

## Investigating the effective physical factors of water consumption in order to prevent the urban water crisis in the scale of neighborhood (Case study: Al-Ghadir neighborhood in the Kerman city)

Khalifeh, N<sup>a</sup>., Fadaei Qotbi, M<sup>b,1</sup>., Ghazanfari Moghadam, M<sup>c</sup>., Ghazanfarpour, H<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Ph.D Candidate, Department of Urbanism, Faculty of Art, Architecture and Urbanism, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran.

<sup>b</sup> Assistant Professor, Department of Urbanism, Faculty of Art, Architecture and Urbanism, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran.

<sup>c</sup> Assistant Professor of Water Resources Management, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran.

<sup>d</sup> Associate Professor of Geography and Urban Planning, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

### ABSTRACT

**Objective:** Population growth and climate change affect the sources of water. There are two Planning strategies to provide the sources of urban water: The first one is to provide a clean and reliable sources and the second one is the management of water demand. The second option's aim is to reduce water consumption. Traditionally, urban planners have not been involved in the management of urban water. While how to build cities, affects the supply and the use of water directly.

**Methods:** The goal of this article is to recognize the relation between built-environment indicators with how to use water in the level of quarter for increasing water protection. Based on this matter, 9 indicators in this field has been identified as effective urbanization's factors in the management of water consumption, and then the average of water consumption in each category was extracted. Also categorized data in different groups according to slightly indicator entered into SPSS software for statistical analysis. And in the process of analysis of the ANOVA method and multiple comparisons to specify the level of the indicators' importance and then the Friedman-Test to specify the level of the impact of indicators on Al-Ghadir Neighborhood has been used.

**Results:** Findings have shown that respectively perimeter ratio indicators on area and the rotation of block with maximum impact on water consumption and the indicator of shape, continuity and area can have minimum impact on water consumption in Al-Ghadir Neighborhood.

**Conclusion:** Therefore, Results have shown that urban planners have been able to promote the protection of the urban water by using planning strategies and designing in the level of Neighborhood and shaping the built-environment and adjusting land use. And they can affect on how to consume water in cities. A comprehensive approach to all these categories and logical and reasonable connection between them and their pervasive development that is the only reasonable way to manage water in cities.

**Keywords:** Water Consumption, Water Crisis, Neighborhood, Built-Environment, Urbanism.

Received: December 15, 2019 Reviewed: July 29, 2020 Accepted: August 24, 2020 Published online: September 22, 2020

**Citation:** Khalifeh, N., Fadaei Qotbi, M., Ghazanfari Moghadam, M., Ghazanfarpour, H (2020). *Investigating the effective physical factors of water consumption in order to prevent the urban water crisis in the scale of neighborhood (Case study: Al-Ghadir neighborhood in the Kerman city)*. Journal of Urban Social Geography, 7(2), 195-215. (In Persian)

DOI: [10.22103/JUSG.2020.2026](https://doi.org/10.22103/JUSG.2020.2026)

<sup>1</sup> Corresponding author at: Islamic Azad University, Kerman Branch, Kerman, Iran, P.C: 7635131167. E-mail address: [m.f.qotbi@iauk.ac.ir](mailto:m.f.qotbi@iauk.ac.ir) (Fadaei Qotbi, M).

## بررسی عوامل کالبدی مؤثر بر مصرف آب به منظور جلوگیری از بحران آب شهری در مقیاس محله (مطالعه موردی: محله الغدیر شهر کرمان)

ناهید خلیفه<sup>a</sup>، مریم فدایی قطبی<sup>b</sup>، محمدصادق غضنفری مقدم<sup>c</sup>، حسین غضنفرپور<sup>d</sup>

<sup>a</sup> دانشجوی دکتری گروه شهرسازی، دانشکده هنر، معماری و شهرسازی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران.

<sup>b</sup> استادیار گروه شهرسازی، دانشکده هنر، معماری و شهرسازی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران.

<sup>c</sup> استادیار مهندسی آب، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

<sup>d</sup> دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

### چکیده

**تبيين موضوع:** رشد جمعیت و تغییر شرایط آب و هوایی بر منابع آب تأثیر می‌گذارد. دو راهبرد برنامه ریزی برای تأمین منابع آب شهری وجود دارد: نخست تأمین منابع تمیز و قابل اطمینان و دوم، مدیریت تقاضای آب. گزینه دوم به دنبال کاهش مصرف آب است. به طور سنتی، برنامه ریزان شهری در مدیریت آب شهرها دخیل نبوده‌اند. درحالیکه نحوه ساخت شهرها به طور مستقیم بر استفاده و تأمین آب تأثیر می‌گذارد.

**روش:** هدف این مقاله شناخت رابطه بین شاخص‌های محیط شهری با چگونگی بهره‌مندی از آب در سطح محله برای ارتقاء حفاظت از آب شهری است. بر این اساس، ۹ شاخص در این زمینه به عنوان عوامل شهرسازانه تأثیرگذار در میزان مدیریت مصرف آب شناسایی گردید، سپس متوسط مصرف آب در هر دسته استخراج شد. همچنین، داده‌های دسته‌بندی شده در گروه‌های مختلف بر حسب شاخص مورد نظر برای تحلیل آماری وارد نرم‌افزار SPSS گردید. در فرایند تحلیل از روش ANOVA و مقایسه چندگانه برای مشخص کردن میزان اهمیت شاخص‌ها و سپس آزمون فریدمن برای مشخص کردن میزان تأثیر شاخص‌ها بر محله الغدیر استفاده شده است.

**یافته‌ها:** یافته‌ها نشان می‌دهد که به ترتیب شاخص‌های نسبت محیط بر مساحت و چرخش بلوک با بیشترین میزان تأثیر در مصرف آب و شاخص شکل، پیوستگی و مساحت توانسته‌اند کمترین میزان تأثیر در مصرف آب را در محله الغدیر داشته باشند.

**نتایج:** نتایج نشان می‌دهد برنامه ریزان شهری با استفاده از استراتژی‌های برنامه ریزی و طراحی در سطح محله و با شکل دادن به محیط ساخته شده و تنظیم کاربری اراضی، سبب ارتقای حفاظت از آب شهر بشوند و بر نحوه مصرف آب در شهرها تأثیر گذار باشند. نگرش جامع و فراگیر به همه این مقوله‌ها و ربط منطقی بین آنها و نیز توسعه فراگیر آنها، تنها راه برخورد معقول با مدیریت آب در شهرهاست.

**کلیدواژه‌ها:** مصرف آب، بحران آب، محله، محیط ساخته شده، شهرسازی.

انتشار آنلاین: ۱۳۹۹/۰۷/۰۱

پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۰۳

بازنگری: ۱۳۹۹/۰۵/۰۸

دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۴

**استناد:** خلیفه، ناهید؛ فدایی قطبی، مریم؛ غضنفری مقدم، محمدصادق؛ غضنفرپور، حسین (۱۳۹۹). *بررسی عوامل کالبدی مؤثر بر مصرف آب به منظور جلوگیری از بحران آب شهری در مقیاس محله (مطالعه موردی: محله الغدیر شهر کرمان)*. دوفصلنامه جغرافیای اجتماعی شهری، ۷(۲)، ۱۹۵-۲۱۵.

DOI: [10.22103/JUSG.2020.2026](https://doi.org/10.22103/JUSG.2020.2026)

<sup>۱</sup> نویسنده مسئول: دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان، ایران، کدپستی: ۷۶۳۵۱۳۱۶۷ رایانامه: [fadaee@iauk.ac.ir](mailto:fadaee@iauk.ac.ir) (مریم فدایی قطبی)

## مقدمه

شهرنشینی از میان تحولاتی که در دو دهه اخیر در ایران روی داده، پوششی برجسته تر و نمایان تر است. شهرهای ایران در دو دهه اخیر، به محور زندگی اقتصادی و اجتماعی جامعه معروف است، و آنچه به "مشکلات شهری" معروف است، هر روز بیشتر نمایان شده است. یکی از این چالش ها منابع آبی است، چراکه رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و از سویی توسعه صنعت، سبب افزایش تقاضای آب شده است. در حالی که منابع آبی کشور محدود است. منابع آبی در عصر حاضر بر سه بعد فواید اقتصادی، پایداری محیط زیست و نیازهای معیشتی بر حیات اجتماعی ما اثر گذار است. امروزه کمبود منابع آب شیرین، به عنوان یک مسئله جهانی است و دنیا شتابان و پراساس به عمق فاجعه کمبود آب و مسائل و مشکلات ناشی از آن نزدیک می شود (اصغری مقدم، ۱۳۸۷: ۹۷).

در کشور ما نیز موضوع آب به عنوان یک مسئله اجتماعی مطرح است که اگر خوب تعریف و تبیین نشود و نتوان این مسئله را شناخت و درمان کرد، به یک آسیب اجتماعی تبدیل می شود که در آن صورت عواقب سنگینی برای کشور و جامعه به دنبال خواهد داشت (یزدان داد و دیگران، ۱۳۸۸: ۲).

محدودیت ذاتی منابع آب وقوع و حدوث خشکسالی و آثار تخریبی فعالیت انسان بر محیط زیست جملگی زمینه ساز چالش های سنگین در امر بهره گیری از منابع آب شیرین می باشند. عدم توزیع مناسب بارندگی و عدم تطابق نیاز مصرف با زمان نزولات جوی و نیاز شدید به سرمایه گذاری در بخشهای ذخیره، پایش و حفاظت از منابع آب، ابعاد چالش آب را سنگین تر و گسترده تر مینماید. اهمیت مدیریت آب، همپای مدیریت توسعه است و این دولت ها هستند که می توانند و قادرند این مدیریت را منسجم، مستمر و هدفدار دنبال کنند (Wallis, 2011: 5).

فشار عوامل مختلف و دگرگونی های جمعیتی موجب گردیده که سیاست های تخصیص آب خارج از چارچوب توسعه پایدار و موزون عمل نماید و جایگاه بخش آب در شکل دهی آمایش سرزمین و برنامه های منطقه ای مفقود بماند (رفیعیان و همکاران، ۱۳۹۰: ۲).

