Application and the necessity of using geographic information systems (GIS) in the management of water distribution systems, urban water network events and incident

Abstract

One of the most sensitive and highest cost for water and wastewater companies, is events and incidents system .The absence of a mechanized system, up to date, accurate and reliable management system, damage annually to customers and water and wastewater companies directly. At present this can specially due to water shortage and the high percentage of water loss in water distribution networks, is essential for applied research in water and wastewater companies in the country. The aim of this study is to investigate the basic concepts and applications of spatial information systems (GIS) in water distribution networks in order to speed up operations to remove events and incidents, prevention of events and incidents and optimal use of existing facilities. The events and incidents system with integration of GIS, CAD and using of spatial analysis of a water distribution system, analyses factors influencing events and incidents, water and wastewater companies and costumers damage and optimize ABFA events and incidents management using GIS and in a practical test achieved satisfied results in connection to system performance and cost reduction.

Keywords: water distribution networks; events and incidents; distribution network scanning; Geospatial information system

کاربرد و ضرورت استفاده از سیستم های اطلاعات مکانی (GIS) درمدیریت سیستم های حوادث و اتفاقات شبکه های توزیع آب شهری

هادی جعفری

مدیر دفتر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد شرکت آب و فاضلاب شهری استان همدان

پست الکترونیکی : jafari_h۴۷@yahoo.com

چکیده:

یکی از حساسترین و هزینه برترین واحدهای شرکت های آب و فاضلاب شهری، سیستم حوادث و اتفاقات می باشد. عدم وجود یک سیستم مکانیزه، به روز، دقیق و قابل اعتماد در مدیریت سیستم فوق، سالیانه خسارات زیادی به مشترکین و شرکت های آب و فاضلاب شهری وارد می نماید. موضوع فوق بویژه در حال حاضر با توجه به مشکلات بحران کمبود آب و درصد بالای تلفات آب در شبکه های توزیع آب شهری در کشور از ضروریات تحقیقات کاربردی شرکت های آب و فاضلاب می باشد. هدف این مطالعه بررسی مفاهیم پایه و کاربردی سیستم های اطلاعات مکانی (GIS) در شبکه های توزیع آب شهری در راستای تسریع انجام عملیات رفع حوادث و اتفاقات، پیشگیری از وقوع حوادث و اتفاقات و استفاده بهینه از تاسیسات موجود می باشد. سیستم حوادث و اتفاقات فوق با تلفیق سیستم های نرم افزاری GIS ، CAD و استفاده از مدل های تلفیق و تحلیل داده های مکان مرجع یک شبکه آبرسانی شهری، به تحلیل و مدلسازی عوامل موثر بر حوادث و اتفاقات شبکه، خسارات وارده بر شرکت های آبفا و مشترکین و بهینه سازی مدیریت حوادث و اتفاقات با استفاده از سیستم های اطلاعات مکانی پرداخته و در یک تست عملی موفق شده است تا نتایج رضایت بخشی در خصوص افزایش کارایی سیستم و کاهش هزینه ها ارائه دهد.

کلمات کلیدی: شبکه های توزیع آب شهری، حوادث و اتفاقات، پویش شبکه توزیع، سیستم های اطلاعات مکانی GIS

۱- مقدمه

آب گرانبهاست و در سراسر جهان تقاضا برای آن رو به فزونی است. این حقیقت در کنار افزایش بهای آب ودغدغه های زیست محیطی موارد کمبود آب، مبین آن است که چرا شرکت ها و ادارات مرتبط با آب، تمام توجه خود را بر بهره برداری بهینه از منابع معطوف نموده اند. افزون بر اینها حجم قابل توجهی از آب تأمین شده به خاطر نواقص موجود در شبکه های لوله کشی بدست مصرف کننده نمی رسد. بالا بودن تعداد حوادث و اتفاقات در شبکه های توزیع آب شهری، باعث بالا رفتن تلفات فیزیکی آب و هزینه ترمیم حوادث می گردد. این موضوع به نحوی بر منابع مالی شرکت های آبفا تأثیر می گذارد که به جای سودآوری، آنها را با زیان مواجه می کند.

به عنوان نمونه ارزش جاری آب از دست رفته در سیستم آب شهری کشور استرالیا سالیانه حدود ۹۰ میلیون دلار و برای توسعه شبکه آب شهری حدود ۱۴۵ میلیون دلار می باشد. این مبلغ در کشور آلمان، جهت توسعه شبکه آب شهری حدود ۳۰۰ میلیون دلار می باشد[۴]. بر طبق یک مطالعه موردی بر روی حوادث شبکه توزیع آب در شهر چالوس در یک بازه زمانی شش ماهه، هزینه ترمیم هر حادثه مبلغ ۲۶۶۰۹۷۷ ریال بدست آمده است[۲]. این رقم با احتساب کلیه هزینه های مربوطه آب هدر رفته می باشد و بخوبی بیانگر اهمیت برخورد اصولی و سیستماتیک با حوادث جهت ارتقاء کیفی شبکه توزیع و بهبود کنترل و مدیریت شبکه آب و فاضلاب می باشد.

مطالعات چندین ساله در پایلوت های مطالعاتی آب به حساب نیامده حاکی از وجود ۵۰ تا ۶۰ درصد تلفات آب به صورت فیزیکی و بر اثر وقوع حوادث و اتفاقات از کل آب هدر رفته در شبکه های آب کشور می باشد[۱]. در حالی که در کشور امریکا حداکثر آب به حساب نیامده ۱۷ درصد گزارش شده و هدف رساندن آن به ۱۰ درصد می باشد. علاوه بر آن وجود سیستم کارگری، غیر فنی بودن اکثر کارگران در مراکز امداد حوادث و اتفاقات، عدم وجود اطلاعات دقیق، صحیح، بهنگام و ساختار یافته شبکه توزیع آب، غیر سیستماتیک و دستی بودن گردش کارها در رسیدگی به حوادث و اتفاقات و پایین بودن سرعت رسیدگی به حوادث و اتفاقات باعث بروز مشکلات زیادی برای شرکت های آب و فاضلاب و مشترکین شده است. از طرفی بهبود بخشیدن به کارایی سیستم تأمین و توزیع آب صرفاً از طریق به خدمت گرفتن علوم و تکنولوژی های مدرن(سیستم های اطلاعات مکانی) امکان پذیر می باشد.

۲- مراحل تحقیق

جهت انجام این تحقیق مراحل زیر به ترتیب انجام گردید :

۲-۱- انتخاب منطقه راهنما (PILOT)

با انتخاب یک منطقه راهنما از شبکه توزیع آب شهر همدان، نقشه منطقه شامل اطلاعات مکانی املاک، خیابان ها و تأسیسات و تجهیزات شبکه توزیع رقومی و پس از ساخت توپولوژی به نرم افزار ArcView انتقال داده شد. مشخصات منطقه راهنما انتخاب شده در جدول(۱) نمایش داده شده است.

جدول (۱) : مشخصات منطقه راهنما انتخاب شده در شبکه توزیع آب شهر همدان

وسعت منطقه	M^2 ۲.۴۰۰.۰۰۰	مقیاس نقشه رقومی منطقه	۱:۲۰۰۰
جمعیت تحت پوشش	۶۴۲۰ نفر	زمان تهیه نقشه	۱۳۷۶
تهیه کننده نقشه	سازمان نقشه برداری	تعداد مشترک	۱۷۴۵
تعداد انشعاب	۶۹۰	نوع شبکه لوله ها	حلقوی و شاخه ای
تعداد لوله ها	۳۳۵	تعداد شیر خط ها	۷۰
تعداد سایر شیرها	۱۱	متوسط مصرف هر مشترک مسکونی	۰/۶۵ متر مکعب در روز
حداقل و حداکثر فشار در منطقه	۵-۶/۵ اتمسفر	میزان پرت آب در منطقه	٪۳۳
فاصله تا نزدیکترین مرکز امداد	۴۰۰ الی ۲۲۰۰ متر		

۲-۲- تهیه مدل مفهومی (Conceptual Modeling)

انسان در نگرش خود به دنیای اطراف ، همواره سعی نموده است که با نوعی دسته بندی عوارض، از کل به جزء برود. به بیان دیگر، با شناخت و ایجاد رابطه ای مفهومی بین عوارض، سعی در نظام بخشیدن به نحوه نگرش خود داشته است. مدل مفهومی سیستم GIS به مفهوم تعیین دقیق عوارض مکانی و ارتباط بین آنها می باشد. این مرحله یکی از مهمترین مراحل پیاده سازی سیستم GIS می باشد. عوارض مکانی شبکه توزیع آب که ارتباط مستقیم با سیستمهای حوادث و اتفاقات دارند عبارت از لوله ها، شیرها، مخازن، انشعابات مشترکین و مراکز گروه امداد می باشد.

۲-۳- تهیه مدل منطقی (Logical Modeling)

پس از تهیه مدل مفهومی و با توجه به مدل های کاربردی مورد نیاز، می توان به طراحی و تهیه مدل منطقی اقدام نمود. مدل منطقی در واقع ترجمه اطلاعات موجود در مدل مفهومی به زبان قابل درک برای نرم افزار می باشد. در این مرحله اطلاعات تعیین شده در مدل مفهومی، با توجه به ساختار اطلاعاتی مورد نظر GIS همراه با فرمت های مربوطه و گزینه های آنها تعیین می گردند. همچنین در این مرحله ساختار اطلاعاتی سیستم با توجه به پرسش هایی که باید پاسخ گفته شوند و مدل های کاربردی مورد نیاز در GIS طراحی می گردند. به عنوان نمونه می توان به مدل تعیین شیر خط هایی که در اثر ترکیدن لوله آب باید بسته شوند، اشاره کرد.

۲-۴- تهیه مدل فیزیکی (پیاده سازی سیستم)

پیاده سازی سیستم GIS شامل وارد نمودن داده های گردآوری و جمع آوری شده در چهارچوب مدل مفهومی در آرایه های تهیه شده در مرحله مدلسازی منطقی می باشد. به عبارتی دیگر در مرحله مدلسازی فیزیکی، اطلاعات مطابق الگو و ساختار بدست آمده در مرحله طراحی مدل منطقی به

سیستم کامپیوتری معرفی می شوند. متعاقباً جهت انجام مدیریت اطلاعات، برنامه های کاربردی نوشته می شوند. در این مرحله با انجام تحلیل های مناسب، پرسش های مورد نظر پاسخ داده می شوند.

۲-۵- روش انجام تحقیق

سیستم های طراحی شده و تحلیل های بکار گرفته شده درGIS حوادث و اتفاقات عبارت است از :

۲-۵-۱- سیستم های مدیریت خطوط لوله شبکه توزیع آب در GIS

به طور عمده سیستم های در نظر گرفته شده در این تحقیق عبارتند از :

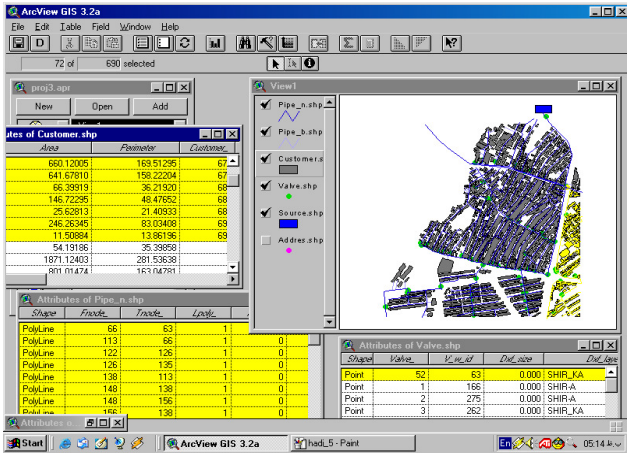
الف) سیستم ورودی و خروجی مشخصات عوارض

ب) سیستم ردیابی تجهیزات هنگام بروز حادثه

پ) سیستم تبادل اطلاعات ضروری هنگام بروز حادثه

ت) سیستم کنترل عملیات ساختمانی و حفاری

- زیر سیستم ردیابی و نمایش اطلاعات مکانی و توصیفی شیر یا شیر خط هایی که باید بسته شوند، تا آب منطقه حادثه دیده قطع گردد.
- زیر سیستم نمایشگر اطلاعات مکانی و توصیفی لوله هایی که در اثر بستن یک شیرخط بی آب می شوند.
- زیر سیستم نمایشگر اطلاعات مکانی و توصیفی ساختمان های مشترکینی که در اثر بستن یک شیر قطع و وصل بی آب می شوند. شکل (۱) اطلاعات مکانی، توصیفی و تعداد مشترکینی که با بستن یک شیر قطع و وصل در نطقه پایلوت بی آب می شوند را نمایش می دهد.



شکل (۱) : اطلاعات مکانی، توصیفی و تعداد مشترکینی که با بستن یک شیر قطع و وصل بی آب می شوند(همدان، منطقه راهنما)

۲-۵-۲- آزمایش روش های تحلیل داده ها با استفاده از GIS

GIS می تواند با جمع آوری و دسته بندی اطلاعات، پارامترهای پیچیده آماری جهت تحلیل های خطی و غیر خطی شکست لوله ها را آماده نماید. علاوه برآن با استفاده از GIS می توان تحلیل های مورد نیاز بر روی اطلاعات مکانی و توصیفی را با برنامه نویسی و نتایج بدست آمده از تحلیل های آماری را بصورت گرافیکی بررسی و مشاهده نمود. در این فرآیند، پس از ورود داده ها به GIS از نرم افزارهای ArcView، Excel وMinitab و جهت برنامه نویسی از نرم افزارهای Avenue و Foxpro استفاده شده است.

۲-۵-۲-۱- محاسبه حداقل حجم آب هدر رفته در اثر وقوع حوادث و اتفاقات

جهت محاسبه حداقل حجم آب هدررفته در اثر وقوع حوادث و بر حسب متر مکعب، پس از محاسبه حجم آب هدر رفته بر حسب متر مکعب در واحد زمان(ثانیه) آنرا در اختلاف زمان بین اطلاع از حادثه با ساعت قطع آب یا ساعت پایان رفع حادثه بر حسب ثانیه ضرب می کنیم. جهت محاسبه حداقل حجم آب هدررفته در واحد زمان (Q) ناشی از هرحادثه، با توجه به قوانین هیدرولیکی حاکم بر جریان، سطح مقطع ترکیدگی و فشار شبکه مورد نیاز می باشند. (رابطه اریفیس ، رابطه ۱).مقدار Q در صورت ایجاد حادثه بر اثر سوراخ یا گردبر شدن لوله از رابطه زیر محاسبه می گردد[۳]

$$Q = zA\sqrt{2gh} \quad (\frac{m^3}{s}) \qquad (۱)$$

z ضریب دیس شارژ بوده و مقدار آن به طور تجربی ۰/۶ بدست آمده است. g شتاب ثقل ($g = ۹/۸ \ m/s^2$) و h اختلاف ارتفاع یا فشار بر حسب متر می باشد. A سطح مقطع شکستگی یا ترکیدگی بوده و به صورت زیر محاسبه می گردد :

در حالتی که شکل نشت به صورت سوراخ یا گردبر باشد با استفاده از قطر سوراخ یا قطر لوله (D) بر حسب متر ، A با استفاده از فرمول زیر محاسبه می گردد :

$$A = \pi D^2/4 \ (m^2) \ ; \ \pi = ۳/۱۴ \qquad (۲)$$

در حالتی که شکل نشت به صورت ترک طولی باشد با استفاده از طول (L) و عرض (B) ترک بر حسب متر، A با استفاده از فرمول زیر محاسبه می گردد :

$$A = L*B(m^2) \qquad (۳)$$

همچنین درحالتی که ایجاد حادثه بر اثر ترک طولی به وجود آمده باشد، Q از رابطه زیر بدست می آید :

$$Q = ۲۲/۷۹۶ * A * P^2 \qquad (۴)$$

که در آن A بر حسب اینچ مربع ، P بر حسب پوند بر اینچ مربع و Q بر حسب گالن بر دقیقه می باشد. پس از محاسبه حداقل حجم آب هدر رفته برای هر حادثه که در GIS محاسبه گردیده، گزارش های مکانی مناسب از اطلاعات بدست می آید. به عنوان نمونه می توان گزارشی از اطلاعات مکانی و توصیفی حوادثی که حجم آب هدر رفته در آنها از ۱۰۰۰ متر مکعب بیشتر است را بدست آورده و پس از بررسی دلایل آن، نسبت به رفع مشکلات به صورت اصولی اقدام نمود. اطلاعات بدست آمده حجم آب تلف شده ناشی از حوادث در GIS مطابق با جدول (۲) عبارت است از :

جدول(۲) : محاسبه حجم آب تلف شده بر اثر وقوع حوادث و اتفاقات (همدان، منطقه راهنما)

نوع نشت	حداقل مدت نشت (ساعت)	حجم نشت (متر مکعب)
سوراخ	۴۵۹/۳	۵۴۱۲۶/۱
گردبر	۲۸۶/۳	۱۶۸۶۵۳/۲
ترک	۲۸۸/۲	۲۸۴۰۲/۴

تخمینی که در معادل سازی سطح مقطع شکستگی با سوراخ یا ترک و تخمین فشار یا سرعت متوسط حرکت آب در محاسبه نشت و همچنین زمان اطلاع از وقوع حادثه بکار می رود، جنبه تخمینی داشته و نزدیکترین مقدار نسبت به واقعیت و دارای ارزش اطلاعاتی بسیار بالایی برای شرکت های آب و فاضلاب می باشد.

۲-۵-۲- محاسبه حداقل هزینه خسارات ناشی از هر حادثه در شبکه

جهت محاسبه حداقل هزینه خسارات ناشی از هر حادثه با استفاده از اطلاعات زیر که در فرم های مربوطه هنگام رفع حادثه جمع آوری می شوند، عمل می گردد :

الف) میزان سطح تخریب

ب) میزان حجم خاک برداری

پ) ساعات کارکرد ماشین آلات به تفکیک، از قبیل خودرو ، بیل مکانیکی و کمپرسور

ت) تعداد پرسنل گروه امداد که در رفع حادثه مشارکت داشته اند

ث) مدت زمان صرف شده جهت رفع حادثه

ج) میزان و تعداد لوازم مصرفی به تفکیک، از قبیل لوله، شیرآلات و اتصالات

پس از آن با استفاده از قیمتهای پایه ای موارد فوق که در جدولی جداگانه تهیه و بصورت سالانه بروز می گردد. پس از محاسبه حداقل هزینه هر حادثه می توان گزارشات مکانی مورد نیاز را تهیه نمود. به عنوان نمونه می توان گزارش اطلاعات مکانی و توصیفی حوادثی که هزینه آنها از مبلغ ۳۰۰۰۰۰ ریال بیشتر است را مطابق با شکل (۲) بدست آورده و دلایل آن را مورد بررسی قرار داد. سایر تحلیل ها عبارتند از :

۲-۵-۲-۳- بررسی موجودی انبار جهت گزارش به گروه های امداد

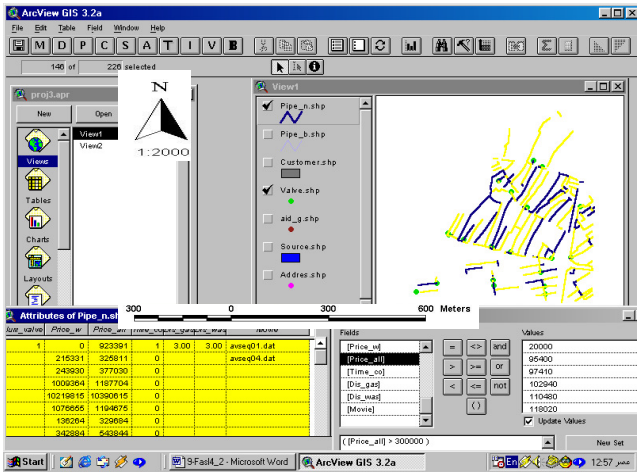
۲-۵-۲-۴- پیدا کردن لوله های دارای بیش از یک حادثه

۲-۵-۲-۵- بدست آوردن مجموع کل و میانگین سطح تخریب شده آسفالت و خاکی

۲-۵-۲-۶- بدست آوردن اطلاعات مکانی و توصیفی لوله هایی از شبکه توزیع که در فاصله ای غیر استاندارد با لوله های گاز یا فاضلاب و کابل های زمینی برق یا مخابرات قرار گرفته اند

۲-۵-۲-۷- محاسبه سن لوله ها و تعیین نرخ شکست برای هر لوله

۲-۵-۲-۸- شاخص های حوادث و اتفاقات



شکل (۲) : اطلاعات مکانی و توصیفی لوله هایی که هزینه حوادث آنها از ۳۰۰۰۰۰ ریال بیشتر است (همدان، منطقه راهنما)

شاخص های حوادث طراحی شده در سیستم به تفکیک قابل محاسبه هستند به عنوان نمونه شاخص تعداد حوادث شبکه توزیع به مجموع طول لوله های شبکه در منطقه نمونه مطالعاتی عدد ۱۳/۳۴ بدست آمده است. یعنی به ازای هر کیلومتر از شبکه حدود ۱۳ حادثه اتفاق افتاده است. شاخص های زمانی طراحی شده در سیستم، قابل محاسبه هستند. بدین ترتیب می توان میانگین اختلاف زمان های اطلاع از حادثه، ابلاغ حادثه به گروه های امداد، حضور در محل حادثه ، قطع جریان آب و پایان رفع حادثه توسط گروه های امداد را نسبت به هم محاسبه و اطلاعات مکانی و توصیفی هر حادثه که اختلاف زمان های آن از مقدار میانگین های بدست آمده بیشتر است را نمایش داد. به عنوان نمونه شاخص میانگین اختلاف فاصله زمانی اطلاع از حادثه و ابلاغ آن به گروه امداد در منطقه نمونه مطالعاتی، ۱/۵ ساعت می باشد. این اختلاف زمان با توجه به شرایط موجود و تعداد گروه های امداد متناسب می باشد.

۲-۵-۳- تحلیل های GIS حوادث بکار گرفته شده با استفاده از نرم افزار Excel

پس از جمع آوری اطلاعات حوادث و اتفاقات در فرم های مربوطه توسط گروه های امداد و ورود آنها به GIS، با کمک نرم افزار Excel، تحلیل های آماری زیر بدست می آیند. نتایج بدست آمده را می توان به همراه هر دو اطلاعات مکانی و توصیفی در GIS نمایش داد.

الف) چگونگی نحوه اطلاع مراکز امداد از وقوع حوادث

ب) نوع پوشش سطح محل حادثه

پ) لوازم مصرفی رفع حوادث و اتفاقات در شبکه توزیع و انشعابات

ت) آمار تعداد حوادث اتفاق افتاده بر روی هر لوله حادثه دیده در شبکه توزیع

ث) عوامل خارجی ایجاد حادثه

ج) وضعیت حوادث بر اساس علت ایجاد حادثه طبق شکل (۳)

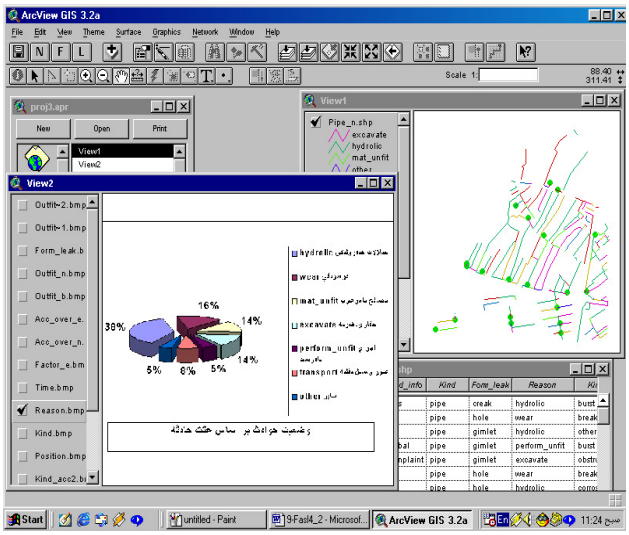
چ) وضعیت حوادث بروی لوله های شبکه توزیع بر اساس نوع حادثه طبق شکل(۴)

ح) وضعیت حوادث بر حسب شکل منفذ نشت بر روی لوله ها طبق شکل (۵)

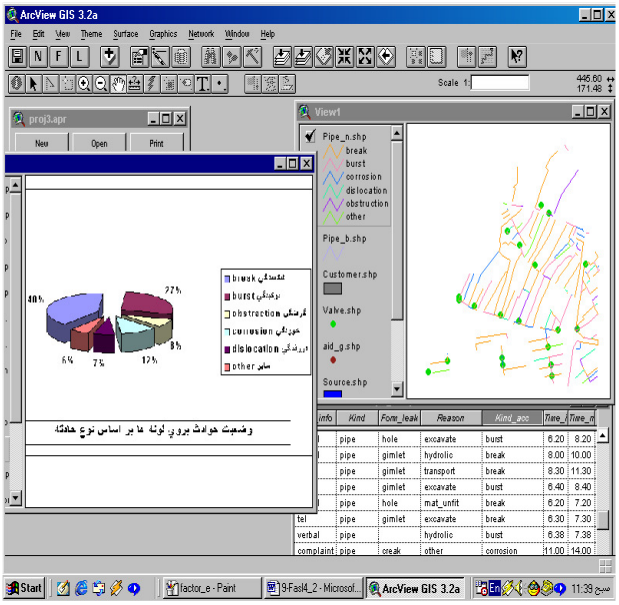
خ) میزان حوادث بر اساس نوع حادثه

ذ) میزان حوادث بر حسب قطر لوله ها

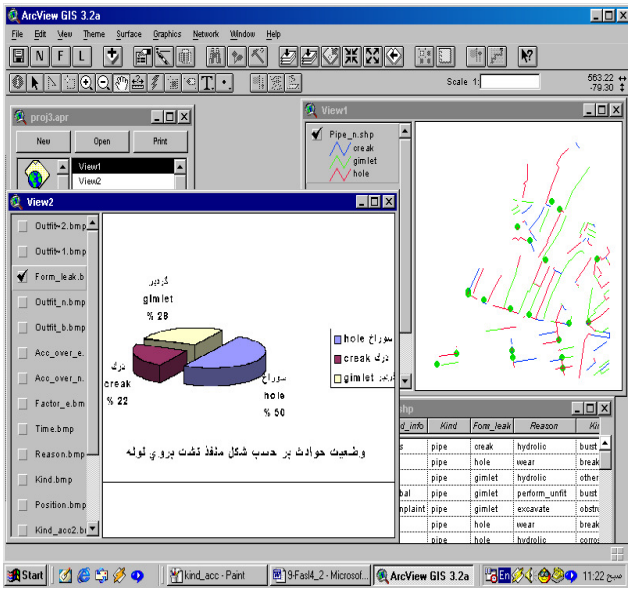
د) تعداد حوادث بر روی لوله ها و انشعابات



شکل (۳) : اطلاعات مکانی، توصیفی و تحلیلی حوادث بر اساس علت حادثه (همدان، منطقه راهنما)



شکل (۴) : اطلاعات مکانی، توصیفی و تحلیلی حوادث بر اساس نوع حادثه (همدان، منطقه راهنما)



شکل (۵) : اطلاعات مکانی، توصیفی و تحلیلی حوادث بر حسب شکل منفذ نشت روی لوله (همدان، منطقه راهنما)

۲-۵-۴- تحیل های GIS حوادث بکار گرفته شده با استفاده از نرم افزارهای Excel و MINIAB

در این مرحله روند شکست لوله ها بر اساس عمر و قطر اوله ها بررسی می گردد.

الف) بررسی شکست لوله در برابر قطر لوله

در جدول(۳) تعداد حوادث، طول لوله ها، نرخ شکست و میانگین سن لوله ها برای لوله های با جنس آزبست و به تفکیک قطر در شبکه آبرسانی منطقه راهنما ارائه شده است.

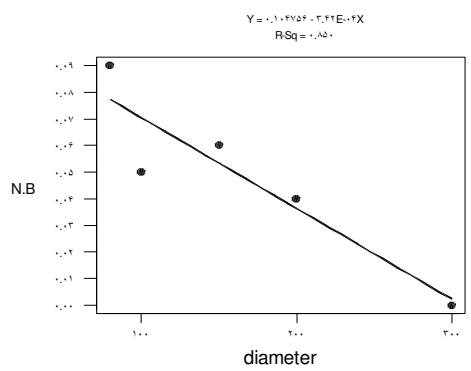
جدول (۳) : تعداد حوادث سالانه ، نرخ شکست و میانگین سن لوله ها بر اساس قطر برای لوله های آزبست (همدان ، منطقه راهنما)

آزبست سیمان				
قطر لوله(mm)	تعداد حوادث سالانه	طول لوله ها (m)	نرخ شکست	سن لوله ها (سال)
۸	۲۳	۳۱۳	۰/۰۷۳	۱۷/۴۲
۱۰۰	۸۸۷	۱۶۸۰۴	۰/۰۵۲	۱۶/۸۳
۱۵۰	۳۷۲	۵۹۲۵	۰/۰۶۲	۱۶/۹۸
۲۰۰	۲۰	۷۶۹	۰/۰۲۶	۱۸
۳۰۰	۱	۱۰۶۹	۰	۱۸

در نمونه مورد مطالعه پس از انجام تحلیل رگرسیون خطی به روی نرخ شکست و سایز لوله ها شکل (۶) بدست می آید. این شکل نشان می دهد که با افزایش قطر لوله ها، تعداد حوادث سالانه کاهش می یابد. در این حالت ضریب همبستگی بین داده ها برابر با ۰/۸۵ است که نشان دهنده همبستگی قوی بین داده ها می باشد. برای کنترل صحت برازش از آزمون F استفاده می شود. در این نمونه مقدار F برابر ۱۷ می باشد که از F آماری با درجه آزادی (۱و۳) که معادل ۱۰/۲۸ می باشد بزرگتر بوده و صحت برازش به صورت خطی و با اطمینان ۹۵٪ تأیید می شود. فرمول رگرسیون عبارت از:

$N.B=۰/۱۰۵-۰/۰۰۰۳۴۲D$ که در آن

N.B نرخ شکست و D قطر لوله ها بر حسب mm می باشد.

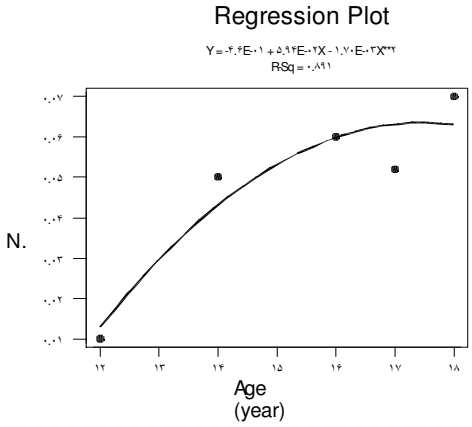


شکل (۶) : رابطه نرخ شکست سالانه بر حسب قطر لوله های آزبست (همدان ، منطقه راهنما)

ب)تحلیل رگرسیون بر اساس عمر و نرخ شکست لوله

در این تحلیل از لوله های با قطر mm۱۰۰ ، بر اساس سن لوله ها و نرخ شکست استفاده شده است. پس از انجام تحلیل فوق شکل (۷) بدست می آید. دراین نمونه جهت برازش بهتر از تحلیل رگرسیون غیر خطی استفاده می شود در نتیجه ضریب همبستگی برابر با ۰/۸۹ و $F = ۸/۱۷۳$ که از F آماری با درجه آزادی (۱و۳) که معادل۵/۵۴ می باشد بزرگتر بوده و صحت برازش با اطمینان ۹۰ درصد تأیید می شود. فرمول رگرسیون عبارت است از :

$N.B = -۰/۴۶+۰/۰۰۵۹۴A-۰/۰۰۱۷A^{۲}$



شکل (۷) : رابطه نرخ شکست سالانه بر حسب عمر لوله های آزبست(همدان ، منطقه راهنما)

۳- نتیجه

با استفاده از سیستم GIS طراحی شده در این تحقیق بـه مـدیریت و کنتـرل سیستم حوادث و اتفاقات پرداخته تا با در اختیار گرفتن اطلاعات دقیـق و بـه موقع توسط گروه های امداد در اسرع وقت نسبت به رفع حادثه اقـدام گـردد. پس از طی مراحل فوق نتایج زیر بدست آمد : با بررسی شاخص های بدسـت آمده، شاخص تعداد حوادث شبکه توزیع به مجمـوع طـول لولـه هـای شـبکه توزیع در منطقه نمونه مطالعاتی، عدد ۱۳/۲۴ به دست آمد . یعنی به ازای هـر کیلومتر از شبکه توزیع، ۱۳ حادثه اتفاق افتاده است، این شاخص بـالا بـوده و نشان دهنده فرسودگی شبکه توزیع می باشد. شاخص اختلاف فاصـله زمـانی اطلاع از حادثه تا پایان رفع حادثه در منطقه مـورد مطالعـه، ۶/۵ سـاعت مـی باشد. این شاخص بالا بوده و باید با استفاده از GIS حوادث نسبت به کاهش آن اقدام گردد.بالاترین نحوه اطلاع مراکز از وقوع حوادث بـه صـورت تلفنـی (۵۲ درصد) می باشد. در این حالت بهتر است از سیستم های مکـانیزه ضـبط مکالمات استفاده گردد. ۷۸ درصد پوشش سطح محل حادثه، آسفالت می باشد. در این صورت باید تجهیزات مناسب جهت تخریب سطح محل حادثـه پـیش گردد.بالا بودن تعداد حوادث توسط عوامل خارجی ایجاد حادثه، نشـان دهنـده غیراستاندارد بودن فواصل قرار گرفتن لوله هـا و کابـل هـای سـازمان هـای خدمات شهری نسبت به یکدیگر و همچنـین عـدم وجـود اطلاعـات مکـانی مناسب از تجهیزات مورد نظر می باشد.بالا بودن درصد اختلالات هیدرولیکی (۳۸ درصد) نسبت به سایر دلایل ایجاد حادثه ، نشان دهنـده مناسـب نبـودن وضعیت فشار در شبکه و همچنین فرسودگی شبکه می باشد. بالا بودن درصد شکستگی (۴۵ درصد) نسبت به سایر انواع حادثه نشان دهنده فرسودگی شبکه می باشد.بالا بودن درصد منفذ نشت به صورت سوراخ (۵۰ درصد) نسـبت بـه سایر منافذ نشت نشان دهنده بالا بودن میزان اختلالات هیدرولیکی و ضـربه قوچ می باشد. از لحاظ تعداد حوادث شبکه توزیع و انشعابات، ۴۳ درصـد کـل حوادث بر روی لوله ها و ۵۷ درصد کل حوادث مربوط به انشعابات مشـترکین می باشد. از دلایل آن عمق کم کارگذاری لوله های انشعابات، کم بودن قطـر لوله های انشعاب و دسترسی بیشتر مشترکین به انشعابات می باشد.

مراجع

[۱] **راهنمای عملیاتی کاهش و کنترل آب به حساب نیامده**، طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی آب کشور، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، ۱۳۷۸.

[۲] تابش .م و هنری .ح . ر، **تحلیل حوادث شبکه های توزیع آب شهری (مطالعه موردی)**، مجله آب و محیط زیست شماره ۵۰ ، (۱۷-۲۳)، ۱۳۸۱.

[۳] تائبی. ا و چمنی. م، « **شبکه های آب شهری** »، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۷۹.

[٤] Eiswirth.M, Heske.C, Burn.L.S and Desilva.D ,"*New Methods for Water Pipeline Assessment* " , proc. Conf. IWA ۲۰۰۱ Berlin Congress ,۲۰۰۱

[۵] *Water Audit and Leak Detection Guidebook*, Publishing by AWWA (American Water Works Association) , ۱۹۹۲.

[۶] Kettler.A.J & Goulter , " *An Analysis of Pipe Breakage in Urban Water Distribution Networks* " Can.J.Civ.Eng ۱۲,۲۸۶-۲۹۳, ۱۹۸۵.

[۷] AWWA Journal – "*Committee report: water accountability*", Pgs. ۱۰۸-۱۱۱, July ۱۹۹۶.