



Planning Water Distribution Network Renewal Using the SAM Model for Data Analysis of Historical Events

Sattar Salehi^{1*}, Ali Abyati², Mohammad Rajabi³, Massoud Khandaie⁴

1. Assist. Prof., Department of Civil Engineering, Ga.C., Islamic Azad University, Garmsar, Iran (Corresponding Author) Sattar.salehi@iau.ac.ir
2. MSc. Graduated, Department of Civil Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
3. Office Manager, Qamsar Water and Wastewater Office, Water and Wastewater Company of Kashan City, Kashan, Iran
4. Operation Expert, Qamsar Water and Wastewater Office, Water and Wastewater Company of Kashan City, Kashan, Iran

 <https://doi.org/10.22093/wwj.2025.502364.3462>

Original Paper

Abstract

One of the most crucial decisions for water and sewerage companies is how to strategize network renewal activities. Any misstep in this area can result in wasted allocated funds and the emergence of issues related to water distribution networks. Consequently, it is essential to make the most informed decisions possible. Planning for the renewal of water distribution networks typically considers factors such as events and failures of network pipes, along with water demand and network development. However, the analysis and evaluation of these factors within water and sewerage companies often lack precision, leading to ineffective planning for renewal activities. This research aims to enhance the planning of the water distribution network renewal in Qamsar city, Kashan, by analyzing data on the network's historical events from 2019 to 2024. To achieve this, a Strategic Asset Management model was developed to analyze failures within the Qamsar network, identifying the most significant indicators of events in the water distribution network of Qamsar city. The results demonstrate that, using the SAM model, it is possible to assess the profile of historical events, including the number, location, and type of events, the failed equipment, the repair works, pipe size and type of pipe that failed the reason of the event, the covering of the event location, and its network pressure. Based on this assessment, the renewal strategies of the water distribution network could be determined. The SAM model developed in this research can be used to plan the renewal of the water distribution network.

Keywords:
Water Distribution Network, Renewal, Historical Events, SAM Model, Qamsar.



Received: Sep. 8, 2024
Revised: Oct. 13, 2024
Accepted: Nov. 9, 2024

To cite this article:

Salehi, S., Abyati, A., Rajabi, M., Khandaie, M., 2024. Planning water distribution network renewal using the SAM Model for data analysis of historical events. *Water and Wastewater*, 35(4), 88-112. <https://doi.org/10.22093/wwj.2025.502364.3462>.

Use your device to scan and read the article online



© The Author(s).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



1. Introduction

The key operational dataset for water distribution networks is typically the event history, which can be used to assess the condition of network infrastructure. Historical events in water distribution networks can serve as a significant database for operational planning, especially with regard to programs focused on upgrading, rehabilitating, and replacing existing water distribution networks (Burn et al., 2003). Most water companies collect data, but this data is often not used to its full potential in analytical contexts. Using Strategic Asset Management¹ models can help improve water distribution network renewal shortages by implementing a more effective planning approach. These models rely on historical events and network failure data to establish renewal plans and strategies (Salehi et al., 2018). In this study, a SAM model is developed to plan the renewal works of the water distribution network in Qamsar, Iran. This model uses historical Qamsar network event data spanning the years 2019-2024 to determine the renewal strategies for water distribution systems.

2. 2. Methodology

2.1. Case study

Qamsar City's water distribution network was chosen as the case study of this research. The Qamsar water distribution network is 95 kilometers in length, and supplies water to 4907 subscribers. A diagram illustrating the network zones and their linked reservoirs is presented in Fig. 1.

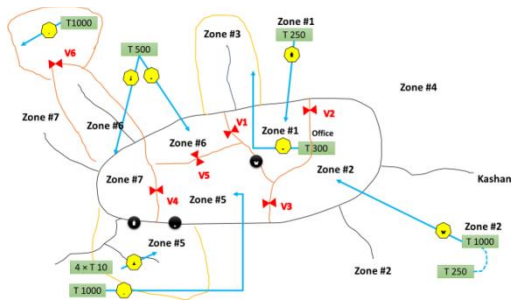


Fig. 1. The water supply from reservoirs to the Qamsar water distribution network zones

2.2. Strategic asset management model

Strategic asset management models are commonly known as SAM models. This model falls under Asset Management models (AM models) for water distribution networks. The AM models are based on failure- and event-driven models (FM models) of water supply facilities. In other words, SAM models incorporate failure models through a multilevel approach that combines mechanical and hydraulic structural analysis, and then offers a strategic plan for

¹ Strategic Asset Management (SAM)

renewing the water distribution network. The initial data for the SAM models are derived from historical information about water distribution network events and network equipment failures. Fig. 2 illustrates the flow diagram of research employed in this study to develop a SAM model (Fig. 3) for planning the renewal of Qamsar City's water distribution network in Iran using the historical events of the network from 2019 to 2024.

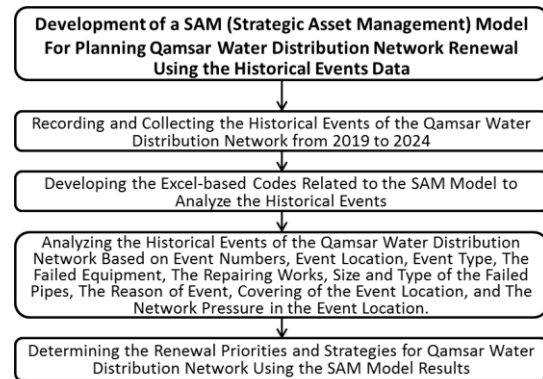


Fig. 2. The SAM model developed for planning Qamsar water distribution network renewal

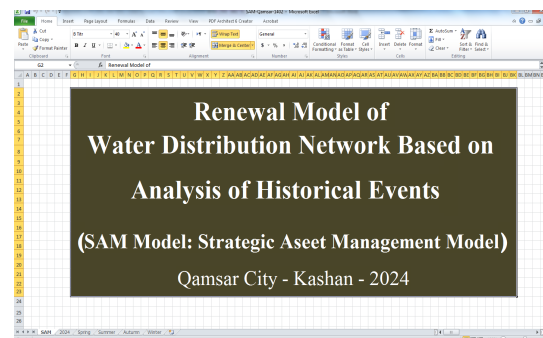


Fig. 3. The SAM model – Qamsar City - 2024

3. Results and discussion

Based on the outcomes of the SAM model, historical event data can be assessed, and the insights gained can lead to determining the strategies to renovate the water supply network. The characteristics of each historical event are displayed individually for each year in Fig. 4 and Table 1. The subsequent analysis and discussion for each section are as follows.

3.1. Analysis of the percentage of events in different seasons

By investigating the percentage of events in different seasons, it is clear that the occurrence of failures in the years 2020 to 2024 occurred mainly in the summer season, and after the summer, the spring is the second most event-prone season of the year. Therefore, it is



Table 1. Comparing the results of SAM model in Qamsar water distribution network from 2019 to 2024

Year	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Time	Monthly	June	August	July-August	July	July	June-July
	Hourly	6 A.M. to 12 A.M.	6 A.M. to 12 A.M.	12 A.M. to 6 P.M.	6 A.M. to 12 A.M.	6 A.M. to 12 A.M.	6 A.M. to 12 A.M.
Location	Rank #1	Jazavand (18.5%)	Extra (21.2%)	Qahreroud (18%)	Qahreroud (30%)	Qazaan (28%)	Qazaan (40%)
	Rank #2	Qazaan (15%)	Emam Jome (12%)	Extra (15.2%)	Farfahan/ Jouinan (9.1%)	Jouinan (18%)	Extra (14%)
	Rank #3	Boneroud (11%)	Mazgoun/ Farfahan/ Rahmat Abad (9.1%)	Sareroud/ Jouinan (9.1%)	Paecen Mahaleh (6.7%)	Extra (12.5%)	Sareroud (7%)
Type	Rank #1	Pipe Burst in the Alley (89%)	Pipe Burst in the Alley (82%)	Pipe Burst in the Alley (82%)	Pipe Burst in the Alley (80%)	Pipe Burst in the Alley (78%)	Pipe Burst in the Alley (81%)
	Rank #2	Pipe Burst in the Street (7.4%)	Pipe Burst in the Street (18%)	Pipe Burst in the Street (9.1%)	Pipe Burst in the Street (6.7%)	Pipe Burst in the Street (18%)	Pipe Burst in the Street (12%)
	Rank #3	Water meter leakage (3.7%)	--	The leakage between water meter and its cover (6.1%)	Pressure shortage/ water supply disruption/ the leakage from the network valve to the connection valve/ the leakage between the water meter and its cover (3.3%)	The leakage from network valve to connection valve (5%)	Water supply disruption/ the leakage from the network valve to the connection valve/ the leakage between the water meter and its cover (2.3%)
Equipment	Rank #1	Pipe (96.3%)	Pipe (87.88%)	Pipe (93.94%)	Pipe (90%)	Pipe (90%)	Pipe (97.67%)
	Rank #2	Connection (3.7%)	Connection (12.12%)	Connection (6.06%)	Connection (10%)	Connection (10%)	Connection (2.33%)
Repairing work	Rank #1	Repair (74%)	Repair (64%)	Repair (52%)	Pipe repair by clamp (70%)	Pipe repair by clamp (75%)	Pipe repair by clamp (74%)
	Rank #2	Pipe connection repair (19%)	Pipe connection repair (21%)	Pipe connection repair (24%)	Pipe connection repair (20%)	Pipe Connection repair (13%)	Pipe connection repair (23%)
	Rank #3	Network connection repair/ Pipe replace (3.7%)	Network connection repair (6.1%)	Pipe repair by clamp (9.1%)	Connection repair (6.7%)	Network connection repair (7.5%)	Network connection repair (2.3%)
Pipe size	Rank #1	110 (44%)	110 (39%)	110 (24%)	63 (30%)	63 (25%)	110 (28%)
	Rank #2	75 (26%)	90 (24%)	63/90 (15%)	110 (27%)	90 (20%)	75 (26%)
	Rank #3	90 (15%)	80 (15%)	50/75 (12%)	90 (17%)	110 (18%)	63/90 (16%)
Pipe type	Rank #1	PE (89%)	PE (82%)	PE (85%)	PE (100%)	PE (78%)	PE (81%)
	Rank #2	DI/AC/ PVC (11%)	AC (12%)	AC (14%)	--	AC (13%)	AC (12%)
	Rank #3	--	DI/ PVC (3%)	DI (3%)	--	PVC (7.5%)	DI (7%)
Reason	Rank #1	Ageing (70%)	Ageing (91%)	Ageing (73%)	Ageing (83%)	Ageing (85%)	Ageing (72%)
	Rank #2	Construction activities (22%)	Construction activities (6.1%)	Construction Activities (12%)	High pressurized network (12%)	Damaged (13%)	High pressurized network (19%)
	Rank #3	Landslide/ Light and heavy machinery traffic (3.7%)	Landslide (3%)	Over lifetime / renewal/ High pressurized network/ damaged/ Gas Company (3%)	Lifetime over/ equipment condition/ Pipe blockage (3.3%)	Non-Professional/ Staff misconduct (2.5%)	Light and heavy machinery traffic (4.7%)
Causative factor	Rank #1	Technical factors (100%)	Technical factors (100%)	Technical factors (88%)	Technical factors (100%)	Technical factors (85%)	Technical factors (97.7%)
	Rank #2	--	--	Municipality (6.1%)	--	Municipality/ Power Company (5%)	Gas Company (2.3%)
	Rank #3	--	--	Customer/ Gas Company (3%)	--	Non-Technical Excavation/Gas Company (2.5%)	--



Count. Table 1. Comparing the results of SAM model in Qamsar water distribution network from 2019 to 2024

		2019	2020	2021	2022	2023	2024
Covering	Rank #1	Aged Asphalt (48%)	Aged Asphalt (48%)	Aged Asphalt (55%)	Aged Asphalt (53%)	Aged Asphalt (45%)	Aged Asphalt (51%)
	Rank #2	Soily (26%)	New Asphalt (30%)	New Asphalt/ Soily (18%)	Soily (30%)	Soily (30%)	New Asphalt (26%)
	Rank #3	New Asphalt (22%)	Soily (18%)	Paved (6.1%)	New Asphalt (10%)	New Asphalt (18%)	Soily (14%)
Pressure	Rank #1	--	--	--	<1 Bar >4 Bar (43%)	<1 Bar (55%)	<1 Bar (72%)
	Rank #2	--	--	--	>6 Bar (6.7%)	>4 Bar (33%)	>4 Bar (14%)
	Rank #3	--	--	--	>2-3 Bar (3.3%)	>3-4 Bar (5%)	>3-4 Bar (4.8%)

suggested that renewal works be implemented during the cold seasons of the year (autumn and winter) so that the Qamsar water distribution network is prepared to face the peak of events in the warm seasons of the year (summer and spring).

