۰. مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای ساختمان و فضاسازی

-		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
بهترین معیار	B3	(۱.۲۵,۱.۷۰۸,۲.۲۳۱)	(۱.۳۵۷,۱.۸۱۷,۲.۳۵۹)	(۱,۱,۱)	(۲.۹۲۵,۳.۴۳۱,۳.۹۳۶)	(۱.۳۵۷,۱.۸۱۷,۲.۳۵۹)	(۱.۳۱۲,۱.۷۶۹,۲.۳۰۷)	(۱.۲۸۶,۱.۷۳۵,۲.۲۸)	(۱.۳۸۵,۱.۸۵۲,۲.۳۸۶)	(۱.۳۳۱,۱.۷۸۳,۲.۳۳۲)	(۱.۵۹۶,۲.۰۸۷,۲.۶۱۳)
بدترین معیار	B4	(۰.۸۰۶,۱.۱۴۹,۱.۶۱۷)	(۰.۹۴۸,۱.۲۰۳,۱.۵۰۲)	(۲.۹۲۵,۳.۴۳۱,۳.۹۳۶)	(۱,۱,۱)	(۰.۸۰۶,۱.۰۴۷,۱.۳۵۶)	(۰.۸۲۸,۱.۰۹۷,۱.۴۴۱)	(۰.۹۴۸,۱.۲۰۳,۱.۵۰۲)	(۰.۸۷۴,۱.۱۴۹,۱.۴۹۱)	(۰.۹۷۳,۱.۲۰۳,۱.۴۶۲)	(۰.۷۶۳,۱,۱.۳۱)

(منبع: یافته های محققین، ۱۴۰۲)

در سومین قسمت که بررسی زیرمعیارهای زیست‌محیطی و گردشگری است نیز بهترین زیرمعیار ساخت جاذبهٔ گردشگری ^{CB} و بدترین معیار نیز ساخت کمربند سبز ^{Cw} است که مقایسهٔ زوجی آن‌ها با سایر زیرمعیارها مطابق با جدول ۱۱ انجام و نتایج نمایش داده شده است.

جدول ۱۱. مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای زیست‌محیطی و گردشگری

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
بهترین معیار	C5	(۱.۴۱۳,۱.۸۸۸,۲.۴۱۴)	(۱.۱,۱.۵۲۸,۲.۰۶)	(۱.۴۰۴,۱.۸۶۷,۲.۴۱۲)	(۱.۳۳۱,۱.۷۸۳,۲.۳۳۲)	(۱,۱,۱)	(۱.۳۵۷,۱.۸۱۷,۲.۳۵۹)	(۱.۵۳۴,۲.۰۰۹,۲.۵۵۳)	(۲.۹۹۱,۳.۴۹۷,۴.۰۰۲)
بدترین معیار	C8	(۰.۸۰۶,۱.۰۹۷,۱.۴۸۱)	(۰.۸۲۸,۱.۱۴۹,۱.۵۷۴)	(۰.۸۷۴,۱.۰۹۷,۱.۳۶۵)	(۱.۰۲۸,۱.۲۶,۱.۵۱۲)	(۲.۹۹۱,۳.۴۹۷,۴.۰۰۲)	(۰.۸۹۸,۱.۱۴۹,۱.۴۵۱)	(۰.۹۴۸,۱.۱۴۹,۱.۳۷۵)	(۱,۱,۱)

(منبع: یافته های محققین، ۱۴۰۲)

ج) محاسبهٔ وزن معیارها

در این قسمت مدل خطی روش BWM فازی تشکیل و توسط نرم‌افزار Lingo 17 و اوزان زیرمعیارها حاصل شده که وزن فازی مستقیماً از حل مدل در نرم‌افزار Lingo محاسبه و سپس این اوزان فازی تبدیل به وزن قطعی شده است.

- **وزن معیارهای راه و حمل‌ونقل**

با توجه به روابط ۴، ۵ و ۶ و جدول ۱۲، زیرمعیارهای راه و حمل‌ونقل باغشهر کاریزلند که با استفاده از فاضلاب خاکستری ایجاد و توسعه‌یافته‌اند، رتبه‌بندی شده‌اند و نتایج نشان داد که زیرمعیار ساخت بولوار و رفوژ با وزن نهایی ۰.۱۷۹ بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده و رتبهٔ یک را تصاحب کرده است، زیرمعیار ساخت و نصب سنگ جدول و جدول‌کشی با وزن نهایی ۰.۱۰۲۶ در رتبهٔ دوم، زیرمعیار ساخت مسیرهای پیاده و پیاده‌رو به وزنه نهایی ۰.۱۰۰۴ در رتبهٔ سوم، زیرمعیار انجام پوشش معابر با وزن نهایی ۰.۰۹۳۶ در رتبهٔ چهارم قرار گرفته است. همچنین زیرمعیار ساخت مسیرهای سلامت با وزن نهایی ۰.۰۶۲۷ در رتبهٔ آخر قرار دارد.