بر اساس شاخص فالکن مارک، سازمان ملل و مؤسسه بین المللی مدیریت آب، کشور ایران در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد. اگر وضع فعلی مصرف آب ادامه داشته باشد در کمتر از ۲۵ سال دیگر شرق و جنوب کشور کاملاً خالی از سکنه خواهد شد. همچنین تحلیل شرایط محیطی با هدف شناخت دقیق امکانات موجود و کارایی های نهفته بومی و منطقه ای، امکان بهره گیری از منابع در دسترس را تا حد مطلوب افزایش می دهد (پورصادقی، ۱۳۹۳: ۷).

برنامه های عملی با اهداف کمی مشخص برای اعمال جنبه های مدیریت تقاضای آب و مدیریت کیفیت آب تدوین نشده است. برنامه های مدون و سازمان یافته جهت مواجهه با شرایط اضطراری، نظیر پیشگیری از وقوع طغیان ها و کنترل سیلاب ها با استفاده از شیوه های ساختمانی و غیرساختمانی و همچنین دوره های خشک و مدیریت بحران تدوین نیافته و جزء حلقه های مفقوده محسوب می شود (قندی و همکاران، ۱۳۸۹: ۸۸).

بسیاری از شهرها در مناطق خشک در معرض کاهش آب قرار دارند استان کرمان دارای استعدادها و توانهای طبیعی و انسانی بالقوه و بالفعل است که جاذب جمعیت زیادی شده است. درکنار آن محدودیتهای اقلیمی و منابع آبی و شکل بارشهای سالیانه جامعه را با تهدیدات جدی مواجه ساخته است. کاهش بارندگی و خشک شدن و یا کمبود منابع آبی سطح الارضی در بوجود آمدن سختی های زندگی موثر آف شده، در این شرایط برنامه ریزی توسعه و آمایش منطقه ای و برنامه ریزی های خرد و ناحیه ای از نیازهای اساسی در سطح استان می باشند. به همین منظور در این مقاله به شناخت رابطه بین شاخص های محیط ساخته شده با چگونگی بهره مندی از آب در سطح محله برای ارتقا حفاظت از آب شهری پرداخته شده است.

### پیشینه نظری

ایران یکی از کشورهای خشک جهان است که متوسط بارندگی آن ۲۵۰ میلی متر می باشد و کمتر از یک سوم متوسط بارش جهانی را دارد (مسعودیان، ۱۳۹۰: ۱۲۲).

در این میان، استان کرمان یکی از مناطق بسیار خشک ایران است که متوسط بارندگی درازمدت آن ۱۳۸ میلی متر است. علاوه بر آن، روند رو به رشد جمعیت، نرخ رشد شهرنشینی بالا و روند صنعتی شدن این استان، نیازهای آبی جدیدی را برای استان کرمان ایجاد کرده است که اقلیم خشک و کم باران این استان جوابگوی نیازهای فزاینده آن نیست. اضافه برداشت از سفره های آب زیرزمینی استان برای تامین نیازهای آبی خود باعث تنش آبی شدید و عدم تعادل شدید در بیلان آب شده است که با این روند، استان کرمان به یکی از بحرانی ترین مناطق ایران از نظر آب تبدیل خواهد شد و در صورت عدم حل مساله علاوه بر تهدیدات امنیت آب استان کرمان، می تواند چالش های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی فراوانی را ایجاد کند. در تمدن ما، حفظ و پایداری آب به عنوان یک چالش در آینده خواهد بود. چرا که جمعیت جهان با بیش از هفت میلیارد و رو به رشد، هنوز نیاز فراوان به آب پاک دارد. برخلاف نمونه های تاریخی شهرهایی که در نزدیکی رودخانه ها قرار دارند، بسیاری از شهرها از جمله کرمان در مناطق خشک و در معرض کاهش آب موجود قرار دارند که نشان از آسیب پذیری آنها در رابطه با دسترسی به آب می باشد و تضمین پایداری آنها با توجه به جمعیت رو به رشد و زیرساخت های ایجاد شده را با برنامه ریزی می توان تضمین کرد (سالنامه آماری استان کرمان، ۱۳۹۵: ۳۲).

بطور کلی چشم انداز اکولوژی بر پایه الگوهای زیست محیطی که قویا تحت تاثیر فرایندهای اکولوژیکی هستند پایه گذاری شده است (Turner and Gardner, 1989).

سکونتگاه های انسانی (زیستی)، به لحاظ ساختار فضایی مقیاس های متفاوتی به خود می گیرند که این الگوها در تعامل با ادراک رفتار موجودات زنده قرار دارند که سازوکارهای جمعیتی و ساختار اجتماع را به سطحی بالاتر ارتقا دهند (Johnson et al, 1992: 63).

فعالیت های انسانی (مانند توسعه، قطع درختان) می تواند ساختار یکپارچه سیمای سرزمین را مختل کند، که این اتفاق هم میتواند سبب ممانعت و یا بعضاً تسهیل جریان اکولوژیکی شود (مانند: جابه جایی موجودات زنده). این از هم گسیختگی در الگوهای سیمای سرزمین میتواند یکپارچگی عملکردی را با مداخله کردن در فرایندهای اکولوژیکی حیاتی ای که برای پایداری جمعیت و ماندگاری تنوع زیستی و سلامت اکوسیستم است را تحت الشعاع قرار دهد. به همین دلایل و دلایل دیگر، تأکید بسیاری بر تدوین روشهای کمی سازی الگوهای پهنه سرزمین شده است، که یک پیش نیاز برای مطالعه روابط الگو- فرایند محسوب می شود (O'Neill et al, 1988: 153; Turner and Gardner, 1989; Baker & Cai, 1992: 291; McGarigal & McComb, 1995: 235).

این روند با پیشرفت های اخیر در فرایندهای رایانه ای بسیار تسهیل گشته است مانند فناوری های پردازش رایانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی، متأسفانه براساس گفته های گوستافسون، تمایز قائل شدن میان آنچه که می توان ترسیم یا اندازه گیری کرد با الگوهای اکولوژیکی مرتبط با موضوع مورد بررسی کار مشکلی می باشد (Gustafson, 1998: 143).

### پیشینه عملی

تاکنون تحقیقات و مطالعات زیادی در خصوص مسائل کم آبی و بحران آب و پیامدهای آن در مقیاس های مختلف محلی، منطقه ای، ملی و مناطق فراملی و حتی جهانی انجام شده است که پرداختن به همه آنها کاری بس دشوار و خارج از انتظار یک مقاله است، در اینجا به صورت اجمال به مرور برخی از آنها پرداخته می شود:

بائو و فنگ (۲۰۰۷) منابع آبی را به عنوان نیروهای محدود کننده شهرنشینی در مناطق دچار کمبود آب مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد در زمانی که مقیاس های جمعیتی، اقتصادی و شهری تجاوز کنند، سیستم منابع آبی به طور معناداری توسعه سیستم های اجتماعی - اقتصادی از جمله فرایندهای شهرنشینی را کاهش می دهد. آنها بیان کردند مناطقی که محدودیت های شدید دارند، می بایست اقدامات فوری از جمله انتقال آب از دیگر حوضه های آبی، محدود کردن توسعه شهری و جمعیتی و توانمندسازی برنامه ریزی و مدیریت منابع آبی برای حل مشکلات آب را به کار گیرند.

ضرغامی (۲۰۰۸) رابطه میزان آب مصرفی با پراکنش جمعیت، و بعد رابطه پراکنندگی جمعیت و توسعه فیزیکی شهر کرمانشاه بررسی شده اند و در نهایت، میزان پراکنش آب مصرفی با توجه به توسعه فیزیکی شهر در آینده محاسبه گردیده و با استفاده از روش الکتري شاخص ها فیلتر شده است و مدل شبیه سازی مونت کارلو با توجه به کاهش عدم اطمینان شاخصها، وزنشان را مشخص کرده و در نهایت شاخص ها همراه با وزن آنها به منظور پراکنش جمعیت، داده با روش FIS بررسی شدند.

مک دونالد و همکاران (۲۰۱۱) رشد شهری، تغییر اقلیم و آسیب پذیری آب را مطالعه کردند. آنها از مدل هیدرولوژیکی، ارزیابی های جمعیتی و سناریوهای تغییر اقلیم برای پیش بینی آسیب پذیری آب در شهرهای عمده جهان در حال توسعه که شهرنشینی بسیار سریع است، استفاده کرده اند. نتایج مدل آنها نشان داد که حدود ۱۵۰ میلیون نفر از افراد در شهرهایی با کمبود آب دائمی زندگی می کنند. در آینده نزدیک شهرهای در حال توسعه جهان برای تأمین آب مورد نیاز ساکنان تلاش و مبارزه خواهند کرد و به سرمایه گذاری های شایان توجهی برای تأمین آب نیاز خواهد بود.

پاناگولوس و باتلر (۲۰۱۲) پژوهشی تحت عنوان نقشه تقاضای آب شهری ارائه داد که هدف آن اولویت بندی مناطق شهری برای تقاضای آب مورد نیاز با استفاده از روش چند معیاره در شهری از کشور یونان بود. در این روش با استفاده از معیارهای طبیعی و انسانی مانند شیب، توپوگرافی، ارتفاع، فاصله از شبکه جاده و سیستم آب، پتانسیل پراکنش آب مورد نیاز شهر بررسی شده است.

سرنیواسان و همکاران (۲۰۱۳) با به کارگیری رویکرد سیستم زوجی انسان - محیط اثرات شهرنشینی بر آسیب پذیری آب را بررسی کردند. آنها بیان کردند که اگرچه ارتباط بین شهرنشینی و آسیب پذیری آب مشخص است، اما نتایج نشان داده است که برخی عوامل تعمیمی نیز وجود دارد و آسیب پذیری شهری به کمبود آب به ترکیبی از چندین عامل از جمله زیرساختهای رسمی آب و الگوی فضایی تغییرات کاربری زمین بستگی دارد. همچنین به منظور کاهش آسیب پذیری کمبود آب به شکلی جدید از برنامه ریزی و حکمرانی شهری نیاز داریم.

