

بررسی ارتباط بین اطلاعات و ویژگی‌های مکانی و جمعیتی با مصرف آب در شهر اصفهان با استفاده از کاوش قوانین انجمنی

زهرا زمانی^{۱*}، عباس علی محمدی^۲، مهدی فرنقی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی

خواجه‌نصیرالدین طوسی

zahra.zamani@email.kntu.ac.ir

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی

alimoh_abb@yahoo.com

^۳ استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی

farnaghi@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت بهمن ۱۳۹۶، تاریخ تصویب اسفند ۱۳۹۷)

چکیده

افزایش سرانه مصرف آب در کنار بروز خشکسالی‌های متوالی در نقاط خشک جهان، مسئله آب را به یک چالش مهم کره زمین تبدیل کرده‌است. کشور ایران نیز در سال‌های اخیر به‌طور جدی با مسئله کم‌آبی و مصرف بی‌رویه آب توسط شهروندان مواجه بوده‌است. با توجه به اهمیت این موضوع و نیاز به الگوی مناسب در زمینه مدیریت بهینه مصرف آب، در این پژوهش از کاوش قوانین انجمنی به منظور تحلیل داده‌های موجود در زمینه مصرف آب شهری اصفهان استفاده شده‌است. درواقع هدف این پژوهش، بهره‌گیری از کاوش قوانین انجمنی برای کشف ارتباط میان میزان مصرف آب و برخی از پارامترهای جمعیتی و مکانی مانند تعداد افراد خانواده، تعداد واحد، ویلایی بودن خانه‌ها، ابعاد خانه و فضای سبز، تغییرات مکانی، فاصله از رودخانه زاینده‌رود، فاصله از جاده‌های اصلی، فاصله از مرکز شهر، تراکم جمعیت و درصد جوان بودن جمعیت است. الگوریتم مورد استفاده برای استخراج قوانین، نسخه‌ای از الگوریتم اپریوری است که با حجم محاسباتی کم قادر به پردازش حجم بالایی از داده‌ها است، از این‌رو برای بررسی عوامل مؤثر در میزان مصرف آب در این پژوهش مناسب خواهد بود. این الگوریتم بهبود یافته با جلوگیری از ایجاد قوانین ترکیبی تعداد زیادی از وابستگی‌ها را شامل می‌شود. هر یک از قوانین استخراج شده که دارای پشتیبان برابر ۳۰ درصد و مقدار اطمینان برابر ۶۰ درصد باشد بیان‌گر رابطه یکی از پارامترهای جمعیتی، مکانی با میزان مصرف آب می‌باشد. سپس به ارزیابی قوانین به کمک الگوی مکانی توزیع مصرف آب خانوار و یافتن نقاط داغ مصرف پرداخته شده‌است. براساس نتایج به دست آمده، مساحت فضای سبز خانگی، ویلایی بودن، فاصله از جاده اصلی و ابعاد خانه‌ها دارای رابطه مستقیم و تعداد واحدهای مسکونی، تراکم جمعیت، تغییرات مکانی در جهت شمال به جنوب و شرق به غرب (مقدار X و Y)، فاصله از رودخانه زاینده‌رود و جوان بودن جمعیت دارای رابطه عکس با میزان مصرف خانوار هستند. همچنین با بررسی میزان مصرف آب خانوار، با دور شدن از مرکز شهر محله‌ها دارای مصارف آب پایین‌تری نسبت به مرکز شهر هستند. در این تحقیق محله‌های دارای بیش‌ترین میزان مصرف که محله‌های ساحلی رودخانه زاینده‌رود هستند، به عنوان نقاط داغ شناسایی شده‌اند. در این محله‌ها خانه‌ها ویلایی و دارای تراکم جمعیت پایین‌تر و مساحت فضای سبز و حیاط بالاتری نسبت به سایر محله‌ها هستند.

واژگان کلیدی: کاوش قوانین انجمنی، داده‌کاوی، مصرف آب، سیستم اطلاعات مکانی

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

آب مایه حیات و یکی از منابع بسیار مهم محدودکننده در جهان به‌شمار می‌آید. رشد جمعیت، روند شتابان شهرنشینی، افزایش مصرف و آلودگی منابع به همراه توزیع نابرابر آن در کره زمین مسائل و مشکلات زیادی را برای بشر ایجاد نموده‌است. با توجه به موقعیت جغرافیایی اکثر مناطق ایران که از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک است آب از اهمیت دوچندان برخوردار می‌باشد. میانگین بارش در سال ۱۳۹۰ در ایران حدود ۲۰۵ میلی‌لیتر بوده‌است [۱]. درحالی‌که ایران با وجود منابع کم آب شیرین، جزء پرمصرف‌ترین کشورهای دنیاست و سرانه مصرف آب شهری در آن بیش‌تر از میانگین مصرف جهانی است [۲]. طبق آمارهای رسمی و به اعتقاد کارشناسان، ایران در آستانه بحران آب به‌سرمی‌برد و طی سال‌های آینده تأمین آب به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های کشور تبدیل خواهد شد. اهمیت این مسئله از یک‌سو و فقدان الگو و توصیف مشخص از نحوه و میزان مصرف آب در کشور از سویی دیگر، استفاده از سیستم‌های پردازش اطلاعات را در مدیریت منابع آب ضروری می‌نماید. از طرفی در مطالعات محیطی غالباً با مشاهدات و داده‌هایی سروکار داریم که مستقل از یکدیگر نیستند و وابستگی آن‌ها ناشی از موقعیت و مکان قرارگرفتن مشاهدات در فضای مورد مطالعه است. بنابراین به‌منظور مدل‌سازی برخی از رویدادها از جمله عوامل مؤثر در میزان مصرف آب، لازم است که تحلیل ویژگی‌های مکانی و خودهمبستگی مکانی بین موارد وقوع رویداد مورد توجه قرارگیرد.

داده‌کاوی می‌تواند به عنوان یکی از روش‌های مطلوب برای تحلیل عوامل مؤثر در میزان مصرف آب مورد استفاده قرارگیرد و نقش مؤثری در بهینه‌سازی مصرف آب ایفا نماید. داده‌کاوی فرآیند یافتن اطلاعات مهم و ارزشمند از مقادیر عظیم داده‌های ذخیره‌شده در پایگاه داده، انبار داده و یا دیگر مخازن اطلاعات است [۳]. در میان تکنیک‌های متنوع داده‌کاوی، استخراج قوانین انجمنی یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای کشف ارتباط بین آیتم‌ها و استخراج الگوهای تکرارشونده در یک پایگاه داده است [۴]. قوانین انجمنی روابط و وابستگی‌های متقابل بین مجموعه بزرگی از اقلام داده‌ای را نشان می‌دهند. پژوهش‌های مختلفی در زمینه‌ی کاربرد کاوش قوانین انجمنی در حوزه پزشکی، روش

به‌کارگیری وب توسط کاربران و یا شخصی‌سازی مورد-استفاده قرارگرفته‌است [۵]. استفاده از روش‌های داده‌کاوی و تحلیل‌های مکانی مختلف برای بررسی عوامل مؤثر در میزان مصرف آب با توجه به توانایی بالای این روش‌ها در حل مسائل پیچیده و تحلیل حجم بالای داده‌ها، می‌تواند بسیار مفید و کمک‌کننده باشد.

هدف این پژوهش استخراج قوانین انجمنی مبتنی بر ویژگی‌های مکانی، جمعیتی در داده‌های آماری و میزان مصارف آب شهری، جهت شناسایی مناطق پرمصرف و تعیین رابطه بین مصرف آب و متغیرهای مختلف است. برای استخراج قوانین انجمنی با استفاده از نسخه بهبودیافته الگوریتم اپریوری^۱ توسط لیو^۲، داده‌های مصرف آب خانوار مناطق ۳ و ۴ شهر اصفهان و مقادیر مربوط به هر یک از ویژگی‌های جمعیتی، مکانی موردبررسی قرارگرفته‌اند. این الگوریتم با توجه به حجم محاسباتی کم آن و عدم استخراج‌های ترکیبی و پیچیده برای بررسی عوامل مؤثر در میزان مصرف آب مناسب خواهد بود. درنهایت هر یک از قوانین استخراج‌شده بیان‌گر رابطه یکی از این پارامترها با میزان مصرف آب است و در میان قوانین به‌دست‌آمده قوانین با پشتیبان^۳ برابر ۳۰ درصد و مقدار اطمینان^۴ برابر ۶۰ درصد انتخاب شده‌اند. ارزیابی این قوانین به کمک الگوی مکانی توزیع مصرف آب خانوار و یافتن نقاط داغ مصرف صورت‌گرفته‌است.

در ادامه مقاله در بخش ۲ پیشینه تحقیق بیان شده‌است. در بخش ۳ کاوش قوانین انجمنی و شاخص‌های خودهمبستگی مکانی معرفی شده‌است. منطقه مورد مطالعه، داده‌های مورد استفاده و روش تحقیق در بخش ۴ توضیح داده شده‌اند. نتایج حاصل و تفسیر آن‌ها در بخش ۵ و در ادامه نیز نتیجه‌گیری ارائه شده‌است.

۲- پیشینه تحقیق

مسئله کاوش مجموعه آیتم‌های^۵ متناوب برای اولین بار توسط آگروال^۶ در سال ۱۹۹۳ به‌صورت کاوش قوانین انجمنی در میان مجموعه آیتم‌ها ارائه شد [۶]. اگرچه ابزارهای کاوش

^۱ Apriori

^۲ Bing Liu

^۳ Support

^۴ Confidence

^۵ Itemset

^۶ Agrawal

هوایی، نحوه آبرسانی (وجود شبکه و نوع آن)، وجود یا عدم وجود کنتور، نحوه دفع فاضلاب وابسته می‌داند و همچنین عواملی مانند فشار آب منطقه، تعداد جمعیت، تعداد خانوار، دین، تابعیت، شاغلان برحسب گروه‌های عمده فعالیت، جمعیت بی‌کار، وضعیت تحصیلی، وضع سواد، تعداد واحدهای مسکونی، امکانات و تسهیلات مورد استفاده، نحوه تصرف خانوار و بهره‌برداری کشاورزی خانوار نیز در نظر گرفته شده است [۱۶]. عواملی چون حداکثر و حداقل دما، رشد سالیانه جمعیت و بعد خانوار بر مصرف سرانه و اثر تعطیلات و روزهای هفته بر مصرف روزانه شهر تهران بررسی شده است. نتیجه حاصل این است که تمام عوامل مورد بررسی به جز متغیر تعطیلی، در مصرف روزانه مؤثر است. عوامل دما، رشد سالیانه و روزهای هفته به ترتیب دارای تأثیر بیش‌تر بر مصرف آب است [۱۷]. در مقاله ارائه شده توسط شیرازی و همکاران مقادیر مصرف مستقل از شرایط اقلیمی بوده است و توسط روزهای تعطیل یا عادی هفته و همچنین شماره روز هفته تأثیری پذیرد [۱۸]. همچنین پارامترهای مؤثر انتخاب شده توسط مسعود تابش و همکاران شامل دمای متوسط روزانه و رطوبت نسبی بوده است [۱۹]. در این بین در مطالعه عوامل مرتبط با مصرف آب غالباً با مشاهدات و داده‌هایی سر و کار داریم که تغییرات آن‌ها ناشی از موقعیت و مکان مشاهدات است. بنابراین جهت پرکردن خلاء پژوهش‌های پیشین صورت گرفته در زمینه عوامل مرتبط با مصرف آب، با در نظر گرفتن ویژگی‌های مکانی مشاهدات، استفاده از روش‌های مبتنی بر داده‌کاوی که قادر به پردازش حجم بالایی از داده‌های مصرف باشند ضروری به نظر می‌رسد. از این‌رو در این پژوهش جهت شناسایی مناطق پرمصرف و تعیین عوامل مرتبط با مصرف آب، به استخراج قوانین انجمنی بین ویژگی‌های مکانی، جمعیتی و میزان مصارف آب شهری پرداخته شده است.

