نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال ۹، شمارهٔ پیاپی ۳۴، پاییز ۱۳۹۷
شاپا چاپی: ۵۲۲۹-۲۲۲۸ - شاپا الکترونیکی: ۳۸۴۵-۲۴۷۶
http://jupm.miau.ac.ir

تحلیل فضایی اتفاقات شبکهٔ فاضلاب شهری با استفاده از *GIS*
مطالعهٔ موردی: شهر اردبیل

علیرضـا محمـدی[۱]: دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
الهه پیشگر: دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
سپیده نوری: دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۸ صص ۱۱۸- ۱۰۵ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۰

چکیده

سالانه هزاران مورد حادثه در شبکه‌های فاضلاب شهری ایران اتفاق می‌افتند. تحلیل فضایی این حوادث با استفاده از فنون مناسب، برای کاهش خسارات ناشی از آنها، ضروری به نظر می‌رسد. هدف این پژوهش تحلیل فضایی اتفاقات شبکهٔ فاضلاب شهری است. قلمرو پژوهش شهر اردبیل است که از ۴۴ محله تشکیل شده است. داده‌های این پژوهش، شامل ۷۲۲ مورد اتفاق در شبکهٔ فاضلاب شهر اردبیل است. این آمار تا نیمهٔ دوم سال ۱۳۹۵ ثبت شده‌اند. در پژوهش حاضر، از فنون آمار فضایی مانند تراکم *Kernel*، رگرسیون وزنی جغرافیایی (*GWR*) و روش تعیین الگوی پراکنش عوارض *Replyes K-Function*، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، استفاده شده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند که بیشترین اتفاقات فاضلاب، در محله‌های مرکزی، سکونتگاه‌های غیررسمی و بافت‌های قدیمی شهر رخ داده‌اند. الگوی پراکنش فضایی حوادث فاضلاب، از نوع خوشه‌ای است. شدت تراکم حوادث، در محلات در حال ساخت و محلات فرسوده بیشتر است و بین تراکم جمعیتی و ساختمانی، فعالیت‌های ساختمانی، نوع بافت شهری، کیفیت معابر با تعداد اتفاقات رابطه معنادار است و با شیب زمین بی‌معنا است. نتیجه اینکه، محلات فرسوده، پرجمعیت و در حال ساخت، با بیشترین حوادث و آسیب‌ها مواجه‌اند. مدلسازی روابط فضایی نیز نشان می‌دهد که بافت‌های قدیمی و فرسوده شهر، در معرض بالاترین میزان خطرپذیری وقوع حوادث در شبکه فاضلاب قرار دارند. در پایان بر مبنای یافته‌های پژوهش، پیشنهادهایی برای بهبود شبکه و پیشگیری از حوادث در شبکه فاضلاب ارائه شده‌اند.

واژگان کلیدی: تحلیل فضایی، حوادث شبکه فاضلاب شهری، اتفاقات، سامانه اطلاعات جغرافیایی (*GIS*)، شهر اردبیل.

۱. نویسنده مسئول: *a.mohammadi@uma.ac.ir*، ۰۹۱۲۶۸۴۴۳۹۲

بیان مسأله:

وقوع حوادث در زیرساخت‌ها امری طبیعی است. لیکن، آماده نبودن برای مواجهه با این حوادث، در بلندمدت می‌تواند به مراتب شرایط بدی را برای زیرساخت‌هایی مانند فاضلاب به همراه داشته باشد (*Gatschak, 2004*). شبکهٔ فاضلاب همانند دیگر زیرساخت‌ها همواره از طریق عوامل مختلف با خطر آسیب مواجه است (توکلی، ۱۳۸۵: ۳۵). با وجود بالا رفتن هزینه‌های نوسازی شبکه‌های آب و فاضلاب، هنوز صدها هزار حادثه در سال در شبکه آب و فاضلاب شهری گزارش می‌شود (دلاور و همکاران، ۱۳۸۳: ۳). این آسیب می‌تواند منجر به حوادث در شبکه و تحمیل هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی شود (تابش و همکاران، ۱۳۸۸: ۳). وقوع حوادث در شبکه‌هایی مانند فاضلاب می‌تواند هزینه‌های زیادی را برای اقتصاد کشور تحمیل نماید (*Ibid*). به طور میانگین سالانه بیش از ۲۰۰ میلیارد ریال برای رفع آسیب‌ها و حوادث شبکهٔ آب و فاضلاب هزینه می‌شود (بیگی، ۱۳۸۴: ۱۸). وقوع حوادث در زیرساخت‌هایی فاضلاب می‌تواند به شیوع بیماری‌ها، نارضایتی از خدمات، تهدیدهای امنیتی و سایر آسیب‌ها منجر شود. تحلیل زیرساخت‌ها و رفع مشکلات احتمالی آن‌ها، ازاولویت‌های راهبردی هر شهری است (روزبهانی، ۱۳۹۲: ۶). شبکهٔ فاضلاب، به دلیل تهدید عوامل درون و برون شبکه‌ای، نیازمند پایش مداوم و بدون توقف است (*Zhang, 2006*). ضعف‌های داخلی مانند جنس نامرغوب لوله‌ها و تأسیسات الحاقی، فرسودگی و خوردگی لوله‌ها و عدم طراحی مناسب از مهم‌ترین عوامل تهدید کننده برای این شبکه است. لیکن، عوامل خارجی دیگری مانند تراکم جمعیت، فعالیت‌های ساختمانی، وقوع حوادثی مانند زلزله، و غیره در وارد کردن آسیب‌ها به شبکهٔ فاضلاب نقش به مراتب مهمی دارند و در پژوهش‌های گذشته کمتر به آنها پرداخته شده است (*Zhang,* ۲۰۰۶). تحلیل عوامل تهدید کنندهٔ خارجی شبکه‌های فاضلاب که منجر به وقوع حوادث می‌شوند، ضروری است *(Hill and Jones, 1995)*. همچنان که پیش‌بینی حوادث در شبکه فاضلاب برای کاهش آسیب‌ها، مهم است (ناطقی، ۱۳۷۷: ۲۲).

در سال‌های اخیر استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (جی.آی.اس) به کمک زیرساخت‌های شهری آمده است و امکان بررسی، تحلیل و پایش اتفاقات در شبکه‌های آب و فاضلاب را برای مدیران، برنامه‌ریزان و طراحان شبکه فراهم ساخته است (*Chowdhury et al., 2002*). و امروز در جوامع پیشرفته‌تر، به طور کارآمدی به بهبود وضعیت زیرساخت‌های فاضلاب کمک کرده است (*Nijkamp & Scholten,1993*). «جی.آی.اس»، این امکان را بوجود آورده است که بتوان با کاهش آسیب‌های جانی و مالی ناشی از وقوع خطر، شرایط را کنترل کرد *(Mitchell, 1999: 36)* با رشدفناوری‌های اطلاعات جغرافیایی و تلفیق آن با روش‌های آماری، از دهۀ ۲۰۰۴ به این سو، روش‌های جدیدی برای تحلیل زیرساخت‌های شهری اضافه شده‌اند که آمار فضایی از آن جمله است. این روش‌ها، شامل ابزارهایی علمی و استاندارد برای توصیف، تحلیل و مدل‌سازی روابط فضایی است (*Scott and Getis, 2008: 95*). آمار فضایی، به نحو مؤثری در مدیریت زیرساخت‌های مهمی مانند شبکهٔ فاضلاب و پیشگیری از وقوع بحران کاربرد دارد (*UNEP, 1999*). وقوع حوادث در شبکه‌های آب و فاضلاب تا حد زیادی از طریق به کارگیری «جی.آی.اس» کنترل می‌شود (*Jimenez et al. 2010*). و استفاده از «جی.آی.اس» و آمار فضایی در بخش زیرساخت‌های آب و فاضلاب به شکل‌گیری شهر پایدار کمک می‌کند *(ESRI, 2010: 5)*. استفاده از «جی.آی.اس» برای کنترل، شناسایی نقاط و مسیرهای بحرانی و مدیریت در شبکه‌های فاضلاب بسیار کارآمد است *(Yamba, 2011)*. تحلیل داده‌های فضایی شبکهٔ فاضلاب، گام مهمی برای مدیریت مطلوب و کارآمد شبکه، بهبود کیفیت خدمات، کاهش حوادث و هزینه‌ها در این حوزه است (رنگزن و محرابی، ۱۳۸۶: ۳). کاهش تهدید بحران‌های برون شبکه‌ای، مستلزم مدیریت این شبکه‌ها با استفاده از فناوری‌های مدیریت فضایی مانند «جی.آی.اس» است (وثوقی و عدل پرور، ۱۳۸۴: ۵).