جدول ۱۲. وزن و رتبهٔ نهایی زیرمعیارهای راه و حمل‌ونقل

معیار	وزن فازی	وزن قطعی	رتبه
✸ ساخت خیابان‌های توزیع و پخش‌کننده	(۰.۰۸۹۸,۰.۰۹۰۵,۰.۱۰۹۱)	۰.۰۹۳۵	۶
✸ ساخت معابر دسترسی به بلوک‌ها و واحدها	(۰.۰۹۰۵,۰.۰۹۰۵,۰.۱۰۶۸)	۰.۰۹۳۲	۷
✸ ساخت و نصب سنگ جدول و جدول‌کشی	(۰.۱۰۰۴,۰.۱۰۰۴,۰.۱۱۳۳)	۰.۱۰۲۶	۲
✸ ساخت مسیرهای پیاده و پیاده‌رو	(۰.۰۹۱۵,۰.۰۹۷,۰.۱۲۲۸)	۰.۱۰۰۴	۳
✸ انجام پوشش معابر	(۰.۰۸۶۶,۰.۰۹۰۵,۰.۱۱۳۹)	۰.۰۹۳۸	۴
✸ ساخت بولوار و رفوژ	(۰.۱۶۹۴,۰.۱۷۳۱,۰.۲۱۱۹)	۰.۱۷۹۰	۱
✸ ساخت ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی	(۰.۰۸۶۶,۰.۰۹۰۵,۰.۱۰۰۹)	۰.۰۹۱۶	۸
✸ ساخت مسیرهای دوچرخه‌سواری	(۰.۰۸۳۵,۰.۰۸۴۶,۰.۱۰۳۵)	۰.۰۸۷۶	۹
✸ ساخت پارکینگ عمومی و خصوصی	(۰.۰۸۸۲,۰.۰۹۰۵,۰.۱۱۱۵)	۰.۰۹۳۶	۵
✸ ساخت مسیرهای سلامت	(۰.۰۶۰۸,۰.۰۶۰۸,۰.۰۷۲۳)	۰.۰۶۲۷	۱۰

(منبع: یافته های محققین، ۱۴۰۲)

نتایج نشان می‌دهد که استفاده از فاضلاب خاکستری در بخش عمرانی ایجاد و توسعهٔ بولوارهای اصلی، بیشترین نقش را داشته است؛ زیرا مهم‌ترین شاخص عمرانی و کالبدی که جهت و روند توسعهٔ سایر کابری‌ها و اجزای باغشهر را هدایت می‌کند، بولوارهای اصلی هستند؛ درنتیجه ساخت و توسعهٔ آن‌ها در اولویت است تا شکل‌دهی فرم کالبدی و کیفیت ادراکی و بصری باغشهر تثبیت شود. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که از مرحلهٔ اول ساخت بولوارها (شامل زیرسازی، تسطیح و کمپکت، رگلاژ) تا مرحلهٔ آخر (شامل ایجاد باندهای رفت و برگشت، ایجاد رفوژ میانی و سطوح جداکننده) استفاده از فاضلاب خاکستری متداول‌ترین گزینه برای زمان‌هایی بوده که به آب نیاز بوده است. همچنین در خصوص زیرمعیار ساخت مسیرهای سلامت که در رتبهٔ آخر قرار گرفته است، بررسی‌ها نشان می‌دهد که با توجه به وجود آب موردنیاز تأمین‌شده توسط فاضلاب خاکستری و همچنین درنظرگرفتن کاربری مسیر سلامت در نقشه و پلان باغشهر، ولی علناً در محیط مورد مطالعه هیچگونه عملیات اجرایی برای ایجاد این مسیر شکل نگرفته است که از دلایل آن می‌توان به فاصلهٔ باغشهر تا شهر یزد اشاره کرد که مردم بیشتر سعی در استفاده از اتومبیل برای رسیدن به این مجموعه دارند و تمایلی درجهت استفاده از مسیر سلامت از خود نشان نداده‌اند؛ درنتیجه متولیان باغشهر نیز ایجاد مسیر سلامت را در اولویت آخر اجرایی نهاده‌اند. شکل ۴ نحوهٔ اجرای برخی از زیرمعیارهای مرتبط با راه و حمل‌ونقل که با استفاده از فاضلاب خاکستری ایجاد شده را نمایش می‌دهد.

شکل ۲. اجرای برخی از زیرمعیارهای مرتبط با راه و حمل‌ونقل با استفاده از فاضلاب خاکستری

- **وزن معیارهای ساختمان و فضاسازی**

با توجه روابط ۴، ۵ و ۶ و جدول ۱۳، زیرمعیارهای ساختمان و فضاسازی باغشهر کاریزلند که با استفاده از فاضلاب خاکستری ایجاد و توسعه یافته‌اند، رتبه‌بندی شده‌اند و نتایج نشان داد که زیرمعیار ساخت ساختمان‌های مسکونی با وزن نهایی ۰.۱۹۶۵ بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده و در رتبهٔ اول جای گرفته است، ساخت ساختمان‌های تفریحی با وزن نهایی ۰.۹۵۶ در رتبهٔ دوم، ساخت ساختمان‌های تأسیسات زیربنایی با وزن نهایی ۰.۹۵۲ در رتبهٔ سوم و ساخت ساختمان‌های اداری با وزن نهایی ۰.۰۹۴۸ در رتبهٔ چهارم قرار گرفته است. همچنین زیرمعیار ساخت ساختمان‌های آموزشی با وزن نهایی ۰.۰۶۴۴ در رتبهٔ آخر قرار دارد.