۳- مبانی نظری

در این بخش ابتدا مبانی نظری خودهمبستگی مکانی بیان می‌شوند و سپس توضیحاتی پیرامون کاوش قوانین انجمنی با استفاده از الگوریتم اپریوری ارائه می‌شود.

۳-۱- خودهمبستگی مکانی

تحلیل آماری کلاسیک نقش اساسی در تکنیک‌های داده‌کاوی ایفا می‌کند. درحالی‌که در مطالعات محیطی غالباً

قوانین انجمنی در ابتدا برای شناسایی الگوهای خرید مشتریان طراحی شده‌اند، امروزه در آنالیز علمی و داده‌های مهندسی، داده‌های نجومی و چندرسانه‌ای نیز استفاده می‌شوند [۷]. در [۸] و [۹] تحلیل سبد خرید با در نظر گرفتن محیط^۱ انجام شده است، درواقع هم‌زمان با تولید مجموعه آیتم‌های پرتکرار، موقعیت مکانی نیز در نظر گرفته شده است. همچنین می‌توان در زمینه سیستم اطلاعات جغرافیایی به استفاده از کاوش قوانین انجمنی در بهبود حمل‌ونقل و دسترسی بهتر اشاره کرد؛ همان‌طور که در مقاله ارائه شده توسط اپیسه^۲ و همکاران نشان می‌دهد برخی از قوانین انجمنی کشف شده می‌توانند نمایانگر دانش جدید در سطوح شهری باشند و در هدایت منابع برای بهبود امکانات به‌ویژه در نواحی با دسترسی ضعیف به حمل‌ونقل کمک کنند [۱۰]. سنگستوک^۳ و همکارانش نیز برای بهبود استخراج مفاهیم از اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه^۴، از کاوش قوانین انجمنی استفاده نموده‌اند [۱۱] و برای تجزیه و تحلیل و کشف الگوهای معنادار میان نقاط ثبت شده در پایگاه داده مکانی مانند OSM^۵ در [۱۲] از قوانین انجمنی استفاده شده است.

همچنین [۱۳] یک مورد مطالعاتی برای تحلیل بازدید از جاذبه‌های توریستی به‌وسیله یافتن قوانین انجمنی مکانی را ارائه داده است. در این مقاله بیان شده است که تمرکز روی جاذبه‌های توریستی مختلف با استفاده از قوانین انجمنی می‌تواند تقویت شود و می‌توان به اصلاح توزیع توریست‌ها در جاذبه‌های مختلف به جای تمرکز بر جاذبه‌های محدود پرداخت. [۱۴] یک الگو برای کاوش الگوهای تکراری از اشیای مکانی ارائه می‌دهد. این الگو برای یک مکان که موقعیت اشیای مکانی آن نزدیک به یکدیگر باشد مناسب خواهد بود و یووم^۶ و کیم^۷ با استفاده از قوانین انجمنی یک تکنیک فیلترینگ ترکیبی بر اساس الگوی رفتاری مشتریان و الگوهای مکانی در سایت‌های تجاری ارائه داده‌اند [۱۵].

همچنین در زمینه مصرف آب پژوهش‌های مختلفی صورت گرفته است که مصرف سرانه آب را به عواملی از جمله: عادات و فرهنگ مردم، وضعیت اقتصادی و سطح زندگی، میزان صنعتی بودن، امکانات مراکز عمومی، شرایط آب و

^۱ Context

^۲ Appice

^۳ Christian Sengstock

^۴ Volunteered Geographic Information (VGI)

^۵ Open Street Map

^۶ Yum

^۷ Kim

با مشاهدات و داده‌هایی سروکار داریم که مستقل از یکدیگر نیستند و وابستگی آن‌ها ناشی از موقعیت و مکان قرار-گرفتن مشاهدات در فضای مورد مطالعه است. بنابراین روش‌های آماری معمول نمی‌توانند روشی مناسب برای واکاوی چنین داده‌هایی تلقی گردند، زیرا فرض اصلی بیش-تر روش‌های آماری معمول بر اساس استقلال داده‌ها می-باشد. بنابراین به منظور مدل‌سازی برخی از رویدادها، لازم است که ابتدا خودهمبستگی مکانی بین موارد وقوع رویداد بررسی شود و پیروی الگوی مکانی رویداد موردنظر در منطقه از توزیع تصادفی، یکنواخت یا خوشه‌ای تعیین گردد. مدل خودهمبستگی مکانی یکی از مدل‌های جغرافیایی است که به وسیله آن امکان تحلیل فضایی پدیده‌های جغرافیایی فراهم شده است [۲۰]. در مورد خودهمبستگی مکانی دو فرض مطرح می‌شود:

۱- فرض صفر: خودهمبستگی مکانی میان موارد وقوع رویداد وجود ندارد و رویداد از الگوی معناداری پیروی نکرده و روندهای مشاهده شده کاملاً تصادفی است.

۲- فرض یک: رویداد موردنظر دارای الگوهای مکانی معناداری است.

به منظور بررسی معناداری الگوی مکانی رویداد مورد-نظر و پذیرش و یا رد فرض صفر، از دو آماره امتیاز استاندارد Z و مقدار P استفاده می‌شود. به طور کلی، زمانی که مقدار P -value بدست آمده بسیار کوچک و مقدار Z -score محاسبه شده (قدر مطلق آن) بسیار بزرگ باشد، آن‌گاه می-توان فرض صفر را رد کرد.

۳-۱-۱- شاخص خودهمبستگی Moran's I

ابزار تحلیل خودهمبستگی مکانی موران^۳ به بررسی خودهمبستگی مکانی ویژگی موردنظر براساس مکان می‌پردازد. این تحلیل با در نظر گرفتن هم‌زمان موقعیت مکانی و فاصله، الگوی توزیع عوارض در فضا را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. نتایج حاصل از این تحلیل نشان می‌دهد که آیا عوارض به صورت تصادفی، پراکنده و یا خوشه‌ای در فضا توزیع شده‌اند. این ابزار در حقیقت آماره موران و یا شاخص موران را محاسبه می‌کند و با استفاده از امتیاز استاندارد Z و مقدار P به ارزیابی و معنادار بودن شاخص محاسبه شده

می‌پردازد. آماره P -value تقریبی از مساحت زیر منحنی توزیع نرمال است. این مقدار هر چه کوچک‌تر و به صفر نزدیک‌تر باشد احتمال تصادفی بودن نتیجه حاصل از آزمون مورد بررسی کم‌تر و معمولاً بیان‌گر این حقیقت است که الگوی مشاهده شده معنادار می‌باشد. مقدار این آماره با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود [۲۱]:

$$P\text{-value} = P(\bar{Y} > \bar{y} | \mu = \mu_0) \quad (1)$$

در این رابطه، $\bar{Y}$ متوسط مقدار موردانتظار، $\bar{y}$ متوسط مقدار محاسبه (مشاهده شده) و μ_0 امید ریاضی می‌باشد.

در نتایج حاصل از این تحلیل اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد مثبت یک (+۱) باشد داده‌ها دارای خودهمبستگی مکانی و دارای الگوی خوشه‌ای بوده و اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد منفی یک (-۱) باشد آن‌گاه داده‌ها از هم گسسته و پراکنده می‌باشند. هر چه مقدار عددی (قدر مطلق) این ضریب مقدار بالاتری داشته-باشد، بیان‌گر تجمع زیاد و هر چه مقدار پایین‌تری داشته-باشد بیان‌گر پراکندگی می‌باشد. مقدار این شاخص از رابطه (۲) تعیین می‌شود [۲۲].

$$I = \left(\frac{N}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij}} \right) * \left(\frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \right) \quad (2)$$

$$Z_I = \frac{I + \left(\frac{1}{n-1} \right)}{\sqrt{V(I)}}$$

که در رابطه (۲)، x_i و x_j تعداد i امین و j امین موارد وقوع رویداد، $\bar{x}$ و N تعداد متوسط موارد وقوع رویدادها و تعداد کل بخش‌ها، W_{ij} وزن مکانی میان موارد i و j (نشان‌گر نزدیکی)، Z_I میزان Z -scores و $V(I)$ واریانس داده‌ها است [۲۲].

۳-۱-۲- شاخص عمومی خودهمبستگی Getis-Ord

این شاخص در سال ۱۹۹۲ توسط جتیس^۴ و ارد^۵ به-منظور بررسی تجمع مقادیر خیلی بزرگ یا خیلی کوچک یک رویداد که به ترتیب نشان‌گر نقاط داغ^۶ (مناطق بحرانی و پرمصرف) و نقاط سرد^۷ (مناطق کم مصرف) هستند، توسعه یافته است. در این شاخص مقادیر مثبت امتیاز Z

^۴ Getis

^۵ Ord

^۶ Hot Spot

^۷ Cold Spot

^۱ Z-score

^۲ p-value

^۳ Moran

شامل $A \cup B$ باشند. این درصد را به صورت احتمال بیان می‌کنیم و اطمینان، درصدی از تراکنش‌های D است که اگر شامل A هستند شامل B نیز باشند.

$$\text{Support } (A \Rightarrow B) = P(A \cup B)$$

$$\text{Support } (A \Rightarrow B) = \frac{(\text{تعداد تراکنش‌ها شامل } A \cup B)}{(\text{تراکنش‌ها تعداد کل})} \quad (۴)$$

$$\text{Confidence } (A \Rightarrow B) = \text{Probability } (B \text{ if } A) = P(B | A)$$

$$\text{Confidence } (A \Rightarrow B) = \frac{(\text{تعداد تراکنش‌ها شامل } A \cup B)}{(\text{تعداد تراکنش‌ها شامل } A)}$$

تاکنون الگوریتم‌های زیادی برای کشف قوانین انجمنی ارائه شده‌اند که تفاوت آن‌ها در نحوه کشف آیت‌های پرتکرار است. معروف‌ترین الگوریتم در کاوش قوانین انجمنی الگوریتم ابریوری است [۲۸]. برتری اصلی این الگوریتم حجم محاسباتی کمتر آن نسبت به روش‌های دیگر است [۲۹]. این الگوریتم از اصل ابریوری تبعیت می‌کند که بر اساس آن اگر یک مجموعه آیت پرتکرار باشد همه‌ی زیرمجموعه‌های آن نیز پرتکرار خواهند بود. به عبارت دیگر بر اساس این اصل، پشتیبان هر مجموعه آیت هرگز بزرگ‌تر از پشتیبان هر یک از زیرمجموعه‌هایش نیست (رابطه ۵). به عنوان مثال اگر مجموعه {کره، نان، آجیل} پرتکرار باشد، آن‌گاه مجموعه {نان، کره} نیز پرتکرار است. با استفاده از این اصل می‌توان مجموعه آیت‌های پرتکرار را هرس نموده و قوانین انجمنی قوی را استخراج نمود.