«جی.آی.اس»، می‌تواند به کاهش حوادث و عوامل منجر به آسیب رسیدن به شبکه و مشترکان از آن را، از طریق هوشمندسازی این شبکه‌ها کمک کند (آسفی و همکاران، ۱۳۹۰: ۷). شناخت، تحلیل و برنامه‌ریزی برای کاهش عوامل منجر به حوادث در شبکه‌های فاضلاب گام پایه‌ای برای مدیریت شبکه‌ها پیش از وقوع بحران است که با کمک فناوری‌های نوین مانند «جی.آی.اس»، شدنی است (انیسی و راستی،

۱۳۹۳: ۱۱). در مجموع در مورد شبکه زیرساخت‌های شهری مانند فاضلاب، استفاده از «جی.آی.اس» را در پیش‌بینی، مدل‌سازی و برنامه‌ریزی آینده‌نگر کنترل حوادث در شبکه‌های آب و فاضلاب، بسیار کارآمد و ضروری است (رهگذر و همکاران، ۱۳۹۳: ۳). از آنجایی که طبق آمار استخراج شده از شرکت آب و فاضلاب شهری استان اردبیل (ارائه شده در بخش داده‌ها)، شهر اردبیل یکی از شهرهای حادثه‌خیز در بخش شبکهٔ فاضلاب است، این مسئله می‌تواند به وقوع فجایع انسانی از جمله شیوع بیماری‌های ویروسی ناشی از نشت پسآب‌ها و فاضلاب آلوده به محیط زیست و شبکهٔ آب شهر، تحمیل هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی در این شهر منجر شود.

بروز اتفاقات در شبکه‌های فاضلاب تأثیرات محیطزیستی جبران‌ناپذیری بر پیکرهٔ شهری به همراه دارد که اثرات آن تا سال‌های متمادی ماندگار خواهد بود. شیوع بیماری‌های ویروسی، ورود پسآب‌های آلوده به شبکهٔ آب‌های سطحی و زیرسطحی، بوی ناخوشایند، از بین رفتن گیاهان به دلیل نشت مواد شیمیایی از جمله برخی مضرات شکستگی و نشت در شبکه‌های فاضلاب شهری است. با توجه به حادثه‌خیز بودن شبکهٔ فاضلاب شهر اردبیل که آمار آن در بخش داده‌ها ارائه شده است، شناسایی محله‌های پرخطر از نظر وقوع حوادث و تحلیل فضایی این مسئلهٔ مهم شهری، برای اتخاذ روش‌های پیشگیرانه، در شهر اردبیل ضروری است. با توجه به مکان‌مبنا بودن حوادث و ارتباط آن‌ها با محله‌های شهری، تحلیل روابط فضایی حوادث با استفاده از فنون *GIS*، برای شناخت، درک و تحلیل مسئله ضروری و سودمند خواهد بود. هدف اصلی این پژوهش، تحلیل فضایی اتفاقات شبکهٔ فاضلاب شهر در ارتباط با متغیرهای محیطی از جمله تراکم جمعیت و ساختمان، فراوانی فعالیت‌های ساختمانی، کیفیت معابر و بافت‌های شهر اردبیل است. برای تحقق این هدف آمار این حوادث با استفاده از فنون آمار فضایی در «جی.آی.اس» تحلیل شده‌اند. باتوجه به بیان مسئله و اهداف پژوهش، تلاش خواهد شد تا با توجه به آمار قابل دسترس به این پرسش‌ها پاسخ داده شود که: ۱ـ وضعیت وقوع حوادث شبکهٔ فاضلاب در سطح محلات شهر اردبیل چگونه است؟ ۳- شدت تراکم حوادث فاضلاب و الگوی توزیع فضایی حوادث در سطح محلات شهر چگونه است؟ ۳ـ چه رابطه‌ای بین تراکم جمعیت و وقوع حوادث در شبکهٔ فاضلاب وجود دارد؟ ۴ـ چه رابطه‌ای بین تراکم ساختمانی و وقوع حوادث در شبکهٔ فاضلاب وجود دارد؟ ۵ـ چه رابطه‌ای بین فعالیت‌های ساختمانی و وقوع حوادث در شبکهٔ فاضلاب وجود دارد؟ ۶ـ چه رابطه‌ای بین کیفیت معابر شهری و وقوع حوادث در شبکهٔ فاضلاب وجود دارد؟ ۷ـ چه رابطه‌ای بین نوع «بافت‌های شهری» با حوادث شبکهٔ فاضلاب وجود دارد؟ ۸ ـ چه رابطه‌ای بین شیب‌زمین و وقوع حوادث در شبکهٔ فاضلاب وجود دارد؟ ۹ـ کدام مناطق شهر اردبیل درخطر بالای آسیب‌پذیری در وقوع خطرات احتمالی مانند زلزله قرار دارند؟

ادبیات نظری پژوهش:

سامانه‌های تأمین و توزیع آب شهری شامل منابع تأمین، خطوط انتقال اصلی، تصفیه خانه ها، مخازن ذخیره و سیستم توزیع آب به طیف وسیعی از مصرف کنندگان خدمات رسانی می کنند و وجود آن‌ها لازم و مهم است و از این‌رو جزو زیرساخت های اساسی در هر شهری به شمار میروند (روزبهانی، ۱۳۹۲: ۳). که به‌صورت زیرزمینی خدمات خود را بی‌سروصدا ارائه می‌دهند (*Zang, 2006*). این شبکه‌ها در معرض انواع خطرات لرزه‌ای که ناشی از انتشار امواج لرزه‌ای و تغییر شکل‌های زمین است، قرار دارند. بیش‌ترین خسارت‌های ناشی از حوادث به قسمت خطوط لوله ها و خصوصاً به اتصالی‌های این خطوط وارد می‌شود . در کنار این خطرها وجود لوله‌های نامرغوب، کهنگی و خوردگی لوله‌ها و عدم طراحی لرزه‌ای شبکه‌ها باعث افزایش آسیب‌دیدگی شبکه‌ها می‌گردند. این موارد بازگوکننده حتمی بودن قطع آب پس از حادثه است. نبود آب در شرایط نامناسب پس از رخ دادن حادثه باعث آسیب‌های فراوانی است که در ابعاد اجتماعی، اقتصادی و بهداشتی به صورت بحران بروز می کند. (شکیب و مقدسی، ۱۳۸۵: ۵۲).

مدیریت بحران شهری ترکیبی از مسائل مدیریتی و برنامه‌ریزی شهری است، که هدف آن ایجاد هماهنگی بین برنامه‌ریزی و کنترل طرح‌ها و برنامه‌های شهری است (*Hill and Jones, 1995*). به‌گونه‌ای که تدوین و اجرای این برنامه‌ها به شیوه‌ای مطلوب صورت گیرد (ناتقی،

۱۳۷۷: ۲۱). درسال‌های اخیر استفاده از برنامه‌های (GIS) در مدیریت بحران رونقی بیش‌ازپیش یافته است (Chowdhury et al, 2002). واز چند دهه قبل (GIS)، در امور شهری کشورهای مختلف جهان به کار گرفته‌شده است بخصوص کشورهای فرانسه برنامه‌ریزی شهری لیون، در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل منطقه‌ای و شهری، هلند در زمینه برنامه‌ریزی کاربری زمین، فضاسازی، آتش‌نشانی‌ها و نیز ادارات شهری شهر تاکوما در آمریکا، نمونه‌های بهره‌گیری از (GIS) در امور شهری است (Nijkamp & Scholten,1993). عمده کاربردهای فناوری (GIS) در مدیریت بحران در شبکه‌های آب و فاضلاب به سه بخش تقسیم می‌گردد که عبارت‌اند از: استفاده از فناوری (GIS) پیش از بحران (کمک به آمادگی در برابر بحران) :در این بخش بیشتر در زمینه‌های بهنگام سازی اطلاعات،مکان‌یابی مراکز تخلیه و پیش‌بینی و شبیه‌سازی بحران بکار می‌آید. استفاده از فناوری (GIS) حین بحران: در این بخش بیشتر در زمینه‌های شناخت بحران، مدیریت نیروی انسانی، مدیریت اشیاء و وسایل، مدیریت منطقه و مدیریت اصلاح و بازسازی به کار می‌آید و استفاده از فناوری (GIS) بعد از بحران: در این بخش بیشتر در زمینه‌های کمک به بازسازی مناطق بحران‌زده و شناخت عوامل بحران بکار می‌آید (UNEP, 1999).

جیمینز و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی با عنوان نقش شبکه‌های توزیع آب شهری در ایجاد شهرنشینی پایدار در کشورهای درحال‌توسعه، در شهر ووکرو در اتیوپی، ضمن استفاده از نرم‌افزارهای (GIS) در تحلیل فضایی نحوه‌ی پراکنش خدمات شبکه‌ی آب شهری، به این نتیجه می‌رسند که توزیع نامتعادل و نابرابر و ناعادلانه‌ی خدمات شبکه‌ی آب وفاضلاب شهری مانع شکل‌گیری شهرنشینی پایدار می‌شود و می‌تواند تبعات منفی اجتماعی، سیاسی و اقتصادی برای شهر به همراه داشته و به کاهش کیفیت آب شهری منجر شود. یامبا[2](۲۰۱۱)، در پژوهشی با عنوان بهبود عملکرد سیستم توزیع آب با استفاده از (GIS) برای نظارت و کنترل جهت کاهش آب هدر رفته، به بررسی پروژه‌ای در اوآگادوگو پرداخته است. در این پروژه با استفاده از نقشه‌های جی‌آی‌اس، بحرانی‌ترین نقاط فشار آب مشخص‌شده و برای مدیریت آن مدل‌سازی شده است. ابو راوه و محمود (۲۰۱۴)، در پژوهشی با عنوان کنترل هدر رفت آب در زمان واقعی تشخیص نشت با استفاده از فنّاوری (GIS) خاطر نشان می‌شوند مشکل هدر رفت آب به‌طورکل و حل مشکل نشت در شبکه‌های توزیع به‌طور خاص با توضیح علل آن و تأثیر آن بر جنبه‌های مختلف زندگی یک امر مهم در نحوه آبرسانی است. اوسلو و همکاران[3](۲۰۱۴)، در پژوهش با عنوان به‌کارگیری سامانه‌های اطلاعات شهری برای شبکه‌های توزیع آب، به‌منظور جمع‌آوری، پردازش، ارزیابی و تجزیه‌وتحلیل داده متعلق به یک سیستم توزیع آب، از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده و مزیت‌هایی که به عنوان یک نتیجه از به‌کارگیری سامانه‌های اطلاعات شهری برای سامانه‌های توزیع آب می‌توان بهره گرفت را ارائه و معرفی کرده‌اند.

آسفی و همکاران (۱۳۹۰)، در پژوهش خود با عنوان مدیریت فشار شبکه‌های توزیع آب شهری و استفاده صحیح از منابع آب، روشی را برای مدیریت آب و کاهش خسارت‌ها و اتفاقات شبکه‌ی آب با استفاده از روش مدیریت پیشگیرانه ارائه می‌کنند. در این پژوهش نیز بر استفاده از نرم‌افزارهای مبتنی بر (GIS) تأکید شده است. رهگذر و همکاران (۱۳۹۳)، در پژوهشی با عنوان پیشنهاد شبکه هوشمند ارزیابی شاخص آسیب‌پذیری لرزه‌ای شبکه جمع‌آوری فاضلاب دربستر GIS (مطالعه موردی: شهرکرد) با استفاده از روش وزن دهی و ارائه الگوریتمی هوشمند به ارزیابی شاخص آسیب‌پذیری لرزه‌ای عظیم جمع‌آوری فاضلاب شهری پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های آسیب‌پذیری لرزه‌ای خطوط لوله فاضلاب شهرکرد در حد متوسط و کم است ودر جنوب شهرکرد به‌خصوص در بافت قدیمی شهر که لوله‌های آن ترد است، از دیگر نقاط بیشتر است.

روش‌شناسی پژوهش:

1- Jiménez, R. Magrinya, F. Almandoz, J
2- Yamba
3-Slow

داده‌های این پژوهش شامل دو دسته اصلی هستند. دستهٔ اول داده‌های ثبت شدهٔ مربوط به شبکه فاضلاب شامل تعداد حوادث و آدرس و زمان گزارش وقوع حادثه در درون شبکه بوده است. از شبکهٔ فاضلاب، صرفا این سه فیلد داده، در اختیار پژوهشگران قرار گرفت. این داده‌ها، اطلاعات مربوط به ۷۲۲ مورد حادثه ثبت شده (متغیر وابسته)، در شبکهٔ فاضلاب شهری اردبیل تا پایان سال۱۳۹۵ است؛ که از شرکت آب و فاضلاب استان اردبیل (۱۳۹۵) اخذ شده‌اند. دستهٔ دوم داده‌هایی هستند که از اسناد، نقشه‌ها و گزارشات مربوط به طرح جامع شهر اردبیل (مهندسان مشاور طرح و کاوش، ۱۳۹۲) و آمار اخذ شده از معاونت شهرسازی شهرداری اردبیل (۱۳۹۵)، استخراج شده‌اند. این داده‌ها دربرگیرندهٔ داده‌های خام مربوط به متغیرهای مستقل پژوهش از جمله شیب، توپوگرافی، کاربری زمین، شبکهٔ معابر شهری، نوع و قدمت بافت‌های شهری، تراکم جمعیت، تراکم و فعالیت‌های ساختمانی و محله‌بندی شهری هستند.

در گام نخست، به دلیل ناهمسان بودن مقیاس داده‌ها برای‌اندازه‌گیری و تعیین روابط، داده‌های اخذ شده، مجددا طبقه‌بندی و کدگزاری شدند. در گام دوم، پایگاه داده‌های طبقه‌بندی شده و لایه‌های مربوط به هر کدام از متغیرها، در نرم افزار اکسل تشکیل شد. در گام سوم، که مهم‌ترین بخش پژوهش محسوب می‌شود، با توجه به اینکه مختصات جغرافیایی (x, y) نقاط وقوع حوادث ثبت نشده بودند، نقاط مربوط به حوادث با استفاده از آدرس‌ها، بر روی نقشه شهری مقیاس۱:۵۰۰ پیاده شدند. برای دقت در جانمایی، از نقشه‌های گوگل‌مپ[1]نیز برای جانمایی‌ها، استفاده شد. درگام چهارم، نقاط دارای مختصات، به محیط نرم افزار *ARC GIS 10.5* منتقل شدند. سپس پایگاه داده‌های توصیفی مربوط به عوارض نقطه‌ای (حوادث) و عوارض سطحی (محله‌بندی) متصل شدند. برای سهولت آدرس دادن، محلات شهری، مطابق مرزبندی رسمی، شماره‌گذاری شدند. در گام پایانی، داده‌های مربوط به متغیر وابسته (حوادث آب) و متغیرهای مستقل، در عارضهٔ سطحی (محله‌بندی شهر)، تلفیق شدند و مبنای تحلیل به روش آمار فضایی در «جی. آی. اس. را بوجود آوردند. مهم‌ترین تحلیل‌های فضایی این پژوهش شامل تعیین الگوی پراکنش، شدت و وضعیت تراکم حوادث و بررسی روابط همبستگی حوادث با عوامل برون شبکه‌ای هستند. با توجه به پرسش‌های پژوهش، از سه روش آمار فضایی مناسب موضوع در محیط «جی.آی.اس»، بر حسب نیاز استفاده شده است که در زیر به صورت خلاصه، به برخی از این روش‌ها اشاره شده است:

روش تحلیل خوشه‌ای چند فاصله‌ای (عملگر کای، ریپلایز)[2]: از جمله روش‌های تحلیل الگوها در عوارض نقطه‌ای است که برای تعیین میزان خوشه‌ای شدن عوارض نقطه‌ای در مقادیر خاصی از فواصل استفاده می‌شود. این روش نشان می‌دهد که با بیشتر یا کمتر شدن فاصله، الگوی توزیع جغرافیایی عوارض نقطه‌ای چگونه خواهد بود (*ESRI, 2010: 22; Anselin, 1999: 38*). در این پژوهش برای تعیین الگوی پراکنش حوادث شبکهٔ فاضلاب، از این روش استفاده شده است (معادله۱).

$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1, j \neq i}^{n} k_{i,j}}{\pi n(n-1)}}$$

D عبارت است فاصله، n عبارت است از عدد ثابت، t عبارت است از تعداد عوارض، A عبارت است از کل حوزه تحلیل و k عبارت است از وزن (*ESRI, 2010*).

روش تراکم کرنل:[3] برای تعیین شدت تراکم عوارض نقطه‌ای به کار می‌رود (عسگری، ۱۳۹۰: *ESRI, 2010, Anselin, 199921*). در این پژوهش از روش تراکم کرنل، برای تخمین شدت تراکم نقطه‌ای حوادث آب استفاده شده است. در این پژوهش برای تعیین شدت تراکم نقطه‌ای حوادث شبکهٔ فاضلاب، از این روش استفاده شده است (معادله۲).

(۲)

1- *Google Maps*
2- *Multi-Distance Spatial Cluster Analysis (Ripley's K-function)*
3- *Kernel Density*

$$Search\ Radus = ۰.۹ * min\left(SD.\sqrt{\frac{۱}{ln(۲)*D_m}}\right) * n^{-۰.۲}$$

SD= فاصله استاندارد، Dm= فاصله میانه، n= تعداد نقاط و فیلد جامعه آماری (*Mitchal, 1999; 73 ESRI, 2010:218*)..

مدل رگرسیون وزندار جغرافیایی[1] روش رگرسیون وزنی جغرافیایی (جی. وی. آر)، گسترش یافتهٔ چارچوب رگرسیون عمومی است. از این روش برای تحلیل ارتباط فضایی بین متغیرهای فضایی در اغلب تحلیل‌های فضایی استفاده می شود (عسگری،۱۳۹۰: ۲۳). در این پژوهش برای تعیین رابطهٔ فضایی متغیر وابسته با متغیرهای مستقل پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. پ

محدوده مورد مطالعه:

شهر اردبیل درمختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۸درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (صدیقی، ۱۳۹۴ : ۵۳). با توجه به آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن، جمعیت شهراردبیل ۵۲۹۳۷۴ نفر (در ۱۵۸۶۲۷ خانوار) بوده است (سرشماری عمومی نفوس و مسکن، ۱۳۹۵). در رابطه با موضوع پژوهش در محدوده شهر اردبیل، ۷۲۲ مورد حادثه (جدول۱ و شکل ۳)، در شبکهٔ فاضلاب شهری اردبیل تا پایان سال ۱۳۹۵ شکل شمارهٔ ۱ موقعیت جغرافیایی شهر اردبیل و محله‌های آن را نشان می‌دهد.

جدول ۱- فراوانی حوادث در شبکهٔ فاضلاب شهر به تفکیک محلات

شماره محله	تعداد اتفاقات	درصد اتفاقات	شماره محله	تعداد اتفاقات	درصد اتفاقات	شماره محله	تعداد اتفاقات	درصد اتفاقات	شماره محله	تعداد اتفاقات	درصد اتفاقات
۱	۰	۰/۰	۱۲	۱۲	۱/۶۸	۲۳	۲	۰/۲۸	۳۴	۲۰	۲/۸۰
۲	۳۴	۴/۷۶	۱۳	۳	۰/۴۲	۲۴	۰	۰/۰	۳۵	۴۰	۵/۶۰
۳	۲۲	۳/۰۸	۱۴	۱	۰/۱۴	۲۵	۲	۰/۲۸	۳۶	۳۸	۵/۳۲
۴	۳۱	۴/۳۴	۱۵	۱۷	۲/۳۸	۲۶	۳	۰/۴۲	۳۷	۰	۰/۰
۵	۵۸	۸/۱۲	۱۶	۵	۰/۷۰	۲۷	۰	۰/۰	۳۸	۱	۰/۱۴
۶	۹	۱/۲۶	۱۷	۲۶	۳/۶۴	۲۸	۳۸	۵/۴۲	۳۹	۲۰	۲/۸۰
۷	۰	۰/۰	۱۸	۵۳	۷/۴۲	۲۹	۰	۰/۰	۴۰	۵۵	۷/۷۰
۸	۳۵	۴/۹۰	۱۹	۵	۰/۷۰	۳۰	۶	۰/۸۴	۴۱	۱	۰/۱۴
۹	۱۳	۱/۸۲	۲۰	۹	۱/۲۶	۳۱	۲۵	۳/۵۰	۴۲	۰	۰/۰
۱۰	۰	۰/۰	۲۱	۳۵	۴/۹۰	۳۲	۵۹	۸/۲۶	۴۳	۰	۰/۰
۱۱	۷	۰/۹۸	۲۲	۱	۰/۱۴	۳۳	۱	۰/۱۴	۴۴	۲۷	۳/۷۸

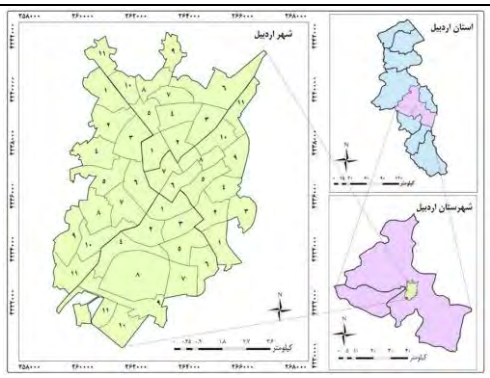
منبع: نویسندگان، ۱۳۹۶.

تجزیه و تحلیل یافته های پژوهش:

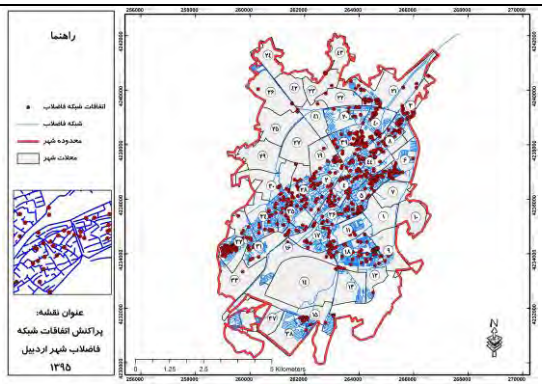
فراوانی وقوع اتفاقات شبکهٔ فاضلاب: در پاسخ به پرسش اول پژوهش، تجزیه و تحلیل اولیهٔ داده‌ها نشان می‌دهد که از تعداد ۷۲۲ مورد اتفاق، گزارش شده در سال ۱۳۹۵، بیشترین اتفاق مربوطه به محله‌های شماره ۳۲، ۵، ۳۹، ۴۰، ۱۸، ۳۵، ۳۶، ۲۸ شهر است (شکل ۲و ۳).

1- GWR

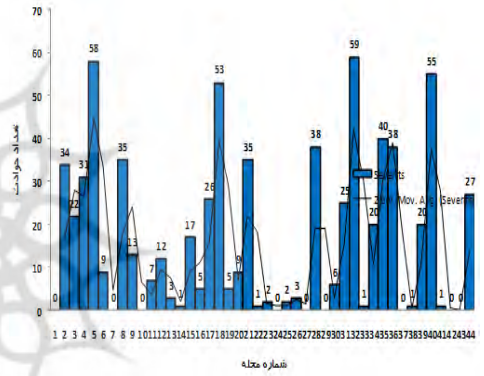
همچنین، نتایج استفاده از روش *Replyes K-Function* که خروجی آن به صورت نمودار نمایش داده می‌شود، نشان می‌دهد که مقدار *K* مشاهده شده (*Observed*) توزیع عوارض بالاتر از مقدار منتظره (*Expected*) است. در نتیجه، الگوی توزیع فضایی حوادث شبکهٔ فاضلاب از نوع خوشه‌ای است. به عبارت روشن، به صورت خوشه‌ای در شهر پراکنده شده‌اند. (شکل شماره ۴).



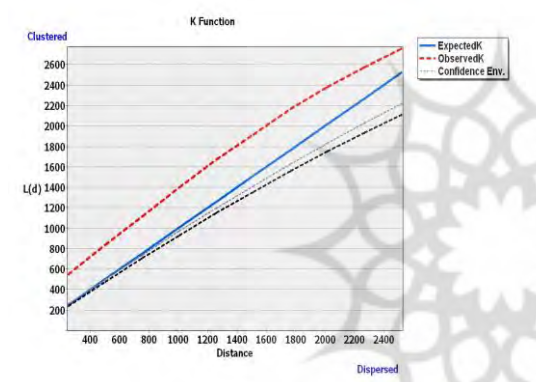
شکل ۱: محدودهٔ پژوهش، شهر اردبیل– منبع نقشه پایه: شهرداری اردبیل، ۱۳۹۶



شکل۲: پراکنش حوادث شبکهٔ فاضلاب– منبع نقشه پایه: شهرداری اردبیل، ۱۳۹۶



شکل۳: نمودار فراوانی تعداد حوادث شبکهٔ فاضلاب در ۴۴ محله شهر



شکل۴: الگوی فضایی پراکنش حوادث فاضلاب

شدت تراکم حوادث :

در پاسخ به پرسش دوم پژوهش، نتایج استفاده از روش تخمین تراکم کرنل[1] نشان می‌دهد که، محلات شماره ۳۲، ۱۸،۴۰ و ۵ شهر با شدت تراکم بالای اتفاقات در شبکه فاضلاب مواجه‌اند. به عبارت روشن، نزدیکی وقوع حوادث در این محلات به یکدیگر، بیش از سایر محلات شهر است (شکل۵). این محلات اغلب از نظر فعالیت‌های ساختمانی، تراکم جمعیتی و ساختمانی مناطق پرتراکم محسوب می‌شوند.

رابطهٔ بین تراکم جمعیت با حوادث :

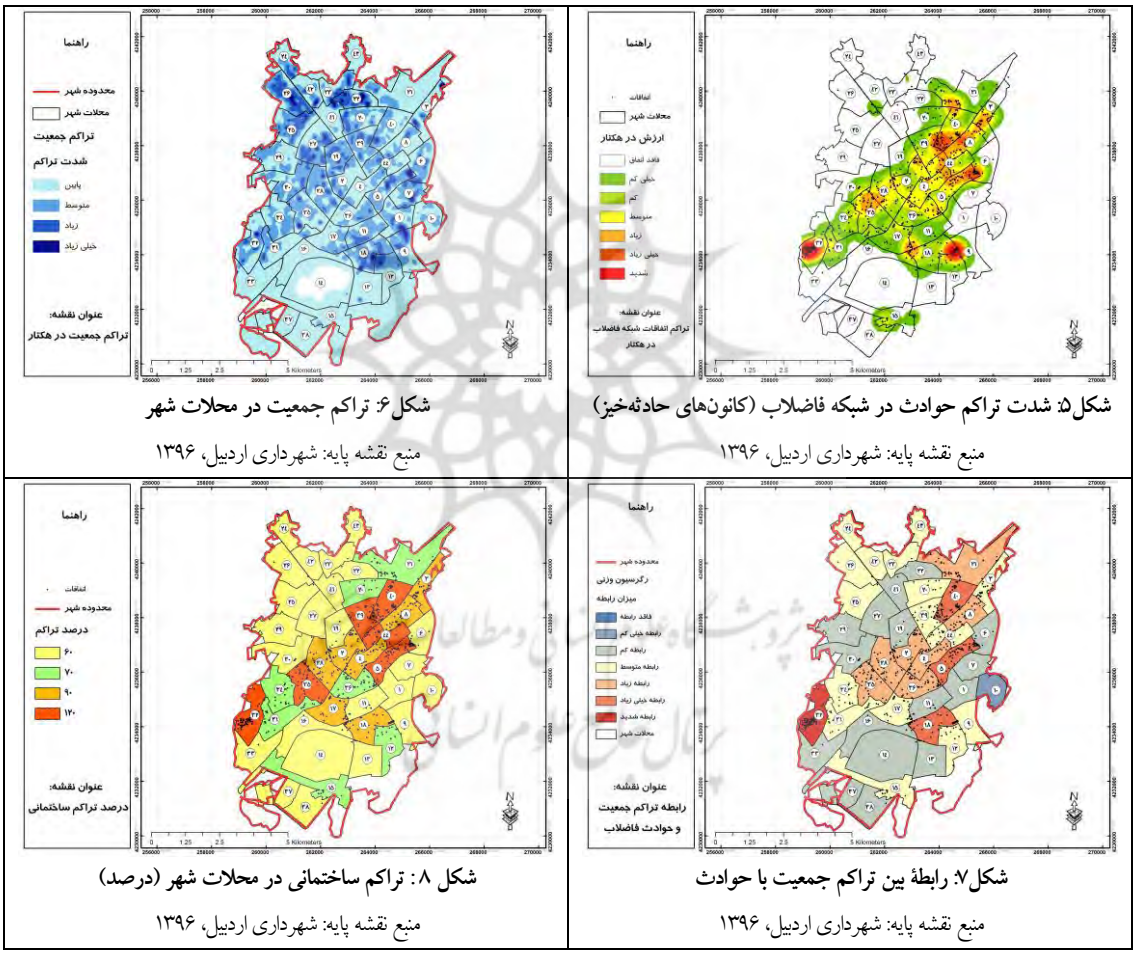
در پاسخ به پرسش سوم پژوهش، محاسبات انجام شده بر اساس آخرین برآوردهای جمعیتی شهر اردبیل تا سال ۱۳۹۵ نشان می‌دهند که تراکم جمعیت در این سال به‌طور میانگین ۲۹۶ نفر در هکتار بوده و اغلب در بخش‌های میانی و بخش‌های حاشیه‌ای شهر بالاتر از حد میانگین است (شکل۶). برای تعیین رابطه بین حوادث فاضلاب یا تراکم جمعیت از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی، استفاده شده است. نتایج به دست آمده از این‌روش نشان می‌دهند که با توجه به مقدار *R2* که ۰/۳۰ به دست آمده و مقدار *R2* تعدیل‌شده ۰/۱۱ به دست آمده است، بین تراکم جمعیت با حوادث شبکهٔ فاضلاب در اغلب محلات رابطه معناداری وجود دارد. به ویژه در محلات شماره ۵، ۴۰، ۳۲ و ۱۸ این رابطه