جدول ۱۳. وزن و رتبهٔ نهایی زیرمعیارهای ساختمان و فضاسازی

معیار	وزن فازی	وزن قطعی	رتبه
✦ ساخت ساختمان‌های تأسیسات زیربنایی	(۰.۰۸۰۹,۰.۰۹۵۴,۰.۱۰۸۶)	۰.۰۹۵۲	۳
✦ ساخت ساختمان‌های تأسیسات روبنایی	(۰.۰۹۰۶,۰.۰۹۰۶,۰.۱۱۰۴)	۰.۰۹۳۹	۵
✦ ساخت ساختمان‌های مسکونی	(۰.۱۷۵۹,۰.۱۹۸۲,۰.۲۱۰۵)	۰.۱۹۶۵	۱
✦ ساخت ساختمان‌های آموزشی	(۰.۰۵۹,۰.۰۶۴۷,۰.۰۶۸۸)	۰.۰۶۴۴	۱۰
✦ ساخت ساختمان‌های درمانی	(۰.۰۸۰۹,۰.۰۹۰۶,۰.۱۰۱۸)	۰.۰۹۰۹	۸
✦ ساخت ساختمان‌های فرهنگی	(۰.۰۸۲۴,۰.۰۹۲۷,۰.۱۰۴۶)	۰.۰۹۳۰	۶
✦ ساخت ساختمان‌های تفریحی	(۰.۰۹۰۶,۰.۰۹۴۲,۰.۱۰۶۲)	۰.۰۹۵۶	۲
✦ ساخت ساختمان‌های رفاهی	(۰.۰۸۵۵,۰.۰۸۹۲,۰.۱۰۹۸)	۰.۰۹۲۰	۷
✦ ساخت ساختمان‌های اداری	(۰.۰۹۲۱,۰.۰۹۲۱,۰.۱۰۸۱)	۰.۰۹۴۸	۴
✦ ساخت ساختمان‌های خدماتی	(۰.۰۷۷۹,۰.۰۸۰۷,۰.۰۸۹۵)	۰.۰۸۱۷	۹

(منبع: یافته های محققین، ۱۴۰۲)

نتایج نشان می‌دهد که استفاده از فاضلاب خاکستری در بخش فضاسازی و ساختمان‌سازی بیشترین نقش را در قسمت ساختمان‌های مسکونی داشته است؛ زیرا مردم شهر یزد به‌دلیل اقلیم و شرایط آب‌وهوایی گرم و خشک، تمایل زیادی به خانه‌های ویلایی با مساحت بالا به‌صورت خانه‌باغ که دارای سطح و سرانهٔ فضای سبز زیاد است، از خود نشان می‌دهند. از سوی دیگر به‌دلیل میراثی‌بودن شهر یزد، وجود بافت کالبدی باارزش با ابعاد درهم‌تنیده و تودرتو، مردم به نوعی از این بافت خسته شده‌اند و نظر دارند که این خستگی روحی و روانی را با رویکرد اکولوژیکی و توجه به ایجاد و مناظر طبیعی تأمین کنند؛ به‌همین‌دلیل ساخت‌وسازهای با قطعات بزرگ با فضای سبز گسترده رواج بسیاری داشته است.

نتایج آماری و بررسی‌های محلی نیز نشان داد که زیرمعیار ساخت ساختمان‌های آموزشی در رتبهٔ آخر قرار گرفته است. در تحلیل این موضوع باید گفت که حضور و تحرک مردم در باغشهر کاریزلند بیشتر به‌صورت موقتی و در تعطیلات رخ می‌دهد، درنتیجه با توجه در سایت پلان باغشهر فضاهایی آموزشی همچون بخش پژوهش و پارک علم و فناوری و همچنین شهرک IT در نظر گرفته است و آب موردنیاز (فاضلاب خاکستری) درجهت ساخت‌وساز نیز در نظر گرفته شده است؛ اما به نبود جمعیت لازم‌التعلیم در محیط باغشهر، این‌گونه فضاها هنوز شکل نگرفته‌اند و زمین‌های در نظر گرفته برای این کاربری نیز اکنون به‌صورت بایر مانده است. شکل ۶، نحوهٔ اجرای برخی از زیرمعیارهای مرتبط با فضاسازی و ساختمان‌سازی که با استفاده از فاضلاب خاکستری ایجاد شده را نمایش می‌دهد.

شکل ۳. اجرای برخی از زیرمعیارهای مرتبط با فضاسازی و ساختمان‌سازی با استفاده از فاضلاب خاکستری

- **وزن معیارهای محیط‌زیست و گردشگری**

با توجه روابط ۴، ۵ و ۶ و جدول ۱۴، زیرمعیارهای محیط‌زیست و گردشگری باغشهر کاریزلند که با استفاده از فاضلاب خاکستری ایجاد و توسعه یافته‌اند، رتبه‌بندی شده‌اند و نتایج نشان داد که زیرمعیار ساخت جاذبهٔ گردشگری با رتبهٔ نهایی ۰.۲۴۳۱ بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است، زیرمعیار ساخت کانال‌های جمع‌آوری فاضلاب با وزن نهایی ۰.۱۲۴۹ در رتبهٔ دوم، ساخت بوستان طبیعی با وزنه نهایی ۰.۱۱۶۳ در رتبهٔ سوم و

ساخت بام سبز با وزن نهایی ۰.۱۱۱۷ در رتبهٔ چهارم قرار گرفته است. همچنین زیرمعیار ساخت کمربند سبز با وزن نهایی ۰.۰۷۹۲ در رتبهٔ آخر قرار دارد.