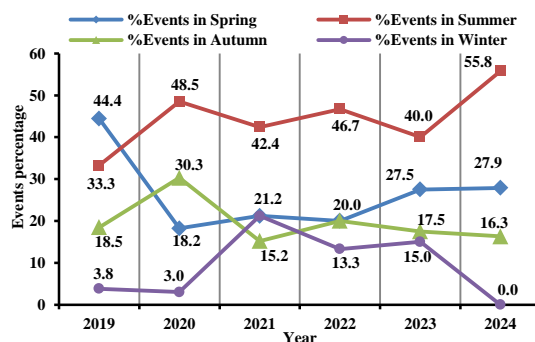


Fig. 4. The percentage of events in various seasons from 2019 to 2024

3.2. Analysis of the month and hours of event occurrence

By analyzing the months with the most events during the years 2019 to 2024, it is quite obvious that July is the main event-prone month for the water distribution network of Qamsar city, followed by June and August. It is also evident that most events occurred between 6 AM and 12 noon.

3.3. Analysis of the location of events

By evaluating the location of events from 2019 to 2024, it is evident that in the last two years (2023 and 2024), the concentration of events has been higher in the Qazan area compared to other areas. Conversely, in 2021 and 2022, the Qahreroud area experienced the most concentrated area of events and the Jouinan area was also one of the failure-prone areas. However, the presence of the Qazan area in the list of event-prone areas in 2022 and 2019 and its conditions in recent years indicate the importance of this area compared to the Qahreroud and Jouinan areas. Therefore, planning of renewal works in the water distribution network of Qamsar city can be focused on the three areas of Qazan, Qahreroud, and Jouinan in the coming years, respectively.

However, other areas of the water distribution network of Qamsar city should also be monitored.

3.4. Analysis of the type of events

By assessing the type of events from 2019 to 2024, it is clear that the majority of events in the water distribution network of Qamsar city are concentrated in burst pipes in alleys and burst pipes in the streets, making it necessary to consider the renewal of alley pipes (first rank) and street pipes (second rank) above other equipment in the city's water distribution network. However, the leakage from the network valve to the connection valve is another issue that should be considered after the pipes for renewal planning.

3.5. Analysis of the equipment affected by the events

By analyzing the equipment affected by the event from 2019 to 2024, an increasing trend in the occurrence of events in recent years on pipes is evident. As previously mentioned, it is suggested that the renewal of the major pipes of the water distribution network be put on the agenda.

3.6. Analysis of repairing works

Evaluation of the repair operations carried out from 2019 to 2024 in the water distribution network of Qamsar, clearly demonstrates the increasing trend of these operations on repairing pipes with clamps, underscoring the importance of focusing funds on pipe renewal to reduce the costs related to pipe repair with clamps. Since about 20 to 24 percent of the repair works focus on pipe connection repairs, it is advisable to allocate a similar proportion of the renewal funds to renewing pipe connections. This could reduce the percentage of repair operations on this equipment in the coming years.

3.7. Analysis of the size of the pipes affected by the events

An investigation into the size of the pipes affected by the events indicates that 110, 63, 90, and 75 mm pipes are mainly involved in the events of Qamsar water distribution network. Thus, the priority for renewal works should be on these pipes.



3.8. Analysis of the type of pipes affected by events

From 2019 to 2024, an evaluation of the types of pipes affected by events in the Qamsar water distribution network shows that PE pipes account for the majority of events in this city. Therefore, most of the renewal works should be focused on these pipes. Although AC pipes also account for some of the events in this network, approximately 12 to 14%, it would be prudent to allocate about 14 percent of the funds for the renewal of these pipes.

3.9. Analysis of the causes of events

An assessment of the causes of events in the Qamsar city water distribution network from 2019 to 2024 indicates that the ageing infrastructure of the network and the wear and tear of its equipment are the main causes of events. This problem was more evident in 2022 (83%) and 2023 (85%). Consequently, replacement planning is a requirement of the water distribution network of Qamsar.

3.10. Analysis of the causes of events

Evaluation of the main causative factors of events in Qamsar's water distribution network from 2019 to 2024, reveals that technical factors are the main cause of events. However, the need for coordination with parallel service companies such as the power company, the gas company, and the municipality should also be included in the management planning of the water distribution network of Qamsar city.

3.11. Analysis of the coverage of the event site

An investigation on the coverage of the event site in the water distribution network of the city of Qamsar from 2019 to 2024 indicates that events often occur under aged asphalt or soily roads. This underscores the importance of coordination

between the water company and the municipality, so that before laying new asphalt and undertaking road renovations and prohibiting its excavation, action can be taken to renew the network pipes.

3.12. Analysis of the network pressure at the event site

By Evaluating the network pressure at the event site between 2022 and 2024 demonstrates that most events occur in areas with a pressure below 1 bar or areas with a pressure above 4 bar. This highlights the necessity of creating pressure zones and pressure management to balance the pressure in the water distribution network of Qamsar.

4. Conclusion

Among the most important documents recorded in water companies is information about events and failures occurring in urban water distribution networks over the course of a year. Using these recorded data, it is possible to analyze the occurrence of events in a distribution network. In this sense, it is possible to determine what type of failures or equipment the majority of interruptions that occur in a network are related to. It is also possible to determine what repair works have been carried out and which of these works have achieved the desired results. Likewise, it is possible to plan the water distribution network renewal, which is based on the operational needs of the network and the events that have occurred. In this study, the historical events in the water distribution network of Qamsar city from 2019 to 2024 were assessed seasonally and annually using a SAM model, (an Excel-based analytical model). The priorities and strategies for network renewal were determined by the developed model. Using the results of this study, the historical events of water distribution networks in other cities can be analyzed, and the renewal of these networks can be planned. However, using the SAM model may be limited in areas where historical events are not available or recorded.





برنامه‌ریزی بازسازی شبکه توزیع آب با توسعه مدل SAM برای تحلیل داده‌های تاریخیچه حوادث

ستار صالحی^{۱*}، علی آبیاتی^۲، محمد رجیبی^۳، مسعود خاندایی^۴

- ۱- استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران (نویسنده مسئول) Sattar.salehi@iau.ac.ir
- ۲- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
- ۳- مدیر اداره آب و فاضلاب قمصر، شرکت آب و فاضلاب کاشان، کاشان، ایران
- ۴- کارشناس بهره برداری، اداره آب و فاضلاب قمصر، شرکت آب و فاضلاب کاشان، کاشان، ایران



<https://doi.org/10.22093/wwj.2025.502364.3462>

مقاله پژوهشی

چکیده

یکی از مهم‌ترین تصمیم‌گیری‌ها در شرکت‌های آب و فاضلاب، چگونگی برنامه‌ریزی برای فعالیت‌های بازسازی شبکه است. هرگونه تصمیم‌گیری اشتباه در این حوزه می‌تواند منجر به هدر رفتن اعتبارات تخصیص داده شده و همچنین توسعه مشکلات حاکم بر شبکه‌های توزیع آب باشد. از این رو ضروری است بهینه‌ترین تصمیم‌گیری در این حوزه اتخاذ شود. تصمیم‌گیری برای برنامه‌ریزی بازسازی شبکه‌های توزیع آب معمولاً بر اساس فاکتورهایی همچون حوادث و اتفاقات لوله‌های شبکه و همچنین نیازهای آبی و توسعه شبکه انجام می‌شود. باین حال تحلیل و ارزیابی این فاکتورها در شرکت‌های آب و فاضلاب معمولاً به صورت دقیقی انجام نمی‌شود که می‌تواند منجر به برنامه‌ریزی‌های ناکارآمدی برای فعالیت‌های اصلاح و بازسازی شود. در این پژوهش هدف بهبود برنامه‌ریزی‌های بازسازی شبکه توزیع آب شهر قمصر در کاشان با تحلیل داده‌های تاریخیچه حوادث این شبکه در بین سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲ بود. برای این امر با توسعه یک مدل SAM حوادث شبکه قمصر تحلیل شد و مهم‌ترین شاخص‌های حوادث در شبکه توزیع آب شهر قمصر مشخص شد. نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان داد که با استفاده از مدل SAM توسعه داده شده پژوهش می‌تواند تاریخچه حوادث شبکه توزیع آب تحلیل را بر اساس تعداد حادثه، محل وقوع و نوع حادثه، تجهیزات حادثه‌دیده، عملیات تعمیر، سایز و جنس لوله، علت و عامل حادثه، پوشش محل حادثه و فشار شبکه در محل حادثه بررسی و استراتژی‌های بازسازی شبکه را تعیین کرد. مدل SAM توسعه داده شده در این پژوهش دارای قابلیت برنامه‌ریزی بازسازی شبکه‌های توزیع آب است.

واژه‌های کلیدی:
شبکه توزیع آب،
بازسازی، تاریخچه
حوادث، مدل SAM،
قمصر



دریافت: ۱۴۰۳/۷/۱۸
اصلاح: ۱۴۰۳/۷/۲۲
پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۱۹

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:

صالحی، س.، آبیاتی، ع.، رجیبی، م.، خاندایی، م.، ۱۴۰۳، برنامه‌ریزی بازسازی شبکه توزیع آب با توسعه مدل SAM برای تحلیل داده‌های تاریخیچه حوادث. *آب و فاضلاب*، ۳۵(۴)، ۸۸-۱۱۲.
<https://doi.org/10.22093/wwj.2025.502364.3462>



© The Author(s).
This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



۱- مقدمه

صالحی و همکاران تحت عنوان WDSR توسعه داده شد که در آن از یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره Fuzzy TOPSIS برای اولویت‌بندی بازسازی لوله‌های شبکه‌های توزیع آب استفاده شد.

در سال ۲۰۲۱ و ۲۰۲۴ نیز ویرایش جدیدی از این مدل تحت عنوان RC-WDSR و QR-WDSR معرفی شد که در RC-WDSR علاوه بر اولویت لوله‌ها برای بازسازی، سیاست‌های بازسازی هر یک از لوله‌ها تشریح شد (Salehi et al., 2021). در مدل QR-WDSR اولویت‌ها و سیاست‌های بازسازی با استفاده از مدل‌های کیفی ارائه شد (Salehi and Salamati Nia, 2024).