سیستو و همکاران (۲۰۱۶) به آسیب پذیری منابع آب در منطقه کلانشهری شمال شرقی مکزیک بر اثر تهدیدات اقلیمی و طول دوره خشکسالی توجه کرده اند.

نارین (۲۰۱۶) در پژوهشی در شمال هند به این نتیجه رسیده است که کمبود آب باعث افزایش تنش میان بخش شهری و پیرامون شهری (روستائیان و کشاورزان و حتی بخش پیرامون شهری با دولت شده است).

هارلیمان و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی فرایندهای تاثیرگذار بر مدیریت پایدار آب شهری پرداختند و علاوه بر اقلیم و رشد جمعیت، مداخلات برنامه ریزان شهری را نیز در بهبود مدیریت پایدار آب موثر دانستند، به منظور نشان دادن این مهم اثرات سه حوزه رابرسی کردند و عنوان کردند برنامه ریز شهری می تواند در ایجاد تعادل پایدار بین خواسته های مناطق شهری، آبیاری و عملکردهای اکوسیستم مؤثر باشند.

نوری و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی یک پارک ۱۰ هکتاری در آدلاید استرالیا را در رابطه با تاثیر فضای سبز شهری با میزان مصرف آب بررسی کردند و دریافتند که تراکم پوشش گیاهی از مهمترین پارامترهای تاثیر گذار است، درحالیکه حفظ پوشش گیاهی در شهرها غیر قابل انکار است برای این مهم نیاز به مدیریت یکپارچه میان متخصصین شهری و

متخصصین منابع آب است که برنامه ریزان شهری با انتخاب نوع گیاهان بومی و سازگار با اقلیم خشک و نیمه خشک و همچنین گیاهانی که ریشه ی آنها مینواند از آبهای در عمق کم استفاده نمایند و همچنین ایجاد زیرساخت های مناسب جذب آب مانند: باغ های باران گیر، مناطق احتباس و ایجاد تالابهای مصنوعی می توانند جهت جمع آوری آب باران برای آبیاری فضاهای سبز شهری استفاده کرد.

فرلانگ و همکاران (۲۰۱۹) نیز به بررسی تاثیر نقش برنامه ریزان شهری در رسیدن به مدیریت یکپارچه آب و طراحی شهرهای حساس به آب در ملبورن پرداختند و با شناسایی موانع اصلی دستیابی به این دیدگاه عنوان کردند با توجه به اینکه فرایندهای برنامه ریزی شهری به ندرت در مقالات آکادمیک جهت دستیابی همزمان به مدیریت یکپارچه آب و طراحی شهری حساس به آب میپردازند، اما برای محافظت از منابع آب شهری نیاز به تدوین سیاست ها، استراتژی، برنامه ریزی و اجرای رویکردها به طور همزمان میان ای دو حزه می باشد و برنامه ریزان شهری میتوانند نقش مؤثری را ایجاد کنند.

مادونسلا و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی فرایندهای مدیریت آب جهت گذار به سوی طراحی شهری حساس به آب در شهر کیپ در آفریقای جنوبی پرداختند و با تمرکز ویژه روی موانع و فرصت ها بر روی تصفیه فاضلاب، سیلاب و مسئله کمبود آب با توجه به جدیدترین دوره خشکسالی (۲۰۱۲-۲۰۱۸)، رویکرد طراحی شهری حساس به آب را برای ارزیابی شاخص ها انتخاب کردند و تجزیه و تحلیل ها نشان داد که نظارت هوشمند و کنترل شده، بالا بردن دانش جامعه و همکاری میان تیم های تخصصی مدیریت شهری و مدیریت آب از طریق مدیریت یکپارچه منابع آب سبب بهبود حفظ منابع آب می شود.

موریا و همکاران (۲۰۲۰) به شناسایی شاخص های برنامه ریزی توسعه آب شهری پایدار پرداختند و عنوان کردند شهرنشینی و محیط ساخته شده بدون توجه به منابع آب موجود سبب استخراج بیش از حد از منابع آب شهری شده است و برای رسیدن به پایداری مدیریت آب شهری شاخص های تاثیرگذار بر توسعه آب شهری پایدار را شناسایی و از میان آنها سرمایه گذاری، کیفیت و کمیت آب، زیرساخت ها، استفاده مجدد از آنها را عنوان کردند و علت کم رنگ بودن بقیه موارد را کمبود داده ها و در دسترس نبودن آنها را مطرح کردند که با در دسترس بودن آن داده ها دقت انجام کار بیشتر خواهد شد.

عابدین درکوش و نصیری (۱۳۸۹) اندازه بهینه شهرهای ایران به روش تابع مازاد را برآورد کردند. همچنین آنها بیان کردند که تحقیقات انجام گرفته مانند دکتر زبردست و دکتر درکوش و مقاله تحلیل توزیع اندازه شهر در سیستم شهرهای ایران تألیف اکبری و همکاران، بیشتر جنبه نظری داشته و در آنها به بحث قاعده زیف (رتبه - اندازه) و قاعده جیبرات (رابطه اندازه شهر و رشد شهر) توجه شده است.

حسینی و باقری (۱۳۹۱) پژوهشی با عنوان مدل سازی پویایی سیستم منابع آب دشت مشهد برای تحلیل استراتژی های توسعه پایدار انجام دادند. هدف آنها بیان چگونگی عملیاتی کردن ارزیابی یکپارچه منابع آب، ارزیابی سیستم منابع آب دشت مشهد در نتیجه اقدامات و سیاست های اتخاذ شده در فرایند برنامه های توسعه اقتصادی کشور است. آنها بیان کردند که استفاده فزاینده از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی دشت مشهد در نتیجه توسعه کشاورزی، صنایع وابسته و افزایش شهرنشینی در این دشت به تشدید روند نزولی سطح آبخوان آن منجر شده است. همچنین نتایج نشان می دهد که تغییر الگوی کشت و تمرکززدایی صنایع و جمعیت به عنوان سیاستهای برتر می توانند گامی اثربخش در راستای بهبود وضعیت منابع آب دشت مشهد باشد.

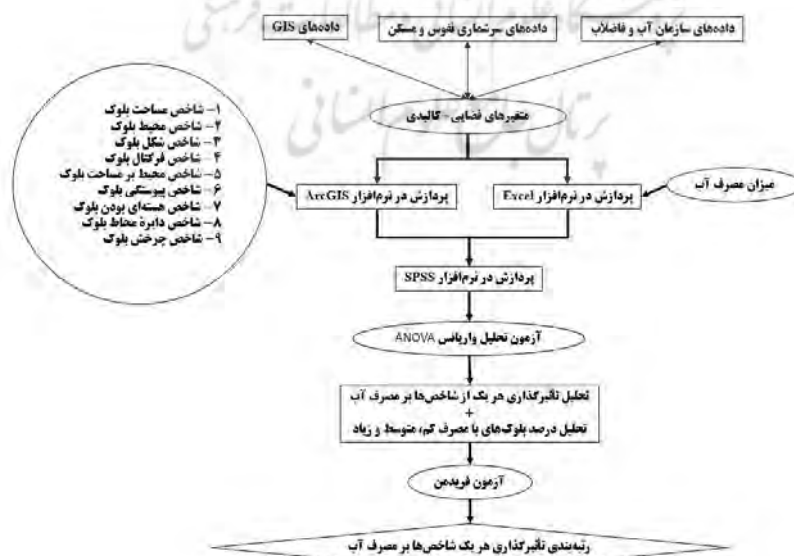
رحمتی و همکاران (۱۳۹۳) از روش های فازی، فازی - عصبی و رگرسیون برای پیش بینی آب شهری در تهران با استفاده از پارامترهای اقلیمی پرداختند که نتایج پژوهش آنها حاکی از برتری مدل فازی - عصبی بر دیگر مدل ها است. شهرکی و همکاران (۱۳۹۳) میزان آب مورد نیاز شهر زاهدان در کوتاه مدت را با استفاده از هوش مصنوعی بررسی کردند و نتایج نشان داد مدل به کار رفته ظرفیت خوبی برای پیش بینی میزان آب زاهدان دارد.

پژوهش های انجام شده نشان میدهد که مساله کمبود آب، بحران آب و امنیت آبی یکی از مسائل مهم ناحیه ای، منطقه ای، ملی و جهانی است که روز به روز بر ابعاد و پیامدهای آن افزوده می شود. اگر چه موضوع بحران آب مساله ای نسبتاً فراگیر در جهان و به طور خاص در منطقه خاورمیانه است اما هر ناحیه یا سطحی از فضای جغرافیایی که یک واحد سیاسی یا اکولوژیکی را ایجاد کرده است نیازمند مطالعه جداگانه در مساله پیرامون آب است. با توجه به موارد ذکر شده برنامه ریزان با شکل دهی به محیط ساخته شده، از طریق مقررات کاربری زمین، بر چگونگی استفاده از آب از طریق منطقه بندی، مقررات ساخت و ساز و کدهای ساختمانی تاثیر میگذارند. آب سالم و تصفیه شده برای ایجاد فضاهای مطلوب حیاتی است و این وظیفه برنامه ریز شهری است که فضای مطلوب را برای مردم ایجاد کند.

### داده‌ها و روش شناسی

تحقیق حاضر از نظر هدف از نوع کاربردی است و از نظر ماهیت و روش تحقیق مورد استفاده از نوع روش همبستگی می باشد. جامعه آماری این پژوهش، بلوک های شهرک الغدير در شهر کرمان می باشد. که از مطالعات کتابخانه ای، در رابطه با تجارب و یافته های علمی قابل دسترس محققان خارجی و داخلی در باب مدیریت پایدار آب شهری به منظور ارزیابی ارتباط آن با شاخص های محیط ساخته شده، جمع آوری می گردد. داده های مورد استفاده در این تحقیق شامل پارامترهای محیط ساخته شده و اطلاعات میزان مصرف آب است. داده های مرتبط با متغیرهای کالبدی از «نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن» و شیب فایل های موجود شهر کرمان در سال ۱۳۹۵ از «سازمان برنامه و بودجه شهر کرمان» می باشند. پارامترهای فرم کالبدی مؤثر در میزان مصرف آب شامل: شاخص مساحت، محیط، شکل، فرکتال، دایره محاط، هسته ای، پیوستگی، نسبت محیط به مساحت و چرخش بلوک در نظر گرفته شده اند (جدول ۱).