جدول ۱۴. وزن و رتبهٔ نهایی زیرمعیارهای زیست‌محیطی و گردشگری

معیار	وزن فازی	وزن قطعی	رتبه
✶ ساخت کانال‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی	(۰.۰۹۹۷,۰.۱۰۸۱,۰.۱۱۷۵)	۰.۱۰۸۳	۶
✶ ساخت کانال‌های جمع‌آوری فاضلاب	(۰.۱۰۰۶,۰.۱۲۸,۰.۱۳۶۹)	۰.۱۲۴۹	۲
✶ ساخت پارک برون‌شهری	(۰.۱۰۵۲,۰.۱۰۹۱,۰.۱۲۲۳)	۰.۱۱۰۷	۵
✶ ساخت بوستان طبیعی	(۰.۱۱۲۸,۰.۱۱۳۲,۰.۱۳۲۳)	۰.۱۱۶۳	۳
✶ ساخت جاذبهٔ گردشگری^{CB}	(۰.۲۰۸۸,۰.۲۴۹۹,۰.۲۴۹۹)	۰.۲۴۳۱	۱
✶ ساخت بام سبز	(۰.۱۰۷,۰.۱۱۱۵,۰.۱۱۷۲)	۰.۱۱۱۷	۴
✶ ساخت دیوار سبز	(۰.۱۰۲۴,۰.۱۰۲۷,۰.۱۱۰۶)	۰.۱۰۴۰	۷
✶ ساخت کمربند سبز^{Cw}	(۰.۰۶۸۵,۰.۰۸۱۳,۰.۰۸۱۳)	۰.۰۷۹۲	۸

(منبع: یافته های محققین، ۱۴۰۲)

برای این مجموعه، ۷ پردیس مانند: پردیس خرید و اوقات فراغت، پردیس اسکان موقت، پردیس ورزشی، پردیس پژوهشی، پردیس تندرستی، پردیس کسب‌وکار و پردیس فرهنگی در نظر گرفته شده است که مهم‌ترین نکته، اجرای این پروژه‌های عمرانی است که آب موردنیاز همهٔ فعالیت‌های عمرانی ازطریق فاضلاب خاکستری تأمین می‌شود. مطابق با نتایج کمّی ارائه‌شده، ناموفق‌ترین زیرمعیار در این قسمت ساخت کمربند سبز است که باتوجه به مبانی نظری تئوری ابنزرد هاوارد، یکی از شالوده‌های اصلی نظریهٔ باغشهر بوده است. از دلایل ضعیف‌بودن عملکرد در خصوص ساخت و توسعهٔ عمرانی کمربند سبز با توجه به مهیابودن عامل مهم ایجاد آن یعنی آب (فاضلاب خاکستری)، باید ذکر کرد که رویکرد مدیران و مسئولان امر، گسترش این باغشهر به سمت شهر تفت است؛ زیرا در همجواری این مجموعه، هنوز زمین‌های دولتی و بایر بسیاری وجود دارد که رویکرد مدیریتی استان یزد در صورت تأمین آب از سایر فاضلاب‌ها، گسترش فازهای بعدی این مجموعه است. درنتیجه این باغشهر به‌عنوان یک مانع و کمربند، ایفای نقش نخواهد کرد.

شکل ۴. اجرای برخی از زیرمعیارهای مرتبط با محیط‌زیست و گردشگری با استفاده از فاضلاب خاکستری

د) محاسبهٔ نرخ سازگاری

در این قسمت از تحقیق با توجه به رابطهٔ ۷، محاسبهٔ سازگاری درجهت تعیین میزان اعتماد به فرایند طی‌شده انجام شده است که مطابق با جدول ۱۵ می‌توان گفت در سه معیار اصلی راه و حمل‌ونقل، ساختمان و فضاسازی و محیط‌زیست و گردشگری به صفر نزدیک‌تر است. درنتیجه مقایسات انجام‌شده از سازگاری و ثبات برخوردارند.

جدول ۱۵. نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی

عامل	(ξ) مقایسهٔ زوجی مقدار مجهول	($*\xi$) مقدار بهینهٔ تابع هدف	نرخ ناسازگاری
معیارهای راه و حمل‌ونقل	۷.۰۲۴	۰.۳۹۲	۰.۰۵۶
معیارهای ساختمان و فضاسازی	۷.۲۸۶	۰.۳۷۰	۰.۰۵۱
معیارهای محیط‌زیست و گردشگری	۷.۳۷۵	۰.۴۲۵	۰.۰۵۸

(منبع: یافته های محققین، ۱۴۰۲)