$$\forall X, Y : (X \subseteq Y) \Rightarrow \text{Support}(X) \geq \text{Support}(Y) \quad (۵)$$

در شکل (۱) مثالی از ایجاد مجموعه آیت‌های پرتکرار با استفاده از الگوریتم ابریوری قابل مشاهده است. الگوریتم ابریوری برای ایجاد مجموعه آیت‌های پرتکرار به این ترتیب عمل می‌کند: ابتدا با یک دور خواندن پایگاه داده، مجموعه آیت‌های پرتکرار یک‌عضوی^۲ که تعداد تکرار آن‌ها در پایگاه داده از حد پایین تعیین شده یا کم‌ترین پشتیبان^۳ بیش‌تر است را مشخص می‌کند، L_1 در شکل (۱) نشان‌دهنده مجموعه آیت‌های پرتکرار یک‌عضوی است. در L_1 آیت {۴} از مجموعه آیت‌های اولیه حذف شده است، در واقع در این مثال کم‌ترین پشتیبان یک در نظر گرفته شده است و تعداد تکرار آیت {۴} در پایگاه داده از حد پایین

بیان‌گر نقاط داغ و مقادیر منفی امتیاز Z نقاط سرد را نشان می‌دهد. پارامترهای شاخص جتیس و آورد مشابه پارامترهای شاخص موران بوده و مقدار این شاخص از رابطه (۳) محاسبه می‌شود [۲۳]:

$$G = \left(\frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} x_i x_j}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j} \right), \quad \forall j \neq i \quad (۳)$$

۳-۲- کاوش قوانین انجمنی با استفاده از الگوریتم ابریوری

با گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات، حجم داده‌های ذخیره شده در پایگاه داده‌ها به سرعت در حال افزایش است. از طرفی یافتن اطلاعات ارزشمند پنهان و به دست آوردن دانش^۱ از داده‌های ذخیره شده از اهمیت بالایی برخوردار است. کاوش قوانین انجمنی امکان استخراج الگوها و کشف قوانین و روابط بین آیت‌ها در یک پایگاه داده را فراهم می‌سازد [۲۴]. این قوانین وابستگی‌های متقابل بین مجموعه بزرگی از اقلام داده‌ای را نشان می‌دهند [۲۵]. مثال خرید^۲ است [۲۶]. اجناسی که در یک فروشگاه احتمال خرید آن‌ها در یک تراکنش خرید زیاد است دارای وابستگی هستند و کشف مجموعه عناصر تکرار شونده به کشف وابستگی بین این عناصر در مجموعه داده‌ها منجر می‌شود. با توجه به اقلام مختلفی که مشتریان در سبد خریدشان قرار می‌دهند، رفتار خرید آن‌ها مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

مجموعه‌ی $I = I_1, I_2, I_3, \dots$ به عنوان مجموعه اقلام و مجموعه‌ی D به عنوان مجموعه تراکنش‌های پایگاه داده در نظر گرفته می‌شوند. هر تراکنش شامل مجموعه‌ای از اقلام است، یعنی هر تراکنش T زیرمجموعه‌ای از I است ($T \subseteq I$). هر تراکنش شناسه‌ای به نام TID دارد. اگر A یک مجموعه از اقلام باشد، تراکنش T شامل A است اگر و فقط اگر $A \subseteq T$ باشد. یک قانون انجمنی گزاره‌ای است به صورت $A \Rightarrow B$ که A مقدم و B تالی نامیده می‌شود و این قانون به گونه‌ای تعریف می‌شود که $A \cap B = \emptyset$ و $B \subseteq I$ ، $A \subseteq I$ باشد [۲۷].

برای بررسی ارزش و معیار مقبولیت قوانین انجمنی دو پارامتر مهم یعنی پشتیبان و اطمینان قوانین مورد استفاده قرار می‌گیرند. پشتیبان درصدی از تراکنش‌های D است که

^۲ 1-itemset
^۳ min-sup

^۱ Knowledge

تعیین شده کم تر است. سپس الگوریتم اperiوری با استفاده از مجموعه آیت‌های پرتکرار یک‌عضوی، مجموعه آیت‌های دوعضوی را ایجاد می‌کند. c_2 در شکل (۱) نشان‌دهنده مجموعه آیت‌های دوعضوی است و با خواندن مجدد کل پایگاه داده، مجموعه آیت‌های پرتکرار دوعضوی را تعیین می‌کند. L_2 نشان‌دهنده مجموعه آیت‌های پرتکرار دو-عضوی است که تعداد تکرار آن‌ها در پایگاه داده از کم‌ترین پشتیبان بیش‌تر است. به همین ترتیب با استفاده از مجموعه آیت‌های پرتکرار دوعضوی مجموعه آیت‌های سه-عضوی را ایجاد کرده و با خواندن دوباره پایگاه داده، مجموعه آیت‌های پرتکرار سه‌عضوی تولید می‌شوند: L_3 نشان‌دهنده مجموعه آیت‌های پرتکرار سه‌عضوی است و این کار برای مجموعه‌های چهارعضوی و ... انجام می‌گیرد. درواقع این الگوریتم یک روش افزایشی را به کار می‌گیرد به طوری که از دانش موجود در تولید مجموعه آیت k تایی، برای به دست آوردن مجموعه آیت $(k+1)$ تایی استفاده می‌کند.

کارایی الگوریتم‌های کشف قوانین انجمنی، بستگی به یافتن مجموعه آیت‌های پرتکرار دارد [۳۰] و پس از آن قوانین انجمنی به سادگی قابل استخراج خواهند بود و قوانین

وابستگی قوی از روی آیت‌های پرتکرار تولید می‌شوند. جهت تولید قوانین برای هر مجموعه آیت پرتکرار مانند l تمام زیرمجموعه‌های ناتهی آن تولید می‌شود و برای هر زیر-مجموعه غیرتهی s از l قانونی به صورت زیر تولید می‌شود:

$$(6) \quad \text{کم‌ترین اطمینان} \geq \frac{\text{فرکانس تکرار}(l)}{\text{فرکانس تکرار}(s)} \text{ اگر } s \Rightarrow (l - s)$$

به عنوان مثال برای الگوی پرتکرار $l = \{۲, ۳, ۵\}$ قوانین تولید شده شامل قوانین زیر است:

$$\begin{aligned} \{۲\} &\Rightarrow \{۳, ۵\} & \{۲\} &\Rightarrow \{۳, ۵\} \\ \{۳\} &\Rightarrow \{۲, ۵\} & \{۵\} &\Rightarrow \{۲, ۳\} \\ \{۳\} &\Rightarrow \{۲, ۵\} & \{۵\} &\Rightarrow \{۲, ۳\} \end{aligned}$$

الگوریتم اperiوری یک الگوریتم پایه‌ای است که نسخه‌های متفاوتی از آن با ویژگی و کارکردهای مختلف توسط محققین ارائه شده است. به عنوان نمونه می‌توان به [۳۲, ۳۱] اشاره کرد که با کاهش دفعات گذر روی پایگاه داده و یا با استفاده از الگوریتم‌های موازی در الگوریتم اperiوری به کشف قوانین انجمنی می‌پردازند.

پایگاه داده		c_1		L_1	
TID	آیت‌ها	آیت‌ها	فرکانس تکرار	آیت‌ها	فرکانس تکرار
۱۰۰	۱ ۳ ۴	{۱}	۲	{۱}	۲
۲۰۰	۲ ۳ ۵	{۲}	۳	{۲}	۳
۳۰۰	۱ ۲ ۳ ۵	{۳}	۳	{۳}	۳
۴۰۰	۲ ۵	{۴}	۱	{۵}	۳
		{۵}	۳		

c_2		L_2		c_3	
آیت‌ها	فرکانس تکرار	آیت‌ها	فرکانس تکرار	آیت‌ها	فرکانس تکرار
{۱ ۲}	۱	{۱ ۳}	۲	{۲ ۳ ۵}	۲
{۱ ۳}	۲	{۲ ۳}	۲		
{۱ ۵}	۱	{۲ ۵}	۳		
{۲ ۳}	۲	{۳ ۵}	۲		
{۲ ۵}	۳				
{۳ ۵}	۲				

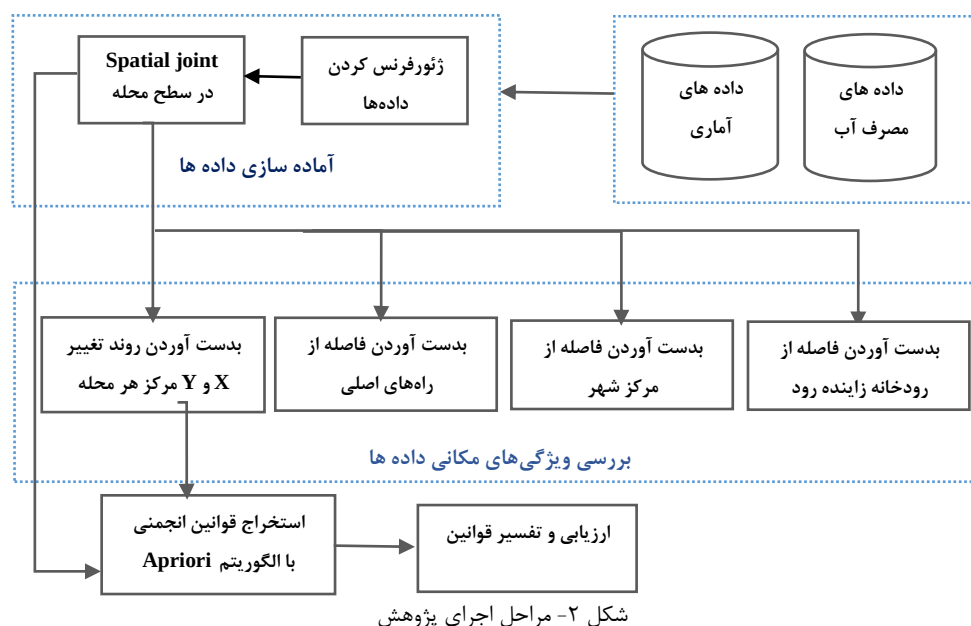
L_3	
آیت‌ها	فرکانس تکرار
{۲ ۳ ۵}	۲

شکل ۱- مراحل ایجاد مجموعه آیت پرتکرار با استفاده از الگوریتم اperiوری [۲۶]

۴- روش‌های تحقیق

پارامترهای مختلف به صورت جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد و هریک از قوانین استخراج شده بیان‌گر رابطه یکی از این پارامترها با میزان مصرف آب است. سپس به ارزیابی قوانین به دست آمده پرداخته شده است.

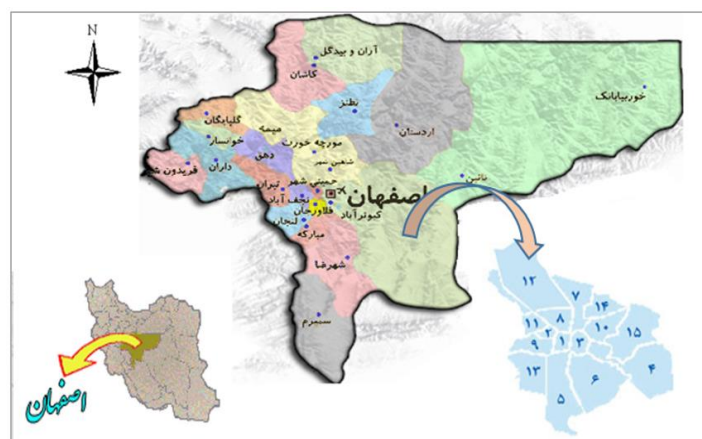
در این پژوهش مطابق شکل (۲)، با استخراج قوانین انجمنی به کشف ارتباط میان فاکتورهای جمعیتی، مکانی و میزان مصرف آب پرداخته می‌شود. تأثیر هر یک از



۴-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر اصفهان، سومین شهر پهناور و پرجمعیت ایران [۳۳] با مساحت حدود ۳۴۰۰۰ هکتار است که در مرکز استان اصفهان و در شرق سلسله جبال زاگرس در منطقه ای نیمه بیابانی قرار دارد. ارتفاع این شهر از سطح دریا حدود ۱۵۷۰ متر است. استان اصفهان در قسمت شمالی و شرقی به کویر و در قسمت غربی و جنوبی به رشته کوه های زاگرس منتهی می شود [۳۴]. شهر اصفهان با داشتن

میانگین بارندگی سالیانه ۱۲۰ میلی متر یکی از بزرگ ترین شهرهای خشک و کم باران دنیا به حساب می آید [۳۵]. اصفهان دارای ۱۵ منطقه ی شهرداری است [۳۴] که در این مقاله میزان مصرف آب مناطق ۳ و ۴ مورد مطالعه قرار گرفته اند. این مناطق در شمال رودخانه زاینده رود واقع شده اند. مناطق ۳ و ۴ از مناطق پرتراکم شهر اصفهان هستند [۳۳]. شکل (۳) موقعیت جغرافیایی شهر اصفهان در ایران و مناطق پانزده گانه آن را نشان می دهد.

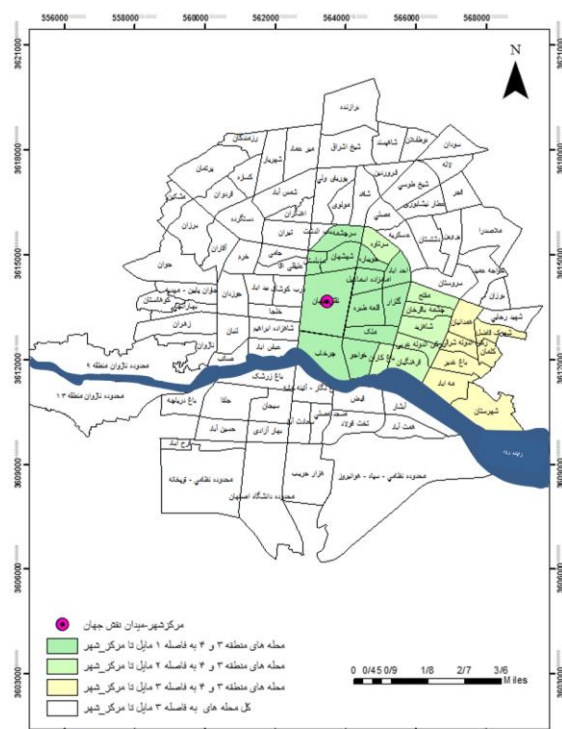


شکل ۳- موقعیت جغرافیایی شهر اصفهان و مناطق پانزده گانه شهرداری اصفهان

۴-۲- آماده سازی داده ها

داده های مورد استفاده در این پژوهش شامل پارامترهای مکانی و پارامترهای جمعیتی موجود در داده های آماری و اطلاعات میزان مصرف آب است. پارامترهای مکانی مؤثر در میزان مصرف آب مانند فاصله از رودخانه زاینده رود، فاصله

از مرکز شهر، فاصله منازل از راه های اصلی، میزان عرصه و اعیان (حیاط) در ساختمان، مساحت فضای سبز و باغچه خانگی و روند تغییرات مکانی (X و Y محله ها) در نظر گرفته شده اند و پارامترهای جمعیتی مانند ویلایی یا آپارتمانی بودن، بعد خانوار، تعداد واحدهای مسکونی، متوسط تعداد افراد هر خانواده، تراکم جمعیت و درصد پیر



شکل ۴- محله‌های مناطق ۳ و ۴ اصفهان به تفکیک فاصله از مرکز شهر

جدول ۱- دسته‌بندی داده‌های جمعیتی، مکانی و میزان مصرف آب خانوار

میزان مصرف (مترمکعب در سال)	دسته
۶۹۸ تا ۸۱۱	مصرف خیلی کم
۹۲۴ تا ۸۱۱	مصرف کم
۹۲۴ تا ۱۰۳۷	مصرف متوسط
۱۱۵۰ تا ۱۰۳۷	مصرف زیاد
۱۱۵۰ تا ۱۲۶۳	مصرف خیلی زیاد

فاصله از رودخانه زاینده‌رود	دسته
۴۶ تا ۹۱۸ متر	خیلی کم
۹۱۸ تا ۱۷۸۹ متر	کم
۱۷۸۹ تا ۲۶۶۰ متر	متوسط
۲۶۶۰ تا ۳۵۳۲ متر	زیاد
۳۵۳۲ تا ۴۴۰۳ متر	خیلی زیاد

تراکم جمعیت	دسته
۱۶ تا ۶۱ نفر در ۱۰۰۰۰ مترمربع	خیلی کم
۶۱ تا ۱۰۵ نفر در ۱۰۰۰۰ مترمربع	کم
۱۰۵ تا ۱۵۰ نفر در ۱۰۰۰۰ مترمربع	متوسط
۱۵۰ تا ۱۹۴ نفر در ۱۰۰۰۰ مترمربع	زیاد

تعداد واحد	دسته
۳۹ تا ۹۴۲ واحد	خیلی کم
۹۴۲ تا ۱۸۴۵ واحد	کم
۱۸۴۵ تا ۲۷۴۸ واحد	متوسط
۲۷۴۸ تا ۳۶۵۱ واحد	زیاد

یا جوان بودن به صورت جدول اکسل با توجه به داده‌های در دسترس از مرکز آمار ایران انتخاب شده‌اند. داده‌های مربوط به میزان مصرف آب به صورت مجموع مصرف سالانه هر مشترک در سال ۱۳۹۰ از سازمان آب و فاضلاب استان اصفهان دریافت گردیده است.

داده‌های مصرف با استفاده از شماره ردیف هر مشترک، به محل جغرافیایی مشترکین در نقشه مناطق شهری اصفهان که از شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان در اختیار قرار گرفته، مرتبط^۱ شده است (توزیع جغرافیایی داده‌های مصرف). داده‌های آماری مربوط به پارامترهای جمعیتی در سطح محله در اختیار بوده است. با استفاده از آنالیز ارتباط مکانی^۲ در نرم افزار ArcGIS، مجموع میزان مصارف آب یک سال هر محله به دست آمده است.

جهت به دست آوردن پارامتر فاصله از جاده‌های اصلی در هر یک از راه‌های اصلی منطقه ۳ و ۴ در نرم افزار ArcGIS با فرهایی به شعاع ۲۰ متر، ۱۰۰ متر و ۲۵۰ متر زده شده است و مشترکینی که به ترتیب به فاصله هر یک از این شعاع‌ها از جاده‌های اصلی هستند مشخص شده‌اند. همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود در پارامتر فاصله از مرکز شهر، میدان نقش جهان به عنوان مرکز شهر و سه شعاع به فاصله ۱ و ۲ و ۳ مایل از آن در نظر گرفته شده است و محله‌هایی با این فاصله از مرکز شهر مشخص شده‌اند.

متوسط مصرف هر خانوار به همراه مقادیر هر یک از پارامترهای مورد نظر در هر محله، در جدولی به فرمت اکسل قرار داده شده است. به منظور استخراج قوانین انجمنی، داده‌های جمعیتی، مکانی و همچنین داده‌های مصرف آب در پنج دسته طبقه‌بندی شده‌اند. این طبقه‌بندی بر مبنای مقدار هر کمیت صورت گرفته است. تفاضل بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار هر یک از داده‌های جمعیتی، مکانی تقسیم بر پنج شده و عدد به دست آمده طول هر دسته را تعیین می‌کند. به طوری که کم‌ترین میزان مصرف آب و کم‌ترین مقدار هر یک از پارامترها در دسته خیلی کم قرار گرفته و به همین ترتیب با اضافه کردن فاصله هر دسته، هر یک از داده‌های جمعیتی، مکانی و مصرف آب در دسته‌های متوسط و زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شده‌اند. به عنوان نمونه در جدول (۱) دسته‌بندی ایجاد شده برای داده‌های جمعیتی، مکانی و میزان مصرف آب نشان داده شده است.

^۱ Joint

^۲ Spatial Joint

۳-۴- کشف قوانین انجمنی مصرف و پارامترهای جمعیتی-مکانی

الگوریتم مورد استفاده برای استخراج قوانین، الگوریتم اپریوری و با بهبود لیو است [۳۶]. این الگوریتم قوانین تولید شده راکاهش داده و از استخراج قوانین ترکیبی و پیچیده جلوگیری می‌کند. برخلاف یک پایگاه داده که به صورت معمولی از کاوش قوانین انجمنی استفاده می‌کند و تعداد زیادی روابط وابستگی ندارد، این الگوریتم بهبود

یافته شامل تعداد زیادی از وابستگی‌ها است [۳۰]. در بخش اول مقادیر مربوط به هر یک از ویژگی‌های جمعیتی، مکانی و میزان مصرف آب به‌عنوان ورودی فراخوانی گردیده‌است. در جدول ۲ قوانین مرتبط با هر ویژگی جمعیتی، مکانی به تفکیک پارامتر مورد بررسی ارائه شده‌اند. در میان قوانین به‌دست‌آمده قوانین با support برابر ۳۰ درصد و مقدار confidence برابر ۶۰ درصد انتخاب شده‌اند.

جدول ۲- بخشی از قوانین استخراج شده با استفاده از الگوریتم اپریوری به تفکیک پارامتر مورد بررسی

پارامتر مورد بررسی	نوع رابطه با مصرف خانوار	سهم هر پارامتر درغیاب سایر پارامترها (R^2)	قوانین استخراج شده با الگوریتم اپریوری
فضای سبز	مستقیم	۹۹ درصد	فضای سبز خیلی کم => مصرف خانوار خیلی کم-۱ مصرف خانوار متوسط => فضای سبز متوسط-۲ فضای سبز زیاد => مصرف خانوار زیاد-۳
تعداد افراد خانواده	مستقیم	۱۰۰ درصد	تعداد افراد خانواده خیلی کم => مصرف خانوار خیلی کم-۴ مصرف خانوار خیلی کم => تعداد افراد خانواده خیلی کم-۵ مصرف خانوار کم => افراد خانواده زیاد-۶
تعداد واحد	عکس	۵۵ درصد	تعداد واحد خیلی کم => مصرف خانوار خیلی کم-۷ مصرف خانوار کم => تعداد واحد زیاد-۸ مصرف خانوار کم => تعداد واحد کم-۹
تراکم جمعیت	عکس	۸۵ درصد	تراکم خیلی کم => مصرف خانوار زیاد-۱۰ تراکم خیلی کم => مصرف خانوار خیلی زیاد-۱۱ مصرف خانوار کم => تراکم متوسط-۱۲ تراکم زیاد => مصرف خانوار خیلی کم-۱۳
ابعاد حیاط خانه	مستقیم	۸۴ درصد	ابعاد خانه خیلی زیاد => مصرف خانوار خیلی زیاد-۱۴ ابعاد خانه زیاد => مصرف خانوار زیاد-۱۵ ابعاد خانه خیلی کم => مصرف خانوار کم-۱۶ ابعاد خانه خیلی کم => مصرف خانوار خیلی کم-۱۷
گروه‌های سنی (درصد جوان بودن)	عکس	۱۹ درصد	درصد جوان کم => مصرف خانوار زیاد-۱۸ درصد جوان متوسط => مصرف خانوار خیلی زیاد-۱۹ مصرف خانوار خیلی کم => درصد جوان زیاد-۲۰ مصرف خانوار زیاد => درصد جوان خیلی زیاد-۲۱
ویلائی بودن ساختمان	مستقیم	_____	مصرف خانوار خیلی کم => آپارتمانی-۲۲ ویلائی => مصرف خانوار کم-۲۳ ویلائی => مصرف خانوار خیلی متوسط-۲۴ آپارتمانی => مصرف خانوار خیلی کم-۲۵
تغییرات مکانی در جهت شمال به جنوب (مقدار Y)	عکس	_____	مصرف خانوار خیلی کم => مقدار Y زیاد-۲۶ مصرف خانوار خیلی کم => مقدار Y خیلی زیاد-۲۷ مصرف خانوار متوسط => مقدار Y کم-۲۸ مصرف خانوار کم => مقدار Y متوسط-۲۹
تغییرات مکانی در جهت شرق به غرب (مقدار X)	عکس	_____	مصرف خانوار کم => مقدار X متوسط-۳۰ مصرف خانوار خیلی کم => مقدار X زیاد-۳۱ مصرف خانوار متوسط => مقدار X کم-۳۲

ادامه جدول ۲- بخشی از قوانین استخراج‌شده با استفاده از الگوریتم اپریوری به تفکیک پارامتر مورد بررسی

پارامتر مورد بررسی	نوع رابطه با مصرف خانوار	سهم هر پارامتر در غیاب سایر پارامترها (R^2)	قوانین استخراج شده با الگوریتم اپریوری
فاصله از جاده اصلی	مستقیم	۹۷ درصد	مصرف خانوار کم => فاصله از جاده ۱۰۰ متر-۳۳ فاصله از جاده ۱۰۰ متر => مصرف خانوار کم-۳۴ فاصله از جاده ۲۰ متر => مصرف خانوار خیلی کم-۳۵ فاصله از جاده ۲۵۰ متر => مصرف خانوار متوسط-۳۶ مصرف خانوار متوسط => فاصله از جاده ۲۵۰ متر-۳۷
فاصله از رودخانه زاینده‌رود	عکس	۹۵ درصد	مصرف خانوار کم => فاصله تا رودخانه خیلی زیاد-۳۸ مصرف خانوار کم => فاصله تا رودخانه زیاد-۳۹ مصرف خانوار زیاد => فاصله تا رودخانه خیلی کم-۴۰ مصرف خانوار متوسط => فاصله تا رودخانه کم-۴۱ فاصله تا رودخانه متوسط => مصرف خانوار متوسط-۴۲ فاصله تا رودخانه خیلی زیاد => مصرف خانوار کم-۴۳

جهت ارزیابی قوانین به‌دست‌آمده به تعیین نقاط داغ مصرف و بررسی الگوی مکانی توزیع مصرف آب خانوار پرداخته‌شده‌است. تعیین نقاط داغ در نرم‌افزار ArcGIS و با تحلیل کانون‌های پرخطر با استفاده از آزمون Getis Ord's Gi و نوار ابزار آنالیز نقاط داغ^۱ صورت‌گرفته‌است که برای نشان دادن کانون‌های پرمصرف کاربرد دارد. واژه نقطه داغ شرایطی است که بیان‌گر نوعی تجمع موارد^۲ در توزیع مکانی است و می‌تواند یک نقطه یا یک ناحیه باشد. بررسی الگوی توزیع مصرف آب خانوار با استفاده از روش تحلیل خودهمبستگی مکانی موران صورت‌گرفته‌است. ابزار تحلیل خودهمبستگی مکانی موران به بررسی خودهمبستگی مکانی ویژگی موردنظر بر اساس مکان می‌پردازد.

۵- نتایج و بحث

یکی از مهم‌ترین مسائل در مدیریت منابع آب مدیریت مصرف آب شهری است. با مشخص نمودن چگونگی توزیع مصرف و کشف ارتباط میان پارامترهای جمعیتی، مکانی و میزان مصرف آب می‌توان به کاهش میزان مصرف کمک کرد. در این پژوهش نتایج نشان می‌دهند که برخی از پارامترهای جمعیتی، مکانی موردبررسی با کاهش مصرف آب و برخی با افزایش مصرف رابطه نشان می‌دهند. از جمله عواملی که با کاهش مصرف ارتباط دارند بالا بودن تعداد واحدهای مسکونی، تراکم جمعیت بالای ۱۰۷ نفر در ۱۰۰۰ مترمربع، جوان بودن جمعیت و کوچکی حیات و

خانه است. در نقطه مقابل، بالا بودن مساحت خانه و حیات، تراکم جمعیت پایین و مسن بودن جمعیت نشان‌گر بالا بودن مصرف آب خانوار است. برخی از پارامترهای مورد-بررسی در این پژوهش مانند آبیاری فضای سبز و باغچه خانگی، مصارف شستشو و نظافت منازل و مصارف شخصی با افزایش آگاهی و دانش مردم درخصوص نحوه مصرف بهینه آب، قابل‌تغییر بوده و از این طریق میزان مصرف نیز قابل‌کنترل است. برخی از این عوامل نیز مانند تراکم جمعیت، تعداد افراد خانواده، تعداد واحدهای آپارتمانی، درصد جوان جمعیت به طور مستقیم غیرقابل‌کنترل و تغییر هستند ولی دانشی که از بررسی آن‌ها به‌دست می‌آید، می‌تواند به برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب کمک کند و همچنین در طرح‌های جامع و تفصیلی شهری استفاده‌شود.

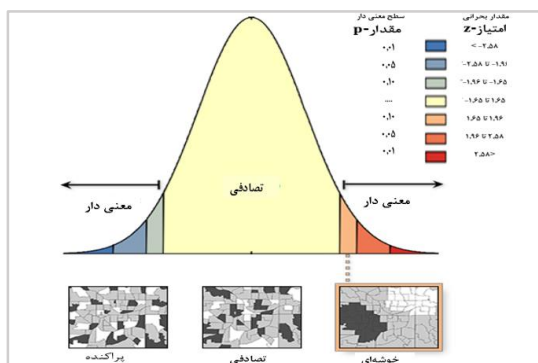
۵-۱- توزیع مکانی مصرف آب خانوار

جهت بررسی روند تغییرات مصرف و مکان با حرکت از شمال به جنوب و شرق به غرب در سطح هر یک از محله‌ها، ابتدا مقدار X و Y مرکز هندسی هر محله به‌دست‌آمده‌است. با مقایسه Yهای محله‌ها از شمال به سمت جنوب و با کاهش مقدار Y میزان مصرف افزایش یافته‌است. درحالی‌که با افزایش مقدار X و حرکت به سمت شرق و تغییر بافت مناطق میزان مصرف کاهش می‌یابد. همچنین با بررسی میزان مصرف آب خانوارها با درنظرگرفتن فاصله آن‌ها از مرکز شهر با دور شدن از مرکز شهر و تغییر در بافت منطقه مسکونی، محله‌ها دارای مصارف آب پایین‌تری نسبت به محله‌های مرکزی شهر هستند. در شکل (۵) میزان مصرف

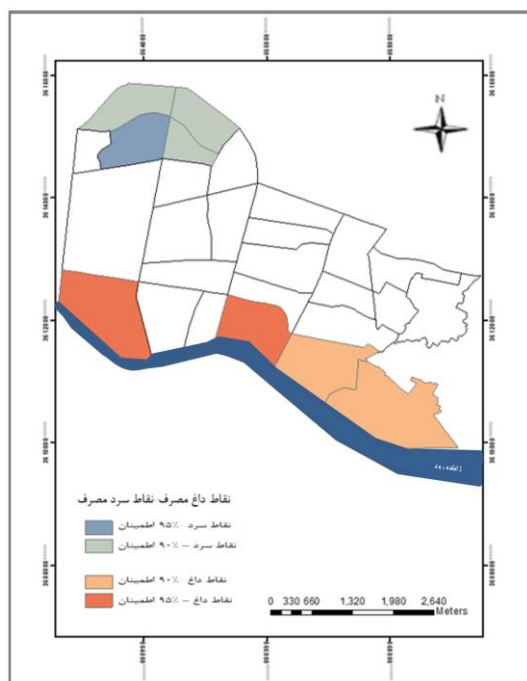
^۱ Hot Spot Analysis

^۲ Clustering

همان‌طور که در شکل (۶) مشاهده می‌شود این داده‌ها دارای خودهمبستگی مکانی و دارای الگوی خوشه‌ای هستند. شکل (۷) نقاط داغ یا کانون‌های پرمصرف مناطق ۳ و ۴ را نشان می‌دهد. مناطق جنوبی و ساحلی و محله‌های چرخاب، فرهنگیان، مهرآباد و شهرستان به‌عنوان کانون‌های پرمصرف و مناطق شمالی شهشهان، جویبار، سرتاوه و سرچشمه به عنوان نقاط سرد و کانون‌های دارای کم‌ترین میزان مصرف هستند.



شکل ۶- بررسی الگوی توزیع مصرف آب خانوار مناطق ۳ و ۴ اصفهان به روش تحلیل خودهمبستگی مکانی موران



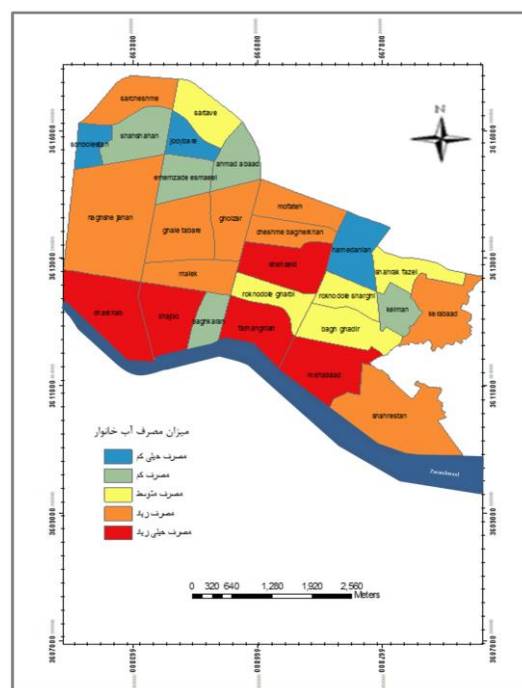
شکل ۷- نقاط داغ و سرد مصرف آب سالانه خانوار در سطح محله‌های مناطق ۳ و ۴

۵-۲- بررسی قوانین انجمنی کشف‌شده با الگوریتم ابریوری

در این بخش به بررسی قوانین به‌دست‌آمده از الگوریتم ابریوری به تفکیک ویژگی موردبررسی پرداخته می‌شود.