با بررسی غالب پژوهش‌های انجام شده در حوزه بازسازی شبکه‌های توزیع آب در دهه‌های اخیر و همچنین با توجه به بررسی پژوهشگرانی همچون (Engelhardt et al., 2000, Scholten et al., 2014, Salehi and Fontana, 2025) این نتیجه‌گیری حاصل شده که اکثر مدل‌های توسعه یافته برای طرح و برنامه‌ریزی بازسازی شبکه‌های توزیع آب را می‌توان در سه ساختار کلی معرفی شده در (Salehi et al., 2018) طبقه‌بندی کرد:

۱- مدل‌های گسیختگی^۱: مدل‌هایی که مبتنی بر گسیختگی تأسیسات آب‌رسانی و عوامل مؤثر بر آن، تناوب رخداد گسیختگی آن‌ها تعیین می‌شود:

۲- مدل‌های مدیریت دارایی‌ها^۲: که در این نوع مدل‌ها با استفاده از یک مدل FM پایه، یک مدل برای تعیین استراتژی‌های بهینه بازسازی شبکه توزیع آب تعیین شده و متشکل از سه زیرگروه مدل‌های مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های شهری^۳، مدل‌های مدیریت استراتژیک دارایی‌ها^۴ و مدل‌های هزینه چرخه عمر^۵ است.

۳- سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری^۶: مدل‌های اولویت‌بندی و بهینه‌سازی طرح‌های بازسازی شبکه توزیع آب بر اساس ساختارهای تصمیم‌گیرنده بوده که متشکل از مدل‌های بازسازی متعارف^۷، مدل‌های برنامه‌ریزی تک هدفه^۸ و ساختارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره^۹ است.

یکی از مهم‌ترین داده‌های عملیاتی شبکه‌های توزیع آب که با استفاده از آن می‌توان شرایط حاکم بر تجهیزات شبکه را تحلیل کرد، تاریخچه حوادث است. در واقع تاریخچه حوادث شبکه‌های توزیع آب یک بانک اطلاعاتی مطلوب برای برنامه‌ریزی‌های بهره‌برداری به‌ویژه برنامه‌های مربوط به ارتقا و اصلاح و بازسازی شبکه‌های توزیع آب است. با این حال علی‌رغم اینکه این داده‌های عملیاتی در اغلب شرکت‌های آب و فاضلاب جمع‌آوری می‌شود، ولی خیلی استفاده نشده و داده‌های آن برای عملیات تحلیلی کمتر استفاده می‌شود.

پژوهش‌های انجام شده در حوزه مدل‌های مربوط به بازسازی شبکه‌های توزیع آب این مسئله را از زوایای مختلفی بحث و بررسی کرده است. غالباً در هر یک از این پژوهش‌ها از انواع مختلفی از مدل‌های ریاضی همچون مدل‌های آماری، بهینه‌سازی، فراابتکاری، فازی و تصمیم‌گیری بهره‌گرفته و برای تعیین بهینه‌ترین مسیر فعالیت‌های بازسازی شبکه‌های توزیع آب، قالب‌هایی ترکیبی (انحصاری) از این مدل‌ها را متناسب با متغیرهای خاص شبکه‌های توزیع توسعه می‌دهند. از آن جمله می‌توان به مدل‌هایی همچون مدل KANEW (Herz, 1998)، PRAWDS (Kleiner et al., 1998)، WRAP (Sægrov, 1999)، UtilNets (Hadzilacos et al., 2000)، PARMS- (Engelhardt et al., 2003)، PLANNIG (Burn et al., 2003)، WilCo (Engelhardt et al., 2003)، D-WARP (Kleiner and Rajani, 2004)، CARE-W (Sægrov, 2005) اشاره کرد که در سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۵ توسعه یافتند (Moglia et al., 2006, Scholten et al., 2014).

در دهه ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۵ نیز علی‌رغم توسعه مدل‌های مستقلی همچون PiRem (Fuchs-Hanusch et al., 2008) و Aware-P (Cardoso et al., 2012)، غالب مدل‌های توسعه یافته عمدتاً مدل‌های تکمیل شده سال‌های پیشین بوده که از آن جمله می‌توان به مدل‌هایی همچون PARMS- PRIORITY (تکمیل شده مدل SIROCO (Moglia et al., 2006) (PARMS-PLANNIG (برگرفته از مدل CARE-W (Renaud et al., 2009) و I-WARP (تکمیل شده مدل D-WARP (Kleiner and Rajani, 2010) اشاره کرد. یک مدل بازسازی شبکه‌های توزیع آب توسط

¹ Failure Models (FM)

² Asset Management Models (AMM)

³ Infrastructure Asset Management (IAM)

⁴ Strategic Asset Management (SAM)

⁵ Life Cycle Cost (LCC)

⁶ Decision Support System (DSS)

⁷ General Rehabilitation Models (GRM)

⁸ Single Objective Decision Making (SODM)

⁹ Multiple Criteria Decision Making (MCDM)



مترمکعبی T500 و زون ۷ توسط مخزن ۱۰۰۰ مترمکعبی T1000 آب‌رسانی می‌شود (شکل ۲).

اطلاعات به‌دست‌آمده از اداره آب و فاضلاب شهر قمصر در شکل ۳ نشان داده شده است. همچنین بر اساس دیگر اطلاعات به‌دست‌آمده از شرکت آب و فاضلاب قمصر مشخص شد که بیش از ۵۰ درصد از لوله‌های این شبکه را لوله‌هایی با قطرهای ۷۵، ۹۰، ۱۱۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تشکیل می‌دهد. بیش از ۲۵ درصد لوله‌های این شبکه عمری بیش از ۱۵ سال دارند. بیش از ۸۰ درصد لوله‌های شبکه طولی کمتر از ۱۰۰ متر داشته و همچنین ۸۴/۳۵ درصد لوله‌های شبکه توزیع آب شهر قمصر تاکنون تحت هیچ عملیات اصلاح و بازسازی قرار نگرفته‌اند.

در این پژوهش، اطلاعات ثبت شده تاریخچه حوادث این شهر برای سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲ از اداره آب و فاضلاب این شهر دریافت شد. سپس یک مدل Excel-based مدیریت استراتژیک دارایی‌ها (مدل SAM) برای تحلیل تاریخچه حوادث این شهر در این سال‌ها توسعه داده شد. با استفاده از این مدل، استراتژی‌های بازسازی شبکه توزیع آب بر اساس تحلیل تاریخچه حوادث به‌دست آمد.

۲-۲-۲ مدل SAM

مدل SAM را تحت عنوان مدل‌های مدیریت استراتژیک دارایی‌ها می‌نامیم. این نوع مدل زیرمجموعه مدل‌های مدیریت دارایی‌ها (مدل‌های AMM) در شبکه‌های توزیع آب است. مدل‌های AMM نیز به‌نوبه خود بر پایه مدل‌های مبتنی بر گسیختگی و حوادث تأسیسات آب‌رسانی (مدل FM) است. در واقع مدل‌های SAM مدل‌هایی است که حاوی ساختار FM بوده و با ایجاد لایه‌های تحلیل ساختار مکانیکی و هیدرولیکی، یک برنامه استراتژیک بازسازی شبکه‌های توزیع آب را ارائه می‌دهد. در واقع داده اولیه مدل‌های SAM بر پایه اطلاعات تاریخچه حوادث شبکه‌های توزیع آب و مدل‌های گسیختگی است. بر اساس این تاریخچه حوادث یک تحلیل استراتژیک از لایه‌های مختلف اطلاعاتی انجام شده و بخش‌های مختلف تاریخچه حوادث ارزیابی می‌شود. در شکل ۴ روند پژوهشی استفاده شده در این پژوهش برای توسعه مدل SAM به‌منظور برنامه‌ریزی بازسازی شبکه توزیع آب شهر قمصر نشان داده شده است.

مدل اخیر نیز متشکل از دو قالب کلی روش‌های برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری چندهدفه^۱ و روش‌های تصمیم‌گیری چندمتغیره^۲ است (Fontana et al., 2023).

همان‌طور که اشاره شد یکی از مهم‌ترین مدل‌های بازسازی شبکه‌های توزیع آب، مدل‌های گسیختگی یا مبتنی بر تاریخچه حوادث و در ادامه مدل‌های مدیریت دارایی‌ها است. در این مدل‌ها با استفاده از داده‌های مربوط به حوادث شبکه، برنامه‌ریزی‌های مربوط به بازسازی انجام می‌شود. در این پژوهش مدل بازسازی توسعه داده شده برای بازسازی شبکه‌های توزیع آب شهر قمصر از نوع مدل SAM بوده که از جمله مدل‌های بسیار کاربردی مدل مدیریت دارایی‌ها برای برنامه‌ریزی بازسازی شبکه است.

۲- متدولوژی

۲-۱- مطالعه موردی

شبکه توزیع آب شهر قمصر کاشان به‌عنوان مطالعه موردی این پژوهش انتخاب شد. با بررسی‌های انجام شده بر روی این شبکه مشخص شد که طول شبکه توزیع آب شهر قمصر ۹۵ کیلومتر و تعداد ۴۹۰۷ مشترک (بر اساس شماره پرونده) تحت پوشش این شبکه است. همچنین مشخص شد که شبکه توزیع آب شهر قمصر دارای ۶ حلقه چاه بوده که ۵ کنتور از این ۶ عدد سالم بوده و در مدار هستند (شکل ۱).

بر اساس اطلاعات موجود مشخص شد که شبکه توزیع آب شهر قمصر دارای ۱۱ مخزن بوده که ۳ باب از این مخازن دارای ظرفیت ۱۰۰۰ مترمکعبی بوده (مخازن ۱۰۰۰)، ۱ مخزن دارای ظرفیت ۵۰۰ مترمکعب (مخزن ۵۰۰)، ۱ مخزن دارای ظرفیت ۳۰۰ مترمکعب (مخزن ۳۰۰)، ۲ مخزن دارای ظرفیت ۲۵۰ مترمکعبی (مخازن ۲۵۰) و ۴ مخزن دارای ظرفیت ۱۰ مترمکعبی در یک مکان (مخازن ۱۰) است (شکل ۱). در این شبکه زون ۱ توسط مخزن ۲۵۰ مترمکعبی T250، زون ۲ شبکه توزیع آب شهر قمصر توسط مخازن ۲۵۰ و ۱۰۰۰ مترمکعبی صنعتی، زون ۳ توسط مخزن ۳۰۰ مترمکعبی T300، زون ۴ توسط مخزن ۱۰۰۰ مترمکعبی T1000، زون ۵ توسط مخازن ۱۰ مترمکعبی T10 و مخزن ۱۰۰۰ مترمکعبی T1000، زون ۶ توسط مخزن ۵۰۰

¹ Multi Objective Decision Making (MODM)

² Multiple Attribute Decision Making (MADM)