نتیجه‌گیری

اغلب کشورهای جهان امروزه با چالش محدودیت منابع آب برای ایجاد پروژه‌های عمرانی بزرگ‌مقیاس به‌دلیل خشکساری‌ها، آلودگی‌ها و افزایش تقاضا روبه‌رو هستند؛ بنابراین رویکردهای مدرن و سازگار درجهت ارتقای مدیریت منابع آب برای جوابگویی به دغدغه‌های عمرانی مطرح شده است. در این تحقیق نیز سعی شد مهم‌ترین بخش عمرانی این پروژه که با استفاده از فاضلاب خاکستری ایجاد شده، مشخص شود؛ بنابراین بخش‌های اصلی عمرانی پروژه به سه معیار اصلی تقسیم شد که معیار راه و حمل‌ونقل با ۱۰ زیرمعیار، معیار ساختمان و فضاسازی با ۱۰ زیرمعیار و معیار زیست‌محیطی و گردشگری با ۸ زیرمعیار از این دست هستند.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها توسط مدل خطی BWM فازی انجام شده است. نتایج در همهٔ ۱۰ زیرمعیار راه و حمل‌ونقل نشان داد که توسعهٔ عمرانی زیرمعیارهای راه و حمل‌ونقل که وابستگی زیادی به آب برای ساخت و توسعه داشته‌اند، تحقق‌پذیری خوبی داشته‌اند. این در حالی است که چالش‌هایی همچون اقلیم گرم و خشک شهر یزد و محدودیت‌های منابع آب موجود پیش‌روی این پروژه بوده است. نتایج این قسمت از تحقیق با نتیجهٔ تحقیق، دهقان بهابادی و امانیان، ۱۳۹۷ یکسان و در یک جهت است.

تأثیر فاضلاب خاکستری به‌عنوان منبع تأمین آب در ۱۰ زیرمعیار بخش فضاسازی و ساختمان‌سازی نیز قابل‌ذکر و راه‌گشا بوده است. در این قسمت از پروژه، از فاضلاب خاکستری به‌عنوان عنصر تهیهٔ شفته، ملات، فرآوری بتن‌ها و بتن‌ریزی، ایجاد مشتقات عمرانی، فرایندهای تولید مصالح در بخش سفت‌کاری، نازک‌کاری و... استفاده شده است و باعث ساخت فضاهای متفاوت با کاربری‌ها متفاوت در محدودهٔ مورد مطالعه شده است. یافته‌های این بخش از تحقیق با تحقیقات امینی و بهمنی چاهستانی، ۱۳۹۸؛ شعبانی اقطاء و تیزقدم غازانی، ۱۳۹۴ و عبدالله و همکاران، ۲۰۲۰ همسو است و حاصل یافته‌های آن‌ها را تأیید می‌کند.

زیرمعیارها در معیار زیست‌محیطی و گردشگری که ۸ مورد بوده‌اند نیز تأثیر قابل‌توجهی از فاضلاب خاکستری درجهت توسعه و ساخت خود پذیرفته‌اند؛ به نحوی که ایجاد، توسعه و نگهداری از کاربری‌ها با ماهیت سبز، نیاز فراوان به آب مناسب و باکیفیت دارد که بتواند نیاز آبی در مکان و زمان مناسب برطرف کند. فاضلاب خاکستری به‌دلیل کیفیت مناسب نسبت‌به سایر فاضلاب‌ها باعث شده که سرانهٔ فضای سبز پروژه کاریزلند بدون هیچ مشکلی تأمین شود. این مهم از یکسو باعث ارتقای نما و منظر و تلطیف هوای باغشهر شده و از سوی دیگر فاصلهٔ میان ساختمان‌ها را پر کرده است و تراکم ساختمانی را در سطح باغشهر کاریزلند کنترل کرده و از تراکم ساختمانی کاسته است. نتایج این قسمت از تحقیق را می‌توان مشابه با تحقیقات عزیزی و همکاران، ۱۳۹۵؛ مارتینا و همکاران، ۲۰۱۷ و جاش و همکاران، ۲۰۲۰ دانست که به نوعی تکمیل‌کنندهٔ یکدیگر هستند.

استفاده از آب فاضلاب در امر توسعه و گسترش فضای سبز شهری دارای محدودیت‌هایی مانند: نامشخص‌بودن کیفیت بیولوژیکی آب، عدم پذیرش از سوی مردم و جامعه، تجمع عناصر سنگین و سایر عناصر سمّی در خاک و گیاهان، آلودگی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و از همه مهم‌تر شیوع بیماری‌های مختلف و... است.

پیشنهادات کاربردی

- استفاده از فاضلاب خاکستری درجهت ایجاد و ساخت خیابان‌های اصلی و فرعی و دسترسی‌های واحدها و بلوک‌ها؛
- بهره‌گیری از فاضلاب برای نصب سنگ جدول و جدول‌کشی و ایجاد و ساخت پیاده‌رو و سنگفرش؛
- ایجاد ایستگاه‌های حمل‌ونقل تأسیسات و تجهیزات روبنایی و زیربنایی با استفاده از پساب‌های موجود در شهرها؛
- ایجاد و ساخت ساختمان‌های مسکونی، اداری، آموزشی و درمانی، خدماتی در محیط شهرک کاریزلند با استفاده از فاضلاب موجود؛
- استفادهٔ بهینه از آب فاضلاب درجهت ارتقای جاذبه‌های گردشگری، ایجاد چشم‌انداز طبیعی، گسترش کاربری فضای سبز، احداث پارک و بوستان‌های طبیعی و ایجاد کانال‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی؛
- استفاده از پتانسیل ساخت شهرک درجهت ایجاد فرصت‌های شغلی در امر ساخت‌وساز و مشاغل وابسته به آن.

پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی

- بررسی تشکیل سامانهٔ واحد ساخت‌وساز برای شهرک‌های عمرانی با رویکرد استفاده از پساب‌ها؛
- ارزیابی معایب و مزایای استفاده از آب خاکستری در ساختمان‌های مسکونی؛
- بررسی تولید مصالح ساختمانی با استفاده از بقایای فاضلاب و پساب‌های شهری و روستایی.

منابع

امینی، مهشاد؛ بهمنی چاهستانی، امیر. (۱۳۹۸). طراحی تصفیهٔ غیرمتمرکز برای استفادهٔ مجدد از فاضلاب خاکستری در ساختمان‌های مسکونی جهت صرفه‌جویی در مصرف آب، دومین کنفرانس ملی عمران و معماری در مدیریت شهری قرن ۲۱، تبریز.

https://civilica.com/doc/934157/

دهقان بهابادی، زهره؛ امانیان، نصرت‌اله. (۱۳۹۷). سالم‌سازی و استفادهٔ مجدد از فاضلاب خاکستری، روش‌ها و چالش‌ها، هفتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، یزد.

https://civilica.com/doc/845657/

شعبانی اقطاء، رسول؛ تیزقدم غازانی، مصطفی. (۱۳۹۴). امکان‌سنجی جداسازی فاضلاب خاکستری در ساختمان و کاربرد مجدد آن، کنفرانس بین‌المللی محیط‌زیست و منابع طبیعی، شیراز.

https://civilica.com/doc/۵۵۱۱۱۸

صالحی، صدقیانی؛ ابراهیمی، ایرج. (۱۳۹۹) تحلیل آماری پیشرفته (برای دانشجویان رشته‌های مدیریت و حسابداری و اقتصاد) انتشارات هستان، چاپ اول.

عزیزی، محمد؛ بنی طباء، سید شهاب‌الدین؛ غفارزاده، محمدجواد. (۱۳۹۵). تصفیهٔ فاضلاب خاکستری با روش هوادهی به‌منظور تأمین آب موردنیاز فضای سبز مطالعه، طراحی و اجرا: دانشگاه کاشان، کنگرهٔ علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، تهران.

https://civilica.com/doc/۶۰۰۳۳۶

ضرغامی وحید، کیانوش؛ مهربان، مسعود؛ روشن روان، حمید؛ حسن‌زاده، رمضانعلی. (۱۳۹۷). بازچرخانی آب خاکستری به‌منظور سازگاری با کم‌آبی و کاهش هزینهٔ تصفیهٔ فاضلاب مسکن مهر شهر بجنورد، دومین کنگرهٔ علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، اصفهان.

https://civilica.com/doc/۸۵۵۹۵۷

References

Abbas M. Hassan and Hyowon Lee (2014) The paradox of the sustainable city: deifnitions and examples,. Environment, Development and Sustainability volume 17, pages1267–1285, DOI 10.1007/s10668-014-9604-z .

https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-014-9604-z

Abdallah., Sh. b, Mohamad, A Kh., Ahmed, M., Mohamed, A., Ala, E I., Abdullah, Y., b, c, Tarek, M., b, Mohsin, S., b, Rami, Al-R., b, Monzur, A I., Noora, D, Mayyada A, B, Ghada., S. (2020), Greywater reuse experience in Sharjah, United Arab Emirates: feasibility, challenges and opportunities, Desalination and Water Treatment, volume 179, p211–222, doi: 10.5004/dwt.2020.25048.

https://repository.usfca.edu/cgi/viewcontent.cgi

Alisa, K., Sandra, T. (2018) Urban Gardening as a Multifunctional Tool to Increase Social Sustainability in the City, Architecture and Urban Planning, Volume 14: Issue 1, 91-95. doi: 10.2478/aup-2018-0012.

https://www.researchgate.net/publication/330928751

Amira mersal (2017), challenge and opportunities in transferring a city in to green city, procedia environmental sciences, volume 37, 1, p 23-33.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029617300105

Anacleto, R., Fabio, M. (2020), A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental beneifts Science of The Total Environment. Volume 711, 1-26.

https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134731

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719347229

Andreea., Maria, T. (2020), Urbanization and cities of the future, International Journal for Innovation Education and Research, Vo: -8 No-03, 2020, p 235-345.

https://www.researchgate.net/

Angela Heymans, Jessica Breadsell, Gregory M. Morrison, Joshua J. Byrne and Christine Eon (2019), Ecological Urban Planning and Design: A Systematic Literature Review, Sustainability 2019, 11, p1-20; doi:10.3390/su11133723.

www.mdpi.com/journal/sustainability

Aziz, T., Addelkader, Ch., Driss, B., Khadija, O., Imane, T. (2019), Recycling gray water after treatment to irrigate green spaces in smart city, SCA '19: Proceedings of the 4th International Conference on Smart City Applications October 2019 Article No.: 7 Pages 1–4, https://doi.org/10.1145/3368756.3368973.

https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3368756.3368973

Boano, A. Caruso, E. Costamagna, L. Ridolfi, S. Fiore, F. Demichelis, A. Galvão, J.Pisoeiro, A. Rizzo, F. Masi (2019), A review of nature-based solutions for greywater treatment: applications, hydraulic design, and environmental benefits, Science of the Total Environment doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134731.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719347229

Bruno., N. (2018) Residential Landscapes Garden design, urban planning and social formation in Belgium, Urban Forestry & Urban Greening, Volume 30, Pages 220-238.

https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.02.013.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866716304137

Brenda, B.L., Monika, H., Egerer, H., Liere, Sh., Stacy, M. P (2018), Soil management is key to maintaining soil moisture in urban gardens facing changing climatic conditions, Scientific REPORTS, 8: p 1-9, DOI:10.1038/s41598-018-35731-7.

www.nature.com/scientificreports

Chengzhong, M., Jifeng, D., Xiaojing, Zh., Yingchun., Zh. (2018), Theory and practice of ecological city construction, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 186 (2018) 012058. doi :10.1088/1755-1315/186/3/012058.

https://www.researchgate.net/publication/328236152_Theory_and_practice_of_ecological_city_construction

Christine Haaland,Cecil Konijnendijk Van den Bosch (2015), Challenges And strategies for urban green-space planning in cities undergoing densiifcation: A review, Urban forestry and urban greeni□g, Volume 14, Issue 4, P 760-771.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S161886671500

Colby J Tanner, Frederick R Adler, Nancy B Grimm, Peter M Groffman, Simon A Levin, Jason Munshi-South, Diane E Pataki, Mitchell Pavao-Zuckerman, and William G Wilson (2014) Urban ecology: advancing science and society, Volume12, Issue10, P 574-581.

https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/140019

Dinko, Đ., Maja, T., Ivona., H. (2020), Sewage Sludge Thermal Treatment Technology Selection by Utilizing the Analytical Hierarchy Process, Water 2020, Volume 12, Issue 5, p 1-16; doi:10.3390/w12051255.

https://www.mdpi.com/2073-4441/12/5/1255

Dragica, G., Marija, B., Bojan, Đ., Dejan, F., (2019), The Origin and Development of Garden Cities, An Overview, UDC, 711.417.2, 18/19, p 33-43. doi:10.5937/zrgfub1901033G.

https://www.researchgate.net/publication/334609864

Eleanor C Stokes and Karen C Seto (2019), Characterizing and measuring urban landscapes for sustainability, Environ. Res. Lett. 14, p1-15. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aafab8.

https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aafab8

Evan, W., Xiaohua, X. (2017) Optimal energy-water management in urban residential buildings through grey water recycling, Sustainable Cities and Society, Volume 32, July 2017, P 654-668.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670716305844

Franz, M.r, Wolfgang. M., Franz, P., Franz, F., Reinthaler, G., E. Zarfel, Clemens, K. (2017) Impact of Combined Sewer Overflow on Wastewater Treatment and Microbiological Quality of Rivers for Recreation. Water, 9, p 1-10; doi:10.3390/w9110906.

https://www.researchgate.net/publication/321672028

Fulvio, B., Alice, C., Elisa, C., Luca R., Silvia, F., Francesca, D., Ana, G., Joana, P., (2020), A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits, Science of The Total Environment V, 711, p 1-26.

https://www.mdpi.com/2073-4441/12/8/2310

Gabriele Cepeliauskaite and Zaneta Stasiskiene (2020), The Framework of the Principles of Sustainable Urban Ecosystems Development and Functioning, Journals Sustainability Volume 12, Issue 2.

https://doi.org/10.3390/su12020720.

https://www.mdpi.com/2071-1050/12/2/720

Gokul, AK. R, Rajalakshmi, N.R., Saranya.P, Vidhya.P, Latha.B (2018), Active utilization of grey water in residential buildings using IOT, International Creative Research Thoughts (IJCRT) Volume 6, Issue 2, p131-138.

http://www.ijcrt.org/papers/IJCRT1892685

Golda, A., Edwin, P., Nandhivarman., M. (2014), Characterization of domestic gray water from point source to determine the potential for urban residential reuse: a short review, Appl Water Sci (2014) 4:39–49, DOI 10.1007/s13201-013-0128-8.

https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-013-0128-8

Howe C.A., K. Vairavamoorthy and van der Steen N. P. (2012) Sustainable Water Management in the City of the Future, the SWITCH Project 2006-2011.

www.switchurbanwater.eu

Hyde, M.J. Smith and K. Adeyeye (2017), Developments in the quality of treated greywater supplies for buildings, and associated user perception and acceptance, International Low-Carbon Technologies 2017, 12, 136–140. doi:10.1093/ijlct/ctw006.

https://academic.oup.com/ijlct/article/12/2/136/2527616

Junxue, Z., Lin., M. (2020) Environmental Sustainability Assessment of a New Sewage Treatment Plant in China Based on Infrastructure Construction and Operation Phases Emergy Analysis, Water 2020, 12, p 1-23; doi:10.3390/w12020484.

https://www.researchgate.net/publication/339191882

Josh, B., Stewart, D., Martin, A., Goen, H. (2020) Quantifying the Benefits of Residential Greywater Reuse, Journals Water , 12 (8), p 1-13.

https://doi.org/10.3390/w12082310.

https://www.mdpi.com/2073-4441/12/8/2310

Maja Vujcica, Jelena Tomicevic-Dubljevica, Ivana Zivojinovicb, Oliver Toskovicc (2019) Connection between urban green areas and visitors' physical and mental well-being, Urban Forestry & Urban Greening, Volume 40,, P. 299-307.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866717304703