1- *Kernel Density*

شدید و در محلات شماره ۲۱، ۲، ۴، ۳۶، ۲۸ و۳۵ رابطه معنی‌دار و شدت آن بالا است. به‌عبارت دیگر به دنبال افزایش جمعیت در این محلات، تعداد حوادث نیز بیشتر شده‌اند (شکل۷).

رابطهٔ بین تراکم ساختمانی با حوادث :

در پاسخ به پرسش چهارم پژوهش، با توجه به داده‌های موجود و گزارش‌های مربوط به طرح‌های فرادست شهری از جمله طرح جامع و تفصیلی شهر اردبیل (طرح و کاوش، ۱۳۹۰)، شهر اردبیل به پنج طبقهٔ عمده ازنظر تراکم ساختمانی تقسیم می‌شود، تراکم ساختمانی کم: این گروه، بیشتر مناطق حاشیه‌ای شمال و غرب شهر را در برمی‌گیرد که؛ اکثراً از بافت حاشیه‌ای و روستاهای ادغام شده در شهر هستن؛ تراکم ساختمانی نسبتاً کم: حدود ۳۰٪ از ساختمان‌های شهر در این رده قرار دارند. تراکم ساختمانی متوسط: اغلب بخش‌ها و نواحی مرکزی و قدیمی شهر در این گروه تراکمی قرار دارند. تراکم ساختمانی نسبتاً زیاد: از حوزه‌هایی که عمدتاً در این محدوده تراکمی هستند می‌توان به محلات ۷۸، ۳۹، ۴۰ و ۳۶ اشاره کرد. تراکم ساختمانی زیاد: این تراکم بیشتر در مناطقی که دارای آماده‌سازی بوده و مجتمع سازی در آن‌ها صورت گرفته است دیده می‌شود (شکل۸).



شکل۵: شدت تراکم حوادث در شبکه فاضلاب (کانون‌های حادثه‌خیز)

منبع نقشه پایه: شهرداری اردبیل، ۱۳۹۶

شکل۶: تراکم جمعیت در محلات شهر

منبع نقشه پایه: شهرداری اردبیل، ۱۳۹۶

شکل۷: رابطهٔ بین تراکم جمعیت با حوادث

منبع نقشه پایه: شهرداری اردبیل، ۱۳۹۶

شکل ۸: تراکم ساختمانی در محلات شهر (درصد)

منبع نقشه پایه: شهرداری اردبیل، ۱۳۹۶

نتایج آزمون رگرسیون جغرافیایی برای درک رابطهٔ بین تراکم ساختمانی با فراوانی اتفاقات شبکهٔ فاضلاب در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد نشان می‌دهد که این رابطه برای اغلب محلات شهر که دارای شبکه هستند، معنادار است. این رابطه در محلات شماره ۲۱، ۱۸، ۳۶ کاملا معنادار و شدید است. در برخی محلات به‌رغم وجود اتفاقات، رابطهٔ بین این دو متغیر بسیار کم و حتی فاقد رابطه است که محلات شماره ۳۹ و ۴۴ از آن جمله‌اند (شکل ۹). ازاین‌رو، باید دنبال دلایل دیگری بود که فرسودگی بافت یا عمر شبکه می‌تواند، توجیه مناسب‌تری برای این موضوع باشد. با این وجود به استثنای تعدادی از محلات شهری که در آن اتفاقات کم است، در سایر مناطق رابطه معنی‌دار است.

رابطهٔ بین فعالیت‌های ساختمانی با حوادث :

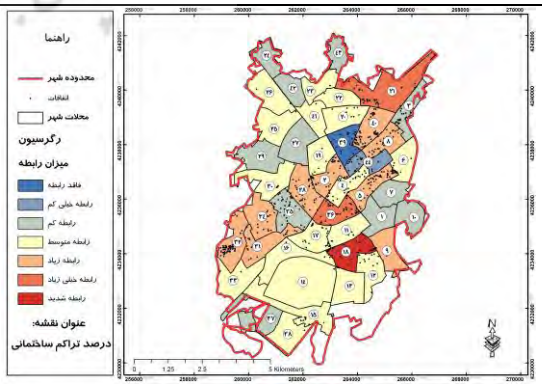
در پاسخ به پرسش پنجم پژوهش، طبق داده‌های اخذ شده از شهرداری اردبیل در سال ۱۳۹۵، به ترتیب مناطق ۳، ۲، ۱، ۴ بـا سـهم ۳۲، ۲۵، ۲۳ و ۲۱ درصد درای فعالیت‌های ساختمانی جدید در شهر بوده‌اند. در مجموع حدود ۱۰۰ مورد پروانه ساختمانی طی سال ۱۳۹۵ صادر شده است. زیر بنای واحدهای ساختمانی صادره در حدود ۵۶۳۵۰۶ متر مربع بوده است. در عین حال نتایج تجزیه و تحلیل انجام شده با اسـتفاده از روش رگرسیون وزن جغرافیایی نشان می‌دهند که به ترتیب در محلات شماره ۸، ۳۵، ۳۹، ۳۴، ۳، ۱۲، ۲۸، ۳۶، ۱۷ و ۳۱ بین اتفاقـات شـبکه فاضلاب و فعالیت‌های ساختمانی جدید رابطه خیلی زیاد و زیادی وجود دارد (شکل ۱۰). در عین حال این رابطه باوجود اتفاقات فاضلاب در محلات شماره ۲، ۵ خیلی کم است. این مسئله نشان می‌دهد که در محلات ۲ و ۵ دلایل دیگری وقوع اتفاقات فاضـلاب را تبیـین خواهنـد کرد.

رابطهٔ بین کیفیت شبکهٔ معابر با حوادث:

در پاسخ به پرسش ششم پژوهش، بر اساس تحلیل نقشه‌های شهری، بافت‌های قدیمی، سکونتگاه‌های غیررسمی، روستاهای ادغام شده در شهر و برخی شهرک‌های جدید دارای کیفیت پایین روکش و هندسهٔ معابر هستند. نتایج آزمون همبستگی فضایی نشان می‌دهند که در محلات شماره ۳۲ (ملاباشی و فاز ۳ کارشناسان)، شهرک سبلان، علی‌آباد، پیرمادر، صمدآباد و فرهنگیان رابطهٔ بین شبکه معـابر و اتفاقـات زیـاد اسـت (شکل شماره ۱۱).

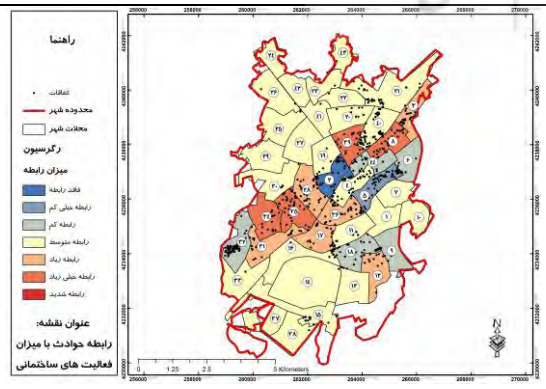
رابطهٔ بین نوع بافت‌های شهری با حوادث:

در پاسخ به پرسش هفتم پژوهش، تحلیل‌ها نشان می‌دهند که حدود ۳۰ درصد از بافت‌های شهری اردبیل را بافت‌هـای فرسـوده تشـکیل می‌دهند. این بافت‌های اغلب در مرکز و یا حواشی شهر قرارگرفته‌اند. نتایج استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی نشان می‌دهند که بین قـدمت بافت‌ها و نوع بافت‌های شهر با حوادث فاضلاب در اغلب محلات قدیمی رابطه زیادی وجود دارد. لیکن شدت این رابطه در سطح محـلات در حال ساخت و نوبنیاد شهری بیش از محلات فرسوده و قدیمی است. در عین حال برخی از محلات فرسوده و نابسـامان شـهری از جملـه روستاهای ادغام شده در شهر فاقد شبکه فاضلاب شهری‌اند. این موضوع باعث شده است که رابطه‌ای بین این محلات با حـوادث فاضـلاب شکل نگرفته است. محلاتی مثل شهرک کشاورزی و کارشناسان از جمله محلات جدید و در حال توسعه شهر هستند که به‌رغم نوبنیاد بـودن دارای حوادث فاضلاب بیشتری هستند که یکی از دلایل آن، ترکیدن لوله‌ها به خاطر عملیات ساختمانی است. در محلات ابوطالب، صمدآباد و کوی فرهنگیان که از جمله محلات نسبتاً فرسوده شهر هستند، این رابطه زیاد است. در محله‌های آزادگان، حافظ، صفویه، دانش و ملاهادی نیز رابطه بین بافت و حوادث زیاد است. در سایر محصولات فرسوده قدیمی مانند محلات شماره ۴، ۴۴، ۳۹، ۱۰، ۴۳، ۲۶، ۲۹، ۱۱، ۱ و ۹ و سایر محلات که جزو بافت‌های فرسوده معرفی‌شده‌اند رابطهٔ بسیار قوی است (شکل شماره ۱۲).



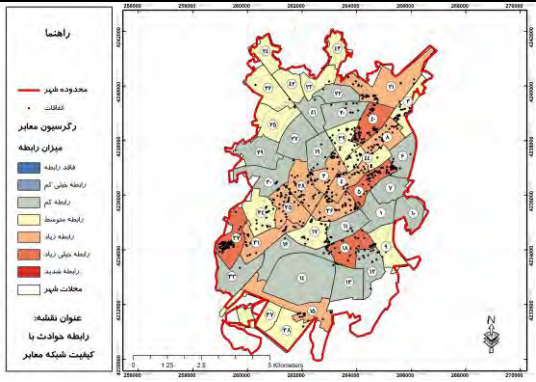
شکل۹- رابطهٔ بین تراکم ساختمانی و حوادث

منبع نقشه پایه: شهرداری اردبیل، ۱۳۹۶



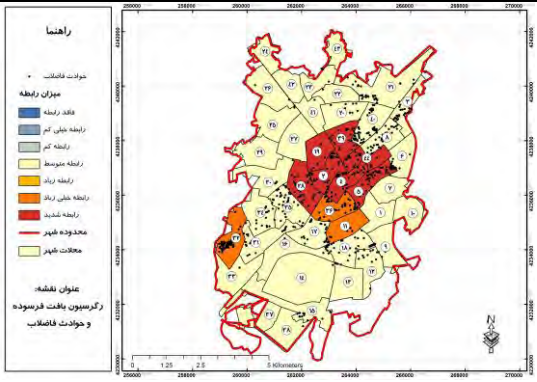
شکل ۱۰: رابطهٔ بین فعالیت‌های ساختمانی و حوادث

منبع نقشه پایه: شهرداری اردبیل، ۱۳۹۶



شکل۱۱- رابطهٔ بین کیفیت شبکهٔ معابر و حوادث

منبع نقشه پایه: شهرداری اردبیل، ۱۳۹۶



شکل۱۲- رابطهٔ بین نوع بافت‌های شهری با حوادث

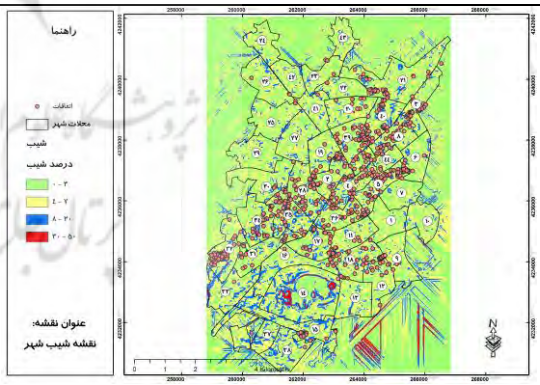
منبع نقشه پایه: شهرداری اردبیل، ۱۳۹۶

رابطهٔ بین شیب زمین با حوادث:

باتوجه به اینکه شهر اردبیل عموما در یک سطح هموار با شیب در حد صفر در اغلب محلات شهری قرار دارد، از این‌رو، بررسی رابطهٔ بین حوادث با ارتفاع و شیب زمین نشان داد که این رابطه معنادار نیست. به عبارتی تفاوت معناداری بین محلات ازنظرتأثیر شیب زمین بر حـوادث وجود ندارد (شکل شماره ۱۳).

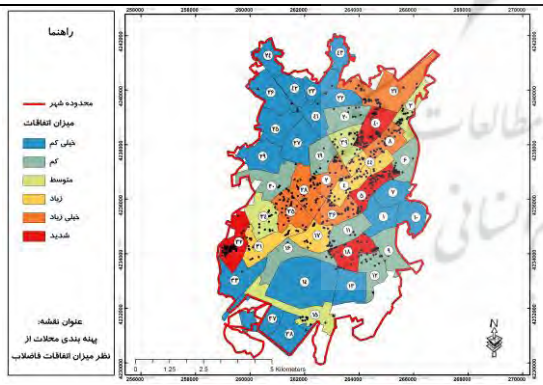
محلات آسیب‌پذیر شهر ازنظر اتفاقات شبکه فاضلاب:

در پاسخ به پرسش نهم، تلفیق همهٔ متغیرها با استفاده از مدل رگرسیون وزین جغرافیایی، نشان می‌دهد که در وضعیت موجود، محلات شماره ۳۲، ۱۸، ۳۵، ۲۸، ۳۶، ۲، ۵ ف ۸، ۴۰، ۲۱ در گروه محلات با میزان حوادث شدید و خیلی زیاد قرار دارند. محلات شماره ۳۱، ۱۷، ۴، ۴۴ در گروه محلات با حوادث زیاد قرار دارند. محلات شماره ۱۵، ۳۴، ۳۹ و ۳ در گروه محلات با حوادث متوسط قرار دارند. محلات شماره ۹، ۱۲، ۱۱، ۶، ۳۰، ۱۹، ۱۶ و ۲۰ در گروه محلات با حوادث کم قرار دارند. در سایر محلات شهر حوادث فاضلاب بسیار ناچیز است. علت این امر نبود شبکه فاضلاب و یا خارج بودن آن‌ها از حوزه پوشش خدمات فاضلاب شهری است. (شکل شماره ۱۴).



شکل۱۳- رابطهٔ بین درجه شیب با حوادث

منبع نقشه پایه: شهرداری اردبیل، ۱۳۹۶

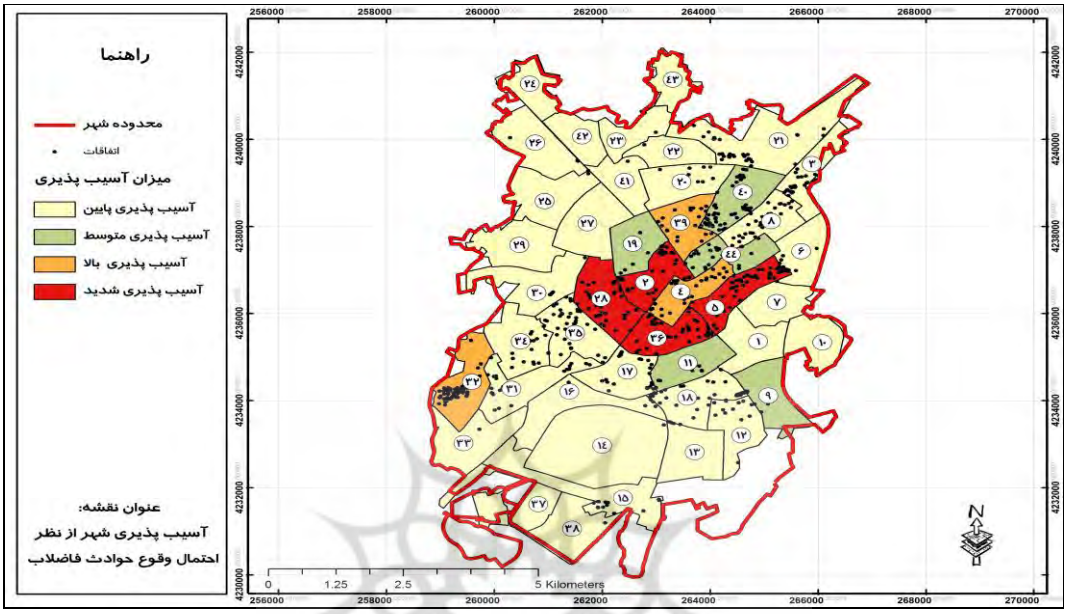


شکل۱۴- محلات مواجه با بیشترین آسیب از نظر حوادث

منبع نقشه پایه: شهرداری اردبیل، ۱۳۹۶

اما این نتیجه، مربوط به وضعیت موجود است. در ادامه با استفاده از مدل‌سازی فضایی و بر اساس داده‌های مربوط به متغیرهایی مانند بافت‌ها، شبکهٔ معابر، تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی و سایر متغیرهای مهم در این بخش اقدام به مدل‌سازی خطرپذیری محلات شهری ازنظر احتمال وقوع حوادث فاضلاب در آینده محتمل شده است. به عبارتی با استفاده از ضرب متغیرها در یکدیگر میزان آسیب‌پذیری محلات شهری در چارچوب روابط فضایی شبیه‌سازی شده است (شکل۱۵). نتایج مدل‌سازی فضایی نشان می‌دهند که به ترتیب و بر مبنای مجموع

متغیرهای فضایی، محلات شماره ۵، ۲، ۳۶، ۲۸ در معرض آسیب‌پذیری شدید محلات شماره ۳۲، ۴ و ۳۹ در گروه خطرپذیری زیاد و محلات شماره ۹، ۱۱، ۴۰، ۴۴ و ۱۹ در گروه متوسط ازنظر آسیب‌پذیری حوادث فاضلاب قرار دارند. البته وقوع حوادث فاضلاب در محلات شماره ۱۲، ۱۳، ۱۵، ۳۱ نیز به دلایل جدید بودن محلات و فعالیت‌های ساختمانی ناگزیر است. لیکن این محلات صرفاً واجد شرایط ناشی از ساخت‌وسازهای جدید هستند. در زمان وقوع حوادث طبیعی همانند زلزله اگرچه همه شبکه آسیب می‌بیند، در عین حال محلات با میزان آسیب‌پذیری بالا در معرض خطرات بیشتری قرار دارند.



شکل۱۵- محلات با بیشترین قابلیت خطرپذیری وقوع حوادث فاضلاب- منبع نقشه پایه: شهرداری اردبیل، ۱۳۹۶.

هدف این پژوهش تحلیل فضایی و تحلیل روابط بین حوادث در شبکهٔ فاضلاب و نیز تعیین میزان آسیب‌پذیری محله‌های شهری از نظر وقوع حوادث بود. بر این اساس مهم‌ترین یافته‌های تحقیق حاضر را می‌توان به شرح موارد زیر دسته‌بندی کرد:

تفاوت چشمگیری بین محله‌ها از نظر خطرپذیری در بحث اتفاقات در شبکهٔ فاضلاب وجود دارد.

زمان وقوع حوادث در شبکهٔ فاضلاب متفاوت است و به طرز چشمگیری معنادار است. به عبارتی با زمان شروع فعالیت‌ها، مطابقت دارد.

شدت تراکم حوادث در محله‌های مختلف کاملا" متفاوت است.

شیب زمین در شهر مورد مطالعه، نقش کمتری در بروز اتفاقات در شبکهٔ فاضلاب دارد.

بین متغیرهای محیطی مثل تراکم جمعیت، کیفیت معابر، کیفیت بافت‌های شهری و سایر متغیرها با بروز حوادث در شبکهٔ فاضلاب رابطهٔ معناداری وجود دارد و این رابطه در برخی محله‌ها شدید است.

از سوی دیگر استفاده از *GIS* وفنون آمار فضایی در این پژوهش به ما اجازه داد تا ضمن تحلیل فضایی، پهنه‌های پر خطر حوادث شبکهٔ فاضلاب را شناسایی کنیم. همانگونه که یافته‌های این پژوهش نشان دادند، استفاده از آمار فضایی در *GIS* برای شناسایی مشکلات بخش زیرساخت‌های شهری کارآمد است. این موضوع نتایج پژوهش جیمنز (۲۰۱۰)، شرکت ازری (۲۰۱۰) رنگزن و مهرابی (۱۳۸۶) را تأیید می‌کند. این پژوهش این نتیجه را داشت که «جی. آی. اس» برای کنترل، شناسایی نقاط و مسیرهای بحرانی شبکه‌های فاضلاب بسیار کارآمد است. از این رو نتایج این پژوهش با یافته‌های پژوهش یامبا (۲۰۱۱)، وثوقی‌فر و عدل‌پرور (۱۳۸۵)، علیزاده و همکاران (۱۳۹۱) همسو است. همچنان که نتایج یافته‌ها نشان دادند، «جی. آی. اس» ابزار قدرتمندی برای پیش‌بینی حوادث در شبکه زیرساخت‌ها است. از این‌رو، نتایج پژوهش با یافته‌های انیسی و همکار (۱۳۹۲) و آصفی و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت دارد. در مجموع در مورد شبکه زیرساخت‌های شهری مانند

فاضلاب، همانگونه که رهگذر و همکاران اشاره می‌کنند (۱۳۹۳)، «جی. آی. اس» توانمندی های بالایی برای پیش‌بینی، مدل‌سازی و برنامه‌ریزی برای کنترل و کاهش حوادث در شبکه‌های فاضلاب، دارد.

نتیجه‌گیری:

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها و آمار توصیفی، نشان داد که در شهر اردبیل محلات شماره ۳۲، ۵، ۴۰ و ۱۸ دارای بیشترین فراوانی حوادث فاضلاب هستند و اغلب حوادث فاضلاب در بین ساعت‌های ۱۱ تا ۱۴ گزارش‌شده‌اند. نتیجه استفاده از روش *Kernel Density* نشان داد که تراکم یا نزدیکی حوادث فاضلاب در محلات شماره ۲۸، ۳۲، ۵، ۴۰ و ۸ شدید است. به عبارتی اتفاقات فاضلاب در این بخش‌ها در کنار هم قرار دارند. نتایج به کارگرفتن مدل *GWR* نشان داد که در محلات شماره ۴۰، ۱۸، ۵ و ۳۲ رابطه معناداری بین تراکم جمعیت و اتفاقات شبکه فاضلاب وجود دارد. علاوه بر این محلات، رابطه بین حوادث فاضلاب با تراکم ساختمانی در محلات شماره ۲۱ و ۳۲ دارای معناداری کامل و شدید است. همچنین رابطه بسیار زیادی بین میزان حوادث فاضلاب با فعالیت‌های ساختمانی در محلات شماره ۳۴، ۳۵، ۳۹ و ۸ وجود دارد. نتایج همین روش نشان داد رابطه بین حوادث در بافت‌های فرسوده و قدیمی شهر به خصوص در بخش‌های مرکزی شهر و محلات شماره ۵، ۴۴، ۲، ۱۹ و ۲۸ شدید است. نتایج مدل نشان داد که رابطه معناداری بین شبکه معابر در محلات شماره ۱۸، ۴۰ و ۳۲ وجود دارد. این محلات یا فرسوده هستند و یا در حال تکمیل و احداث.

نتیجهٔ بررسی نقشه شیب زمین و همپوشانی آن با حوادث نشان می‌دهد که، بین حوادث فاضلاب با درصد شیب و توپوگرافی رابطه وجود ندارد و یا معنادار نیست. این موضوع به خاطر پایین بودن درصد شیب زمین در سطح شهر است. نتایج همپوشانی و تلفیق متغیرها نشان داد که در وضعیت موجود، محلات شماره ۴۰، ۵، ۱۸ و ۳۲ با بحران حوادث مواجه‌اند. نتایج مدل‌سازی فضایی به روش *GWR* که به نوعی رگرسیون چندمتغیره برای پیش‌بینی وضعیت آتی است، نشان داد که در صورت وقوع بحران‌های طبیعی همانند زلزله، اغلب محلات شهر آسیب می‌بینند. میزان آسیب در محلات شماره ۵، ۳۶، ۲۸، ۲، ۴، ۳۹، ۱۹، ۴۰، ۴۴ که اغلب جزو محلات قدیمی و فرسوده هستند بیشتر خواهد بود. با توجه به هدف پژوهش که تحلیل فضایی حوادث در شبکهٔ فاضلاب بود و یافته‌های بخش‌ها مطابق با پرسش‌های پژوهش، پیشنهادهای زیر ارائه شده‌اند:

با توجه به نتایج تحلیل فضایی، اهتمام ویژه برای کاهش وقوع و تراکم حوادث فاضلاب در محلات شماره ۴۰، ۳۲، ۲۸، ۱۸، ۵، ۸، ۹ و ۳۲ شهر، ضروری است.

با توجه به نتایج تحلیل‌های فضایی، انجام دادن اقدام‌ها، برای کاهش حوادث فاضلاب در محلات شماره ۱۸، ۲۸، ۳۵، ۴۴، ۳، ۴۰، ۲۱، ۴۴ که در آن‌ها شدت حوادث بیشتر است، پیشنهاد می‌شود.

با توجه به ارتباط فضایی بین تراکم جمعیت با وقوع حوادث، تعدیل بخشی به تراکم جمعیت در شهر به ویژه در محلات شماره ۴۰، ۵، ۱۸، ۳۲، ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به ارتباط فضایی بین تراکم و فعالیت‌های ساختمانی با حوادث، پیشنهاد می‌شود به موضوع تعادل بخشی تراکم ساختمانی به ویژه در محلات شماره ۵، ۴۴، ۴۰، ۳۹، ۳۵ و ۳۲، توجه شود.