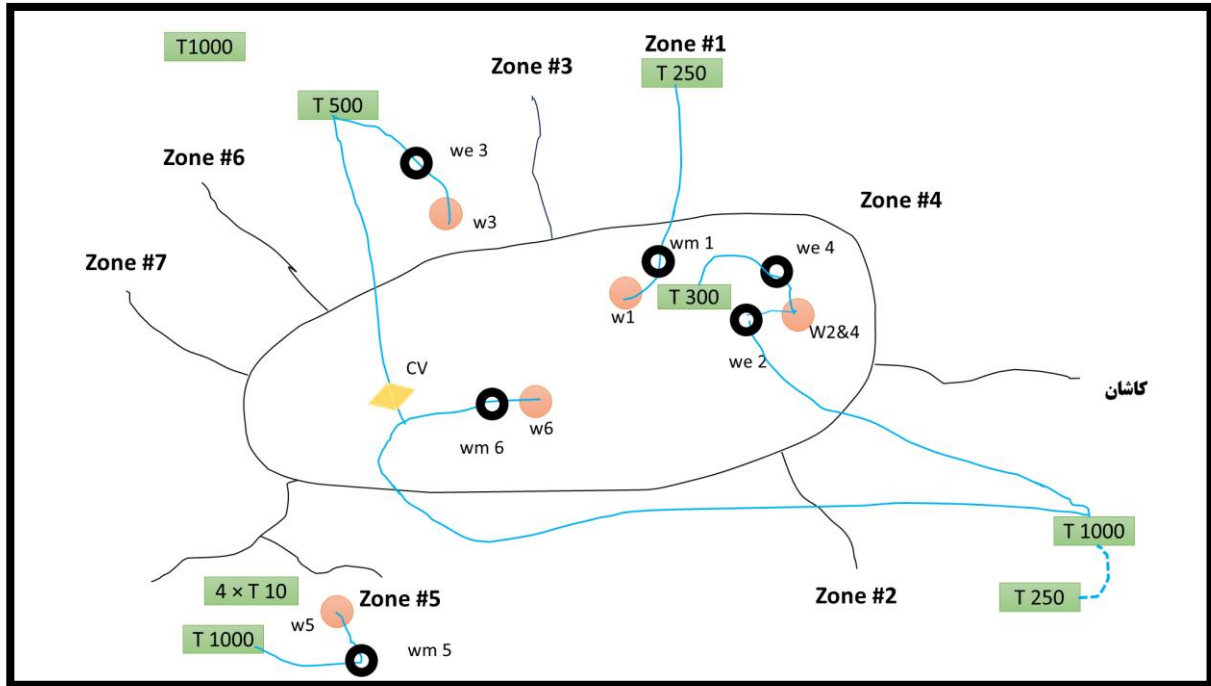


Fig. 1. The features of wells in the Qamsar water distribution network
شکل ۱- مشخصات چاه‌های شبکه توزیع آب شهر قمصر

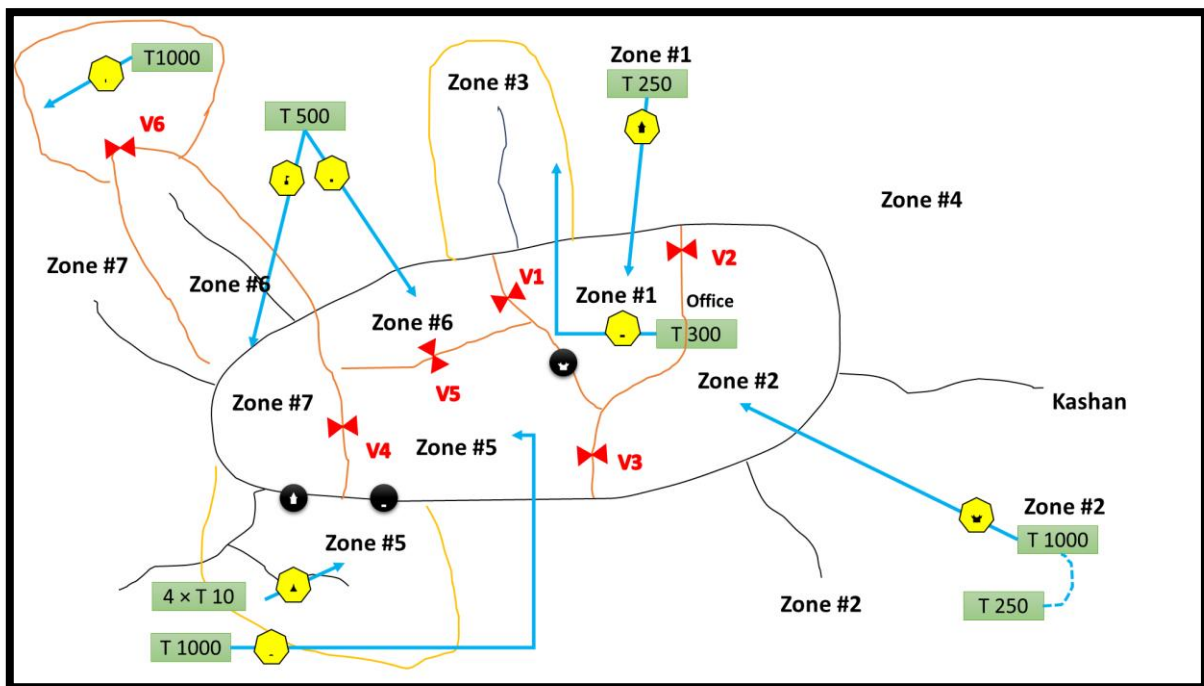


Fig. 2. The water supply from reservoirs to the Qamsar water distribution network zones
شکل ۲- نحوه آبرسانی مخازن به زون‌های شبکه توزیع آب شهر قمصر



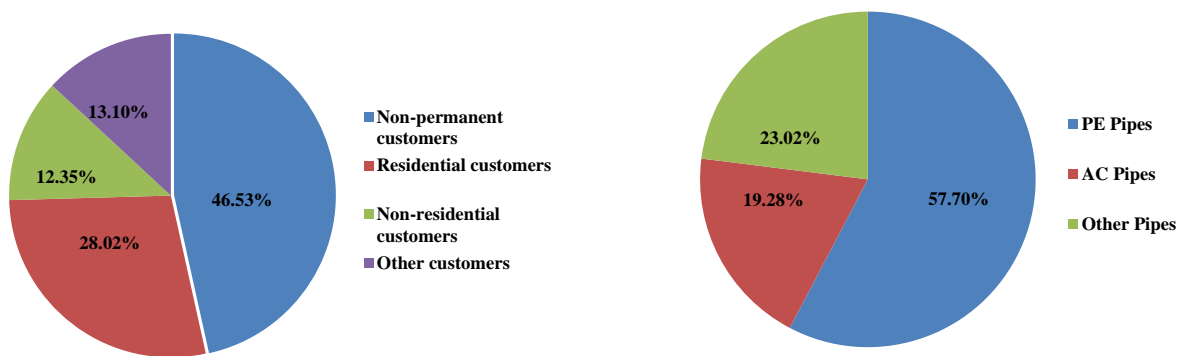


Fig. 3. The Qamsar water distribution network data

شکل ۳- اطلاعات مربوط به شبکه توزیع آب شهر قمصر

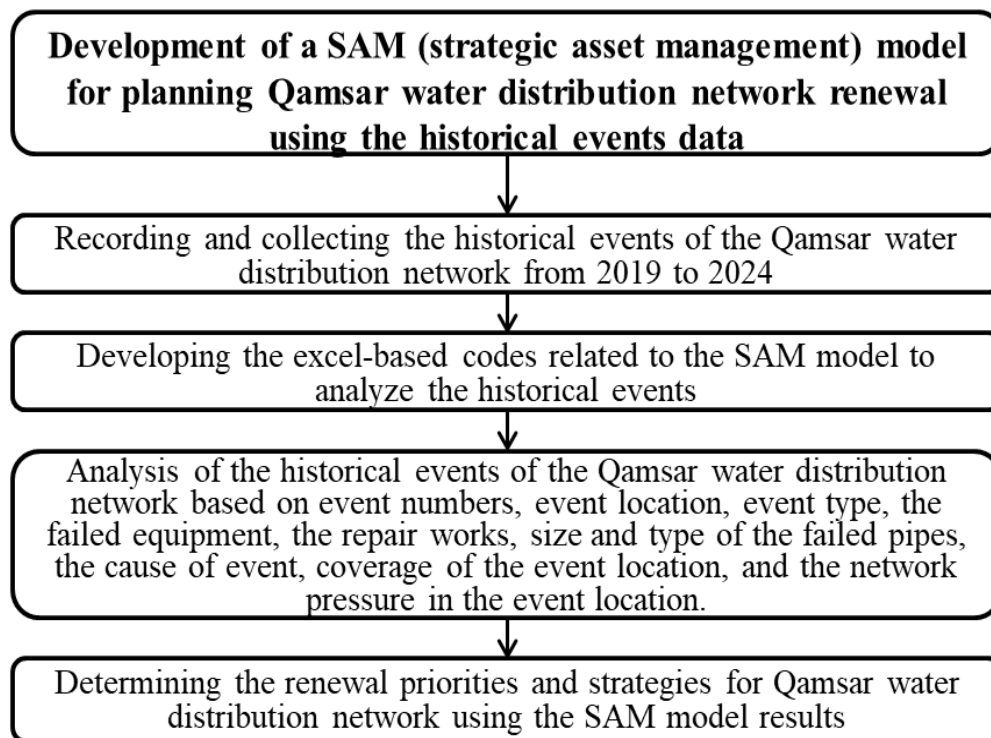


Fig. 4. The SAM model developed for planning the Qamsar water distribution network renewal

شکل ۴- مدل توسعه داده شده برای برنامه ریزی بازسازی شبکه توزیع آب شهر قمصر



6. =COUNTIF("[Qamsar-Historical Events.xlsx]2024-01-14!\$G\$187:\$G\$197, " ... تعمیر لوله با کلمپ و ")
7. =COUNTIF("[Qamsar-Historical Events.xlsx]2024-01-14!\$H\$187:\$H\$197, "40")
8. =COUNTIF("[Qamsar-Historical Events.xlsx]2024-01-14!\$I\$198:\$I\$200, "چدن")
9. =COUNTIF("[Qamsar-Historical Events.xlsx]2024-01-14!\$J\$177:\$J\$186, "تردد ماشین‌آلات سنگین و سبک")
10. =COUNTIF("[Qamsar-Historical Events.xlsx]2024-01-14!\$K\$198:\$K\$200, "شرکت گاز")
11. =COUNTIF("[Qamsar-Historical Events.xlsx]2024-01-14!\$L\$177:\$L\$186, "خاکی")
12. =COUNTIF("[Qamsar-Historical Events.xlsx]2024-01-14!\$M\$177:\$M\$186, "5")

این کدها بر اساس Featureها و به‌نوعی ساختار تاریخچه حوادث شبکه توزیع آب شهر قمصر تولید شد. بر این اساس ابتدا تاریخ رخداد حوادث ارزیابی شد و کد ارزیابی تاریخ‌ها در مدل Excel-based ایجاد شد (کد ۱). سپس ساعت رخداد حادثه بررسی شد (کد ۲) و پس از آن مکان رخداد حادثه (کد ۳) و "نوع حادثه" (کد ۳) تحلیل شد. با کدنویسی‌های ۵، ۶، ۷ و ۸ "نوع تجهیزات حادثه‌دیده"، "نوع عملیات اصلاحی بعد از حادثه"، "اندازه و جنس لوله محل حادثه" بررسی شدند. در نهایت برای ارزیابی "علت حادثه"، "عامل اصلی رخداد حادثه"، "نوع پوشش بالای محل حادثه" و "فشار محل حادثه" کدنویسی‌های مجزایی در محیط مدل SAM که یک مدل Excel-based است، انجام شد (کدهای ۹ تا ۱۲).

لازم به ذکر است که این کدها در مدل SAM برای کلیه حوادث در سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲ به‌طور جداگانه تولید شد تا بتوان با استفاده از آن‌ها داده‌های تاریخچه حوادث شبکه توزیع آب شهر قمصر را تحلیل کرد. در شکل ۵ صفحه ابتدایی مدل SAM توسعه داده شده برای تحلیل تاریخچه حوادث شبکه توزیع آب شهر قمصر در سال ۱۴۰۲ و تعیین استراتژی بازسازی این شبکه نشان داده شده است.

۳- نتایج

۳-۱- نتایج مدل SAM توسعه داده شده در شبکه توزیع آب قمصر

اصلی‌ترین نتایج به‌دست‌آمده از مدل SAM اولویت‌بندی حوادث

۲-۳- مدل SAM توسعه داده شده در شبکه توزیع آب قمصر از آنجاکه اصلی‌ترین اطلاعات قابل ثبت شرکت‌های آب و فاضلاب ایران، تاریخچه حوادث مربوط به شبکه‌های توزیع آب شهری است، اداره آب و فاضلاب شهر قمصر نیز از این قاعده مستثنا نیست. بنابراین پایه توسعه مدل بازسازی شبکه توزیع آب در این شهر بر اساس اطلاعات تاریخچه حوادث برنامه‌ریزی شده است.

همان‌طور که بیان شد، در این پژوهش اطلاعات تاریخچه حوادث شبکه توزیع آب شهر قمصر در سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲ مورد دسترسی قرار گرفت. بنابراین بر اساس اطلاعات موجود بهترین مدل بازسازی برای شبکه‌های توزیع آب این شهر، مدل SAM در نظر گرفته شد. چراکه با استفاده از مدل‌های SAM می‌توان صرفاً بر اساس اطلاعات ثبت شده تاریخچه حوادث و نه الزاماً برداشت اطلاعات جدید، تحلیلی استراتژیک از فرایند بازسازی شبکه‌های توزیع آب داشت. لازم به ذکر است از آنجاکه مدل‌های SAM مدل‌هایی مبتنی بر تاریخچه حوادث و مدل گسیختگی هستند، بنابراین می‌تواند ساختاری مبتنی بر Excel داشته و همین امر سادگی استفاده از این نوع مدل‌ها را دوچندان می‌کند.

۲-۴- کدهای مدل SAM توسعه داده شده برای شبکه توزیع آب شهر قمصر

کدهای مدل SAM توسعه داده شده برای تعیین استراتژی‌های بازسازی شبکه توزیع آب شهر قمصر بر اساس کدهای دستوری نرم‌افزار Excel است. لازم به ذکر است که لایه پشتیبان این مدل‌ها، لایه اصلاح شده تاریخچه حوادث است. نمونه کدهای مدل SAM توسعه داده شده در Excel برای تعیین استراتژی بازسازی شبکه توزیع آب شهر قمصر در سال ۱۴۰۲ به شرح زیر است:

1. =(COUNTIF("[Qamsar-Historical Events.xlsx]2024-01-14!\$B\$165:\$B\$207, "<1402/03/01"))-D10
2. =(COUNTIF("[Qamsar-Historical Events.xlsx]2024-01-14!\$C\$165:\$C\$168, "<24:00"))-J10-I10-H10
3. =COUNTIF("[Qamsar-Historical Events.xlsx]2024-01-14!\$D\$169:\$D\$173, "قرآن")
4. =COUNTIF("[Qamsar-Historical Events.xlsx]2024-01-14!\$E\$165:\$E\$168, "موارد مرتبط با قطعی آب")
5. =COUNTIF("[Qamsar-Historical Events.xlsx]2024-01-14!\$F\$206:\$F\$207, "لوله")



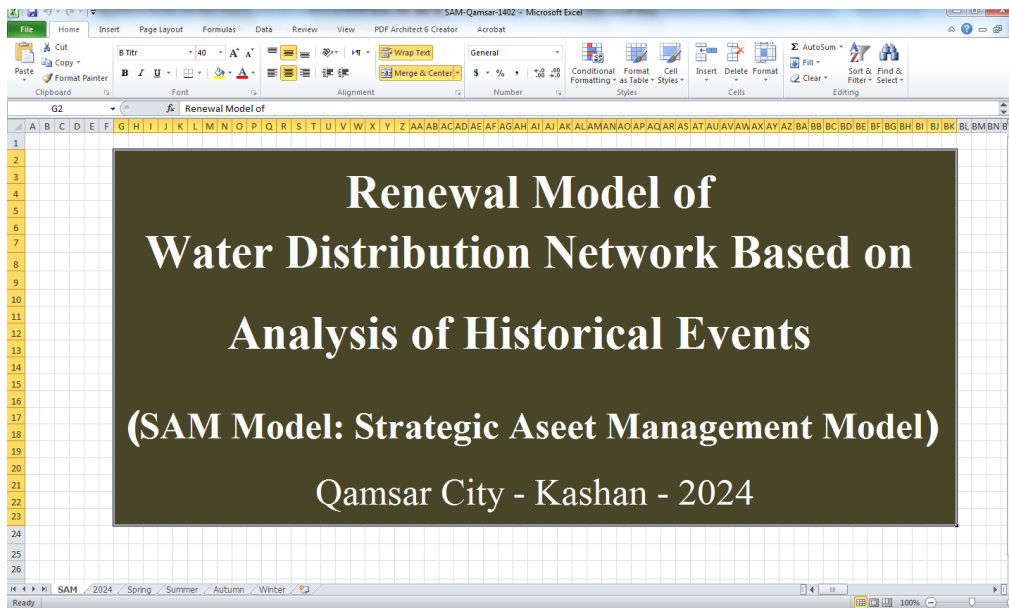


Fig. 5. The SAM model – Qamsar City - 2024

شکل ۵- مدل SAM-Qamsar-1402

این جنس از لوله‌ها و بهبود عملکرد این سایز از لوله‌ها تخصیص داد؟

۶- علت بیشتر حوادث در شبکه توزیع آب شهر قمصر چه بوده است؟ (پاسخ به این سؤال می‌تواند نقش بازدارندگی داشته باشد و در کاهش هزینه‌های بازسازی اهمیت داشته باشد)

۷- اصلی‌ترین عامل رخداد حوادث در شبکه توزیع آب شهر قمصر چیست؟

۸- در غالب حوادث رخ داده در شبکه توزیع آب شهر قمصر، پوشش محل حادثه چه بوده است؟ (پاسخ به این سؤال می‌تواند در برنامه‌ریزی استراتژی عملیات بازسازی نقش کلیدی ایفا کند)

۹- حوادث رخ داده در شبکه توزیع آب شهر قمصر بیشتر در چه مقدار فشارهایی بوده است؟ (با پاسخ به این سؤال می‌توان ارتباط بین فشار و حوادث در شبکه توزیع آب شهر قمصر را ارزیابی کرد).

نمونه نتایج مدل SAM برای شبکه توزیع آب شهر قمصر در سال ۱۴۰۲ به شرح زیر است:

۳-۲- نمونه نتایج مدل SAM-Qamsar

نتایج مدل SAM برای اولویت‌بندی بازسازی شبکه توزیع آب شهر

رخ داده در هر سال بر اساس مشخصات مختلف حوادث است. این به این مفهوم است که با استفاده از این مدل می‌توان داده‌های مربوط به تاریخچه حوادث را به راحتی تحلیل کرد و با تغییر عددی کدینگ آن در هر شهر این تحلیل را به روزرسانی کرد. آنچه که مدل SAM توسعه داده شده در این پژوهش به عنوان یک نتیجه کاربردی ارائه می‌دهد، پاسخ هر یک از سؤالات زیر است:

۱- کدام منطقه از شبکه توزیع آب شهر قمصر بیشترین حادثه در آن رخ داده و می‌تواند در اولویت بازسازی قرار گیرد؟

۲- کدام نوع از حوادث شبکه توزیع آب شهر قمصر بالاترین آمار را به خود اختصاص می‌دهند و می‌توان اعتبارات مالی مربوط به بازسازی را بر روی آن حوادث تخصیص داد؟

۳- حوادث شبکه توزیع آب شهر قمصر بیشتر در چه تجهیزاتی رخ داده است تا بتوان اعتبارات بازسازی را بیشتر به آن بخش‌ها اختصاص داد؟

۴- بیشترین عملیات تعمیراتی انجام شده در شبکه توزیع آب شهر قمصر چه عملیاتی است؟

۵- سایز و جنس لوله‌های حادثه‌دیده در شبکه توزیع آب شهر قمصر چه بوده است تا بتوان اعتبارات بازسازی را بیشتر برای تغییر



در نهایت پوشش محل بیش از نیمی از حوادث رخ داده در شبکه توزیع آب شهر قمصر عمدتاً آسفالت کهنه (۵۱ درصد) و نو (۲۶ درصد) بوده و فشار شبکه در غالب حوادث رخ داده در شبکه توزیع آب شهر قمصر عمدتاً فشارهای کمتر از ۱ بار (۷۲ درصد) و فشارهای ۴ بار (۱۴ درصد) بوده است (پیوست ۶).

۴- بحث

برای تحلیل روند رخداد حوادث در شبکه توزیع آب شهر قمصر و ارائه استراتژی‌های بازسازی شبکه توزیع آب شهر قمصر، نتایج مدل SAM در این شبکه در ۶ سال متوالی ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲ به‌طور جداگانه ارزیابی شد. در شکل‌های ۶ و ۷ و جدول ۱ مقدار هر یک از مشخصات حوادث به تفکیک هر سال ارائه شده است. تحلیل و بحث هر بخش به شرح زیر ارائه می‌شود:

۴-۱- تحلیل تعداد حوادث در سال

با ارزیابی تعداد حوادث رخ داده در شبکه توزیع آب شهر قمصر از سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲ مشخص است که تعداد حوادث از سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ که بین ۲۷ تا ۳۳ مورد بوده و تفاوت توجیهی نداشته است. با این حال در دو سال اخیر (۱۴۰۱ و ۱۴۰۲) تعداد حوادث به محدوده ۴۰ تا ۴۳ رسیده که نشان‌دهنده افزایش حدوداً ۳۳ درصدی حوادث نسبت به سال‌های گذشته است. بنابراین این افزایش، نشان‌دهنده ضرورت توسعه یک برنامه مدون اصلاح و بازسازی برای جلوگیری از افزایش حوادث در سال‌های آینده است.

۴-۲- تحلیل درصد حوادث در فصول

با ارزیابی درصد رخداد حوادث در فصول مختلف، مشخص است که رخداد حوادث در سال ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۲ عمدتاً در فصول تابستان بیشتر از فصول دیگر بوده و بعد از فصل تابستان، فصل بهار در رتبه دوم حادثه‌خیزترین فصول سال است. بنابراین پیشنهاد می‌شود عملیات اصلاح و بازسازی در طول فصول سرد سال (پاییز و زمستان) پیاده‌سازی شده تا شبکه توزیع آب شهر قمصر برای مواجهه با پیک حوادث در فصول گرم سال (تابستان و بهار) آمادگی لازم را داشته باشد.

قمصر در سال ۱۴۰۲ در پیوست‌های ۱ تا ۶ نشان داده شده است. همان‌طور که در پیوست ۱ نشان داده شده است، در شهر قمصر تعداد ۴۳ حادثه در شبکه توزیع آب شهری در این سال پیش آمده است که از این تعداد، ۱۲ حادثه در فصل بهار، ۲۴ حادثه در فصل تابستان و ۷ حادثه در فصل پاییز رخ داده است. بر این اساس مشخص است که بالاترین حوادث در شبکه توزیع آب شهر قمصر در فصل تابستان و با سهم ۵۵/۸ درصد از کل حوادث بوده است؛ پس از آن به ترتیب فصل بهار و پاییز با سهم ۲۷/۹ درصد و ۱۶/۳ درصد در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. با استفاده از این اطلاعات می‌توان اذعان داشت که میزان رخداد حوادث در شبکه توزیع آب شهری قمصر، در فصل پاییز نسبت به فصل تابستان یک کاهش ۳۹/۵ درصد دارد. همچنین بیشترین حوادث شبکه توزیع آب شهر قمصر در محدوده ساعت ۶ صبح تا ۱۲ ظهر و به تعداد ۲۱ حادثه بوده است.