Martina, R., Daniela, K., Zuzana, V. (2017), Green Walls as an Approach in Grey Water Treatment, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 245 (2017) 072049 doi:10.1088/1757-899X/245/7/072049.

https://www.researchgate.net/publication/320861110_Green_Walls_as_an_Approach_in_Grey_Water_Treatment

Natalie, M., Mark, N. (2020), Changing the urban design of cities for health: The superblock model, Environment International, Volume 134, January 2020, 105132.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412019315223

Nicolas, V. Anne, C. (2017) Garden Cities of the 21st Century: A Sustainable Path to Suburban Reform, Urban Planning, Volume 2, Issue 4, Pages 45–60. DOI: 10.17645/up. v2i4.110.

https://www.researchgate.net/publication/322140094

Patrizia, C., Michele, N., Roberto, F. (2016), in buildings: a mini-review of guidelines, technologies and case studies, Journal Civil Engineering and Environmental Systems Volume 33,Issue 1, P, 35-54.

Santiago, P O. (2019) Private Preservation: Using Garden City-Inspired Legal Tools to Preserve Communities and Heritage, Theses (Historic Preservation). 669.

https://repository.upenn.edu/hp_theses/669

Shuai, Y. (2017) The Development Trend of Modern Garden City and the Characteristic Town Construction, International Conference on Sports, Arts, Education and Management Engineering (SAEME 2017), Advances in Social Science, Education and Humanities Research, volume 105, p 515-518.

https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1573062X.2018.1457165?scroll=top&needAccess=true

Shashi, K., Fouad, H., Jaber, R. K. (2018) Evaluation of a portable in-house greywater treatment system for potential water-reuse in urban areas JournalUrban Water Journal Volume 15, 2018 - Issue 4, P 309-315.

https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1573062X.2018.1457165

Simon Elias Bibri (2020), The eco-city and its core environmental dimension of sustainability: green energy technologies and their integration with data-driven smart solutions, Bibri Energy Informatics 3:4, p 1-26. https://doi.org/10.1186/s42162-020-00107-7

https://energyinformatics.springeropen.com/articles/10.1186/s42162-020-00107-7

Simone., M P. Rudy., R. (2020) Attitude and Actual Behaviour towards Water-Related Green Infrastructures and Sustainable Drainage Systems in Four North-Western Mediterranean Regions of Italy and France, Water 2020, 12(5), 1474; https://doi.org/10.3390/w12051474.

https://www.mdpi.com/2073-4441/12/5/1474

Simon Elias Bibri and John Krogstie (2020) Smart Eco-City Strategies and Solutions for Sustainability: The Cases of Royal Seaport, Stockholm, and Western Harbor, Malmö, Sweden, Urban Sci. 2020, 4, 11; doi:10.3390/urbansci4010011.

www.mdpi.com/journal/urbansci

Stephan., H. (2017), From the Garden City to the Smart City, Urban Planning 2017, Volume 2, Issue 3, P, 1–4, DOI: 10.17645/up. v2i3.1072.

https://www.cogitatiopress.com/urbanplanning/article/view/1072

Steward T. A. Pickett, Mary L. Cadenasso, Daniel L. Childers, Mark J. McDonnell, and Weiqi Zhou (2016) Evolution and future of urban ecological science: ecology in, of, and for the city, Volume2, Issue7, P1-16. https://doi.org/10.1002/ehs2.1229.

https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ehs2.1229

Turner, R.D.R., Warne, M.St.J. Dawes, L.A., Vardy, S. & Will, G.D (2016), "Irrigated greywater in an urban sub-division as a potential source of metals to soil, groundwater and surface water", Environmental Management, vol. 183, pp. 806-817.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716306703

Wannawit, T., Phongphiphat, Ph. (2017), Grey Water Recycle System for a University Building: A Case Study in Thailand, International Environmental Science and Development, Vol. 8, No. 6, p 420-424, doi: 10.18178/ijesd.2017.8.6.990.

https://www.researchgate.net/publication/314167272

Yahya, Sheikhneja and Tan Yigitcanlar (2020), Scientiifc Landscape of Sustainable Urban and Rural Areas. Research: A Systematic Scientometric Analysis, Sustainability 2020, 12, p1-28. doi:10.3390/su12041293.

www.mdpi.com/journal/sustainability

Yi-Kai Juan, Yi Chen and Jing-Ming Lin (2016) Greywater Reuse System Design and Economic Analysis for Residential Buildings in Taiwan, Water 2016,p 8, 546; doi:10.3390/w8110546

www.mdpi.com/journal/water

Yongjun, S., Li, D., Shu-Yuan, P., Pen-Chi, Ch., Shailesh, S, Sable, d., Kinjal, J., Shah (2020) Integration of green and gray infrastructures for sponge city: Water and energy nexu, Water Energy Nexus 3, p 29–40. https://doi.org/10.1016/j.wen.2020.03.003.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2588912520300151

Zheng, Jia-X., Tu., Hao-R,, Lee., K, (2020), Research on Greening Design Based on Urban Landscape, E3S Web of Conferences 165, 04036 (2020) p1-5.

https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016504036

https://www.researchgate.net/publication/341074842

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی