



## Spatial Study of the Effect of Coronavirus Outbreak on Water Consumption in Shabestar

M. Reza zadeh<sup>1</sup>, and S. Niazmardi<sup>2</sup>, and M. Sadrykia<sup>3\*</sup>

### Abstract

This study aims to investigate the changes in the spatial patterns of residential water consumption before and after the outbreak of the Coronavirus (from April 2016 to February 2016) in city of Shabestar in East Azerbaijan province using water consumption data obtained from 594 subscribers. To this end, the average water consumption level for every two months of the year before the outbreak of coronavirus (until February 2017) has been compared to the water consumption level of the same period after the outbreak. To study the spatial patterns of the difference, the study area was divided into several regions using a 400-meter grid, and the statistical significance of the difference in water consumption of each grid cell has been evaluated using the T-test. Then, using the Moran index, the distribution of areas with a significant difference in their water consumption has been investigated. The obtained results of this study showed that the number and location of the regions with increased water consumption levels were different during this period. The results also showed no spatial correlation between grids with significant consumption change and the random distribution of these areas.

**Keywords:** Water Consumption, Corona Vir`us, Spatial Distribution, T-Test, GIS Analyses.

Received: December 24, 2021

Accepted: April 26, 2022

## بررسی مکانی تأثیر شیوع ویروس کرونا بر مصرف آب در شهر شبستر

مهدي رضازاده<sup>۱</sup>، سعيد نيازمردی<sup>۲</sup> و منصوره صدري کيا<sup>۳\*</sup>

### چکیده

هدف این تحقیق، بررسی مکانی تغییرات مصرف آب، قبل و بعد از شیوع ویروس کرونا (از فروردین ماه سال ۱۳۹۵ تا بهمن ماه ۱۳۹۹) در شهر شبستر در استان آذربایجان شرقی با استفاده از داده‌های مربوط به ۵۹۴ مشترک مسکونی است. برای رسیدن به این هدف، میانگین دوره‌های مشابه قبل از شیوع ویروس کرونا (بهمن ماه ۱۳۹۸) محاسبه شده و با مصرف آب همان دوره‌ها بعد از شیوع ویروس کرونا مقایسه شده است. برای بررسی توزیع مکانی تغییرات، منطقه مورد مطالعه به گریدهایی با ابعاد ۴۰۰ متری تقسیم‌بندی شده و با استفاده از آزمون تی-تست، معنی‌دار بودن تغییرات مصرف آب، قبل و بعد از شیوع ویروس کرونا در هر گرید مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه با استفاده از شاخص Moran نحوه توزیع مناطق دارای تغییرات معنی‌دار مصرف آب بررسی شده است. در این تحقیق مناطقی از شهر شبستر که تفاوت معنی‌دار در مصرف آب قبل و بعد از شیوع ویروس کرونا در آن‌ها وجود داشته است تعیین شدند. همچنین، نتایج نشان داد بین گریدهای با تغییر مصرف معنی‌دار، همبستگی مکانی وجود نداشته و این مناطق دارای توزیع تصادفی هستند و خوشه‌بندی در آن‌ها مشاهده نمی‌شود.

**کلمات کلیدی:** مصرف آب، ویروس کرونا، توزیع مکانی، تی-تست، تحلیل‌های GIS.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۲/۶

1- M.Sc. Graduate in GIS, Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil and Surveying Engineering, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran. Email: Mahdirezazadeh528@gmail.com

2- Assistant Professor, Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil and Surveying Engineering, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran. Email: S.niazmardi@kgut.ac.ir

3- Assistant Professor, Department of Geomatics Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran. Email: m.sadrykia@tabrizu.ac.ir

\*- Corresponding Author

Dor: [20.1001.1.17352347.1401.18.1.8.6](https://doi.org/10.1001.1.17352347.1401.18.1.8.6)

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشکده عمران و نقشه‌برداری، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده عمران و نقشه‌برداری، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

۳- استادیار گروه مهندسی عمران-نقشه‌برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

\*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان تابستان ۱۴۰۱ امکانپذیر است.



راستای پایش بهتر منابع آبی، مطالعاتی در زمینه بررسی الگوی مصرف آب با تعیین عوامل مؤثر بر میزان مصرف، در داخل و خارج از کشور انجام شده است که اغلب این مطالعات صرفاً عوامل مؤثر غیر مکانی را مورد مطالعه قرار داده‌اند و در برخی از آن‌ها نیز عوامل مؤثر مکانی و غیرمکانی مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه به برخی از مطالعات اشاره می‌شود.

در تحقیقی در سال ۲۰۱۲ در منطقه شمال غربی اتیوپی انجام شده است؛ عوامل مؤثر بر مصرف منابع آبی موجود در شهر، درآمد خانوارها، جنسیت افراد، بعد خانوار، میزان تحصیلات سرپرست خانوارها، نوع مالکیت منزل مسکونی و آب بهاء در نظر گرفته شده است نتایج این تحقیق نشان داد که نوع مالکیت منزل مسکونی، هزینه‌های ماهیانه و میزان تحصیلات سرپرست خانوارها از عوامل مؤثر بر تقاضای آب هستند (Dagneu, 2012). در مطالعه انجام شده در سال ۲۰۱۳ با هدف برآورد تابع تقاضای آب مصرفی انگلستان، تقاضای آب در دو دوره کوتاه مدت (روزانه و فصلی) و بلند مدت (یک ساله و ده ساله) پیش‌بینی شده است. نتایج این مطالعه نشان داد مصرف آب به طور غیر خطی به دمای متوسط هوا وابسته است (Parker and Wilby, 2013). مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۴ با هدف پیش‌بینی مکانی-زمانی الگوهای مصرف آب در کشور پرتغال انجام شده است. روند یا جریان آب، زیرساخت‌هایی نظیر اطلاعات مربوط به لوله‌ها و اتصالات و صورت‌حساب آب و برق و داده‌های سرشماری به عنوان عوامل مؤثر جمع‌آوری شده‌اند. این مطالعه شامل طراحی سناریوهای مختلف پیش‌بینی برای روزهای مختلف هفته و فصول مختلف سال با توجه به متغیرهای کلیدی، شامل میانگین مصرف روزانه، حداقل مصرف روزانه، میانگین مصرف ماهانه و پیک مصرف روزانه و ماهانه، بود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که خانواده‌های پر جمعیت شاغل و با درآمد بالاتر، خانواده‌های دارای نوجوان و فارغ‌التحصیلان دانشگاه و همچنین خانواده‌های دارای افراد سالمند، مصرف آب بیشتری نسبت به سایر خانوارها دارند (Mamade et al., 2014). در سال ۲۰۱۹ تحقیقی در چین انجام شده است که در آن عوامل اصلی افزایش مصرف آب بررسی می‌شوند. نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش جمعیت شهری باعث افزایش مصرف آب در بخش مسکونی می‌شود. تأثیر ساختار صنعتی بر میزان مصرف آب بسته به مناطق مختلف، متفاوت است. در این مقاله به بررسی میزان مصرف آب در بخش‌های مختلفی از جمله صنعت، منطقه مسکونی و کشاورزی پرداخته شده که در بخش مسکونی تنها به عامل افزایش جمعیت اشاره شده است. به طور کلی روند صنعتی شدن و شهرنشینی باعث افزایش مصرف آب می‌شود (Long et al., 2019).