آب منطقه ۳ و ۴ شهر اصفهان برای هر محله در نرم‌افزار ArcGIS نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود در اکثر محله‌های جنوبی این مناطق، که در ساحل رودخانه زاینده‌رود هستند، مصرف آب بالاتر بوده و با رنگ قرمز مشخص شده‌اند.

با مقایسه محله‌های ساحلی با سایر محله‌های شهر اصفهان، در این محله‌ها عموماً ویلایی و دارای مساحت حیاط و فضای سبز بالاتر و تراکم جمعیت پایین‌تری نسبت به سایر محله‌ها هستند که این عوامل به نوعی می‌تواند نشان‌دهنده بالاتر بودن سطح اقتصادی خانواده‌ها نیز باشد. محله‌هایی که در مرکز مناطق ۳ و ۴ قرار دارند دارای مصرف آب کم‌تری نسبت به مناطق ساحلی و جنوبی شهر هستند و با رنگ نارنجی مشخص شده‌اند و هرچه در جهت شمال و شرق حرکت می‌کنیم میزان مصرف کاهش می‌یابد. بخش‌های شمالی و شرقی دارای تراکم بالاتر و خانه‌هایی با مساحت حیاط و فضای سبز خانگی کم‌تر و در نتیجه خانواده‌هایی با سطح اقتصادی پایین‌تر هستند و این محله‌ها مصرف آب خانوار کم‌تری دارند.



شکل ۸- توزیع مکانی میزان مصرف آب سالانه خانوار در سطح محله‌های مناطق ۳ و ۴

برای بررسی الگوی توزیع مصرف آب در این پژوهش از روش تحلیل خودهمبستگی مکانی موران استفاده شده است. در اینجا شاخص موران 0.175031 و امتیاز Z برابر $1/854779$ و مقدار p برابر 0.063628 شده است.

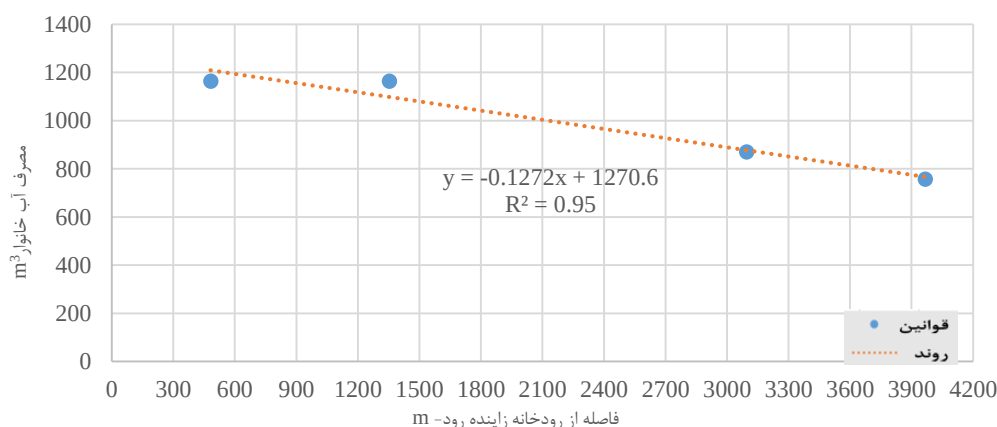
۵-۲-۱- روند تغییرات مصرف با حرکت از شمال به جنوب و شرق به غرب

مطابق جدول (۲) قوانین ۲۶ تا ۲۹ بیان‌کننده رابطه مصرف آب خانوار و مکان از جنوب به شمال (مقدار Y) هستند. بر اساس قانون ۲۶ و ۲۷ اگر مقدار Y زیاد و خیلی زیاد باشد یعنی منازل در محله‌های شمالی مناطق ۳ و ۴ باشند، مصرف آب خانوار کم و خیلی کم است. بر اساس قانون ۲۸ اگر مقدار Y کم و منازل در جنوب منطقه ۳ و ۴ باشند، میزان مصرف زیاد و بر اساس قانون ۲۹ اگر مقدار Y متوسط باشد یعنی منازل در مرکز قرار داشته‌باشند، میزان مصرف کم است. این قوانین نشان‌دهنده روند عکس تغییرات Y و میزان مصرف هستند و با حرکت به سمت جنوب و تغییر بافت منطقه میزان مصرف خانوار افزایش می‌یابد. قوانین ۳۰ تا ۳۲ بیان‌کننده رابطه مصرف آب خانوار و مکان منازل از شرق به غرب (مقدار X) هستند. در قانون ۳۱ اگر مقدار X زیاد باشد یعنی منازل در محله‌های شرقی باشند، میزان مصرف آب خانوار خیلی کم است. در قانون ۳۰ اگر مقدار X متوسط باشد مصرف خانوار کم و در قانون ۳۲ مقدار X کم با مصرف متوسط همراه است. که این قوانین نشان‌دهنده روند

کاهشی میزان مصرف با تغییر بافت منطقه در اثر افزایش مقدار X و حرکت به سمت شرق است.

۵-۲-۲- فاصله از رودخانه زاینده‌رود

در قانون ۳۸ و ۳۹ زمانی که فاصله از رودخانه به ترتیب از ۲۶۶۰ تا ۳۵۳۲ متر و از ۳۵۳۲ تا ۴۴۰۳ متر قرار دارد، میزان مصرف آب خانوار کم خواهد بود. در قانون ۴۲ در جدول (۲) اگر مصرف خانوار متوسط و ۹۲۳ تا ۹۹۹ مترمکعب در سال بر اساس جدول (۱) باشد، فاصله از رودخانه زاینده‌رود نیز متوسط خواهد بود و در قوانین ۴۱ و ۴۰ با کاهش فاصله از رودخانه و قرارگرفتن در دسته‌های کم و خیلی کم به میزان ۴۶ تا ۹۱۸ متر و ۹۱۸ تا ۱۷۸۹ متر میزان مصرف آب خانوار افزایش یافته و بر اساس جدول (۱) ۱۰۶۲ تا ۱۲۶۵ مترمکعب در سال خواهد بود. بنابراین با افزایش فاصله از رودخانه زاینده‌رود و تغییر بافت منطقه، میزان مصرف آب خانوار کاهش یافته و محله‌هایی با کم‌ترین فاصله از رودخانه که عموماً محله‌های ساحلی هستند دارای بالاترین میزان مصرف می‌باشند. در شکل (۸) هر نقطه نمایانگر یک قانون است و روند تغییرات این قوانین، رابطه عکس این دو پارامتر را نشان داده‌است.



شکل ۸- نمودار قوانین انجمنی کشف‌شده در مصرف آب و فاصله از رودخانه زاینده‌رود با الگوریتم اِپروری

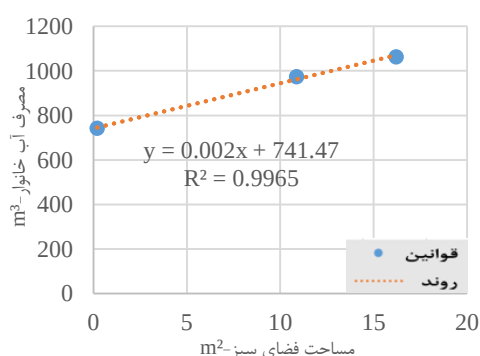
۵-۲-۳- نزدیکی به راه‌های اصلی

قانون ۳۳ و ۳۴ در جدول (۲) نشان‌می‌دهد که اگر فاصله منازل از جاده‌های اصلی ۱۰۰ متر باشد، میزان مصرف آب خانوار در دسته کم قرار می‌گیرد که مطابق جدول (۱) ۸۱۵ تا ۹۲۳ مترمکعب در سال می‌شود. در قانون ۳۵ اگر مصرف آب خانوار خیلی کم یعنی مطابق جدول (۱) ۶۹۸ تا ۸۱۵ مترمکعب در سال باشد، منازل با

فاصله حداکثر ۲۰ متر از جاده‌ها و بزرگراه‌های اصلی قرار می‌گیرند و در قانون ۳۶ و ۳۷ اگر مصرف خانوار افزایش یابد و ۹۵۰ تا ۹۹۹ مترمکعب در سال بر اساس جدول (۱) باشد، فاصله از جاده‌های اصلی ۲۵۰ متر خواهد بود. با توجه به این قوانین با افزایش فاصله از بزرگراه‌ها و جاده‌های اصلی میزان مصرف آب خانوار نیز افزایش می‌یابد. در شکل (۹) روند تغییرات این قوانین، رابطه مستقیم دو پارامتر فاصله از جاده‌های اصلی و میزان مصرف نشان داده شده‌است.

۵-۲-۵- مساحت فضای سبز

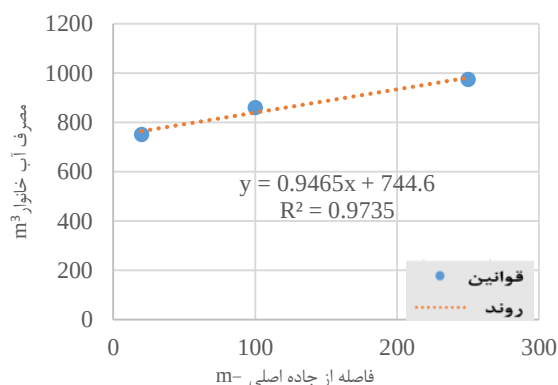
قوانین ۱ تا ۳ در جدول ۲ رابطه مساحت فضای سبز موجود در هر ساختمان با مصرف آب را بیان می‌کنند، به‌طوری‌که طبق قانون اول اگر مساحت فضای سبز در دسته خیلی کم و بین صفر تا ۰/۴۱۷۰ مترمربع باشد، مصرف آب خانوار نیز کم‌ترین مقدار و ۶۹۸ تا ۸۱۵ مترمکعب در سال است. طبق قانون دوم و سوم با بالا رفتن مساحت فضای سبز و قرار گرفتن در دسته متوسط با مقدار ۱۲/۴ تا ۱۷/۶ مترمربع، مصرف آب نیز در دسته زیاد و ۹۹۹ تا ۱۰۶۲ مترمکعب در سال قرار می‌گیرد و با قرار گرفتن مساحت فضای سبز در دسته زیاد، مصرف آب افزایش می‌یابد و در دسته خیلی زیاد قرار می‌گیرد. روند تغییرات در نمودار شکل (۱۱) بیان‌گر رابطه میان مصرف آب و مساحت فضای سبز است. این قوانین مؤید این مطلب است که میزان فضای سبز و باغچه شهروندان با مصرف آب رابطه مستقیم دارد و مقداری از آب مصرفی شهروندان برای آبیاری باغچه خانگی صرف می‌شود. در نتیجه با استفاده از آب مازاد مصرفی و تصفیه فاضلاب، شیوه‌های نوین آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای، جمع‌آوری آب‌های سطحی ناشی از باران و استفاده از مواد و مصالح مناسب جهت جلوگیری از تبخیر در آبیاری باغچه‌ها می‌توان به کاهش مصرف آب کمک کرد.



شکل ۱۱- نمودار قوانین انجمنی کشف شده در مصرف آب و مساحت فضای سبز با الگوریتم اperiوری

۵-۲-۶- تعداد افراد خانواده

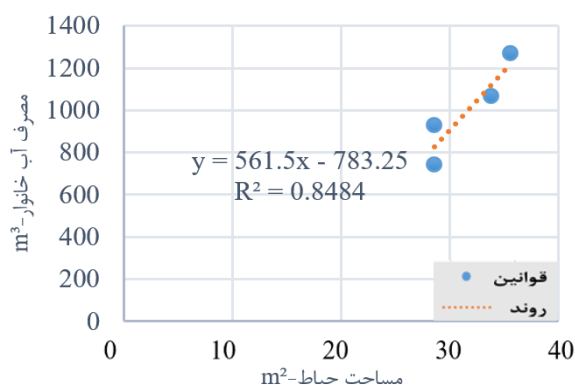
دو قانون چهارم و پنجم به‌دست‌آمده از الگوریتم اperiوری جدول (۲) نشان می‌دهد که اگر تعداد افراد خانوار به‌صورت متوسط ۲ نفر باشد، مصرف آب در دسته خیلی کم قرار می‌گیرد و مطابق جدول (۱) میزان مصرف آب هر



شکل ۹- نمودار قوانین انجمنی کشف شده در مصرف آب و فاصله از جاده اصلی با الگوریتم اperiوری

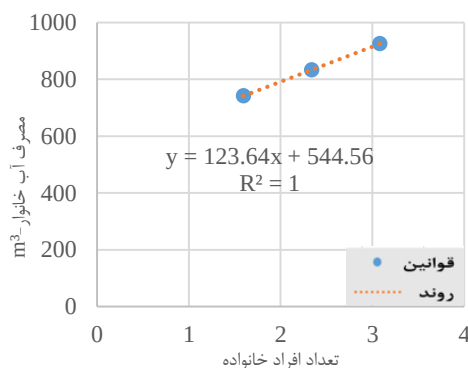
۵-۲-۴- مساحت حیاط و ابعاد خانه

قوانین ۱۷ تا ۲۰ در جدول ۲ بیان‌گر رابطه میان ابعاد حیاط خانه و میزان مصرف خانوار است. قوانین شانزدهم و هفدهم نشان می‌دهند که اگر مساحت حیاط خانه‌ها در دسته خیلی کم با مقدار متوسط ۲۹ مترمربع باشد، میزان مصرف آب در دسته خیلی کم و کم به میزان ۶۹۸ تا ۸۱۵ و ۸۱۵ تا ۹۲۳ مترمکعب در سال است. در قانون پانزدهم اگر ابعاد حیاط خانه‌ها در دسته متوسط و ۳۴ مترمربع باشد، آن‌گاه میزان مصرف ۹۹۹ تا ۱۰۶۲ مترمکعب در سال است. در قانون چهاردهم میزان مصرف خانه‌هایی با ابعاد ۳۶ مترمربع، ۱۰۶۲ تا ۱۲۶۵ مترمکعب در سال است. در شکل (۱۰) روند تغییرات این قوانین، رابطه مستقیم دو پارامتر مساحت حیاط خانه و میزان مصرف نشان داده شده است. این روابط می‌توانند مؤید مصرف آب شهری برای نظافت حیاط خانه باشند. لذا به‌منظور کاهش مصرف آب در این زمینه، آموزش و تبلیغ روش‌های مناسب جهت شستشو و نظافت حیاط خانه می‌تواند مؤثر باشد.



شکل ۱۰- نمودار قوانین انجمنی کشف شده در مصرف آب و مساحت حیاط با الگوریتم اperiوری

خانوار ۶۹۸ تا ۸۱۵ مترمکعب در سال است. قانون ششم نشان می‌دهد اگر تعداد افراد خانواده به طور متوسط ۴ نفر باشد، میزان مصرف خانوار افزایش پیدا کرده و ۸۱۵ تا ۹۲۳ مترمکعب در سال می‌شود. در نمودار شکل (۱۲) روند تغییرات بیان‌گر رابطه مستقیم میان مصرف و تعداد افراد خانواده است ولی نکته قابل توجه این است که اگرچه با افزایش تعداد افراد خانواده میزان مصرف خانوار افزایش می‌یابد ولی سرانه مصرف در خانواده‌های پرجمعیت، کم‌تر از خانواده‌های کم‌جمعیت است. به‌طوری‌که میزان مصرف سرانه در خانواده‌هایی با جمعیت ۴ نفر، ۲۰۴ تا ۲۳۱ مترمکعب و در خانوارهای ۲ نفره ۳۴۹ تا ۳۹۳ مترمکعب در سال می‌باشد. در این راستا اگر خانواده‌ها به مصرف بهینه در زمینه شستشو و نظافت ترغیب شوند، می‌توان در مصرف آب صرفه‌جویی نمود.

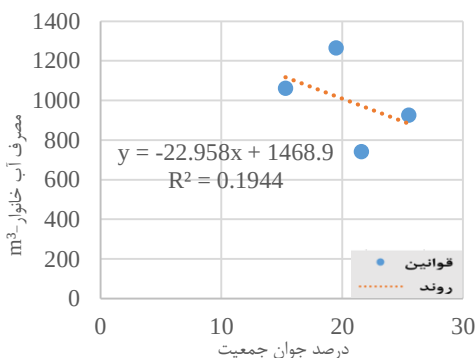


شکل ۱۲- نمودار قوانین انجمنی کشف شده در مصرف آب و تعداد افراد خانواده با الگوریتم اperiوری

۵-۲-۷- درصد جوان جمعیت

قوانین استخراجی نوزده و بیست از جدول ۲ رابطه میان سن افراد و میزان مصرف آب در خانواده را نشان می‌دهد. اگر درصد جمعیت جوان در دسته خیلی کم، یعنی ۱۳ تا ۱۶ درصد از کل جمعیت جوان باشد، میزان مصرف آب هر خانوار در دسته‌ی مصرف زیاد یعنی ۹۹۹ تا ۱۰۶۲ مترمکعب در سال است. چنانچه درصد جوان جمعیت در دسته زیاد یعنی ۲۱ تا ۲۴ درصد باشد، مصرف آب در دسته‌ی خیلی کم یعنی ۶۹۸ تا ۸۱۵ مترمکعب در سال است. این قوانین بیان‌گر این هستند که حدود ۸ درصد افزایش جمعیت جوان در سطح محله، با کاهش مقدار مصرف خانوار به اندازه ۲۷۶ تا ۳۰۱ مترمکعب در سال همراه است. این قوانین و روند تغییرات آن‌ها در نمودار (۱۳) نشان داده شده است. علت این رابطه را می‌توان تبلیغات

انجام شده در سال‌های اخیر در مورد نحوه صحیح مصرف دانست. نسل جوان به دلیل آشنایی بیشتر با شیوه‌های صحیح مصرف از هدر رفتن آب بهتر جلوگیری می‌کنند. این موضوع مؤید این مطلب است که تبلیغات و آموزش‌های مختلف در نحوه مصرف شهروندان مؤثر بوده است و می‌تواند تأثیر به‌سزایی در کاهش مصرف آب مشترکین داشته باشد.



شکل ۱۳- نمودار قوانین انجمنی کشف شده در مصرف آب و درصد جوان جمعیت با الگوریتم اperiوری

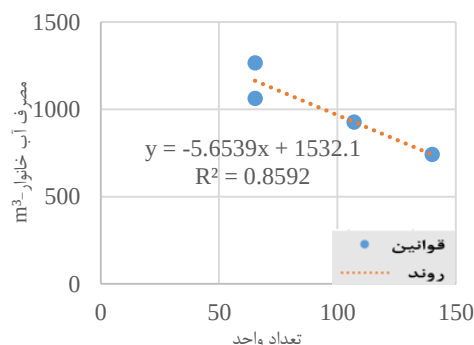
۵-۲-۸- تعداد واحد

قوانین هفتم و نهم در جدول ۲ بیان‌گر این است که با افزایش تعداد واحد، میزان مصرف آب سالانه هر خانوار در سطح محله افزایش می‌یابد. به‌طوری‌که اگر تعداد واحد ۳۹ تا ۱۰۱۰ واحد باشد، مصرف ۶۹۸ تا ۸۱۵ مترمکعب در سال است و اگر ۱۰۱۰ تا ۱۵۵۲ واحد در محله باشد، مصرف آب ۸۱۵ تا ۹۲۳ مترمکعب در سال است. نکته مهم در این قوانین مربوط به قانون هشتم است که با وجود افزایش تعداد واحد به اندازه ۳۰۹۰ تا ۳۶۵۱ واحد در هر محله، میزان مصرف بدون افزایش نسبت به قانون نهم، ۸۱۵ تا ۹۲۳ مترمکعب در سال می‌شود. در واقع با افزایش متوسط ۲۱۳۶ واحد، میزان مصرف هر خانوار به اندازه قبل باقی می‌ماند. شکل (۱۴) روند تغییرات قوانین بین دو پارامتر تعداد واحد و میزان مصرف آب خانوار را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت اگر تعداد واحدها از تعداد مشخصی بالاتر باشد میزان مصرف به ازای هر واحد کاهش می‌یابد. این کاهش را می‌توان ناشی از وجود حیاط، فضای سبز، پارکینگ و راه‌پله مشترک و در واقع کاهش سرانه این فضاها دانست که میزان آب مصرفی مربوط به آن‌ها بین واحدها سرشکن می‌شود.

هستند. با در نظر گرفتن ساختمان‌های بیش از دو واحد به- عنوان آپارتمان، طبق قوانین ۲۱ و ۲۴ در جدول ۲، اگر واحدها آپارتمانی باشند، میزان مصرف خانوار در دسته خیلی کم یعنی ۶۹۸ تا ۸۱۵ مترمکعب در سال قرار می- گیرد. بر اساس قانون ۲۳ میزان مصرف آب منازل ویلایی در دسته متوسط یعنی ۹۵۰ تا ۹۹۹ مترمکعب در سال است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ویلایی و آپارتمانی بودن واحد مسکونی در میزان مصرف آب موثر است و منازل ویلایی دارای مصرف ۱۲۷ تا ۲۳۲ مترمکعب بالاتر نسبت به هر واحد در آپارتمان خواهند بود.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

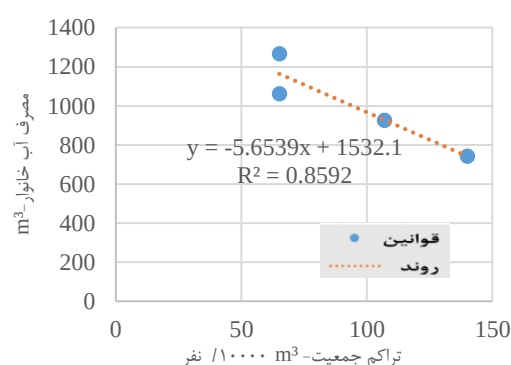
در این پژوهش با استفاده از الگوریتم اپریوری به استخراج قوانین انجمنی جهت کشف ارتباط میان میزان مصرف آب و برخی از پارامترهای جمعیتی، مکانی مانند بعد خانوار، تعداد واحدهای مسکونی، مساحت باغچه خانگی، متوسط تعداد افراد هر خانواده، تراکم جمعیت، جوان بودن جمعیت، فاصله از مرکز شهر، فاصله از رودخانه زاینده‌رود، تغییرات مکانی منازل، نزدیکی به راه‌های اصلی، ویلایی یا آپارتمانی بودن و مساحت حیاط در ساختمان پرداخته شده‌است. برخی از پارامترهای مورد بررسی مانند فاصله از جاده‌های اصلی، مساحت حیاط و ابعاد خانه و مساحت فضای سبز خانگی با میزان مصرف آب رابطه مستقیم و برخی دیگر مانند تغییرات مقدار X و Y یا مکان منازل، فاصله از رودخانه زاینده‌رود، تعداد واحدهای مسکونی، تراکم جمعیت، جوان بودن جمعیت و آپارتمانی بودن خانه‌ها با میزان مصرف آب رابطه عکس دارند. به- منظور ارزیابی قوانین به دست آمده، میزان مصرف آب خانوار در مناطق ۳ و ۴ شهر اصفهان با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS در سطح محله مشخص شده‌است. محله‌های جنوبی و ساحلی این مناطق دارای بیشترین میزان مصرف هستند و به عنوان نقاط داغ مصرف شناسایی شده- اند. در این محله‌ها خانه‌ها ویلایی و دارای تراکم جمعیت پایین‌تر و مساحت فضای سبز و حیاط بالاتری نسبت به سایر محله‌ها هستند که بالا بودن میزان مصرف در آن‌ها قابل انتظار است. با حرکت به سمت شمال و شرق میزان مصرف هر واحد کاهش یافته به طوری که محله‌های شمالی مناطق مذکور دارای کمترین میزان مصرف هستند.



شکل ۱۴- نمودار قوانین انجمنی کشف شده در مصرف آب و تعداد واحد با الگوریتم اپریوری

۵-۲-۹- تراکم جمعیت

قوانین دهم و یازدهم در جدول ۲ نشان می‌دهند که تراکم جمعیت و میزان مصرف آب، با یکدیگر رابطه عکس دارند. کم‌تراکم‌ترین ناحیه با تراکم ۱۶ تا ۹۵ نفر در ۱۰۰۰۰ مترمربع دارای بیشترین میزان مصرف آب به ازای هر خانوار یعنی ۱۰۶۲ تا ۱۲۶۶ مترمکعب در سال است. قانون دوازدهم بیانگر این است که مصرف آب نواحی با تراکم ۹۵ تا ۱۲۵ نفر در ۱۰۰۰۰ مترمربع، در دسته کم و به میزان ۸۱۵ تا ۹۲۳ مترمکعب در سال است. قانون سیزدهم نشان‌دهنده این است که اگر تراکم در دسته زیاد یعنی ۱۵۷ تا ۱۹۴ نفر در ۱۰۰۰۰ مترمربع باشد مصرف در دسته خیلی کم و ۶۹۸ تا ۸۱۵ مترمکعب خواهد بود. در واقع بر اساس این قوانین، با بالا رفتن تراکم جمعیت، میزان مصرف خانوار کاهش یافته‌است. شکل (۱۵) نشان‌دهنده این قوانین و روند تغییرات آن است.



شکل ۱۵- نمودار قوانین انجمنی کشف شده در مصرف آب و تراکم جمعیت با الگوریتم اپریوری

۵-۲-۱۰- ویلایی یا آپارتمانی بودن

قوانین ۲۱ تا ۲۴ در جدول (۲) بیان‌کننده رابطه مصرف آب خانوار و ویلایی یا آپارتمانی بودن منازل

همچنین با بررسی میزان مصرف آب خانوارها با در نظر گرفتن فاصله آن‌ها از مرکز شهر، محله‌های با فاصله بیش‌تر از مرکز شهر دارای مصارف آب پایین‌تری نسبت به محله‌های مرکزی هستند.

در این پژوهش مصرف آب شهری خانوار در نظر گرفته شده است که می‌توان برای سایر بخش‌ها و حوزه‌ها مانند شهرک‌های صنعتی و مناطق کشاورزی اصفهان نیز استفاده شود. به علت عدم دسترسی به اطلاعات در این پژوهش فاکتورهای هزینه و وضعیت تحصيلی افراد خانواده

در نظر گرفته نشده‌اند که اگر در پژوهش‌های آینده با اطلاعات و داده‌های کامل‌تر، پارامترهای جمعیتی و مکانی بیش‌تری مورد بررسی قرار گیرند، می‌توان نتایج بهتر و جامع‌تری به دست آورد و از این طریق به مدیریت بهینه مصرف آب کمک کرد. همچنین مطالعه و پژوهش در سطح استان و یا کشور و مقایسه نتایج هر منطقه با یکدیگر و در نتیجه دست یافتن به تاثیر ویژگی‌های جمعیتی و جغرافیایی موثر در میزان مصرف آب هر شهر یا منطقه به-عنوان گام بعدی این پژوهش در نظر گرفته شده است.

مراجع

- [1] Statistical Center of Iran, (2011). "Statistical Pocketbook of the Islamic Republic of Iran.
- [2] Shahrestani, H., (2014). "Organize and manage consumption water in agriculture" Journal of Agricultural Engineering and Natural Resources, vol. 45.
- [3] Ghafari, F., (2015). "Web mining industry" Department of Computer Science, Chehel Sotoon Institute of Higher Education.
- [4] Rahmani, A., and fazli, M., (2011). "association rule mining Using fuzzy logic-based on clustering for petroleum products database" Masters, Computer & Information Technology, Payame Noor Tehran.
- [5] Chen, M.S., Park, J.S., and Yu, P. S., (1996). "Data mining for path traversal patterns in a web environment" in Distributed Computing Systems, Proceedings of the 16th International Conference.
- [6] Agrawal, R., Imieliński, T., and Swami, A., (1993). "Mining association rules between sets of items in large databases," in ACM SIGMOD Record.
- [7] Shekhar S., Zhang, P., Huang, Y. and Vatsavai, R. (2004). Trends in Spatial Data Mining as a book chapter in "Data Mining". AAAI Press / MIT Press. Menlo Park.
- [8] Tang K., Chen Y-L., Hu H., (2008). "Context-based market basket analysis in a multiple-store environment" Decision Support Systems, Vol. 40.
- [9] Shaheen M., Shahbaz M. and Guergachi A., (2013). "Context based positive and negative spatio-temporal association rule mining" Knowledge-Based Systems, Vol. 37.
- [10] Appice, A., Ceci, M., Lanza, A. Lisi, F.A. and Malerba, D. (2007). "Discovery of spatial association rules in geo-referenced census data: A relational mining approach," Intelligent Data Analysis, vol. 7.
- [11] Sengstock, Ch., Gertz, M., (2011). "Exploring Volunteered Geographic Information Using Scale-Dependent Frequent Pattern Mining," Proceedings of GIScience.
- [12] Kashian, A., Richter, K., Rajabifard, A. and Chen, Y., (2015). "Mining the Co-existence of POIs in OpenStreetMap for Faulty Entry Detection" 3rd Annual Conference of Research@Locate. Melbourne.
- [13] Versichele, M., De Groote, L., Bouuaert, M. C., Neutens, T., Moerman, I., and Van de Weghe, N., (2014). "Pattern mining in tourist attraction visits through association rule learning on Bluetooth tracking data: A case study of Ghent, Belgium," Tourism Management, vol. 44.
- [14] Goswami, K., (2014). "Survey on Improving Frequent Pattern mining in Spatial Database" International Journal of Computer Science & Engineering Technology.
- [15] Kim, Y-S., and Yum, B-J., (2011). "Recommender system based on click stream data using association rule mining," Expert Systems with Applications, vol. 38, pp. 13320-13327.
- [16] Ahmadzade, A., and Zarin, M., (2010). "The water crisis in Iran, the world and sustainable development," Municipalities, vol. 9.
- [17] Nabipoor, M., (2000). "The estimated water demand of Isfahan province," Research and Scientific Conference of optimize water consumption.
- [18] Shirazi, A., and Akbarpoor, M., (2011). "Daily water demand estimation by using Fourier series A Case Study of Birjand, South Khorasan province," Water and Wastewater International Conference.
- [19] Tabesh, M., and Dini, M., (2010). "Daily water demand forecasting by using artificial neural networks " Journal of Water and Wastewater, vol. 85.

- [20] Getis, A., (2004). "Spatial analysis and modeling in a GIS environment." A research agenda for geographic information science,.
- [21] Karami, J., Delfan, S., and Shamsoddini, A., (2016). "Role of Time in Spatial Analysis of Diseases in Tehran." Journal of Geomatics Science and Technology, 5, 227-238.
- [22] Mitchell, A., (2005). "The ESRI guide to GIS analysis", Volume 2: Spatial Measurements and Statistics. CA: Esri Press.
- [23] Ord, J., Getis, A., (1992). "The analysis of spatial association by use of distance statistics." Geographical analysis.
- [24] Quinlan, J., (1993). "C4. 5: Programming for machine learning," Morgan Kauffmann, p. 38.
- [25] Kim, Y.S., and Yum, B., (2011). "Recommender system based on click stream data using association rule mining," Expert Systems with Applications, vol. 38, pp. 13320-13327, 2011.
- [26] Agrawal, R., and Srikant, R., (1994). "Fast algorithms for mining association rules" in Proc. 20th int. conf. very large data bases, VLDB, pp. 487-499.
- [27] Akhoondzade, E., Aghdasi, M., and Albadavi, A., (2014). "Explore the dynamic customer segmentation in the design of Segmentation by using data mining," IT management.
- [28] Tan, P.N., Steinbach, M., Kumar, V., (2006). "Introduction to data mining" Pearson Education. India.
- [29] Jiawei, H., and Kamber, M., (2001). "Data mining: concepts and techniques," San Francisco, CA, itd: Morgan Kaufmann, vol. 5.
- [30] Park, J., Chen, M., and Yu, P., (1995). "An effective hash-based algorithm for mining association rules " vol. 24: ACM,.
- [31] Park, J., Chen, M., and Yu, P., (1995). "Efficient parallel data mining for association rules," in Proceedings of the fourth international conference on Information and knowledge management, pp. 31-36.
- [32] Agrawal, R., and Ramakrishnan, S., (1996). "Fast discovery of association rules" presented at the very large data bases.
- [33] Municipality of Esfahan, (2012). "Chapter II: Population," Esfahan statistics.
- [34] Municipality of Esfahan, (2012). "Chapter One: Land and Climate," Esfahan statistics.
- [35] Shafaghi, S., (1381). "Esfahan geography", Esfahan univercity publication,.
- [36] Bing Liu, M., (1998). "Integrating classification and association rule mining", Proceedings of the 4th on Knowledge Discovery and Data Mining.