از طرفی بر اساس پیوست ۲، عمده حوادث رخ داده در شبکه توزیع آب شهر قمصر مربوط به قزآن (۴۰ درصد)، سایر نقاط شهر قمصر (۱۴ درصد) و سررود (۷ درصد) بوده است.

از آنجاکه در پیوست ۳ نشان داده شده است، عمده حوادث رخ داده در شبکه توزیع آب شهر قمصر مربوط به ترکیب لوله در کوچه (۸۱ درصد) است. همچنین غالب حوادث رخ داده در شبکه توزیع آب شهر قمصر بر روی لوله‌ها (۹۷/۷ درصد) بوده است؛ عملیات تعمیر رخ داده در شبکه توزیع آب شهر قمصر عمدتاً شامل تعمیر لوله با کلمپ (۷۴ درصد) و تعمیر اتصالات لوله (۲۳ درصد) بوده است.

بر اساس اطلاعات پیوست ۴، عمده حوادث رخ داده در شبکه توزیع آب شهر قمصر مربوط به لوله‌های ۱۱۰ میلی‌متر (۲۸ درصد)، ۷۵ میلی‌متر (۲۶ درصد)، ۶۳ و ۹۰ میلی‌متر (۱۶ درصد) بوده است و غالب حوادث رخ داده در شبکه توزیع آب شهر قمصر مربوط به لوله‌های با جنس پلی‌اتیلن (۸۱ درصد) بوده است.

بر اساس داده‌های پیوست ۵، حوادث رخ داده در شبکه توزیع آب شهر قمصر عمدتاً ناشی از فرسودگی و قدمت (۷۲ درصد) و بالا بودن فشار شبکه (۱۹ درصد) است و عمده عوامل حوادث رخ داده در شبکه توزیع آب شهر قمصر مربوط به عوامل طبیعی (۹۸ درصد) بوده است.



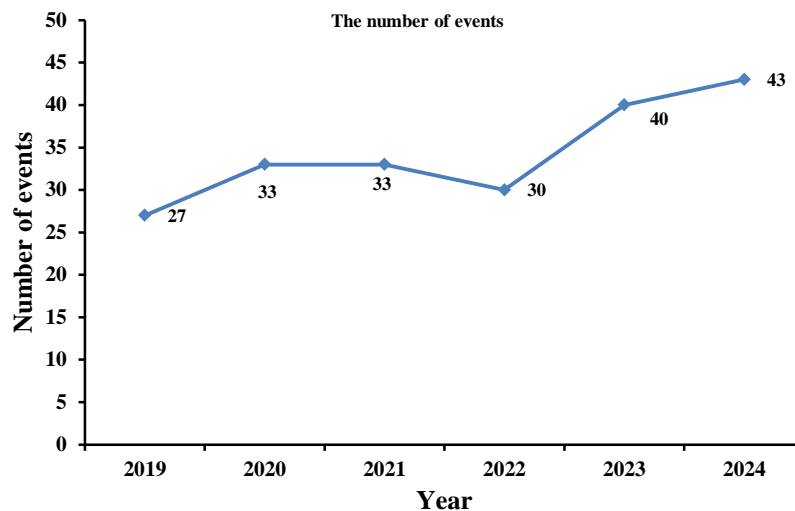


Fig. 6. The number of events from 2019 to 2024

شکل ۶- تعداد حوادث از سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲

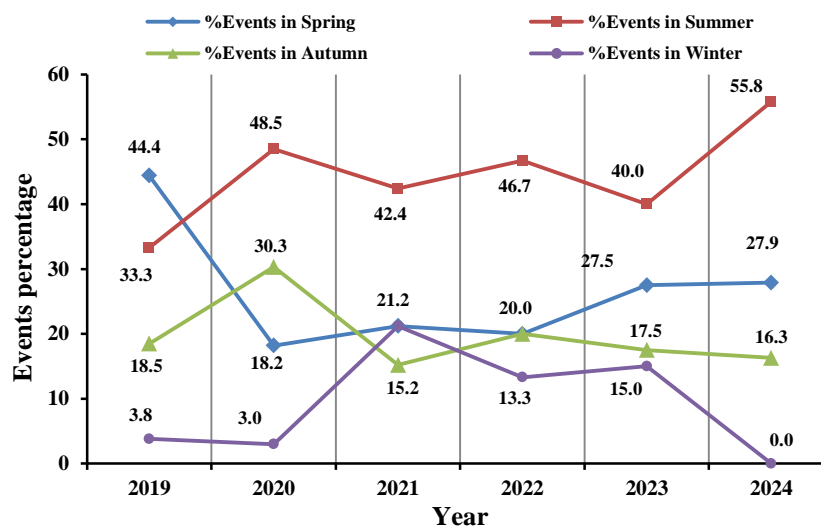


Fig. 7. The percentage of events in various seasons from 2019 to 2024

شکل ۷- درصد حوادث در فصول مختلف سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲

۴-۴- تحلیل محل وقوع حوادث

با ارزیابی محل وقوع حوادث در سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲، کاملاً مشخص است که در دو سال اخیر (۱۴۰۱ و ۱۴۰۲) تمرکز حوادث بر محدوده قزآن بیشتر از مناطق دیگر است. این در حالی است که در سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰، محدوده قهرود بیشترین تمرکز حوادث و منطقه جوینان نیز از مناطق پرحادثه بوده است. با این حال وجود منطقه قزآن در لیست مناطق پرحادثه سال ۱۴۰۰ و ۱۳۹۷ و شرایط آن در سال‌های اخیر، نشان‌دهنده اهمیت این منطقه نسبت به

۴-۳- تحلیل ماه و ساعات رخداد حوادث

با تحلیل ماه‌هایی با بیشترین حوادث در طول سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲، کاملاً مشهود است که ماه مرداد و شهریور از اصلی‌ترین ماه‌های حادثه‌خیز برای شبکه توزیع آب شهر قمصر بوده و پس از آن ماه خرداد و تیر نیز اهمیت بالایی برای رخداد حوادث دارد. همچنین کاملاً مشهود است که غالب حوادث در محدوده ساعت ۶ صبح تا ۱۲ ظهر رخ داده است.



جدول ۱- مقایسه نتایج مدل SAM در شبکه توزیع آب شهر قمصر از سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲

Table 1. Comparing the results of SAM model in Qamsar water distribution network from 2019 to 2024

Year		2019	2020	2021	2022	2023	2024
Event concentration	Monthly	June	August	July-August	July	July	June-July
	Hourly	6 A.M. to 12 A.M.	6 A.M. to 12 A.M.	12 A.M. to 6 P.M.	6 A.M. to 12 A.M.	6 A.M. to 12 A.M.	6 A.M. to 12 A.M.
Event location	Rank #1	Jazavand (18.5%)	Extra (21.2%)	Qahreroud (18%)	Qahreroud (30%)	Qazaan (28%)	Qazaan (40%)
	Rank #2	Qazaan (15%)	Emam Jome (12%)	Extra (15.2%)	Farfahan/Jouinan (9.1%)	Jouinan (18%)	Extra (14%)
	Rank #3	Boneroud (11%)	Mazgoun/Farfahan/Rahmat Abad (9.1%)	Sareroud/Jouinan (9.1%)	Qazaan/Extra/Paen Mahaleh (6.7%)	Extra (12.5%)	Sareroud (7%)
Event type	Rank #1	Pipe burst in alley (89%)	Pipe burst in alley (82%)	Pipe burst in alley (82%)	Pipe burst in alley (80%)	Pipe burst in alley (78%)	Pipe burst in alley (81%)
	Rank #2	Pipe burst in street (7.4%)	Pipe burst in street (18%)	Pipe burst in street (9.1%)	Pipe burst in street (6.7%)	Pipe burst in street (18%)	Pipe burst in street (12%)
	Rank #3	Water meter leakage (3.7%)	--	The leakage between water meter and its cover (6.1%)	Pressure shortage/water supply disruption /The leakage from network valve to connection valve/The leakage between water meter and its cover (3.3%)	The leakage from network valve to connection valve (5%)	Water supply disruption/ The leakage from network valve to connection valve/ The leakage between water meter and its cover (2.3%)
Failed equipment	Rank #1	Pipe (96.3%)	Pipe (87.88%)	Pipe (93.94%)	Pipe (90%)	Pipe (90%)	Pipe (97.67%)
	Rank #2	Connection (3.7%)	Connection (12.12%)	Connection (6.06%)	Connection (10%)	Connection (10%)	Connection (2.33%)
Repair work	Rank #1	Repair (74%)	Repair (64%)	Repair (52%)	Pipe repair by clamp (70%)	Pipe repair by clamp (75%)	Pipe repair by clamp (74%)
	Rank #2	Pipe connection repair (19%)	Pipe connection repair (21%)	Pipe connection repair (24%)	Pipe connection repair (20%)	Pipe connection repair (13%)	Pipe connection repair (23%)
	Rank #3	Network connection repair/Pipe replace (3.7%)	Network connection repair (6.1%)	Pipe repair by clamp (9.1%)	connection repair (6.7%)	Network connection repair (7.5%)	Network connection repair (2.3%)



ادامه جدول ۱- مقایسه نتایج مدل SAM در شبکه توزیع آب شهر قمصر از سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲

Cont. Table 1. Comparing the results of SAM model in Qamsar water distribution network from 2019 to 2024

Year		2019	2020	2021	2022	2023	2024
Failed pipe size (mm)	Rank #1	110 (44%)	110 (39%)	110 (24%)	63 (30%)	63 (25%)	110 (28%)
	Rank #2	75 (26%)	90 (24%)	63/90 (15%)	110 (27%)	90 (20%)	75 (26%)
	Rank #3	90 (15%)	80 (15%)	50/75 (12%)	90 (17%)	110 (18%)	63/90 (16%)
Failed pipe type	Rank #1	PE (89%)	PE (82%)	PE (85%)	PE (100%)	PE (78%)	PE (81%)
	Rank #2	DI/AC/PVC (11%)	AC (12%)	AC (14%)	--	AC (13%)	AC (12%)
	Rank #3	--	DI/PVC (3%)	DI (3%)	--	PVC (7.5%)	DI (7%)
Event reason	Rank #1	Ageing (70%)	Ageing (91%)	Ageing (73%)	Ageing (83%)	Ageing (85%)	Ageing (72%)
	Rank #2	Construction activities (22%)	Construction activities (6.1%)	Construction activities (12%)	High pressurized network (12%)	Damaged (13%)	High pressurized network (19%)
	Rank #3	Landslide/Traffic of heavy and light machineries (3.7%)	Landslide (3%)	Over lifetime / renewal/ high pressurized network/ damaged/ Gas company (3%)	Over lifetime / Equipment condition/ pipe blockage (3.3%)	Unprofessional/ Staff misconduct (2.5%)	Traffic of heavy and light machineries (4.7%)
Event factor	Rank #1	Technical factors (100%)	Technical factors (100%)	Technical factors (88%)	Technical factors (100%)	Technical factors (85%)	Technical factors (97.7%)
	Rank #2	--	--	Municipality (6.1%)	--	Municipality /Power Company (5%)	Gas Company (2.3%)
	Rank #3	--	--	Customer/ Gas Company (3%)	--	Non-Technical Excavation/ Gas Company (2.5%)	--
Event location covering	Rank #1	Aged Asphalt (48%)	Aged Asphalt (48%)	Aged Asphalt (55%)	Aged Asphalt (53%)	Aged Asphalt (45%)	Aged Asphalt (51%)
	Rank #2	Soily (26%)	New Asphalt (30%)	New Asphalt/ Soily (18%)	Soily (30%)	Soily (30%)	New Asphalt (26%)
	Rank #3	New Asphalt (22%)	Soily (18%)	Paved (6.1%)	New Asphalt (10%)	New Asphalt (18%)	Soily (14%)
Event location pressure	Rank #1	--	--	--	<1 Bar >4 Bar (43%)	<1 Bar (55%)	<1 Bar (72%)
	Rank #2	--	--	--	>6 Bar (6.7%)	>4 Bar (33%)	>4 Bar (14%)
	Rank #3	--	--	--	>2-3 Bar (3.3%)	>3-4 Bar (5%)	>3-4 Bar (4.8%)



۴-۸- تحلیل اندازه لوله‌های حادثه‌دیده

با ارزیابی اندازه لوله‌های حادثه‌دیده در این حوادث، کاملاً مشهود است عمدتاً لوله‌ها ۱۱۰، ۶۳، ۹۰ و ۷۵ میلی‌متری به ترتیب در حوادث شبکه توزیع آب شهر قمصر نقش به‌سزایی ایفا می‌کنند، بنابراین اولویت اصلاح و بازسازی باید بر روی این لوله‌ها باشند.