کمبود آب شامل تنش آب، کم‌آبی و بحران آب است. تنش آب، که مفهوم به نسبت جدیدی است، مشکل در یافتن منابع آب شیرین به علت تخلیه منابع آبی است (Hinrichsen, 2000). کم‌آبی به معنای نبود منابع آب شیرین برای تأمین تقاضای آب متعارف است که به علت خشکسالی، فقدان بارندگی و آلودگی آب‌ها ایجاد می‌شود و با توجه به تأثیر بالقوه‌ای که می‌تواند در دهه آینده داشته باشد، در سال ۲۰۱۲ توسط مجمع جهانی اقتصاد به عنوان یکی از بزرگترین خطرات جهانی ذکر شده است (FAO, 2012). حدود دو سوم جمعیت جهان (۴ میلیارد نفر)، حداقل یک ماه از سال را در شرایط کم‌آبی شدید به سر می‌برند و ۵۰۰ میلیون نفر در جهان، در تمام طول سال با کم‌آبی شدید مواجه هستند (Bellware, 2016; Mekonnen and Hoekstra, 2016).

در حال حاضر یکی از عوامل افزایش مصرف آب، شیوع ویروس کرونا و لزوم رعایت هر چه بیشتر مسائل بهداشتی است. بی‌شک جهان امروز تحت تأثیر همه‌گیری ویروس کرونا، در حال تغییر است. فارغ از تبعات تلخ این همه‌گیری، زوایای پنهان فراگیری ویروس نیز نیازمند توجه است که یکی از زوایای ناپیدای شیوع ویروس را می‌توان در افزایش میزان مصرف آب جستجو کرد. در دسترس بودن آب شیرین از عوامل کلیدی برای جلوگیری از همه‌گیری بیماری‌های عفونی مانند ویروس کرونا است (Jha et al., 2021; Mishra et al., 2021). با این حال، در سطح جهانی، حدود ۸۸۴ میلیون نفر به منابع آب سالم دسترسی ندارند و به میلیون‌ها نفر دیگر با سیستم‌های لوله‌کشی ضعیف خدمات‌رسانی می‌شود (Bhowmick et al., 2020). با شیوع ویروس کرونا شهروندان برای رعایت مسایل بهداشتی و حفظ سلامتی، آب بیشتری مصرف کرده‌اند. مضاف بر افزایش مصرف، مساعدت دولت در خصوص معافیت شهروندان از پرداخت قبوض آب در ماه‌های اولیه شیوع کرونا، موجب تشدید مصرف آب شده است (Omranian, 2020). از آنجایی که همه‌گیری ویروس کرونا ممکن است سال‌ها ادامه داشته باشد، مدیریت بهبود یافته سیستم‌های آب شهری یک چالش بزرگ برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب در مناطق شهری است (Abu-Bakar et al., 2021; Nhamo and Ndlela, 2021; Sivakumar, 2021).

با توجه به محدود بودن منابع آبی و کاهش بارندگی‌ها از یک سو و افزایش تقاضای آب به دلیل رشد جمعیت شهری و نیز شیوع بیماری کرونا در دو سال اخیر از سوی دیگر، لزوم برنامه‌ریزی‌های صحیح برای مدیریت منابع آبی به خوبی آشکار می‌شود. در سال‌های اخیر در

مصرف آب مشترکین مسکونی این شهرستان در دوران بعد از شیوع ویروس کرونا (از دوره<sup>۲</sup> آخر سال ۱۳۹۸ تا اواخر سال ۱۳۹۹) با میانگین ۴ سال قبل از آن (از دوره اول سال ۱۳۹۵ تا دوره سوم سال ۱۳۹۸) مقایسه می‌شود. سپس وجود یا عدم وجود یک الگوی<sup>۳</sup> مکانی در مورد تغییر مصرف آب در شهر شبستر قبل و بعد از شیوع کرونا با استفاده از ابزار تجزیه و تحلیل GIS، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شبستر یکی از شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی است که در غرب استان واقع شده است. مرکز این شهرستان در طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی و عرض ۳۸ درجه و ۱۱ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۱۴۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد. وسعت این شهرستان ۲۶۳۰ کیلومتر مربع است، که ۵/۸ درصد از مساحت استان را شامل می‌شود. میانگین سالانه بارش در این شهرستان ۲۶۸ میلی‌متر است. شهر شبستر مرکز شهرستان شبستر است، که رود فصلی شبستر از مناطق شرقی آن می‌گذرد. آب این رودخانه به مصرف کشاورزی و باغداری می‌رسد. شهر شبستر از سمت شمال با شهرستان‌های مرند و ورزقان، از سمت شرق با شهرستان تبریز، از سمت غرب با استان آذربایجان غربی و دریاچه ارومیه و از سمت جنوب با شهرستان‌های تبریز و اسکو هم‌مرز است. آب و هوای این شهر در تابستان گرم و معتدل و در زمستان سرد و معتدل است. این منطقه، یک منطقه کشاورزی بوده و باغ‌های میوه و تاکستان‌ها، آن را در بر گرفته‌اند. جمعیت این شهرستان طبق سرشماری سال ۹۵ نفوس و مسکن ۱۳۵۴۲۱ نفر بوده است (شکل ۱).

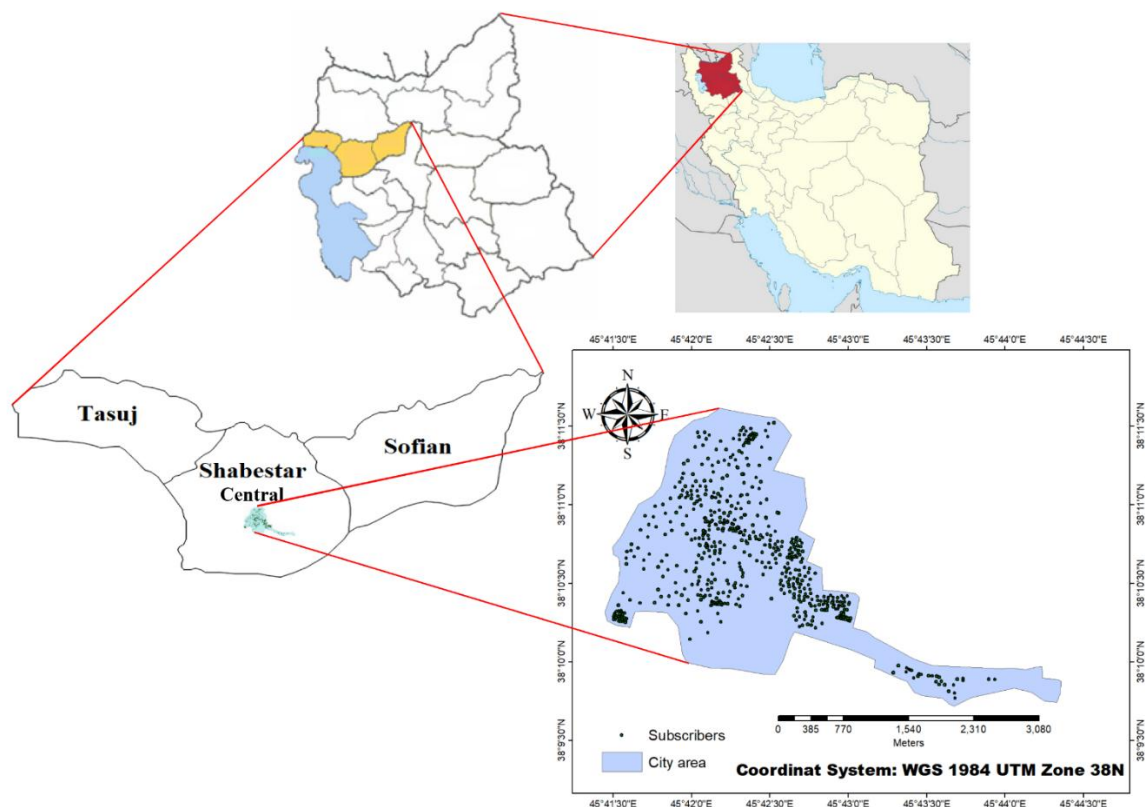
تعداد ۵۹۴ مشترک مسکونی از نقاط مختلف شهر شبستر جهت بررسی انتخاب شده‌اند. کارنامه مصرف این مشترکین از ابتدای سال ۱۳۹۵ تا اواخر سال ۱۳۹۹ از اداره آب و فاضلاب شهر شبستر تهیه شده و پس از مرتب‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است. داده‌های استفاده شده برای پردازش شامل میانگین مصرف ۲ ماهه هر مشترک از اول سال ۱۳۹۵ تا دوره پنجم سال ۱۳۹۹، مختصات مکانی مشترکین، کد اشتراک مشترکین و نقشه شهر شبستر هستند.