مراحل تحقیق در این پژوهش در شکل (۱) نمایش داده شده است. همان گونه که در این شکل مشخص است، به منظور محاسبه داده های کالبدی ابتدا پس از آنالیز در نرم افزار ArcGIS، با استفاده از فرمول های مشخص شده در جدول (۱)، داده های بدست آمده را به همراه داده های مصرف مشترکین از سازمان آب و فاضلاب وارد نرم افزار SPSS شده و پس از آن به جهت تحلیل همبستگی و تاثیر داده ها به طریق روش ANOVA مورد سنجش قرار گرفته اند.



شکل ۱- فلوچارت تحقیق (ترسیم: نگارندگان)

بر این اساس ۹ شاخص که در جدول (۱) آورده شده، به عنوان عوامل شهرسازانه تاثیرگذار در میزان مدیریت مصرف آب شناسایی گردید.

جدول ۱- شاخص های به کار رفته در پژوهش

منبع	فرمول	شاخص
Robbins et al. 1989	$AREA = a_{ij} \left( \frac{1}{10,000} \right)$	شاخص مساحت
Robbins et al. 1989	$PERIM = P_{ij}$	شاخص محیط
Gustafson 1998	$FRAC = \frac{2 \ln(.25P_{ij})}{\ln a_{ij}}$	شاخص فرکتال
Keitt et al. 1997	$PARA = \frac{p_{ij}}{a_{ij}}$	شاخص محیط به مساحت
Baker, W. L., and Y. Cai. 1992	$SQUARE = 1 - \left[ \frac{a_{ij}}{a_{ij}^s} \right]$	شاخص نسبت دایره محاط
Jaeger 2000	$CORE = a_{ij}^c \left( \frac{1}{10,000} \right)$	شاخص هسته ای
Gustafson 1998	$SHAPE = \frac{.25p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}}$	شاخص شکل
LaGro 1991	$CONTIG = \frac{\left[ \frac{\sum_{r=1}^z c_{ijr}}{a_{ij}^*} \right] - 1}{z - 1}$	شاخص پیوستگی
McGarigal et al. 2002	$GYRATE = \sum_{r=1}^z \frac{h_{ijr}}{z}$	شاخص چرخش بلوک

که در ادامه، روش های سنجش متغیرهای تحقیق که در جدول ۱ تشریح گردید، توضیح داده می شود: رابطه (۱) نحوه محاسبه «مساحت بلوک ها (AREA)» را نشان می دهد که بر حسب «هکتار» می باشد و مقادیر آن بزرگتر از صفر تغییر می کند ( $0 < AREA$ ).

$$AREA = a_{ij} \left( \frac{1}{10,000} \right) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این رابطه،  $a_{ij}$  برابر است با مساحت بلوک  $ij$ .

رابطه (۲) نحوه محاسبه «محیط بلوک ها (PERIM)» را نشان می دهد که بر حسب «متر» می باشد و مقادیر آن بزرگتر از صفر تغییر می کند ( $0 < PERIM$ ).

$$PERIM = P_{ij} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در این رابطه،  $p_{ij}$  برابر است با محیط بلوک  $ij$ .



رابطه (۳) نحوه محاسبه «شاخص بُعد فرکتال بلوک ها (FRAC)» را نشان می‌دهد که «بدون واحد» می‌باشد و مقادیر آن بین ۱ تا ۲ تغییر می‌کند ( $1 \leq FRAC \leq 2$ ).

$$FRAC = \frac{2 \ln(.25P_{ij})}{\ln a_{ij}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در این رابطه،  $a_{ij}$  برابر است با مساحت بلوک  $ij$ ؛  $p_{ij}$  برابر است با محیط بلوک  $ij$ .

رابطه (۴) نحوه محاسبه «نسبت محیط به مساحت بلوک ها (PARA)» را نشان می‌دهد که «بدون واحد» می‌باشد و مقادیر آن بزرگتر از صفر تغییر می‌کند ( $0 < PARA$ ).

$$PARA = \frac{p_{ij}}{a_{ij}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در این رابطه،  $a_{ij}$  برابر است با مساحت بلوک  $ij$ ؛  $p_{ij}$  برابر است با محیط بلوک  $ij$ .

رابطه (۵) نحوه محاسبه «شاخص دایره محاط بلوک ها (SQUARE)» را نشان می‌دهد که «بدون واحد» می‌باشد و مقادیر آن بین ۰ تا ۱ تغییر می‌کند ( $0 < CIRCLE < 1$ ).

$$SQUARE = 1 - \left[ \frac{a_{ij}}{a_{ij}^s} \right] \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در این رابطه،  $a_{ij}$  برابر است با مساحت بلوک  $ij$ ؛  $a_{ij}^s$  مساحت کوچکترین دایره ی محاط به دور بلوک.

رابطه (۶) نحوه محاسبه «شاخص هسته ای بلوک ها (CORE)» را نشان می‌دهد که بر حسب «متر مربع» می‌باشد و مقادیر آن بزرگتر و مساوی با صفر تغییر می‌کند ( $0 \leq CORE$ ).

$$CORE = a_{ij}^c \left( \frac{1}{10,000} \right) \quad \text{رابطه (۶)}$$

که در این رابطه،  $a_{ij}^c$  برابر است با مساحت هسته ای که فاصله از لبه هر بلوک است.

رابطه (۷) نحوه محاسبه «شاخص شکل بلوک ها (SHAPE)» را نشان می‌دهد که «بدون واحد» می‌باشد و مقادیر آن بزرگتر و مساوی با یک تغییر می‌کند ( $1 \leq SHAPE$ ).

$$SHAPE = \frac{.25p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در این رابطه،  $a_{ij}$  برابر است با مساحت بلوک  $ij$ ؛  $p_{ij}$  برابر است با محیط بلوک  $ij$ .

رابطه (۸) نحوه محاسبه «شاخص پیوستگی بلوک ها (CONTIG)» را نشان می‌دهد که «بدون واحد» می‌باشد و مقادیر آن بین ۰ تا ۱ تغییر می‌کند ( $0 \leq CONTIG \leq 1$ ).

$$CONTIG = \frac{\left[ \frac{\sum_{r=1}^Z c_{ijr}}{a_{ij}} \right]^{-1}}{v-1} \quad \text{رابطه (۸)}$$

که در این رابطه،  $c_{ijr}$  برابر است با مقدار پیوستگی سلول  $r$  در لکه  $ij$ ؛  $v$  برابر است با مجموع مقادیر در یک قالب سلولی  $3 \times 3$ ؛  $a_{ij}$  برابر است با مساحت بلوک  $ij$  به صورت سلول شمار.

رابطه (۹) نحوه محاسبه «شعاع چرخش بلوک (GYRATE)» را نشان می دهد که برحسب متر می باشد و اندازه و تراکم بلوک روی آن تاثیر میگذارد، همچنین مقادیر آن بزرگتر و مساوی با صفر تغییر می کند ( $0 \leq GYRATE$ ).

$$GYRATE = \sum_{r=1}^Z \frac{h_{ijr}}{z} \quad \text{رابطه (۹)}$$

که در این رابطه،  $h_{ijr}$  برابر است با فاصله سلول  $ijr$  در بلوک  $ij$  از مرکز بلوک  $ij$  بر اساس فاصله مرکز سلول-مرکز سلول؛  $Z$  برابر است با تعداد سلولها در بلوک  $ij$ .

در این مطالعه به منظور بررسی نقش شاخصها در میزان متوسط مصرف آب، هر یک از شاخصها با توجه به مقادیری که در هر بلوک اتخاذ می کنند، در سه گروه متوسط، کم و زیاد دسته بندی شدند. بدین ترتیب دسته متوسط نشان دهنده بازه «متوسط» مقادیر شاخص مورد نظر در محدوده مطالعاتی می باشد. از این رو هرچه مقدار شاخص بیشتر شود در دسته با عنوان «زیاد» و هرچه شاخص مقدار کمتری را به خود اختصاص دهد، در دسته با عنوان «کم» قرار می گیرد. سپس متوسط مصرف آب در هر دسته با توجه به داده های جمع آوری شده از شرکت آب و فاضلاب شهری کرمان برای هر بلوک در هر دسته استخراج شد. همچنین، داده های دسته بندی شده در گروه های مختلف بر حسب شاخص مورد نظر برای تحلیل آماری وارد نرم افزار SPSS شدند. نتایج تحلیل آماری هر یک از شاخصها نشان دهنده نقش هر عامل بر متوسط مصرف آب در هر بلوک می باشد. لذا در نظر گرفتن هر شاخص در طراحی فضاهای شهری به منظور کاهش مصرف سرانه آب از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

سپس آزمون تحلیل واریانس جهت شناسایی همبستگی و ارتباط شاخصها با میزان مصرف آب صورت پذیرفت. آزمون تحلیل واریانس تک عاملی به منظور بررسی معنی دار بودن تفاوت میانگین زمانی که بیش از دو گروه وجود داشته باشد استفاده می گردد. فرضهای آماری در آزمون تحلیل واریانس تک عاملی به این صورت تنظیم می شوند که فرض صفر مبنی بر معنی دار نبودن تفاوت میانگینهای مورد مطالعه، زمانی رد می شود که حداقل برای یکی از میانگینها به صورت  $\mu_i \neq \mu_j$  برقرار باشد و  $H_1$  فرض مخالف آن است. بیان آماری این آزمون به صورت زیر است:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$$