۴-۹- تحلیل جنس لوله‌های حادثه‌دیده

با ارزیابی جنس لوله‌های حادثه‌دیده در سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲، در شبکه توزیع آب شهر قمصر کاملاً مشهود است که عمدتاً لوله‌های پلی‌اتیلنی غالب حوادث در این شهر را به خود اختصاص می‌دهند و باید غالب برنامه‌های بازسازی را به این لوله‌ها اختصاص داد. باین حال لوله‌های آزیست نیز بخشی از حوادث در این شبکه را به خود اختصاص می‌دهند که بهتر است با توجه به درصد این حوادث (۱۲ تا ۱۴ درصد) حدود ۱۴ درصد از اعتبارات اصلاح و بازسازی لوله‌ها را به بازسازی این لوله‌ها نیز اختصاص داد.

۴-۱۰- تحلیل علت حوادث

با ارزیابی علت حوادث در شبکه توزیع آب شهر قمصر در سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲، کاملاً مشهود است که سن بالای شبکه و فرسودگی تجهیزات آن اصلی‌ترین عامل حوادث بوده که در سال ۱۴۰۰ (۸۳ درصد) و ۱۴۰۱ (۸۵ درصد) این مشکل بیشتر خود را نشان داده است. بنابراین برنامه‌ریزی نوسازی، از ملزومات شبکه توزیع آب قمصر است.

۴-۱۱- تحلیل عوامل حوادث

با ارزیابی عوامل اصلی حوادث در شبکه توزیع آب شهر قمصر در سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲، مشخص است که عوامل فنی اصلی‌ترین عامل حادثه در شبکه توزیع آب این شهر است. باین حال ضرورت هماهنگی با شرکت‌های خدمات‌رسان موازی همچون شرکت برق، شرکت گاز و شهرداری نیز باید در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی شبکه توزیع آب شهر قمصر قرار گیرد.

۴-۱۲- تحلیل پوشش محل حوادث

با ارزیابی پوشش محل حوادث در شبکه توزیع آب شهر قمصر در سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲، کاملاً مشهود است که حادثه‌ها غالباً در زیر

منطقه قهرود و جوینان دارد. بنابراین برنامه‌ریزی فعالیت‌های اصلاح و بازسازی در شبکه توزیع آب شهر قمصر را می‌توان در سال‌های آینده به ترتیب بر روی ۳ منطقه قزاآن، قهرود و جوینان متمرکز کرد.

باین حال باید سایر مناطق دیگر شبکه توزیع آب شهر قمصر را نیز مورد توجه قرار داد.

۴-۵- تحلیل نوع حوادث

با ارزیابی نوع حوادث در سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲، کاملاً مشخص است غالب حوادث شبکه توزیع آب شهر قمصر متمرکز ترکیدگی لوله در کوچه و ترکیدگی لوله در خیابان است که ضروری است اصلاح و بازسازی لوله‌های کوچه‌ها (رتبه اول) و لوله‌های خیابان‌ها (رتبه دوم) را بالاتر از تجهیزات دیگر در شبکه توزیع آب این شهر در نظر گرفت.

باین حال نشستی از شیر شبکه تا شیر انشعاب از دیگر مواردی است که باید پس از لوله‌ها باید برای برنامه‌ریزی بازسازی مورد توجه قرار داد.

۴-۶- تحلیل تجهیزات حادثه‌دیده

با تحلیل تجهیزات حادثه‌دیده در سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲، یک روند افزایشی در سال‌های اخیر در رخداد حوادث بر روی لوله‌ها مشهود بوده و همان‌طور که بیان شد پیشنهاد می‌شود که اصلاح و بازسازی کلان لوله‌های شبکه توزیع آب در دستور کار قرار گیرد.

۴-۷- تحلیل عملیات تعمیر

با ارزیابی عملیات تعمیری انجام شده در سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲ در شبکه توزیع آب شهر قمصر، روند افزایشی این عملیات بر روی تعمیر لوله‌ها با کلمپ کاملاً مشهود است که این روند افزایشی نشان‌دهنده اهمیت تمرکز اعتبارات اصلاح و بازسازی لوله‌ها بوده تا هزینه‌های مربوط به تعمیرات لوله‌ها با کلمپ کاهش یابد. باین حال با توجه به تمرکز حدود ۲۰ تا ۲۴ درصد عملیات بر روی تعمیرات اتصالات لوله‌ها، مطلوب است که حدود ۲۰ تا ۲۴ درصد اعتبارات اصلاح و بازسازی بر روی نوسازی اتصالات لوله‌ها متمرکز یابد تا درصد عملیات تعمیری بر روی این تجهیزات در سال‌های آینده کمتر شود.



آب شهر قمصر از سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲ با استفاده از یک مدل SAM که یک مدل تحلیلی Excel-based است به صورت فصلی و سالیانه ارزیابی شده و اولویت‌ها و استراتژی‌های بازسازی شبکه مشخص شد. با استفاده از نتایج این پژوهش می‌توان تاریخچه حوادث شبکه توزیع آب شهرهای دیگری را تحلیل و بازسازی این شبکه‌ها را برنامه‌ریزی کرد. با این حال این مدل‌ها این محدودیت را دارند که ممکن است در مناطقی که اطلاعاتی از تاریخچه حوادث در دسترس نیست و یا اطلاعات محدودی در دسترس است، استفاده از مدل SAM را با محدودیت‌هایی مواجه کند.

۶- قدردانی

این پژوهش برگرفته از نتایج گزارش اول پروژه پژوهشی به شماره قرارداد ۴۰۲/۳۲۱۶۵ بوده که بین آقای دکتر ستار صالحی و شرکت آب و فاضلاب کاشان منعقد شده است؛ بنابراین نویسندگان این پژوهش بر خود لازم می‌دانند که از همکاران متخصص و خدوم شرکت آب و فاضلاب کاشان که در پیاده‌سازی این پروژه در شهر قمصر همکاری سازنده‌ای داشتند، قدردانی کنند؛ به‌ویژه آقایان:

- ۱- مهندس یاسر اسماعیلی، رئیس هیئت‌مدیره و مدیرعامل شرکت آب و فاضلاب کاشان؛
- ۲- مهندس جواد پارسا، مدیر دفتر توسعه مدیریت و تحقیقات شرکت آب و فاضلاب کاشان؛
- ۳- مهندس محسن شمس، معاون بهره‌برداری و توسعه آب شرکت آب و فاضلاب کاشان؛
- ۴- دکتر محمود اکبری، عضو هیئت‌علمی دانشگاه کاشان و عضو کمیته تحقیقات آب و فاضلاب کاشان.

References

- Burn, S., Tucker, S., Rahilly, M., Davis, P., Jarrett, R. and Po, M., 2003. Asset planning for water reticulation systems- the PARMS model. *Water Supply*, 3, 55-62. <https://doi.org/10.2166/ws.2003.0086>.
- Cardoso, M., Silva, M. S., Coelho, S., Almeida, M. and Covas, D., 2012. Urban water infrastructure asset management- a structured approach in four water utilities. *Water Science and Technology*, 66(12), 2702-2711. <https://doi.org/10.2166/wst.2012.509>.
- Engelhardt, M., Savic, D., Skipworth, P., Cashman, A., Saul, A. and Walters, G., 2003. Whole life costing: application to water distribution network. *Water Supply*, 3, 87-93. <https://doi.org/10.2166/ws.2003.0090>.
- Engelhardt, M., Skipworth, P., Savic, D., Saul, A. and Walters, G., 2000. Rehabilitation strategies for water distribution networks: a literature review with a UK perspective. *Urban Water*, 2(2), 153-170. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00053-4](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00053-4).

آسفالت‌های کهنه و یا معابر خاکی رخ می‌دهند. بنابراین این امر ضرورت هماهنگی شرکت آب و فاضلاب با شهرداری را نشان می‌دهد تا قبل از آسفالت‌گذاری جدید و نوسازی معابر و ممنوعیت حفاری آن، نسبت به اصلاح و بازسازی لوله‌های شبکه اقدام شود.

۴-۱۳- تحلیل فشار شبکه در محل حوادث

با ارزیابی فشار شبکه در محل حوادث در بین سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲، کاملاً مشهود است که عمده حوادث در مناطقی با فشار زیر ۱ بار (زیر ۱۰ متر) و یا مناطقی با فشار بالاتر از ۴ بار (۴۰ متر) رخ می‌دهد که این امر ضرورت ایجاد زون‌های فشاری و مدیریت فشار برای متعادل‌سازی فشار در شبکه توزیع آب شهر قمصر را نشان می‌دهد.

۵- نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین مستندات که در شرکت‌های آب و فاضلاب ثبت می‌شود، اطلاعات مربوط به حوادث و اتفاقاتی است که در طول یک سال در شبکه‌های توزیع آب شهری رخ می‌دهد. با استفاده از اطلاعات ثبت شده حوادث می‌توان رخداد حادثه در یک شبکه توزیع را تحلیل کرد. به این مفهوم که می‌توان تعیین کرد که غالب اتفاقاتی که در یک شبکه رخ می‌دهد مربوط به چه نوع حوادث و یا تجهیزاتی است. همچنین بر اساس این اطلاعات می‌توان مشخص کرد، چه فعالیت‌های تعمیراتی انجام شده و کدام فعالیت‌ها به نتیجه مطلوب رسیده است. با استفاده از این اطلاعات می‌توان برنامه‌ریزی‌هایی برای نوسازی شبکه‌های توزیع آب داشت که بر اساس نیازهای واقعی شبکه و حوادث رخ داده است. در این پژوهش تاریخچه حوادث ثبت شده در شبکه توزیع



- Fontana, M. E., Levino, N. D. A., Guarnieri, P. and Salehi, S., 2023. Using group decision-making to assess the negative environmental, social and economic impacts of unstable rock salt mines in Maceio, Brazil. *The Extractive Industries and Society*, 16, 101360. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101360>.
- Fuchs-Hanusch, D., Gangl, G., Kornberger, B., Kölbl, J., Hofrichter, J. and Kainz, H., 2008. PiReM-Pipe rehabilitation management. Developing a decision support system for rehabilitation planning of water mains. *Water Practice and Technology*, 3(1). <https://doi.org/10.2166/wpt.2008.021>.
- Hadzilacos, T., Kalles, D., Preston, N., Melbourne, P., Camarinopoulos, L., Eimermacher, M., et al. 2000. UtilNets: a water mains rehabilitation decision-support system. *Computers, Environment and Urban Systems*, 24, 215-232. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(99\)00058-7](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(99)00058-7).
- Herz, R., 1998. Exploring rehabilitation needs and strategies for water distribution networks. *Aqua*, 47, 275-283. <https://doi.org/10.2166/aqua.1998.33>.
- Kleiner, Y., 1998. *Water distribution network rehabilitation: selection and scheduling of pipe rehabilitation alternatives*. Doctoral Dissertation, University of Toronto. Canada. [Link].
- Kleiner, Y. and Rajani, B., 2004. Quantifying effectiveness of cathodic protection in water mains: theory. *Journal of Infrastructure Systems*, 10, 43-51. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1076-0342\(2004\)10:2\(43\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0342(2004)10:2(43)).
- Kleiner, Y. and Rajani, B., 2010. I-WARP: Individual water main renewal planner. *Drinking Water Engineering and Science*, 3, 71-77. <https://doi.org/10.5194/dwes-3-71-2010,2010>.
- Moglia, M., Burn, S. and Meddings, S., 2006. Decision support system for water pipeline renewal prioritisation. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 11(18), 237-256. [Link].
- Renaud, E., De Massiac, J., Bremond, B. and Laplaud, C., 2009. SIROCO, a decision support system for rehabilitation adapted for small and medium size water distribution companies. *Strategic Asset Management of Water Supply and Wastewater Infrastructures*, Alegre, H. and Almeida, ADD, IWA publishing, UK, 329-345. [Link].
- Sægrov, S., 2005. *CARE-W: Computer Aided Rehabilitation for Water Networks*. IWA Publishing, 1843390914. <https://doi.org/10.2166/9781780403953>.
- Sægrov, S., Melo Baptista, J., Conroy, P., Herz, R., Legauffre, P., Moss, G., et al. 1999. Rehabilitation of water networks: survey of research needs and on-going efforts. *Urban Water*, 1, 15-22. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(99\)00002-3](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(99)00002-3).
- Salehi, S., Jalili Ghazizadeh, M. and Tabesh, M., 2018. A comprehensive criteria-based multi-attribute decision-making model for rehabilitation of water distribution systems. *Structure and Infrastructure Engineering*, 14, 743-765. <https://doi.org/10.1080/15732479.2017.1359633>.
- Salehi, S., Jalili Ghazizadeh, M., Tabesh, M., Valadi, S. and Salamati Nia, S. P., 2021. A risk component-based model to determine pipes renewal strategies in water distribution networks. *Structure and Infrastructure Engineering*, 17(10), 1338-1359. <https://doi.org/10.1080/15732479.2020.1842466>.
- Salehi, S. and Salamati Nia, S. P., 2024. A qualitative-risk-based model to assess group decisions for planning the maintenance-renewal works of water pipelines with unreliable operational data. *Water Resources Management*, 38, 3153-3177. <https://doi.org/10.1007/s11269-024-03807-x>.
- Salehi, S. and And Fontana, M. E., 2025. Knowledge-based decisions for asset management of urban water infrastructure in Iran and Brazil using a nominal-based multi-criteria group decision method. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 20(1), 65-79. <https://doi.org/10.1080/17509653.2024.2356154>.
- Scholten, L., Scheidegger, A., Reichert, P., Mauer, M. and Lienert, J., 2014. Strategic rehabilitation planning of piped water networks using multi-criteria decision analysis. *Water Research*, 49, 124-143. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.11.017>.



۸- پیوست‌ها

		Event concentration				Number of events			
		Monthly events (N)		Monthly events (%)					
						0:00-6:00	6:00-12:00	12:00-18:00	18:00-24:00
Spring	April	4	12	33.3	27.9	0	1	3	0
	May	5		41.7		0	3	1	1
	June	3		25.0		0	2	1	0
Summer	July	10	24	41.7	55.8	0	6	3	1
	August	11		45.8		1	5	1	4
	September	3		12.5		0	1	0	2
Autumn	October	5	7	71.4	16.3	0	3	2	0
	November	2		28.6		0	0	1	1
	December	0		0.0		0	0	0	0
Winter	January	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0
	February	0		0.0		0	0	0	0
	March	0		0.0		0	0	0	0
2024						1	21	12	9
		43	43	100.0		43			
						Percentage			
						2.33	48.8	27.9	20.9
						Rank			
						4	1	2	3

Index 1. SAM-Qamsar-2024 model results regarding the seasonal, monthly, and hourly events in Qamsar water distribution network in 2024

پیوست ۱- نتایج مدل SAM-Qamsar-1402 برای توزیع فصلی، ماهیانه و ساعتی حوادث در شبکه توزیع آب قمصر در سال ۱۴۰۲



		Event location																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
		Saheli	Boneroud	Jazavand	Jouinan	Emam	Tabiat Badani	Motahari	Valiasr	Rahmat Abad	Sareroud	Shahrdari	Golriz Town	Farfahan	Qazaan	Qahreroud	Bahonar	Emam Jome	Mazgoun	Bala Mahaleh	Paceen Mahaleh	Mahaleh Deh	Mahaleh Sadiat	Extra	
Spring	April	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	May	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
	June	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Summer	July	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
	August	0	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	1	0	1	
	September	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Autumn	October	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	November	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	December	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Winter	January	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	February	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	March	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2024		0	1	0	2	1	1	2	1	2	3	0	1	1	17	2	0	0	0	0	0	1	1	1	6
		43																							
		Percentage																							
		0	2.3	0	4.7	2.3	2.3	4.7	2.3	4.7	7	0	2.3	2.3	40	4.7	0	0	0	0	2.3	2.3	2.3	14	
		Rank																							
		17	8	17	4	8	8	4	8	4	3	17	8	8	1	4	17	17	17	17	8	8	8	2	

Index 2. SAM-Qamsar-2024 model results regarding the events location in Qamsar water distribution network in 2024

پیوست ۲- نتایج مدل SAM-Qamsar-1402 برای محل وقوع حوادث در شبکه توزیع آب قمصر در سال ۱۴۰۲



		Event type								Failed equipment		Repair works							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8
		Pipe Burst in the Street	Pipe Burst in the Alley	Pressure Shortage	Water Supply Disruptio	The Leakage from Netw	Water Meter Leakage	The Leakage between V	Landslide	Connections	Pipe	The connection was seal	Repair	Network Connection Rej	Pipe Connection Repair	Pipe Repair by Clamp	Connection Repair	Network Connection Rej	Pipe Replace
Spring	April	0	3	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	3	0	0	0
	May	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0
	June	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0
Summer	July	2	8	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	1	1	8	0	0	0
	August	2	8	0	0	1	0	0	0	0	11	0	0	0	5	6	0	0	0
	September	0	2	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	1	2	0	0	0
Autumn	October	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1	4	0	0	0
	November	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0
	December	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Winter	January	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	February	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	March	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024		5	35	0	1	1	0	1	0	1	42	0	0	1	10	32	0	0	0
		43								43		43							
		Percentage								Percentage		Percentage							
		12	81	0	2.3	2.3	0	2.3	0	2.32558	97.6744	0	0	2.3	23	74	0	0	0
		Rank								Rank		Rank							
		2	1	6	3	3	6	3	6	2	1	4	4	3	2	1	1	4	4

Index 3. SAM-Qamsar-2024 model results regarding the events type, failed equipment, and repair works in Qamsar water distribution network in 2024

پیوست ۳- نتایج مدل SAM-Qamsar-1402 برای نوع حوادث، تجهیزات حادثه‌دیده و عملیات تعمیرری در شبکه توزیع آب قمصر در سال ۱۴۰۲



		Failed pipe size													Failed pipe type			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4
		40	50	60	60.8	63	75	80	90	100	110	150	160	200	PVC	AC	PE	DI
Spring	April	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	2	2	0
	May	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	4	0
	June	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Summer	July	0	0	0	0	1	4	0	2	1	1	1	0	0	0	1	8	1
	August	1	0	1	0	3	0	0	2	0	4	0	0	0	0	1	9	1
	September	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	1
Autumn	October	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	5	0
	November	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	December	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Winter	January	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	February	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	March	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024		1	0	1	0	7	11	0	7	2	12	1	0	1	0	5	35	3
		43													43			
		Percentage													Percentage			
		2.3	0	2.3	0	16	26	0	16	4.7	28	2.3	0	2.3	0	12	81	7
		Rank													Rank			
		6	10	6	10	3	2	10	3	5	1	6	10	6	4	2	1	3

Index 4. SAM-Qamsar-2024 model results regarding the size and type of the failed pipes in Qamsar water distribution network in 2024

پیوست ۴- نتایج مدل SAM-Qamsar-1402 برای سایز و جنس لوله‌های حادثه‌دیده در شبکه توزیع آب قمصر در سال ۱۴۰۲



		Event reason												Event factor					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
		Over Lifetime	Renewal	High Pressurozed Network	Heavy and Light Machinery Traffic	Damaged	Landslide	Equipment Conditions	GAS Company	Unprofessional Misconduct	Ageing	Construction Activities	Pipe Blockage	Non-Technical Excavation	Power Company	GAS Company	Municipility	Technical Factors	Customer
Spring	April	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0
	May	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	5	0
	June	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0
Summer	July	0	0	2	1	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	10	0
	August	0	0	3	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	11	0
	September	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	0
Autumn	October	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	5	0
	November	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0
	December	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Winter	January	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	February	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	March	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024		0	0	8	2	1	0	0	0	0	31	1	0	0	0	1	0	42	0
43												43							
Percentage												Percentage							
		0	0	19	4.7	2.3	0	0	0	0	72	2.3	0	0	0	2.3	0	98	0
Rank												Rank							
		6	6	2	3	4	6	6	6	6	1	4	6	3	3	2	3	1	3

Index 5. SAM-Qamsar-2024 model results regarding the events cause and factors in Qamsar water distribution network in 2024

پیوست ۵- نتایج مدل SAM-Qamsar-1402 برای علت و عوامل حوادث در شبکه توزیع آب قمصر در سال ۱۴۰۲



		Event location covering					Network pressure						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7
		Aged Asphalt	New Asphalt	Concrete	Soily	Paved	0	1	2	3	4	5	6
Spring	April	1	2	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0
	May	4	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	1
	June	2	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0
Summer	July	6	0	0	3	1	4	0	0	2	2	2	0
	August	5	4	0	0	2	10	0	0	0	1	0	0
	September	0	1	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0
Autumn	October	3	2	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0
	November	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	December	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Winter	January	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	February	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	March	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024		22	11	0	6	4	31	1	0	2	6	2	1
		43					43						
		Percentage					Percentage						
		51	26	0	14	9.3	72	2.3	0	4.7	14	4.7	2.3
		Rank					Rank						
		1	2	5	3	4	1	5	7	3	2	3	5

Index 6. SAM-Qamsar-2024 model results regarding the covering and pressure of the events location in Qamsar water distribution network in 2024

پیوست ۶- نتایج مدل SAM-Qamsar-1402 برای پوشش و فشار شبکه در محل حادثه در شبکه توزیع آب قمصر در سال ۱۴۰۲