### ۲-۲- روش‌شناسی

برای دانستن اینکه آیا مصرف آب قبل و بعد از شیوع ویروس کرونا تفاوت معنی‌داری داشته است یا نه، میزان مصرف هر مشترکی به دو دسته شامل مصرف‌های آب مربوط به دوره قبل از شیوع ویروس کرونا

در مطالعه انجام شده در سال ۲۰۱۹ از کاوش قوانین وابستگی<sup>۱</sup> و الگوریتم درخت تصمیم به منظور تحلیل داده‌های موجود در زمینه مصرف آب شهری در محله‌های شهرستان بابل استفاده شده است. عوامل مکانی و اجتماعی-اقتصادی مانند فاصله از رودخانه بابلرود، فاصله از راه‌های اصلی، ویلایی یا آپارتمانی بودن، مساحت فضای سبز خانگی، تعداد واحدهای مسکونی، تراکم جمعیت، درصد پیر یا جوان بودن جمعیت، متوسط تعداد افراد هر خانواده و مساحت حیاط هر ساختمان انتخاب شدند. با استفاده از کاوش قوانین وابستگی به کشف ارتباط میان میزان مصرف آب و عوامل مورد نظر پرداخته شده است و عواملی که رابطه عکس یا مستقیم با میزان مصرف آب خانوار دارند و همچنین عواملی که اهمیت بیشتری داشتند، مشخص شدند. با بررسی میزان مصرف آب خانوار، محله‌های ساحلی رودخانه بابلرود به عنوان محله‌های پرمصرف شناسایی شدند. ساختمان‌ها در این محله‌ها ویلایی و دارای تراکم جمعیت پایین‌تر و مساحت فضای سبز و حیاط بالاتری نسبت به سایر محله‌ها بودند (AhangarCani and Khasteh, 2019). مطالعه دیگری در سال ۲۰۱۹ انجام شده است که در آن از کاوش قوانین وابستگی به منظور تحلیل داده‌های موجود در زمینه مصرف آب شهری در شهر اصفهان استفاده شده است. هدف این پژوهش، بهره‌گیری از کاوش قوانین انجمنی برای کشف ارتباط میان میزان مصرف آب و برخی از عوامل جمعیتی و مکانی مانند تعداد افراد خانواده، تعداد واحد در محله، ویلایی بودن خانه‌ها، ابعاد خانه و فضای سبز، موقعیت مکانی ساختمان در محله، فاصله از رودخانه زاینده‌رود، فاصله از جاده‌های اصلی، فاصله از مرکز شهر، تراکم جمعیت و درصد جوان بودن جمعیت مورد بررسی قرار گرفته است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، مساحت فضای سبز خانگی، ویلایی بودن، فاصله از جاده اصلی و ابعاد خانه‌ها دارای رابطه مستقیم و تعداد واحدهای مسکونی در محله، تراکم جمعیت، تغییرات مکانی از جهت شمال به جنوب و شرق به غرب در هر محله، فاصله از رودخانه زاینده‌رود و جوان بودن جمعیت دارای رابطه عکس با میزان مصرف آب خانوار هستند. همچنین، با بررسی میزان مصرف آب خانوار مشخص شده است با دور شدن از مرکز شهر، محله‌ها، دارای مضاف آب پایین‌تری نسبت به مرکز شهر هستند. در این تحقیق محله‌های دارای بیشترین میزان مصرف که محله‌های ساحلی رودخانه زاینده‌رود هستند، به عنوان نواحی پرمصرف شناسایی شده‌اند. در این محله‌ها، خانه‌ها ویلایی و دارای تراکم جمعیت پایین‌تر و نیز مساحت حیاط و فضای سبز بالاتری نسبت به سایر محله‌ها بودند (Zamani et al., 2019).

هدف تحقیق حاضر، بررسی مکانی الگوی مصرف آب در شهر شبستر از ابتدای سال ۱۳۹۵ تا پایان سال ۱۳۹۹ است. همچنین، تغییرات



**Fig. 1- Location of Shabestar city and the study area**  
**شکل ۱- نمایشی از موقعیت شهرستان شبستر و منطقه مورد مطالعه**

## ۲-۱-۲-۱- آزمون تی-تست

تست تی (T-test) نوعی استنباط آماری است که می‌توان برای تعیین وجود یا عدم وجود تفاوت‌های معنادار بین میانگین دو گروه از آن استفاده کرد. تی-تست مشخص می‌کند که آیا تفاوت بین گروه‌ها ناشی از تفاوت‌های واقعی در مقادیر است (تفاوت‌هایی که می‌تواند نشان‌دهنده وجود ویژگی‌های خاص باشند). یا علت آن تفاوت‌هایی آماری و در نتیجه بی‌اهمیت است. محاسبه تی-تست، مستلزم سه مقدار داده ورودی است. این مقادیر شامل تفاوت بین میانگین دو گروه داده، انحراف معیار هر گروه و تعداد داده‌های هر گروه است. خروجی آزمون تی، مقداری تحت عنوان T را تولید می‌کند. این مقدار با مقداری که از جدول مقادیر بحرانی (یا اصطلاحاً جدول توزیع T) به دست آمده است مقایسه می‌شود. این مقایسه به تعیین مقدار احتمال تفاوت بین میانگین‌هایی که بر حسب شانس به دست می‌آیند، کمک کرده یا نشان می‌دهد که مجموعه داده‌ها واقعاً تفاوت‌های ذاتی دارند یا نه (Semenick, 1990).

و دوره بعد از شیوع ویروس کرونا تقسیم‌بندی شده است (شروع ویروس کرونا از بهمن ماه سال ۱۳۹۸ در نظر گرفته شده است). سپس میانگین دوره‌های مشابه قبل از شیوع ویروس کرونا حساب شده و با انجام آزمون آماری تی-تست با دوره مشابه بعد از شیوع ویروس کرونا مقایسه شده است. جهت بررسی و مشخص کردن اینکه در کدام قسمت‌های شهر تفاوت‌های معنی‌داری در مصرف آب به وجود آمده است، شهر شبستر به گریدهای مربعی ۴۰۰ متری تقسیم‌بندی شده و آزمون تی-تست بطور جداگانه برای مشترکین موجود در هر گریه انجام شده است. اندازه مناسب گریدها از طریق آزمون و خطا بدست آمده است. گریدهای بزرگتر نتایج کلی‌تری را شامل می‌شدند و در گریدهای کوچک‌تر تعداد کمتری از مشترکین داخل آن‌ها قرار می‌گرفت و نیز بسیاری از آن‌ها خالی می‌ماند. شکل ۲، گریه بکار رفته در این تحقیق را نشان می‌دهد. در این شکل هر سلول گریه با استفاده از یک عدد نمایش داده شده است. پس از مشخص کردن گریه‌هایی که در دوره‌های مختلف تفاوت مصرف آب قبل و بعد از کرونا معنا دار تشخیص داده شده، نوع توزیع مکانی (خوشه‌ای یا تصادفی) با استفاده از شاخص خودهمبستگی Moran's I در نرم‌افزار GIS بررسی شده است. شکل ۳ فلچارت کلی و مراحل این تحقیق را نشان می‌دهد.

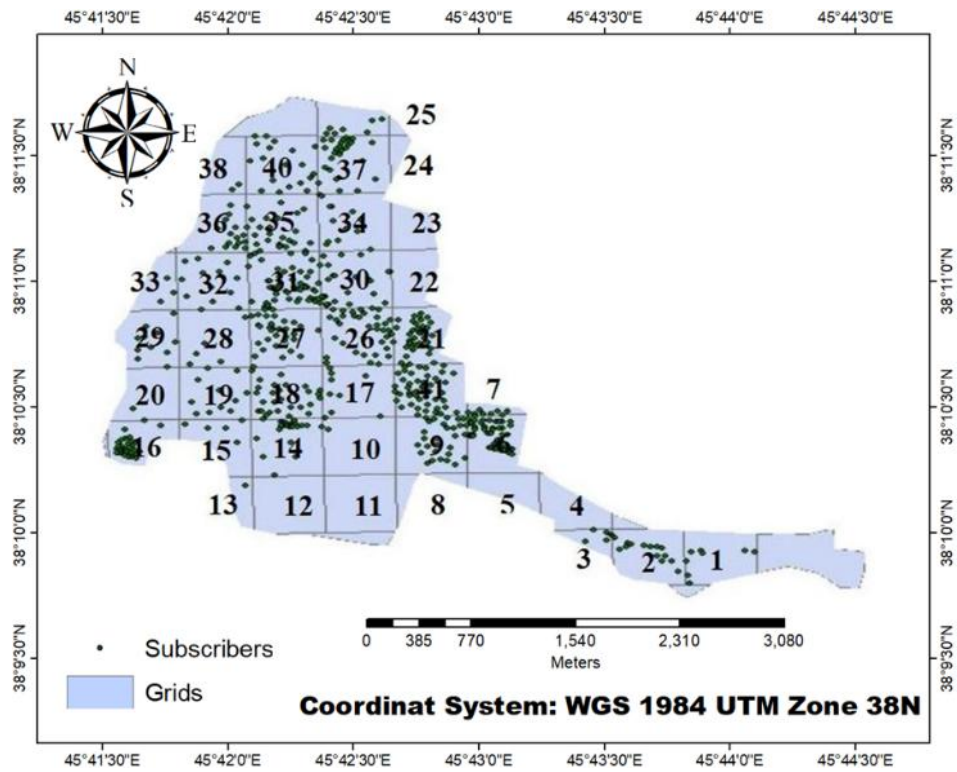


Fig. 2- Gridding map of Shabstar city

شکل ۲- نقشه گریدبندی شهر شبستر

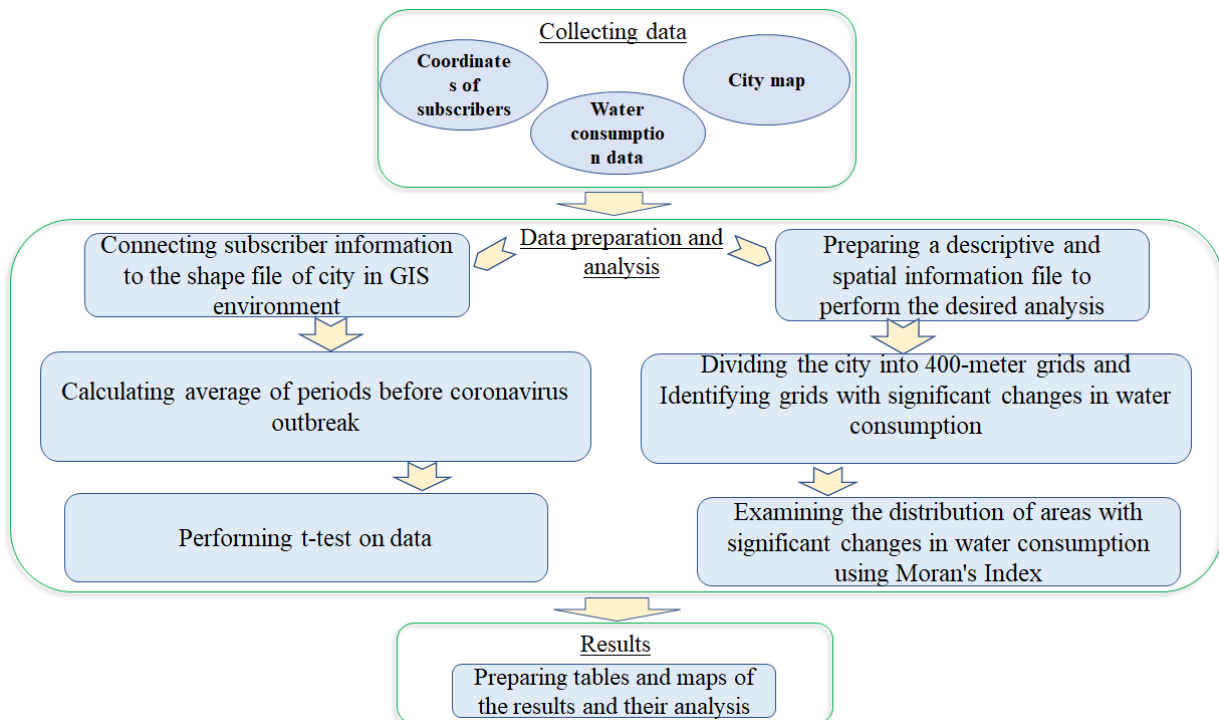


Fig. 3- Research flowchart

شکل ۳- روند کلی تحقیق

## ۲-۲-۲- شاخص خودهمبستگی Moran's I

ابزار تحلیل خودهمبستگی مکانی موران 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 ارزیابی می‌کند. 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 است. مقدار این آماره با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Karami et al., 2016):

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

در این رابطه،  $\bar{Y}$  متوسط مقدار موردانتظار،  $\bar{y}$  متوسط مقدار محاسبه شده (مشاهده شده) و  $\mu_0$  امید ریاضی هستند.

در نتایج حاصل از این تحلیل، اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد مثبت یک (+1) باشد داده‌ها دارای خودهمبستگی مکانی و دارای الگوی خوشه‌ای بوده و اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد منفی یک (-1) باشد آنگاه داده‌ها از هم گسسته و پراکنده هستند. هر چه مقدار عددی (قدر مطلق) این ضریب بیشتر باشد، بیانگر تجمع زیاد و هر چه مقدار کمتری داشته باشد بیانگر پراکندگی است. مقدار این شاخص از رابطه (۲) تعیین می‌شود (Mamade et al., 2014):

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

$$Z_I = \frac{I + \frac{1}{(N-1)}}{\sqrt{V(I)}}$$

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-score و  $V(I)$  واریانس داده‌ها است (Andy Mitchell, 2009).

برای تحلیل نتایج آزمون موران از شکل ۴ استفاده می‌شود. اگر مقدار z-score از  $-1/65$  کمتر باشد الگوی توزیع ما از نوع پراکنده است. اگر مقدار z-score بین  $-1/65$  تا  $1/65$  باشد الگوی توزیع ما از نوع

تصادفی است و اگر مقدار z-score از  $1/65$  بیشتر باشد، الگوی توزیع ما از نوع خوشه‌ای است.

## ۳- نتایج

در این مرحله مقدار P-value حاصل از انجام آزمون تی-تست برای میانگین مصرف آب مشترکین قبل و بعد از کرونا استخراج شده و برای گریدهای مختلف و دوره‌های مختلف به صورت جداگانه در جدول ۱ آورده شده است. در این جدول شماره گریدها با حرف G مشخص شده است. همچنین، هر دوره با عددی سه رقمی نشان داده شده است، که دو رقم سمت چپ آن نشان‌دهنده سال و رقم سمت راست نشان‌دهنده دوره است. در جدول ۱ اعداد معنا دار با ارقام پررنگ مشخص شده‌اند.

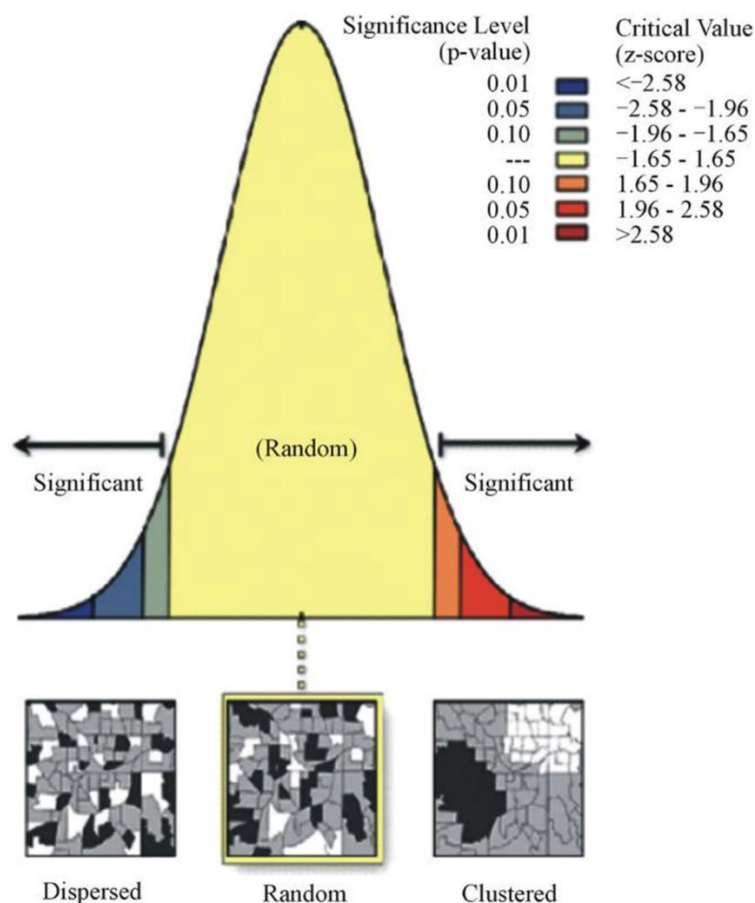
در این تحقیق، سطح اطمینان ۹۰ درصد برای حد آستانه معنی‌دار بودن تفاوت مصرف آب در نظر گرفته شده است؛ یعنی در دوره‌های مختلف، گریدهایی که مقدار P-value آن‌ها کمتر از  $0/1$  بدست آمده، به عنوان تفاوت معنی‌دار مصرف در نظر گرفته شده است. در جدول ۱، این گریدها با ارقام پررنگ مشخص شده‌اند. لازم به ذکر است، گریدهای  $G_4, G_5, G_8, G_{11}, G_{12}, G_{13}, G_{20}, G_{22}, G_{23}, G_{24}$  و  $G_{25}$  به علت اینکه مشترکی داخل آن‌ها قرار نگرفته است، در محاسبات این تحقیق وارد نشده‌اند.

در ادامه با استفاده از جدول ۱، تعداد دوره‌های دارای تفاوت معنادار برای هر گرید از بین شش دوره موجود استخراج شد (شکل ۵).

همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، از شش دوره بعد از شیوع ویروس کرونا، گرید شماره  $G_3$  در پنج دوره، گریدهای شماره  $G_{41}$  و  $G_{31}$  در سه دوره، گریدهای  $G_{18}, G_{19}, G_{26}, G_{27}, G_{31}, G_{32}, G_{36}$  در دو دوره، گریدهای  $G_{17}, G_{33}, G_{35}, G_{37}, G_{38}$  و  $G_{40}$  در یک دوره و بقیه گریدها در صفر دوره دارای تغییرات معنادار در مصرف آب بوده‌اند.

بررسی مکانی-زمانی گریدهای دارای تغییرات معنادار مصرف آب نشان می‌دهد در دوره ششم سال ۱۳۹۸ (۶-۹۸)، یا اولین دوره بعد از کرونا، تعداد ۱ گرید، در دوره اول سال ۱۳۹۹ (۱-۹۹) تعداد ۸ گرید، در دوره دوم سال ۱۳۹۹ (۲-۹۹) تعداد ۱۲ گرید، در دوره سوم سال ۱۳۹۹ (۳-۹۹) ۴ گرید، در دوره چهارم سال ۱۳۹۹ (۴-۹۹) ۲ گرید و در دوره پنجم سال ۱۳۹۹ (۵-۹۹) تعداد ۶ گرید دارای تغییرات معنادار در مصرف آب قبل و بعد از شیوع ویروس کرونا بوده‌اند (شکل ۶).





**Fig. 4- Analysis of Moran's I result**  
**شکل ۴- تحلیل نتایج Moran's I**

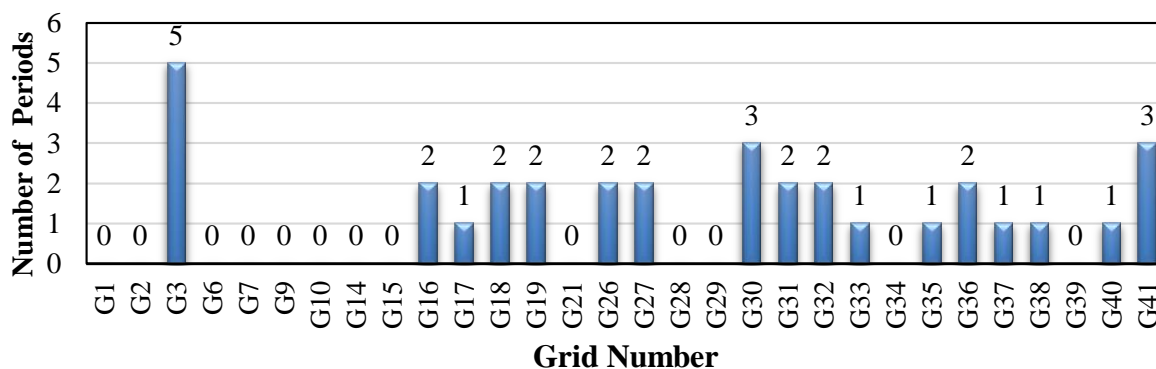
در مصرف آب داشتند کمتر شده است؛ اما با شروع موج جدید بیماری کرونا در دوره پنجم، تعداد گریدهای با تغییر مصرف معنادار افزایش یافته است.

در مرحله آخر برای بررسی نوع توزیع مکانی گریدهایی که تفاوت معنی‌داری در مصرف آب داشته‌اند، از شاخص خودهمبستگی Moran's I استفاده شد، به این صورت که در هر دوره برای گریدهای دارای تغییر معنادار مقدار ۱ و گریدهای بدون تغییر معنادار مقدار صفر داده شد و نوع توزیع مناطق دارای تغییر معنادار با ابزار Moran در محیط GIS بدست آمد. در جدول ۲ مقادیر به دست آمده از تحلیل شاخص خود همبستگی Moran برای هر یک از دوره‌های بعد از کرونا نشان داده شده است که برای تفسیر این اعداد از شکل ۴ استفاده می‌شود.

با توجه به شکل ۷، در دوره ششم سال ۱۳۹۸ (۶-۹۸) که تقریباً با شروع همه‌گیری ویروس کرونا همزمان بود، ۳/۳ درصد از کل گریدها دارای تغییرات معنادار در مصرف آب بودند که رفته رفته با توجه به گسترش بیماری بر تعداد گریدهایی که تغییرات مصرف آب در آنها معنادار بود، افزوده شده است. به طوری که در دوره اول سال ۱۳۹۹ (۱-۹۹)، ۲۶/۶ درصد و در دوره دوم سال ۱۳۹۹ (۲-۹۹)، ۴۰ درصد از کل گریدها با تغییرات معنادار در مصرف آب مواجه بودند. اما در دوره سوم سال ۱۳۹۹ (۳-۹۹) ۱۳/۳ درصد و در دوره چهارم سال ۱۳۹۹ (۴-۹۹)، ۶/۶ درصد از کل گریدها دارای تغییرات معنادار در مصرف آب بوده‌اند. در دوره پنجم سال ۱۳۹۹ (۵-۹۹)، این عدد افزایش یافته و نشان می‌دهد که ۲۰ درصد از کل گریدها در این دوره دارای تغییرات معنادار در مصرف آب بوده‌اند. مقایسه بین میزان تغییر مصرف آب در شش دوره بعد از شیوع کرونا، در شهر شبستر (شکل ۷) با آمار مبتلایان و پیک‌های کرونا در کشور (شکل ۸) نشان می‌دهد که در دوره سوم و دوره چهارم سال ۱۳۹۹ با توجه به گذر از پیک دوم کرونا و تا حدودی عادی‌انگاری بیماری توسط مردم تعداد گریدهایی که تفاوت معناداری

**Table 1- P-values obtained from t-test**  
**جدول ۱- جدول مقادیر P-value حاصل از انجام آزمون تی-تست**

Number of Grids	Period					
	98-6	99-1	99-2	99-3	99-4	99-5
G1	0.49	0.48	0.39	0.43	0.36	0.36
G2	0.33	0.14	0.12	0.30	0.49	0.38
G3	0.36	<b>0.03</b>	<b>0.05</b>	<b>0.03</b>	<b>0.09</b>	<b>0.07</b>
G6	0.23	0.34	0.27	0.24	0.33	0.39
G7	0.34	0.38	0.46	0.48	0.32	0.15
G9	0.22	0.21	0.10	0.49	0.39	0.12
G10	0.40	0.33	0.21	0.49	0.46	0.39
G14	0.18	0.14	0.36	0.38	0.42	0.21
G15	0.35	0.13	0.12	0.26	0.36	0.21
G16	0.13	0.25	<b>0.008</b>	<b>0.08</b>	0.12	0.30
G17	0.26	0.17	<b>0.06</b>	0.20	0.34	0.30
G18	0.30	<b>0.06</b>	<b>0.07</b>	0.30	0.38	0.37
G19	0.43	0.35	<b>0.05</b>	0.26	0.31	<b>0.06</b>
G21	0.30	0.46	0.47	0.33	0.23	0.47
G26	0.46	<b>0.07</b>	0.10	0.35	0.15	<b>0.03</b>
G27	0.30	0.47	<b>0.03</b>	<b>0.06</b>	0.15	0.30
G28	0.36	0.36	0.29	0.43	0.20	0.36
G29	0.27	0.37	0.24	0.43	0.18	0.35
G30	0.26	<b>0.04</b>	<b>0.08</b>	0.37	0.14	<b>0.07</b>
G31	0.47	<b>0.07</b>	<b>0.01</b>	0.24	0.23	0.22
G32	0.39	<b>0.06</b>	<b>0.03</b>	0.11	0.14	0.26
G33	0.16	0.13	0.44	0.47	0.37	<b>0.09</b>
G34	0.29	0.28	0.46	0.38	0.24	0.34
G35	0.43	0.39	<b>0.08</b>	0.24	0.13	0.29
G36	0.24	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>	0.30	0.15	0.18
G37	0.42	0.29	0.14	0.33	<b>0.01</b>	0.15
G38	<b>0.07</b>	0.20	0.20	0.46	0.39	0.44
G39	0.39	0.29	0.18	0.48	0.23	0.26
G40	0.35	0.32	<b>0.04</b>	0.34	0.33	0.42
G41	0.43	<b>0.06</b>	0.13	<b>0.08</b>	0.39	<b>0.09</b>



**Fig. 5- The number of periods each grid has changed significantly**

شکل ۵- تعداد دوره‌هایی که هر گرید تغییر معنادار داشته است



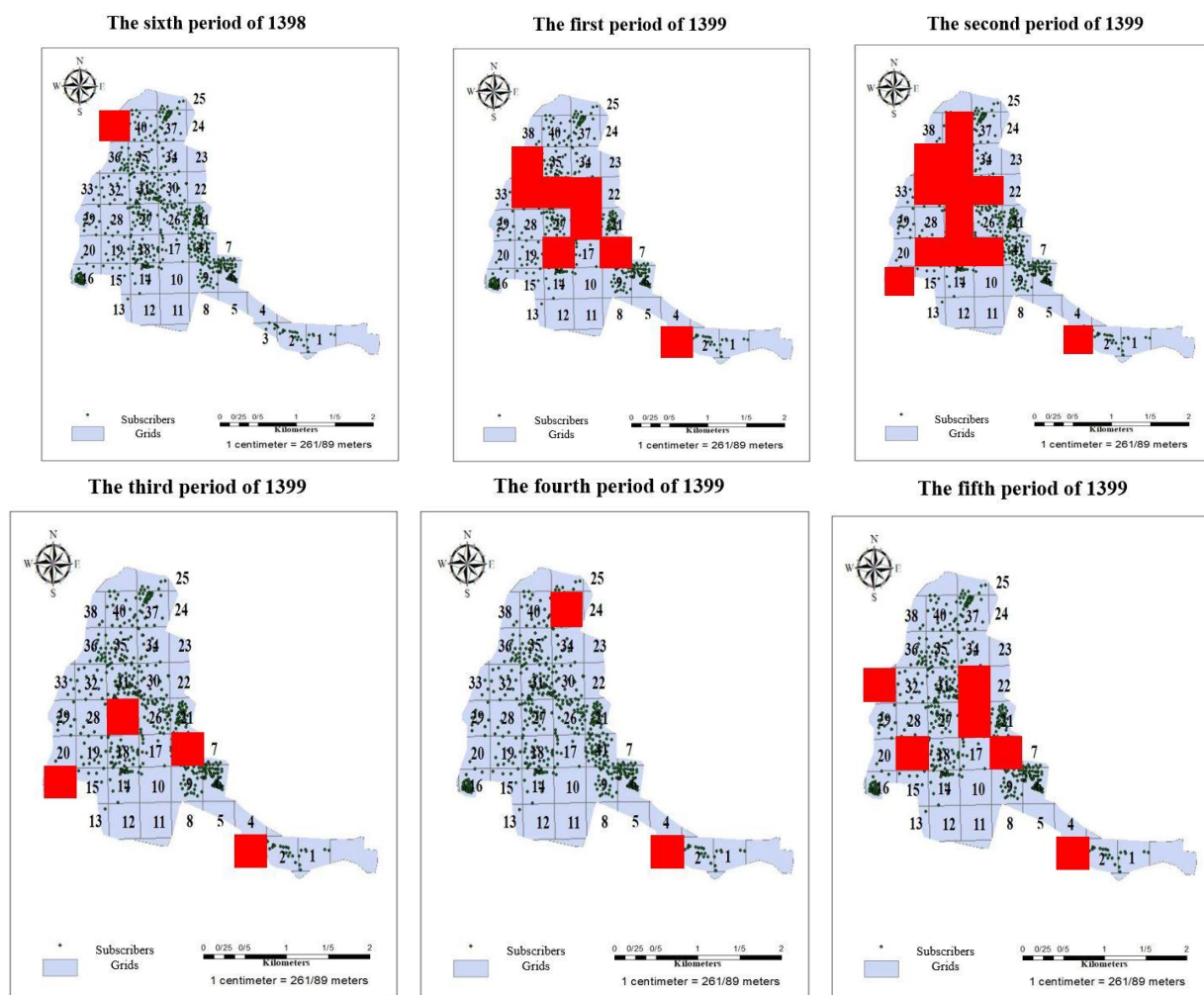


Fig. 6- Position of grids with a significant change for each period  
 شکل ۶- موقعیت گریدهای دارای تغییر معنادار مصرف آب برای هر دوره

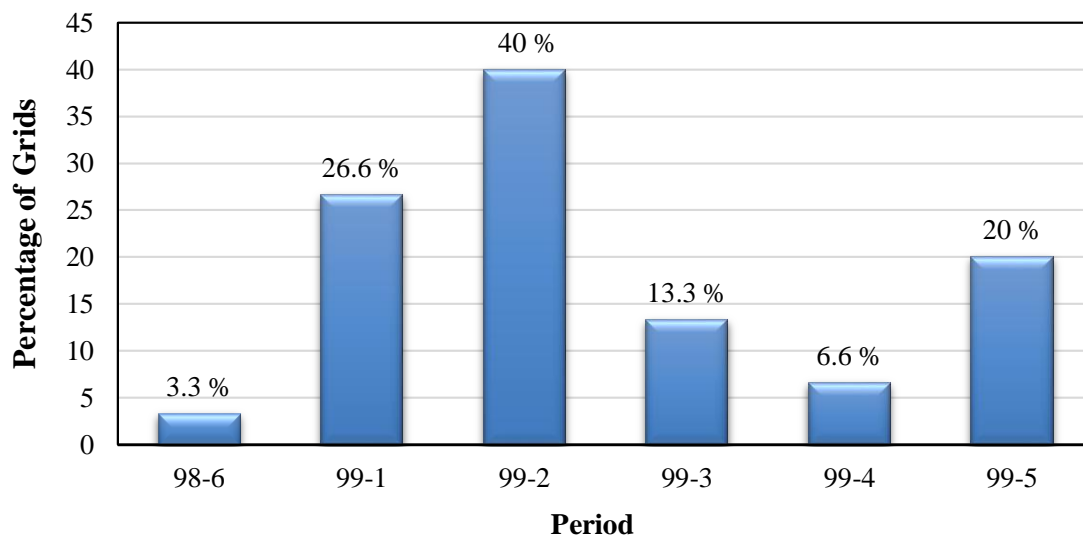


Fig. 7- Percentage of grids with significant change in each period  
 شکل ۷- درصد گریدهای دارای تغییر معنادار در هر دوره

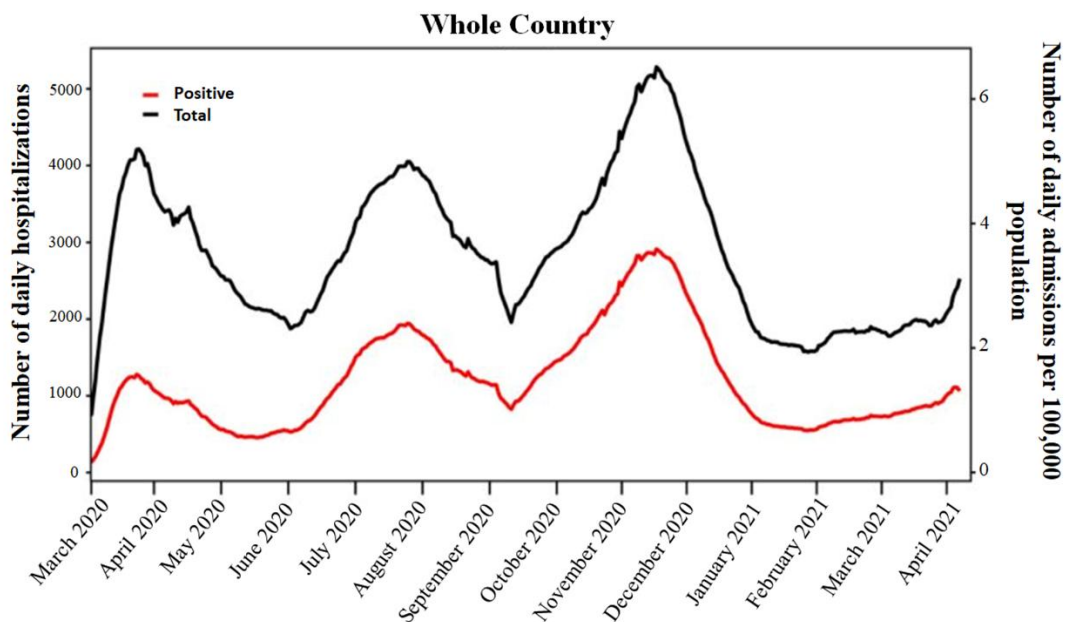


Fig. 8- Statistics of total hospitalization with corona symptoms, with positive test and without test. (Ministry of Health)

شکل ۸- آمار کل بستری شدگان با علائم کرونا، با تست مثبت و بدون تست (وزارت بهداشت)

Table 2- Results of Moran's I analysis for different periods

جدول ۲- نتایج تحلیل Moran's I برای دوره‌های مختلف

Number of Period	Moran's Index	z-score	p-value
(991) The first period of 1399	0.059	0.695	0.486
(992) The second period of 1399	0.175	1.629	0.103
(993) The third period of 1399	-0.080	-0.500	0.616
(994) The fourth period of 1399	-0.044	-0.218	-0.827
(995) The fifth period of 1399	-0.086	-0.531	0.594

#### ۴- خلاصه و جمع‌بندی

علیرغم تحقیقات قبلی در خصوص بررسی الگوی مصرف آب که به برخی از آن‌ها در مقاله حاضر اشاره شده است، تحقیق حاضر، الگوی مصرف آب را در دوره‌های قبل و بعد از شیوع کرونا از نظر مکانی مورد بررسی قرار داده است. مطالعه الگوی مصرف آب به صورت مکانی-زمانی در شهر شبستر از نوآوری‌های تحقیق است که می‌تواند برای مطالعه و تحلیل تغییرات مصرف آب با شیوع بیماری کرونا، در سایر شهرها و مناطق نیز استفاده شود. بر اساس اطلاعات نویسندگان، الگوهای مکانی مصرف آب در منطقه مورد مطالعه تاکنون بررسی نشده بود، در حالی که دانستن این الگوها، می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان شهری برای برنامه‌ریزی بهتر و مناسب‌تر جهت مدیریت

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در همه دوره‌ها، گریدهای دارای تغییرات معنادار در مصرف آب قبل و بعد از شیوع ویروس کرونا دارای توزیع تصادفی بوده‌اند و در هیچ دوره‌ای الگوی خوشه‌بندی مشاهده نمی‌شود. به عبارت دیگر گریدهای دارای تغییر معنادار در مصرف آب، در هیچ یک از شش دوره از نظر مکانی به یکدیگر وابسته نبوده‌اند. لازم به ذکر است در دوره ششم سال ۱۳۹۸ (۶-۹۸) تنها یک گرید با تغییر معنادار در مصرف آب وجود داشت، بنابراین خوشه‌ای بودن یا تصادفی بودن توزیع در آن معنی نداشته و تحلیل موران برای آن دوره محاسبه نشده است.

منابع آب کمک کند، تا در آینده تأمین آب مشترکین با مشکل مواجه نشود. همچنین، نتایج حاصله تا حدودی میزان تأثیرگذاری برنامه‌های دولت در زمینه توصیه‌های بهداشتی جهت کنترل بیماری را نیز مشخص می‌کند. به عبارتی اگر مردم به توصیه‌های دولت برای رعایت هر چه بیشتر بهداشت فردی نظیر شست‌وشوی مکرر دست‌ها و غیره عمل کنند، باید انتظار افزایش مصرف آب را داشته باشیم که این امر تا حدودی می‌تواند نشان‌دهنده اثربخش بودن توصیه‌های بهداشتی باشد.

در این تحقیق با استفاده از داده‌های مصرف آب ۵۹۴ مشترک مسکونی از ابتدای سال ۱۳۹۵ تا اواخر سال ۱۳۹۹ به بررسی تغییرات مصرف آب شهر شبستر پرداخته شده است و با بررسی مکانی مصرف آب در دوره‌های قبل و بعد از شیوع ویروس کرونا، مناطق دارای تغییر مصرف معنادار بعد از شیوع کرونا تعیین شده است. طبق نتایج بدست آمده، بیشترین تغییرات معنادار مصرف آب در منطقه مورد مطالعه مربوط به دوره دوم سال ۱۳۹۹ بوده است که در تحلیل آن دو عامل می‌تواند مؤثر باشد؛ یکی همزمانی با فصل تابستان و گرمای هوا و دیگری شیوع بیشتر بیماری کرونا در آن دوره که این امر باعث تعطیلی مشاغل و کسب و کارها شده و باعث شده است مردم بیشتر در خانه بمانند و روی هم رفته این عوامل می‌تواند باعث افزایش بیشتر مصرف مشترکین باشند.

همچنین، با توجه به این که نتایج آزمون Moran's I همگی توزیع تصادفی را نشان دادند، می‌توان نتیجه گرفت که از لحاظ افزایش مصرف آب، هیچ الگوی مکانی خاصی در شهر حاکم نیست. البته لازم به ذکر است که بررسی دلایل تفاوت میزان مصرف و نداشتن الگوی مشخص مکانی در دوره‌ها و در گریدهای مختلف نیاز به دانستن

اطلاعات آماری خاصی از هر گرید مانند تعداد افراد خانوارها، تعداد افراد شاغل و غیره داشته، که در اختیار نویسندگان نبوده است، و بررسی آنها به تحقیقات آتی موقوف خواهد شد. علاوه بر این به عنوان پیشنهاد برای کارهای آینده، می‌توان مصرف آب را از نظر الگوی زمانی نیز بررسی کرد. همچنین، از عوامل بیشتری از جمله مساحت ساختمان‌ها، داده‌های هواشناسی و غیره به عنوان عوامل تأثیرگذار در مصرف آب برای انجام تحلیل‌های الگوی مصرف آب در شهر شبستر استفاده کرد.

امروزه با توجه به بحران کم آبی در کشور، لازم است مطالعاتی در زمینه‌های مختلف مصرف آب در مناطق مختلف کشور از جمله استان‌ها و شهرهایی که بیشتر دچار کمبود منابع آبی هستند انجام شود. لذا پیشنهاد می‌شود در شهرهای دیگر نیز تحقیقاتی در زمینه مطالعه الگوهای مکانی و زمانی مصرف آب انجام شود تا با بررسی عوامل مختلف مؤثر بر مصرف آب در آن‌ها امکان برنامه‌ریزی صحیح برای بهینه کردن مصرف آب فراهم شود.

## ۵- قدردانی

از اداره کل آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی و همچنین اداره آب و فاضلاب شهرستان شبستر که با در اختیار قرار دادن داده‌های لازم ما را در انجام این تحقیق یاری کردند تشکر و قدردانی می‌کنیم.

## پی‌نوشت‌ها

### 1- Association Rule Mining

۲- هر دو ماه از سال به عنوان یک دوره در نظر گرفته شده است یعنی هر سال ۶ دوره

### 3- Pattern

## ۶- مراجع

- Abu-Bakar H, Williams L, and Hallett SH (2021) Quantifying the impact of the COVID-19 lockdown on household water consumption patterns in England. *npj Clean Water*, Nature Publishing Group 4(1):1-9
- AhangarCani M and Khasteh SH (2019) Analysis of urban water consumption in Babol County using data mining methods. *Geographical Data (SEPEHR)*. *Geographical Data (SEPEHR)* 53-69
- Andy Mitchell (2009) *The ESRI guide to GIS analysis. Volume 2, Spatial measurements and statistics*. ESRI Guide to GIS analysis, ESRI Press 1-238
- Bellware K (2016) Global water shortage risk is worse than scientists thought. *Huffington Post*, Available at: [https://www.huffingtonpost.com/entry/water-scarcity-study\\_us\\_56c1ebc5e4b0b40245c72f5e](https://www.huffingtonpost.com/entry/water-scarcity-study_us_56c1ebc5e4b0b40245c72f5e)
- Bhowmick GD, Dhar D, Nath D, Ghangrekar MM, Banerjee R, Das S, and Chatterjee J (2020) Coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak: Some serious consequences with urban and rural water cycle. *npj Clean Water*, Nature Publishing Group 3(1):1-8
- Dagnew DC (2012) Factors determining residential water demand in north. Cornell University Ithaca, NY, USA
- FAO (2012) *Coping with water scarcity An action framework for agriculture and food security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations 16:79
- Hinrichsen D (2000) *Freshwater: Lifeblood of the planet*. Population reports, Series M, Special Topics 44(15):13-14
- Jha S, Goyal MK, Gupta B, and Gupta AK (2021) A novel analysis of COVID 19 risk in India incorporating climatic and socioeconomic Factors. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier 167:120679
- 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(4):227-238
- Long H, Lin B, Ou Y, and Chen Q (2019) Spatio-temporal analysis of driving factors of water resources consumption in China. *Science of the Total Environment*, Elsevier B.V. 690:1321-1330
- Mamade A, Loureiro D, Covas D, Coelho ST, and Amado C (2014) Spatial and temporal forecasting of water consumption at the DMA level using extensive measurements. *Procedia Engineering* 70:1063-1073
- Mekonnen MM and Hoekstra AY (2016) Sustainability: Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances*, American Association for the Advancement of Science 2(2):e1500323
- Ministry of Power (2019) Online news interview with the Deputy Minister of Water and Sewerage of the Ministry of Energy on October 3, 2017. Available at: <https://www.khabaronline.ir/news/1306788/%DB%B9%DB%B0-%D8%AF%D8%B1%D8%B5%D8%AF-%D8%A2%D8%A8-%DA%A9%D8%B4%D9%88%D8%B1-%D8%AF%D8%B1-%D8%A8%D8%AE%D8%B4-%DA%A9%D8%B4%D8%A7%D9%88%D8%B1%D8%B2%DB%8C-%D9%85%D8%B5%D8%B1%D9%81-%D9%85%DB%8C-%D8%B4%D9%88%D8%AF>
- Mishra A, Bruno E, and Zilberman D (2021) Compound natural and human disasters: Managing drought and COVID-19 to sustain global agriculture and food sectors. *Science of the Total Environment* 754:142210
- Nhamo L and Ndlela B (2021) Nexus planning as a pathway towards sustainable environmental and human health post Covid-19. *Environmental Research* 192:110376
- Omranian Khorasani H, Ghandahari A, Kolahi M, Soltani Asl M, Haji Babaei Fallah M, and karimi miandoab H (2020) Investigating the risk of water shortage during the Coronavirus outbreak in Mashhad city. In: *Proc. of 9th National Conference and Second International Conference on Urban Planning and Management*, 18-19 November, Mashhad, Iran
- Parker JM and Wilby RL (2013) Quantifying household water demand: A review of theory and practice in the UK. *Water Resources Management* 27(4):981-1011
- Semenick D (1990) Tests and measurements: The T-test. *Strength & Conditioning Journal*, LWW 12(1):36-37
- Sivakumar B (2021) COVID-19 and water. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 35:531-534
- Zamani Z, Alimohammadi A, and Farnaghi M (2019) Exploring the relationships between spatial and demographic parameters and urban water consumption in Esfahan using association rule mining. *Journal of Geomatics Science and Technology* 9(1):65-81