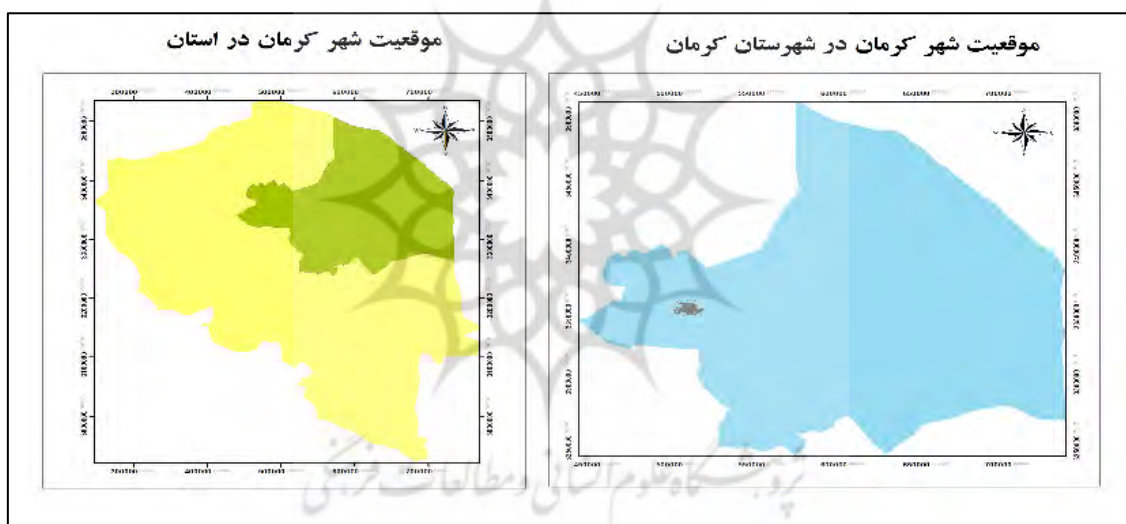
$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$$

به عبارت دیگر برای آزمون برابری بیش از دو میانگین می توان از تحلیل واریانس یا ANOVA استفاده نمود. هرگاه هدف مقایسه برابری میانگین چندین گروه باشد می توان از این روش استفاده نمود. بطور پیش فرض آزمون در سطح خطای ۵٪ انجام می شود. فرض خنثی آن است که میانگین همه گروهها باهم برابر است و یا اگر برابر نباشد اختلاف مشاهده شده معنادار نیست. در بررسی اختلاف میانگین چند گروه برای تشخیص اینکه کدام گروهها باهم متفاوت هستند باید از آزمونهای تعقیبی ANOVA یا آزمونهای پس از تجربه استفاده کرد. در این پژوهش از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) فیشر به منظور تعیین اختلاف بین دسته ها استفاده شد. این آزمون یکی از قدیمی ترین و قوی ترین

آزمون‌ها برای مقایسه پس از تجربه است. با توجه به اینکه تعداد دسته‌ها در هر شاخص سه عدد می‌باشد، بهتر است از این آزمون استفاده شود. چنانچه اختلاف میانگین بین دو گروه (تیمار) بیش از مقدار ثابت LSD باشد، به معنی اختلاف معنی‌دار بین دو گروه است.

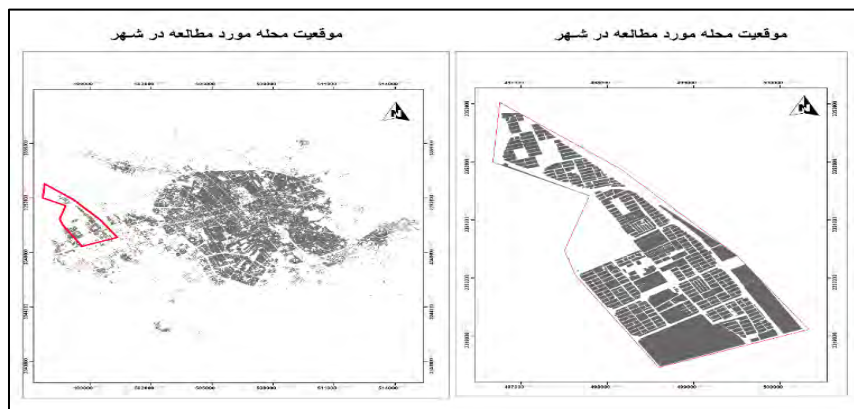
### قلمرو پژوهش

شهر استان کرمان در جنوب شرقی فلات ایران بین ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۲۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی با مساحت ۱۸۳۲۹۷۸ کیلومتر مربع واقع شده و بیش از ۱۱/۱۵ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. قلمرو پژوهش به لحاظ مکانی، محدوده شهر کرمان می‌باشد، شهر کرمان، مرکز استان و شهرستان کرمان با مساحت ۴۴۶۳۰ کیلومتر مربع بزرگترین شهرستان استان می‌باشد. استان کرمان در منطقه خشک قرار گرفته که از لحاظ منابع آب، به دلیل کمبود نزولات جوی و بالا بودن میزان تبخیر در ردیف استان‌های خشک ایران قرار دارد که موقعیت و محدوده شهرستان و شهر کرمان از آخرین شیپ‌فایل در دسترس در سال ۱۳۹۵ مستخرج گشته است (شکل ۲).



شکل ۲- موقعیت و محدوده شهرستان و شهر کرمان (ترسیم: نگارندگان)

شهرک الغدیر می‌باشد که در سمت شمال غرب شهر کرمان در مسیر راه ارتباطی فرودگاه (بلوار جمهوری) و دانشکده تربیت‌بدنی و مجموعه ورزشی قرار گرفته است. محدوده سکونت‌گاه شهرک الغدیر از شمال و شرق به بلوار هوانیروز، از غرب به بلوار رضوان و از جنوب به بلوار جمهوری با وسعت ۶۱۱ هکتار و جمعیتی حدود ۱۱۷۲۰ نفر منتهی می‌شود.



شکل ۳- موقعیت و محدوده شهر کرمان و محله مورد مطالعه (ترسیم: نگارندگان)

## یافته‌ها

آنگونه که از یافته‌ها مشخص شد از عوامل شهرسازانه اصلی با توجه به فرم بلوک های شهری که میزان مصرف آب را تحت تاثیر قرار می‌دهند، شاخص مساحت، شاخص پیوستگی، شاخص هسته ای، شاخص فرکتال، نسبت محیط بر مساحت، نسبت دایره محاط، شاخص چرخش بلوک، شاخص شکل و شاخص محیط مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنالیزها در محله الغدیر طبق جداول ۲ و ۳، نشان داد که فرم بلوک های محیط ساخته شده بر میزان مصرف آب درون محله تاثیر می‌گذارد. در جدول ۲ نشان داده شده که هر چه شاخص پیوستگی و شاخص هسته ای (ردیف ۲ و ۳)، بیشتر باشد میزان مصرف آب در سطح محله کاهش می‌یابد، که با توجه به آمار موجود در جدول شماره ۳، در محله الغدیر در ۹۲ درصد از بلوکها شاهد حد زیاد شاخص پیوستگی (جدول ۳، ردیف ۲) و ۷۶ درصد از بلوکها در حد متوسط شاخص هسته ای (جدول ۱۱، ردیف ۳) قرار دارند که انتظار می‌رود با میزان بیشتر این شاخص سبب کاهش میزان مصرف آب در سطح محله باشیم. در حالیکه افزایش بقیه شاخص های فرم بلوک محیط ساخته شده که در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است میزان مصرف آب در سطح محله را افزایش می‌دهد.

جدول ۲- میزان مصرف آب (برحسب لیتر)

ردیف	شاخص	تاثیر بر مصرف آب	مقدار کم مصرف (لیتر در روز)	مقدار متوسط مصرف (لیتر در روز)	مقدار بالای مصرف (لیتر در روز)
۱	شاخص مساحت (+)	افزایشی	۲۲۰	۲۸۰	۷۳۰
۲	شاخص پیوستگی (-)	کاهشی	۶۲۲	۳۱۹	۱۸۱
۳	شاخص هسته ای (-)	کاهشی	۶۲۵	۳۲۵	۱۸۶
۴	شاخص فرکتال (+)	افزایشی	۲۱۳	۳۶۴	۶۷۸
۵	نسبت محیط بر مساحت (+)	افزایشی	۱۸۶	۳۴۵	۶۷۸
۶	نسبت دایره ی محاط (+)	افزایشی	۲۱۳	۳۶۴	۶۷۸
۷	شاخص چرخش بلوک (+)	افزایشی	۲۱۳	۳۴۴	۶۲۲
۸	شاخص شکل (+)	افزایشی	۲۱۳	۳۶۵	۶۸۲
۹	شاخص محیط (+)	افزایشی	۱۸۶	۳۵۷	۷۲۰

منبع: نگارندگان

جدول ۳- میزان تاثیر گذاری بلوکها در مصرف آب (برحسب درصد)

ردیف	شاخص	تاثیر بر مصرف آب	مقدار کم شاخص (درصد بلوک ها)	مقدار متوسط شاخص (درصد بلوک ها)	مقدار بالای شاخص (درصد بلوک ها)
۱	شاخص مساحت (+)	افزایشی	۷۸	۱۶	۶
۲	شاخص پیوستگی (-)	کاهشی	۲	۶	۹۲
۳	شاخص هسته ای (-)	کاهشی	۷	۷۶	۱۷

۴	شاخص فرکتال (+)	افزایشی	۱	۶۸	۳۱
۵	نسبت محیط بر مساحت (+)	افزایشی	۷	۸۵	۸
۶	نسبت دایره ی محاط (+)	افزایشی	۲	۷۲	۲۶
۷	شاخص چرخش بلوک (+)	افزایشی	۱۰	۷۳	۱۷
۸	شاخص شکل (+)	افزایشی	۴	۷۹	۱۷
۹	شاخص محیط (+)	افزایشی	۳	۸۴	۱۳

منبع: نگارندگان

همچنین شکل (۴) آزمون فریدمن در سطح محله الغدیر شهر کرمان نشان داد، شاخص هایی که به مقدار میانگین نزدیکتر هستند تاثیر بیشتری در میزان مصرف آب در محله ی الغدیر را دارند. در این آزمون به ترتیب شاخص های نسبت محیط بر مساحت و چرخش بلوک با بیشترین میزان تاثیر در مصرف آب و شاخص شکل، پیوستگی و مساحت توانسته اند کمترین میزان تاثیر در مصرف آب را در محله ی الغدیر داشته باشند. این آزمون هم، مؤید نتایج قبلی است و نشان می دهد برنامه ریزان شهری با استفاده از استراتژی های برنامه ریزی و طراحی در سطح محله می توانند سبب ارتقای حفاظت از آب شهر بشوند.



شکل ۴- آنالیز آزمون فریدمن

N	۳
کای اسکوتر	۲۱,۵۶۲
درجه آزادی	۹
سطح معناداری	۰.۱۰

آزمون فریدمن

### شاخص مساحت

افزایش شاخص مساحت به معنای تخصیص فضای سرانه بیشتری می باشد. بنابراین نتایج موید این نکته می باشد که افزایش سرانه مساحت موجب افزایش میانگین مصرف آب می شود که این نکته با توجه به افزایش تقاضای آب در مساحت های بزرگتر (از جمله فضای سبز، سرمایه ساختمان و ...) قابل توجه است. شاخص مساحت در سه دسته با مقادیر ۰,۴۷، ۰,۵ و ۰,۵۵ با هم مقایسه شدند. نتایج مربوط به توصیف دسته ها، آنالیز واریانس و مقایسه چند دسته ای فیشر در جدول ۴، آورده شده است. نتایج نشان می دهد مصرف متوسط برای مقدار کم شاخص (۰,۴۷) برابر با ۲۲۰، برای مقدار متوسط (۰,۵) برابر با ۳۸۰ و برای حد بالای شاخص (۰,۵۵) برابر با ۷۳۰ لیتر در روز می باشد. همچنین آنالیز واریانس داده ها نشان می دهد تمام دسته ها در سطح معنی داری ۵ درصد با هم اختلاف دارند. نتایج نشان می دهد که هرچه شاخص مساحت بیشتر می شود مقدار متوسط مصرف آب افزایش می یابد. با توجه به اینکه متوسط مصرف به صورت سرانه محاسبه می شود.

جدول ۴- مقایسه چند دسته ای شاخص مساحت

میانگین مصرف آب  
LSD

سطوح مقایسه	میانگین تفاضلات		خطا	سطح معناداری	فاصله اطمینان ۹۵٪		
	مساحت (J) مساحت (I)	(I-J)			کران بالا	کران پایین	
مقایسه کم با متوسط	0.47	0.5	$-159.93230^*$	30.69968	.000	-220.7598	-99.1048
مقایسه متوسط با زیاد	0.5	0.55	$-350.13463^*$	36.80549	.000	-423.0600	-277.2093
مقایسه زیاد با کم	0.55	0.47	$510.06694^*$	35.64925	.000	439.4325	580.7014

منبع: یافته های تحقیق

## شاخص پیوستگی

از آنجا که هرچه پیوستگی بلوک ها بیشتر باشد نیاز مصارف مشترک از جمله فضای سبز کاهش می یابد، با افزایش شاخص پیوستگی، متوسط مصرف آب نیز در بلوک کاهش می یابد. شاخص پیوستگی در سه دسته با مقادیر ۰,۹۶۷، ۰,۹۷ و ۰,۹۷۴ مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج مربوط به توصیف دسته ها، آنالیز واریانس و مقایسه چند دسته ای فیشر در جدول ۵، آورده شده است. نتایج نشان می دهد مصرف متوسط برای مقدار کم شاخص (۰,۹۶۷) برابر با ۶۲۲، برای مقدار متوسط (۰,۹۷) برابر با ۳۱۹ و برای حد بالای شاخص (۰,۹۷۴) برابر با ۱۸۱ لیتر در روز می باشد. همچنین آنالیز واریانس داده ها نشان می دهد تمام دسته ها در سطح معنی داری ۵ درصد با هم اختلاف دارند. نتایج نشان می دهد که هرچه شاخص پیوستگی بیشتر می شود مقدار متوسط مصرف آب کاهش می یابد. نتایج حاصله صحت نتایج شاخص سطح را تایید می نماید.

جدول ۵- مقایسه چند دسته ای شاخص پیوستگی

میانگین مصرف آب  
LSD

سطوح مقایسه	میانگین تفاضلات		خطا	سطح معناداری	فاصله اطمینان ۹۵٪		
	پیوستگی (J) پیوستگی (I)	(I-J)			کران بالا	کران پایین	
مقایسه کم با متوسط	0.967	۰,۹۷	$302.87754^*$	33.41233	.000	236.7120	369.0430
مقایسه متوسط با زیاد	0.97	0.۹۷۴	$138.60675^*$	37.82917	.000	63.6947	213.5188
مقایسه زیاد با کم	0.974	0.۹۶۷	$-441.48429^*$	38.14860	.000	-517.0289	-365.9397

منبع: یافته های تحقیق

## شاخص هسته ای

شاخص هسته ای هم به مانند شاخص پیوستگی با افزایش تراکم، نیازهای مشترک بلوک به مصرف آب را کاهش داده و موجب کاهش متوسط مصرف بلوک می شود. شاخص هسته ای در سه دسته با مقادیر ۰,۴۴، ۰,۵ و ۰,۵۳ با هم مقایسه شدند. نتایج مربوط به توصیف دسته ها، آنالیز واریانس و مقایسه چند دسته ای فیشر در جدول ۶، آورده شده است. نتایج نشان می دهد مصرف متوسط برای مقدار کم شاخص (۰,۴۴) برابر با ۶۲۵، برای مقدار متوسط (۰,۵) برابر با ۳۲۵ و برای حد بالای شاخص (۰,۵۳) برابر با ۱۸۶ لیتر در روز می باشد. همچنین آنالیز واریانس داده ها نشان می دهد تمام دسته ها

در سطح معناداری ۵ درصد با هم اختلاف دارند. نتایج نشان می دهد که هرچه شاخص هسته ای بیشتر می شود مقدار متوسط مصرف آب کاهش می یابد. بنابر این هرچه تمرکز در مرکز بلوک بیشتر می شود، مصرف سرانه آب کاهش می یابد.

جدول ۶- مقایسه چند دسته‌ای شاخص هسته‌ای

میانگین مصرف آب  
LSD

سطوح مقایسه	شاخص هسته ای (J) شاخص هسته ای (I)		(I-J) میانگین تفاضلات	خطا	سطح معناداری	فاصله اطمینان ۹۵٪	
						کران بالا	کران پایین
مقایسه کم با متوسط	0.44	0.5	300.67600*	34.50729	.000	232.3300	369.0220
مقایسه متوسط با زیاد	0.5	0.53	138.69318*	37.38671	.000	64.6441	212.7423
مقایسه زیاد با کم	0.53	0.44	-439.36919*	37.56931	.000	-513.7799	-364.9584

منبع: یافته های تحقیق

### شاخص فرکتال

این عامل می تواند با افزایش کشیدگی شکل بلوک همراه بوده و موجب ایجاد فضاهای غیر مفید شود. در نتیجه مصرف انرژی و همچنین مصرف آب را افزایش می دهد. شاخص فرکتال در سه دسته با مقادیر ۰.۹، ۱، ۱.۱ و ۱.۱۱ با هم مقایسه شدند. نتایج مربوط به توصیف دسته ها، آنالیز واریانس و مقایسه چند دسته ای فیشر در جدول ۷ آورده شده است. نتایج نشان می دهد مصرف متوسط برای مقدار کم شاخص (۰.۹) برابر با ۲۱۳، برای مقدار متوسط (۱.۱) برابر با ۳۶۴ و برای حد بالای شاخص (۱.۱۱) برابر با ۶۷۸ لیتر در روز می باشد. همچنین آنالیز واریانس داده ها نشان می دهد تمام دسته ها در سطح معنی داری ۵ درصد با هم اختلاف دارند. نتایج نشان می دهد که هرچه شاخص فرکتال بیشتر می شود مقدار متوسط مصرف آب افزایش می یابد. با توجه به اینکه افزایش شاخص فرکتال با افزایش پیچیدگی شکل، نسبت محیط به مساحت بلوک را افزایش می دهد.

جدول ۷- مقایسه چند دسته‌ای شاخص فرکتال

میانگین مصرف آب  
LSD

سطوح مقایسه	فرکتال (J) فرکتال (I)		(I-J) میانگین تفاضلات	خطا	سطح معناداری	فاصله اطمینان ۹۵٪	
						کران بالا	کران پایین
مقایسه کم با متوسط	1.09	1.1	-151.39206°	31.82713	.000	-214.4130	-88.3712
مقایسه متوسط با زیاد	1.1	1.11	-313.76667°	33.95122	.000	-380.9935	-246.5399
مقایسه زیاد با کم	1.11	1.09	465.15873*	33.43285	.000	398.9583	531.3591

منبع: یافته های تحقیق

## نسبت محیط بر مساحت

نتایج مربوط به این شاخص موید نتایج شاخص فرکتال بوده و از آنجا که مفاهیم اصولی دو شاخص هم ریشه می باشند، تحلیل های مشابهی از نتایج آنها می توان انتظار داشت. شاخص نسبت محیط بر مساحت در سه دسته با مقادیر ۹۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ با هم مقایسه شدند. نتایج مربوط به توصیف دسته ها، آنالیز واریانس و مقایسه چند دسته ای فیشر در جدول ۸، آورده شده است. نتایج نشان می دهد مصرف متوسط برای مقدار کم شاخص (۹۰۰) برابر با ۱۸۶، برای مقدار متوسط (۱۰۰۰) برابر با ۳۴۵ و برای حد بالای شاخص (۱۲۰۰) برابر با ۶۷۸ لیتر در روز می باشد. همچنین آنالیز واریانس داده ها نشان می دهد تمام دسته ها در سطح معنی داری ۵ درصد با هم اختلاف دارند. نتایج نشان می دهد که هرچه نسبت محیط بر مساحت بیشتر می شود مقدار متوسط مصرف آب افزایش می یابد.

جدول ۸- مقایسه چند دسته ای شاخص نسبت محیط بر مساحت

میانگین مصرف آب  
LSD

سطوح مقایسه	محیط بر مساحت (J) محیط بر مساحت (I)	میانگین تفاضلات (I-J)	خطا	سطح معناداری	فاصله اطمینان ۹۵٪		
					کران بالا	کران پایین	
مقایسه کم با متوسط	900	1000	-158.66274*	33.43897	.000	-224.8869	-92.4386
مقایسه متوسط با زیاد	1000	1200	-333.27655*	32.53312	.000	-397.7067	-268.8464
مقایسه زیاد با کم	1200	900	491.93929*	36.53295	.000	419.5877	564.2909

منبع: یافته‌های تحقیق

## نسبت دایره محاط

این شاخص نشان می دهد که در یک دایره ی فرضی محاط به دور بلوک چه میزان فضای خالی وجود دارد که بیشتر بودن این میزان فضای خالی نشان از پیچیدگی شکل بلوک دارد که سبب افزایش مصرف آب میشود. شاخص نسبت دایره محاط در سه دسته با مقادیر ۰,۵۲، ۰,۵۵ و ۰,۵۷ مقایسه شدند. نتایج مربوط به توصیف دسته ها، آنالیز واریانس و مقایسه چند دسته ای فیشر در جدول ۹، آورده شده است. نتایج نشان می دهد مصرف متوسط برای مقدار کم شاخص (۰,۵۲) برابر با ۲۱۳، برای مقدار متوسط (۰,۵۵) برابر با ۳۶۴ و برای حد بالای شاخص (۰,۵۷) برابر با ۶۷۸ لیتر در روز می باشد. همچنین آنالیز واریانس داده ها نشان می دهد تمام دسته ها در سطح معنی داری ۵ درصد با هم اختلاف دارند. نتایج نشان می دهد که هرچه نسبت دایره ی محاط بیشتر می شود مقدار متوسط مصرف آب افزایش می یابد.

جدول ۹- مقایسه چند دسته ای شاخص نسبت دایره محاط

میانگین مصرف آب  
LSD

سطوح مقایسه	نسبت دایره محاط (J) نسبت دایره محاط (I)	میانگین تفاضلات (I-J)	خطا	سطح معناداری	فاصله اطمینان ۹۵٪		
					کران بالا	کران پایین	
مقایسه کم با متوسط	0.52	0.55	-151.39206*	31.82713	.000	-214.4130	-88.3712
مقایسه متوسط با زیاد	0.55	0.57	-313.76667*	33.95122	.000	-380.9935	-246.5399
مقایسه زیاد با کم	0.57	0.52	465.15873*	33.43285	.000	398.9583	531.3591

منبع: یافته‌های تحقیق



## شاخص چرخش بلوک

نتایج مربوط به این شاخص مؤید نتایج شاخص مساحت بوده ولی به روش فواصل سلولی آنها را محاسبه میکند و از آنجا که مفاهیم اصولی دو شاخص هم ریشه می باشند، تحلیل های مشابهی از نتایج آنها می توان انتظار داشت. شاخص چرخش بلوک در سه دسته با مقادیر ۲۹، ۳۲ و ۴۰ مقایسه شدند. نتایج مربوط به توصیف دسته ها، آنالیز واریانس و مقایسه چند دسته ای فیش در جداول ۱۰، آورده شده است. نتایج نشان می دهد مصرف متوسط برای مقدار کم شاخص (۲۹) برابر با ۲۱۳، برای مقدار متوسط (۳۲) برابر با ۳۴۴ و برای حد بالای شاخص (۴۰) برابر با ۶۲۲ لیتر در روز می باشد. همچنین آنالیز واریانس داده ها نشان می دهد تمام دسته ها در سطح معنی داری ۵ درصد با هم اختلاف دارند. نتایج نشان می دهد که هرچه شاخص چرخش بلوک بیشتر می شود مقدار متوسط مصرف آب افزایش می یابد.

جدول ۱۰- مقایسه چند دسته ای شاخص چرخش بلوک

میانگین مصرف آب  
LSD

سطوح مقایسه	چرخش بلوک (J)	چرخش بلوک (I)	میانگین تفاضلات (I-J)	خطا	سطح معناداری	فاصله اطمینان ۹۵٪	
						کران بالا	کران پایین
مقایسه کم با متوسط	29	32	-131.65694*	37.04977	.001	-205.0192	-58.2947
مقایسه متوسط با زیاد	32	40	-277.80972*	37.04977	.000	-351.1720	-204.4475
مقایسه زیاد با کم	40	29	409.46667*	33.77771	.000	342.5834	476.3499

منبع: یافته های تحقیق

## شاخص شکل

کاهش شاخص شکل با ایجاد تراکم در بلوک و استفاده از حداقل محیط برای مساحت دلخواه موجب کاهش متوسط مصرف آب می شود. با توجه به اینکه مقادیر زیاد شاخص نشان دهنده کشیدگی شکل بلوک و فاصله گرفتن از شکل مربع برای بلوک می باشد، شاخص شکل در سه دسته با مقادیر ۱،۵، ۱،۵۲ و ۱،۵۵ با هم مقایسه شدند. نتایج مربوط به توصیف دسته ها، آنالیز واریانس و مقایسه چند دسته ای فیش در جدول (۱۱)، آورده شده است. نتایج نشان می دهد مصرف متوسط برای مقدار کم شاخص (۱،۵) برابر با ۲۱۳، برای مقدار متوسط (۱،۵۲) برابر با ۳۶۵ و برای حد بالای شاخص (۱،۵۵) برابر با ۶۸۲ لیتر در روز می باشد. همچنین آنالیز واریانس داده ها نشان می دهد تمام دسته ها در سطح معنی داری ۵ درصد با هم اختلاف دارند. نتایج نشان می دهد که هرچه شاخص شکل بیشتر می شود مقدار متوسط مصرف آب افزایش می یابد.

جدول ۱۱- مقایسه چند دسته‌ای شاخص شکل

میانگین مصرف آب  
LSD

سطوح مقایسه	ضریب شکل (J) ضریب شکل (I)	میانگین تفاضلات (I-J)	خطا	سطح معناداری	فاصله اطمینان ۹۵٪	
					کران بالا	کران پایین
مقایسه کم با متوسط	1.52 1.5	-152.82005*	32.12456	.000	-216.4411	-89.1990
مقایسه متوسط با زیاد	1.55 1.52	-316.90674*	34.51321	.000	-385.2584	-248.5551
مقایسه زیاد با کم	1.5 1.55	469.72680*	33.81069	.000	402.7665	536.6871

منبع: یافته‌های تحقیق

## شاخص محیط

نتایج نشان می‌دهد که هرچه شاخص محیط بیشتر می‌شود مقدار متوسط مصرف آب افزایش می‌یابد. شاخص محیط در سه دسته با مقادیر ۱۰۰۰، ۱۱۰۰ و ۱۲۰۰ با هم مقایسه شدند. نتایج مربوط به توصیف دسته‌ها، آنالیز واریانس و مقایسه چند دسته‌ای فیشر در جدول ۱۲، آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد مصرف متوسط برای مقدار کم شاخص (۱۰۰۰) برابر با ۱۸۶، برای مقدار متوسط (۱۱۰۰) برابر با ۳۵۷ و برای حد بالای شاخص (۱۲۰۰) برابر با ۷۲۰ لیتر در روز می‌باشد. همچنین آنالیز واریانس داده‌ها نشان می‌دهد تمام دسته‌ها در سطح معنی‌داری ۵ درصد با هم اختلاف دارند. بنابراین موید این نکته می‌باشد که افزایش سرانه محیط موجب افزایش میانگین مصرف آب می‌شود که این نکته با توجه به افزایش تقاضای آب در محیط‌های بزرگتر (از جمله فضای سبز، سرمایه‌های ساختمان و ...) قابل توجیه است.

جدول ۱۲- مقایسه چند دسته‌ای شاخص محیط

میانگین مصرف آب  
LSD

سطوح مقایسه	محیط (J) محیط (I)	میانگین تفاضلات (I-J)	خطا	سطح معناداری	فاصله اطمینان ۹۵٪	
					کران بالا	کران پایین
مقایسه کم با متوسط	۱۱۰۰ ۱۰۰۰	-۱۷۰,۸۰۵۳۳*	۳۱,۰۲۴۱۹	.000	-۲۳۲,۲۳۶۳	-۱۰۹,۳۷۴۳
مقایسه متوسط با زیاد	۱۲۰۰ ۱۱۰۰	-۳۶۳,۲۳۳۴۷*	۳۲,۰۵۹۴۷	.000	-۴۲۶,۷۱۴۴	-۲۹۹,۷۵۲۵
مقایسه زیاد با کم	۱۰۰۰ ۱۲۰۰	۵۳۴,۰۲۸۷۹*	۳۶,۴۴۰۹۷	.000	۴۶۱,۸۸۲۰	۶۰۶,۱۹۵۵

منبع: یافته‌های تحقیق

## نتیجه‌گیری

همانطور که از آنالیز داده‌ها مشخص شد نحوه ساخت شهرها به طور مستقیم بر استفاده و تأمین آب تأثیر می‌گذارد، نتایج شاخص محیط و مساحت نشان داد که ابعاد و اندازه بلوک و اندازه پیرامون بلوک‌ها موجب افزایش مصرف سرانه آب می‌شود. همچنین آنالیز شاخص پیوستگی مؤید این نکته می‌باشد که در طراحی بلوک‌های شهری، هرچه بلوک‌های شهری پیوستگی بیشتری داشته باشند، میانگین مصرف آب در آن بلوک کاهش می‌یابد که با توجه به نشتی شبکه آبرسانی شهری، نقش شاخص پیوستگی پررنگ‌تر هم می‌شود. در این پژوهش مشخص شد که قرار دادن ساختمان‌های با تراکم بالا در مرکز بلوک و ساختمان‌های با تراکم کم در اطراف بلوک، متوسط مصرف آب در بلوک را کاهش می‌دهد. این

نکته با توجه به نتایج شاخص نسبت دایره ی محاط و شاخص هسته ای قابل توجه می باشد. هرچند نتایج با توجه به تهویه بهتر بلوک و تقاضای کمتر آب برای سیستم های سرمایشی دور از ذهن نمی باشد. علاوه بر این نتایج شاخص های فرکتال، نسبت محیط به مساحت، چرخش بلوک و شکل نشان داد که هرچه شکل بلوک پیچیده تر و کشیده تر باشد، سرانه مصرف آب افزایش می یابد. این تحقیق نشان می دهد که استفاده از آب از ویژگی های یک محله است و همچنین تحت تاثیر ویژگی های فیزیکی یک ملک واحد قرار دارد. شواهد ارائه شده در این پژوهش، همراه با شواهد تأیید شده از تحقیقات دیگر، نشان می دهد که محیط ساخته شده بر چگونگی استفاده از آب تاثیر به سزایی دارد. بر اساس نتایج قبلی و با توجه به اینکه علاوه بر مشکلات ناشی از تغییرات اقلیمی، جمعیت در کشورهای خشک و نیمه خشک در حال افزایش است. افزایش جمعیت و شهرنشینی باعث افزایش تقاضا برای تامین آب میشود. این چالش ها احتمالاً ادامه خواهد یافت و طیف وسیعی از سناریوهای پیش بینی شده آب وهوا، رشد و شکاف بین عرضه و تقاضا را در شهرها پیش بینی می کنند در آینده در دسترس بودن آب نامعلوم است و تحت تاثیر تغییرات جهانی و منطقه ای قرار دارد. شاخص های استفاده شده در این مقاله اثرات فرم بلوک های شهری محیط ساخته شده بر استفاده از آب را نشان می دهد، شواهد تاکید کرد که برنامه ریزان شهر نقش مهمی در بازیابی آب های شهر دارند. در حالیکه افزایش عرضه ممکن است گزینه ی دیگری باشد، مدیریت تقاضای شهری و ارتقای حفاظت از آب های شهری برای حفظ منابع آب حیاتی خواهد بود. علاوه بر این، مشکلات زمانی وجود دارد که برنامه ریزی استفاده از زمین با مدیریت تقاضا هماهنگ نباشد، چرا که تحولات جدید بدون توجه به منابع آب، منابع آب را تحت فشار قرار می دهند. برنامه ریزان شهری می توانند مجموعه ای از ابزارهای موجود برای مدیران آب را گسترش دهند و می توانند در تلاش برای ارتقای حفاظت آب همکاری کنند.

## References:

اصغری مقدم، محمدرضا (۱۳۸۷). *جغرافیای طبیعی شهر اقلیم آب و سیل خیزی در برنامه ریزی شهری*، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز.

پورصادقی، سوده (۱۳۹۳). *تحلیل زیست بوم در افق توسعه پایدار شهری، مطالعه محدود: تدوین جدول مبنا از سنجه های مؤثر زیست بوم بر اساس شاخص های زمینه اصلی در مناطق کلان شهری*. مجموعه مقالات اولین کنگره بین المللی افق های جدید معماری و شهرسازی با رویکرد هویت ایرانی اسلامی، ۱۸-۱۷ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

حسینی، سیداحمد؛ علی، باقری (۱۳۹۲). *مدل سازی پویایی سیستم منابع آب دشت مشهد برای تحلیل استراتژی های توسعه پایدار*. مجله آب و فاضلاب، شماره ۲۴، ۸۸ ص.

رفعیان مجتبی، آرمان؛ فتح جلالی، هاشم؛ داداشپور (۱۳۹۰). *بررسی وامکان سنجی تاثیر فرم و تراکم بلوک های مسکونی بر مصرف انرژی شهر، نمونه موردی شهر هشتگرد*. نشریه آرمان شهر، بهار و تابستان، شماره ۶ صص ۱۱۶-۱۰۷.

سالنامه آماری استان کرمان (۱۳۹۷). *هواشناسی کرمان در سال ۱۳۹۷*.

عابدین درکوش، سعید؛ حسین، نصیری (۱۳۸۹). *بررسی و برآورد اندازه بهینه شهرهای ایران به روش تابع مازاد، اقتصاد شهر*. صص ۸۳-۷۱.

قتدی، مهسا؛ عباس، روزبهانی (۱۳۹۷). *انتخاب سناریوهای مدیریت تامین آب شرب شهر تهران در شرایط بحران با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره PROMETHEE V*. دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، اصفهان، انجمن آب و فاضلاب ایران-دانشگاه صنعتی اصفهان.

مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۹۰). *آب و هوای ایران، مشهد*. انتشارات شریعه توس، چاپ اول، ۱۲۲ ص.

یزدان داد حسین؛ بی بی زهرا، مظلوم (۱۳۸۸). *بررسی عوامل موثر بر الگوی مصرف آب و بهینه سازی آن در بخش خانگی (مطالعه موردی: شهر مشهد)*. سومین همایش ملی آب و فاضلاب (با رویکرد اصلاح الگوی مصرف)، مشهد، ۲ ص.

Hoda Rahmati, S., Bozorg Hadad, O., Sadeghi, H., Babazadeh, H (2014). *A comparison of anfis, Ann, arma & multivariable regression methods for urban water-consumption forecasting, considering impacts of climate change: a case study on Tehran mega city. Indian J.Sci.Res.* 7, 870-880.

Furlong, C., Dobbie, M., Morison, P., Dodson, J., Pendergast, M. (2019). *Infrastructure and Urban Planning Context for Achieving the Visions of Integrated Urban Water Management and Water Sensitive Urban Design: The Case of Melbourne. In Approaches to Water Sensitive Urban Design* (pp. 329-350). Woodhead Publishing.

Maurya, S. P., Singh, P. K., Ohri, A., Singh, R (2020). *Identification of indicators for sustainable urban water development planning*. Ecological Indicators, 108, 105691.

Sardar Shahraki, A., Abbasian, M., SHahraki, J (2014). *Application of artificial neural network rbf and gmdh forecasting short-term water demand*. Journal of Multidisciplinary Research, Vol. 3, No. 5, ISSN 2278-0637, 1-11.

Zarghami, M., Abrishamchi, A., Ardakanian, R (2008). *Multi-criteria Decision Making for Integrated Urban Water Management*. Water Resources Management, 22: 1017-1029.

Sirinivasan, V., Seto, K.C., Emerson, R., Gorelick, S.M (2013). *The impacts of urbanization on water vulnerability: A coupled human-environment system approach for Chennai, India*. Journal of Global Environmental Change, 23, 229-239.

Wallis, A.M., Graymore, M.L.M., Richards, A.J (2011). *Significance of environment in the assessment of sustainable development: the case for South-West Victoria. Ecol. Econ.* 70, 595-605.

McDonald, R.I., Grenn, P., Balk, D., Fekete, B.M., Revenga, C., Todd, M., Montgomery, M (2011). *Urban growth, climate change and fresh water availability*. Proceeding of the National Academy of Sciences, 108(15), 6312-6317.

Bao, C., Fang, C (2007). *Water resources constraint force on urbanization in water deficient regions: A case study of the Hexi corridor, arid area of NW china*. Ecological Economics, 62, 508-517.

LaGro, J (1991). *Assessing patch shape in landscape mosaics*. Photogrammetric Eng Remote Sens. 57:285-93.

Baker, W.L., Cai, Y (1992). *The r.le programs for multiscale analysis of landscape structure using the GRASS geographical information system*. Landscape Ecology, 7: 291-302.

Robbins, C.S., Dawson, D.K., Dowell, B.A (1989). *Habitat area requirements of breeding forest birds of the Middle Atlantic States*. Wildl. Monogr. 103. 34.

- Johnson, A.R., Milne, B.T., Wiens, J.A., Crist, T.O (1992). *Animal movements and population dynamics in heterogeneous landscapes*. *Landscape Ecol.* 7:63-75.
- Gardner, R.H., O'Neill, R.V., Turner, M. G (1993). *Ecological implications of landscape fragmentation*. Pp. 208-226 in Pickett, S.T.A and McDonnell, M.G editors. *Humans as components of ecosystems: subtle human effects and ecology of population areas*. Springer-Verlag, New York.
- With, K.A., King, A.W (1999). *Extinction thresholds for species in fractal landscapes*. *Conservation Biology*, 13:314-326.
- Turner, M.G (1990). *Spatial and temporal analysis of landscape patterns*. *Landscape Ecology*, 4: 21-30.
- McGarigal, K., McComb, W.C (1995). *Relationships between landscape structure and breeding birds in the Oregon Coast Range*. *Ecol. Monogr.* 65: 235-260.
- Gustafson, E.J (1998). *Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art?* *Ecosystems*, 1(2), 143-156.
- Turner, M.G (1989). *Landscape ecology: the effect of pattern on process*. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 20: 171-197.
- Turner, M.G., Gardner R.H (1991). *Quantitative methods in landscape ecology*. Springer-Verlag, New York.
- Sisto, N.P., Ramirez, A.I., Aguila-Barajas, I., Magana-Rueda, V (2016). *Climate threats, water supply vulnerability and the risk of a water crisis in the Monterrey Metropolitan Area (Northeastern Mexico)*, *Physics and Chemistry of the Earth*, Vol. 91, p. 2-9.
- O'Neill, R.V., Krummel, J.R Gardner, R.H., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D.L., Milne, B.T., Turner, M.G., Zygmunt, B., Christensen, S.W., Dale, V.H., Graham R.L., (1988). *Indices of landscape pattern*. *Landscape Ecol.* 1:153-162.
- Jaeger, J.A.G (2000). *Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation*. *Landscape Ecol.* 15: 115-130.
- Hurlimann, A., Wilson, E (2018). *Sustainable urban water management under a changing climate: The role of spatial planning*. *Water*, 10(5), 546.
- Keitt, T.H., Urban, D.L., Milne B.T (1997). *Detecting critical scales in fragmented landscapes*. *Conservation Ecol.* 1(1):4. (Online).
- McGarigal, K., Cushman, S.A., Neel, M.C., ENE, E (2002). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst, available at the following web site: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
- Narain, V (2016). *Peri-urbanization, Land Use Change and Water security: A New Trigger for Water Conflicts*. *Society & Management Review*, 5(1): 5-7.
- Panagopoulos, G.P., Bathrellos, G.D., Skilodimou, H.D., Martsouka, F.A (2012). *Mapping urban water demands using multi-criteria analysis and GIS*. *Water Resources Management*, 26(5), 1347-1363.
- Nouri, H., Borujeni, S.C., Hoekstra, A.Y (2019). *The blue water footprint of urban green spaces: An example for Adelaide, Australia*. *Landscape and urban planning*, 190, 103613.