با توجه به وجود فعالیت‌های ساختمانی در اغلب محلات پردرآمدنشین و شهرک‌های در حال احداث، اتخاذ راهکارهای پیشگیری از وقوع حوادث در این محلات، ضروری است.

با توجه به رابطهٔ مکانی زیاد حوادث فاضلاب با قدمت و نوع بافت‌های شهری به ویژه بافت‌های فرسوده و قدیمی، نوسازی این بافت‌ها ضروری است. از آن جمله می‌توان به محلات شماره ۳۹، ۳۴، ۲۸، ۴، ۵، ۲، ۱۹ و ۳۶ اشاره کرد. با توجه به ارتباط حوادث با کیفیت شبکهٔ معابر، رعایت حریم خطوط و شبکه‌های فاضلاب و بهسازی معابر در محلات شماره ۳۲، ۱۸، ۵ و ۴۰ ضروری است.

با توجه به احتمال وقوع حوادث در محلات دارای بافت قدیمی و فرسوده شهر، پیشنهاد می‌شود به این مورد، بیشتر توجه شود.

منابع و مناآخذ:

۱. انیسی، محمد و راستی، رضا (۱۳۹۲): «طراحی سامانه مدیریت بحران برای خطوط لوله آب و فاضلاب قبل، در هنگام و پس از وقوع زلزله» ، کنفرانس ملی مدیریت بحران و *HSE* در شریان های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری. شرکت کیمیا خرد پارس، *https://www.civilica.com/Paper-DMHSE01-DMHSE01_058.html*

۲. آسفی، حسین، ذاالنوری، االهام، نوذری‌پور، علی و مرادی، غلامرضا (۱۳۹۰): «مدیریت فشار شبکه‌های توزیع آب شهری و استفاده صحیح از منابع آب»، در قم، کتاب مجموعه مقالات اولین همایش منطقه‌ای مهندسی عمران.

۳. بیگی، فریدون (۱۳۷۸): «آسیب‌شناسی حوادث شبکه‌های توزیع آب شهری»، مجله آب و محیطزیست، ۳۷: ۱۷-۲۳.

۴. تابش، مسعود، جعفری، هادی، دلاور، محمودرضا (۱۳۸۸): «مدل مدیریت حوادث شبکه‌های توزیع آب با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، (*GIS*). (۲) ۲۰: ۱۵-۲.

۵. توکلی بینا، عبدالمجید (۱۳۸۵): «بررسی وضعیت مدیریت بحران در صنعت آب و فاضلاب- مطالعه موردی شرکت آب و فاضلاب استان قم»، دومین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه طبیعی، تهران، شرکت کیفیت ترویج، *https://www.civilica.com/Paper-INDM02-INDM02_021.html*

۶. دلاور، محمودرضا ، تابش، مسعود، جعفری، هادی (۱۳۸۳): «کار**برد** *GIS* در مدیریت سامانه‌های حوادث و اتفاقات شبکه‌های توزیع آب شهری»، اولین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران، دانشگاه شریف، عمران، *https://www.civilica.com/Paper-NCCE01-NCCE01_۰۵۴_۸۴۸۱۴۸۹۴۴۲.html*

۷. رنگزن، کاظم، محرابی، علی (۱۳۸۶): «ایجاد یک پایگاه زمین مرجع و شبکه هندسی برای مدیریت شبکه توزیع آب منطقه شهری کیان پارس و کیان‌آباد»، کنفرانس *GIS* شهری، دانشگاه شمال، ایران ـ آمل. *https://www.civilica.com/Paper-CUG01-CUG01_025.html*

۸. روزبهانی، عباس، زهرایی، بنفشه، تابش، مسعود (۱۳۹۲): «تحلیل ریسک کمیت و کیفیت آب در سیستم‌های تأمین آب شهری با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها»، مجله آب و فاضلاب، ۵: ۱-۱۴.

۹. رهگذر، محمدعلی، زارع، محمدرضا، هاشمی فشارکی، محمد (۱۳۹۳): «پیشنهاد شبکه هوشمند ارزیابی شاخص آسیب‌پذیری لرزه‌ای شبکه جمع‌آوری فاضلاب در بستر *GIS* (مطالعه موردی: شهرکرد)»، مجله علمی پژوهشی آب و فاضلاب، ۶ : ۵-۱۵.

۱۰. شرکت آب و فاضلاب شهری استان اردبیل، (۱۳۹۵): «داده‌های ثبت شده اتفاقات آب و فاضلاب شهر اردبیل در سال ۱۳۹۴». دفتر تحقیقات شرکت آب و فاضلاب.

۱۱. شهرداری اردبیل، (۱۳۹۶): «نقشه‌های پایهٔ شهری. معاونت شهرسازی و معماری شهرداری اردبیل». آرشیو شهرداری.

۱۲. صدیقی، آناهیتا، (۱۳۹۴): «امکان سنجی پیاده راه سازی با تأکید بر ارتقاء امنیت اجتماعی (مطالعه ی موردی: محدوده بین بقعه شیخ صفی تا جمعه مسجد اردبیل)»، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای و برنامه ریزی شهری، دانشگاه ازاداسلامی اردبیل.

۱۳. عسگری، علی، (۱۳۹۰): «تحلیل آمار فضایی در *GIS*». انتشارت شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری شهرداری تهران.

۱۴. مرکز آمارایران، (۱۳۹۰): «سالنامه آماری استان اردبیل». سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اردبیل.

۱۵. مهندسان مشاور طرح و کاوش، (۱۳۹۰)، «طرح جامع و تفصیلی شهر اردبیل»، گزارش طرح از: معاونت شهرسازی اداره کل راه و شهرسازی اردبیل.

۱۶. ناطقی، علی، (۱۳۷۷): «سازمان مدیریت و برنامه ریزی موجود و پیشنهادی ایران»، مقالات اولین کارگاه آموزشی ایران و ژاپن در مورد زلزله های اخیر در ایران و ژاپن. با مدیریت و نجات ، کنفرانس مدیریت مدیریت و نجات. مهندسی ۲ (۶): ۱۳۶-۱۲۹.

۱۷. وثوقی فر, حمیدرضا و محمدرضا عدل پرور (۱۳۸۴): «آسیب دیدن شبکه‌های آب و فاضلاب هنگام وقوع زلزله و ارتباط آن‌ها با مدیریت امداد و نجات»، دومین همایش علمی تحقیقاتی مدیریت امداد و نجات، تهران، موسسه آموزش عالی علمی-کاربردی هلال ایران، *https://www.civilica.com/Paper-SRM02-SRM02_029.html*.

18. *Aburawe, S. M. Rodzi Mahmud. A. (2014): Water Loss Control and Real-Time Leakage Detection Using GIS Technology. In: UN-International Conference Zaragoza, Spain. 3-5 October, water in the green economy in practice.*
19. *Anselin, L. (1999): Spatial econometrics .methods and model. Dordretch Kluwer Academic.in: A Companion to Theoretical Econometrics, Edoted by: L. Anselin. Cahpter, 14: 310-330.*
20. *Chowdhury, M.A.I. Ahmed. M. F and Gaffar, M.A. (2002): Management of Nonrevenue Water Four Cities of Bangladesh, Journal AWWA, Vol.94, No.8, pp 64-75.*
21. *Esri (2010). Esri Production Mapping: Meeting the Needs of Water and Wastewater Utilities. An Esri White Paper. www.esri.com.Scott. L, Getis. A (2008): Spatial statistics. In Kemp K (Ed) Encyclopedia of geographic informations.*
22. *Gatschak, C. (2004): Crisis management, Translated By: Ali Parsaeian, Tehran, Kashmere Publications.*
23. *Hill, C. Jones, G. (1995): Strategic management theory. Houghton Mifflin Company.*
24. *Jiménez, R.; Magrinya, F.; Almandoz, J. (2010): The role of urban water distribution networks in the process of sustainable urbanisation in developing countries. Case study: Wuckro Supply. Wukro Town (Ethiopia). A: International Conference on Sustainable Urbanisation. "First Procedings of the First International Conference on Sustainable Urbanisation". Hong Kong: 2010, p. 1-6.*
25. *Mitchell, A. (1999): The ESRI guide to GIS analysis. Volume 1: geographic patterns and relationships. ESRI, Redlands [CA].*
26. *Nijkamp, P. and Hendrik J. S. (1993): "Spatial information systems: design, modelling, and use in planning." International Journal of Geographical Information Science 7, no. 1 85-96.*
27. *UNEP (1999). Human Development Report of the Islamic Republic of IRAN. Chapter 8, pp: 109-121.*
28. *Uslu, A. Bakan, G. Sisman, A. (2014): Employing Urban Information Systems for Water Distribution Systems. Energy and Environmental Engineering 2(6): 129-136, DOI: 10.13189/ eee.2014.020602.*
29. *Yamba, H.O. (2011): Improvement of water supply through a GIS-based monitoring and control system for water loss reduction. In: UN-International Conference Zaragoza, Spain. 3-5 October, water in the green economy in practice: toward RIO+ 20.*
30. *Zhang, Tao. (2006): The Application of GIS and CARE-W on Water Distribution Networks in Skärholmen Pressure Zone, Stockholm, Sweden. Pipeline Technology 2006 Conference.*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی