

## Technical Note

# Investigating Effective Strategies on Drinking Water Demand Management in Birjand City

A. Shahidi<sup>1</sup>, A. Khashei Siuki<sup>2</sup>, Z. Zeraatkar<sup>3</sup>

1. Assoc. Prof., Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran  
(Corresponding Author) ashahidi@birjand.ac.ir
2. Assoc. Prof., Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
3. PhD Student, Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

(Received Apr. 3, 2017 Accepted Feb. 19, 2018)

**To cite this article :**

Shahidi, A., Khashei Siuki, A., Zeraatkar, Z., 2018, "Investigating effective strategies on drinking water demand management in birjand city." Journal of Water and Wastewater, (In press).  
Doi: 10.22093/wwj.2018.78299.2352 (In Persian)

**Abstract**

Water is considered a passive defense means. One of the strategies of enemy invasion, especially in the border areas of the country (such as South Khorasan) is to dominate the minimal water resources in the region. Also, the growth in demand and the constant volume of renewable fresh water resources has led to water scarcity which in turn has provided the grounds for the development of science and economics theories on the issue of scarce resources allocation. The purpose of this study was to investigate effective factors on drinking water consumption pattern for scarce resources using experts' opinions and employing Analytical Hierarchy and Topsis Analysis (TOPSIS) techniques. The results showed that the strategies of applying tariffs in accordance with the conditions and costs of producing and distributing, preparing and applying water efficiency labels on all equipment and household appliances, using educational catalogs and advertising warnings to reduce water consumption, installing equipment for water use in schools and educational centers and some mosques, and comprehensive water resources (which we lack in Iran) are the best strategies among drinking water consumption patterns in arid regions. The results of this study indicated that the combination of the Hierarchical Analysis Process model and the Ideal Likelihood Option (TOPSIS) can be used to examine and prioritize the patterns of drinking water consumption.

**Keywords:** Demand, Birjand City, Allocation, AHP, TOPSIS.



## یادداشت فنی

## بررسی راهبردهای مؤثر بر مدیریت تقاضای آب شرب شهر بیرجند

علی شهیدی<sup>۱</sup>، عباس خاشعی سیوکی<sup>۲</sup>، زهرا زراعتکار<sup>۳</sup>۱- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران  
(نویسنده مسئول) ashahidi@brijand.ac.ir

۲- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳- دانشجوی دکترای منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

(دریافت ۹۶۱/۱۴ پذیرش ۹۶۱۱/۳۰)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:

شهیدی، ع.، خاشعی سیوکی، ع.، زراعتکار، ز.، ۱۳۹۷، "بررسی راهبردهای مؤثر بر مدیریت تقاضای آب شرب شهر بیرجند"

مجله آب و فاضلاب، (در انتظار چاپ). Doi: 10.22093/wwj.2018.78299.2352

## چکیده

آب به عنوان یک پدافند غیرعامل مهم محسوب می شود، به طوری که یکی از راهکارهای تهاجم دشمن به ویژه در مناطق مرزی کشور (مانند خراسان جنوبی) تسلط بر منابع آبی حداقلی منطقه است. همچنین رشد تقاضا و حجم ثابت منابع آب شیرین تجدیدپذیر منجر به کمیابی آن شده و زمینه را برای توسعه نظریه های علم و اقتصاد با موضوع تخصیص منابع کمیاب فراهم شده است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی عوامل مؤثر بر الگوی مصرف آب شرب برای منابع کمیاب با استفاده از نظرات کارشناسان با بهره گیری از روش های تحلیل سلسله مراتبی و TOPSIS است. نتایج نشان داد که راهبردهای اعمال تعرفه های متناسب با شرایط و هزینه های تولید و توزیع، تهیه و به کارگیری برچسب بهره وری آب بر روی کلیه تجهیزات و لوازم خانگی، استفاده از کاتالوگ های آموزشی و هشدارهای تبلیغاتی جهت کاهش مصرف آب، نصب وسایل و تجهیزات مصرف آب در مدارس و مراکز آموزشی و بعضی از مساجد و نگرش جامع منابع آب در ایران، بهترین راهبرد در میان راهبردهای الگوی مصرف آب شرب مناطق خشک است. نتایج این پژوهش نشان می دهد که ترکیب مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی و شباهت به گزینه ایده آل (TOPSIS) می تواند در بررسی و اولویت بندی راهبردهای الگوی مصرف آب شرب مورد استفاده قرار گیرد.

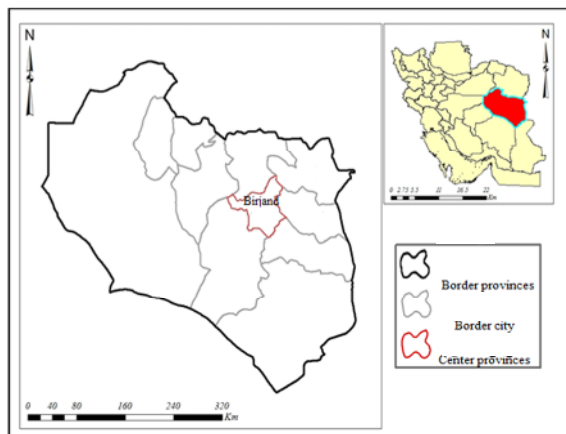
واژه های کلیدی: تقاضا، شهر بیرجند، تخصیص، تصمیم گیری چند معیاره، TOPSIS

## ۱- مقدمه

که در خصوص تخصیص بهینه و تعیین ارزش اقتصادی آب در کشورهای مختلف انجام شده به شرح زیر است: موتیکانگا و همکاران در سال ۲۰۱۱ با استفاده از تجزیه و تحلیل تصمیم گیری چند معیاره، برنامه ریزی استراتژیک برای مدیریت تلفات آب شهر کپال را مورد بررسی قرار دادند (Mutikanga et al., 2011). پاناکوپلوس و همکاران در سال ۲۰۱۲ در پژوهش خود با استفاده از یک روش تجزیه و تحلیل چند معیاره، به بررسی عوامل اصلی رشد آینده نیازهای آب شهری بر اساس روند رشد شهر در شهر میتیلن (جزیره لسوبو) در مجمع الجزایر شمال شرقی پرداختند (Panagopoulos et al., 2012).

محدودیت منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک و رشد روز افزون تقاضای آن موجب کمبود آب، کاهش قابلیت اعتماد به سیستم های تأمین آب، تشدید رقابت و تضاد بین بخش های مختلف مصرف کننده و بروز خسارات اقتصادی، زیست محیطی، تنش های اجتماعی و سیاسی می شود. کمبود آب در ایران نیز یکی از اصلی ترین عوامل محدود کننده توسعه فعالیت های اقتصادی در آن دهه های آینده به شمار می رود. لذا مدیریت تقاضا که به مصرف آب به عنوان یک تقاضا مطرح است، می تواند توسط روش های فنی و اقتصادی - اجتماعی اصلاح شود و به رویکردهایی برای تخصیص و استفاده بهینه از منابع آبی موجود منجر شود. از جمله پژوهش هایی

است. در این پژوهش سعی شد با ارائه راهکارهای مؤثر بر مدیریت تقاضای آب شرب، تثبیت جمعیت و پایداری استان مورد توجه قرار گیرد.



**Fig. 1.** Location of Birjand in south Khorasan province in Iran

شکل ۱- موقعیت شهر بیرجند را در استان خراسان جنوبی و ایران

## ۲-۲- مراحل تصمیم‌گیری گروهی با استفاده از مدل هیبریدی

### تحلیل سلسله مراتبی و TOPSIS

در طرح‌ها و راهبردهای منابع آب، گاهی برآورده کردن یک معیار به معیارهای دیگر آسیب می‌رساند. مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در این‌گونه موارد می‌توانند معیارهای مختلف را در نظر گرفته و برای انتخاب و رتبه‌بندی راهبردها به‌کار روند. در این پژوهش سعی شد با تلفیق این دو مدل، مدلی ارائه شود که از نقاط قوت این دو مدل استفاده کرده و نقاط ضعف آن‌ها را پوشش دهد. پس از مشخص کردن مسئله تصمیم‌گیری و تکمیل فرم‌های نظرسنجی توسط کارشناسان و خبرگان، ماتریس‌های مقایسات زوجی بنا بر پیشنهاد ساعتی در سال ۱۹۹۰ آماده و نرخ سازگاری مورد بررسی قرار گرفت (Saaty, 1990).

با توجه به اینکه کارشناسان مختلف هر کدام نظرات مخصوص به خود را دارند، نظرات مختلف با هم تجمیع شدند. در مرحله بعد با به‌دست آوردن ماتریس وزن معیارها و ماتریس تصمیم، وزن نسبی محاسبه شد. در این مرحله، راهبردها بر اساس شباهت به حل ایده‌آل با استفاده از مدل TOPSIS رتبه‌بندی می‌شوند.

باکهوم و برون در سال ۲۰۱۳ با استفاده از فرایند سلسله مراتبی تحلیلی و تکنیک ترجیح سفارش با شباهت به راه حل ایده آل برای توسعه رویکردی برای ارزیابی و رتبه‌بندی مواد ساختمانی در طول عمر خود (Bakhoun and Brown, 2013).

تیاگی و همکاران در سال ۲۰۱۴ با استفاده از مدل مبتنی بر سلسله مراتب از طریق در نظر گرفتن هشت معیار و پنج جایگزین، بهترین جایگزین با هدف بهبود عملکرد الکترونیکی مدیریت زنجیره تأمین (e-SCM) صنعت خودرو در منطقه دهلی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند (Tyagi et al., 2014). کاراهالیوس در سال ۲۰۱۷ با استفاده از دو روش تصمیم‌گیری تحلیل سلسله مراتبی و TOPSIS با استفاده از قضاوت‌های کارشناسان، ارزیابی هزینه و سود استفاده از سیستم‌های تصفیه آب (BWTS) کشتی‌های تجاری ایالات متحده آمریکا را بررسی نمود (Karahalios, 2017). آلیوی و همکاران در سال ۲۰۱۷ به ارزیابی شیرین‌سازی آب با استفاده از تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره در کویت، اشاره نمود (Aliewi et al., 2017).

هدف این پژوهش نیز، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر وزن‌دهی معیارهای انتخاب توسط تصمیم‌گیرنده (فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و روش اولویت‌بندی با استفاده از شباهت به جواب ایده‌آل (TOPSIS)) به‌منظور بررسی عوامل مؤثر بر الگوی مصرف آب شرب می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه و اهمیت آب به‌عنوان پدافند

#### غیرعامل در شهر بیرجند

محدوده مورد مطالعه شهر بیرجند، مرکز استان خراسان جنوبی است (شکل ۱) که در میان دره گسترده‌ای در جنوب خراسان با مساحتی برابر ۲۶۵۶ هکتار در ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی نسبت به نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. آب از نظر کمی و کیفی، به‌عنوان یک پدافند غیرعامل مهم محسوب می‌شود به‌طوری که یکی از راهکارهای تهاجم دشمن خصوصاً در مناطق مرزی کشور (مانند خراسان جنوبی) تسلط بر منابع آبی حداقلی منطقه است. مدیریت صحیح تقاضای مصرف آب در این شهر مرزی، به معنی تثبیت جمعیت و جلوگیری از مهاجرت



## ۳- نتایج و بحث

تهدیدها استخراج شد. در نهایت پنج معیار اصلی و سی راهبرد برای مدیریت تقاضای آب شرب مناطق خشک به دست آمد (جدول ۱).

معیارها و راهبردهای الگوی تقاضای آب شرب طی چند جلسه با حضور افراد خبره، با ادغام کلیه نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و

جدول ۱- معیارها و راهبردهای اصلی مورد استفاده در پژوهش

Table 1. The main criteria and strategies used in the study

Criteria	Strategies	Criteria	Strategies
Economic factors and tariffs (C1) W=0. 211	Impose tariffs in accordance with the conditions and costs of production (and distribution) (Sc1)	(C3) Cultural and social (C3)  W=0. 128	The tools needed to raise public awareness and changing consumer behavior in order to save water. (Sc15)
	Determine the right price for water (to save water demand). (Sc2)		The inclusion of important related topics in the textbooks of different educational levels and specialized books in universities to modify the pattern of water use. (Sc16)
	(Use promotional tariff plans. (Sc3)		Use of the religious doctrine of Islam regarding the importance of water and the necessity savings and prevent waste water for instituting a culture of water savings. (Sc17)
Economic factors and tariff (C1) W=0. 211	Increase in tariffs for customers with (specially high-consumptions. (Sc4)	Technical and Engineering (C4) W=0.060	Use of public education to improve public awareness for water saving. (Sc18)
	Increase in tariffs Proportional to the (quality of water delivered. (Sc5)		Use of training catalogs and promotional alerts to reduce water consumption. (Sc19)
	Increase in tariffs Proportional to the real price of water in drinking water treatment systems in Birjand city. (Sc6)		Modification of facilities and recreational equipment such as insulating hot and cold water pipes. (Sc20)
	Increase in tariffs Proportional to the price of water in drinking water treatment systems in Birjand city. (Sc6)		Using water-saving equipment (such as faucet, shower head) to maintain and conserve water. (Sc21)
	Monitor the implementation and installation Domestic water installations of buildings. (Sc7)		Using water-saving equipment (such as faucet, shower head) to maintain and conserve water. (Sc21)
	Preparation and implementation of water efficiency labels on all equipment and appliances. (Sc8)		Improving and equipping household appliances (washing machines and water coolers, etc.), consumption of water. (Sc22)
Legal-Regulation (C2) W=0. 324	Mandate the use of low consumption valves in buildings or at least in public places. (Sc9)	Policy Making (C5) W=0. 277	Installing water use equipment for schools and training centers and some mosques. (Sc23)
	Use of new and varied methods in water distribution. (Sc10)		Modify facility to prevent water loss in urban networks. (Sc24)
	Prohibit of the irrigation in the green spaces with drinking water. (Sc11)		The lack of a comprehensive approach water resources in Iran. (Sc25)
	Prohibit of car washing with drinking water. (Sc12)		Lack of unified management structure and interconnected between the owners of water. (Sc26)
	Prohibit of yard washing with drinking water. (Sc13)		Lack of alignment in policies and programs in different parts of water sector. (Sc2)
Prohibit of industrial consumption from drinking water. (Sc14)	Adopt management decisions regardless of technical issues. (Sc28)		
			Interference management measures different organs Related to water. (Sc29)
			Lack of government spending appropriations in the relevant sections. (Sc3)



## جدول ۲- محاسبه نزدیکی به راه حل ایده آل مثبت و منفی و رتبه بندی راهبردها

Table 2. Calculation of positive and negative proximity to ideal solution and ranking the strategies

(C1)		(C2)		(C3)		(C4)		(C5)	
Criteria		Criteria		Criteria		Criteria		Criteria	
Strategies	The proximity factor	Strategies	The proximity factor	Strategies	The proximity factor	Strategies	The proximity factor	Strategies	The proximity factor
Sc1	1	Sc8	1	Sc19	1	Sc23	1	Sc23	1
Sc3	0.379751	Sc13	0.3937	Sc18	0.256128	Sc20	0.425742	Sc30	0.92233
Sc6	0.347617	Sc14	0.389617	Sc15	0.227718	Sc22	0.232752	Sc27	0.252973
Sc2	0.242659	Sc12	0.331003	Sc16	0.092511	Sc21	0.128154	Sc26	0.207584
Sc5	0.199421	Sc9	0.168453					Sc29	0.187777
		Sc11	0.099201	Sc17	0	Sc24	0	Sc28	0
Sc4	0	Sc7	0.053364						
		Sc10	0.001008						

دو دهه اخیر توجه به مدیریت جامع آب که شامل مدیریت جامع تقاضا و مدیریت تولید است از یک موضوع فرعی به موضوعی محوری و پراهمیت تغییر یافته است. مدیریت تولید آب به عنوان یک عامل پویا و مؤثر در جهت سیاست گذاری، برنامه ریزی و ایجاد امکانات لازم برای بهره گیری از منابع آب از سالها پیش توجه خود را به توسعه منابع آب و موضوعات زیست محیطی معطوف کرده است.

## ۴- نتیجه گیری

در این مطالعه، با استفاده از نظر کارشناسان و متخصصان آب و همچنین با مرور منابع علمی داخلی و خارجی، تمامی راهبردهای ممکن برای مدیریت تقاضای آب شرب مناطق خشک به دست آمد. سپس با تجمیع این راهبردها، ۳۰ راهبرد اصلی مطرح برای مدیریت تقاضای آب شرب در قالب پنج معیار اصلی تدوین شد. نتایج نشان داد که افزایش قیمت ها شاید نتواند تأثیر زیادی بر میزان مصرف داشته باشد ولی یکی از مهم ترین راه های تغییر الگوی مصرف به صورت بهینه، به کارگیری ابزارهای فرهنگی و تبلیغات برای اصلاح نوع مصرف، به کارگیری برچسب بهره وری مصرف آب بر روی کلیه تجهیزات و لوازم خانگی آب بر و همچنین رتبه بندی ساختمان ها بر اساس راندمان در مصرف آب، وسایل و تجهیزات کاهنده مصرف آب و هماهنگی میان طرح جامع آب کشور با طرح آمایش سرزمین می باشد.

## ۵- قدردانی

به این وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه بیرجند بابت حمایت های علمی و مالی تقدیر می شود.

برای اجرای مدل تصمیم گیری، فرم های نظرسنجی تقدیم متخصصان شد. برای این منظور تا حد امکان سعی شد از اساتید دانشگاه، مجریان، مسئولان و کارشناسان سازمان آب و فاضلاب شهری استان استفاده شود. نتایج اولویت بندی راهبردهای مدیریت تقاضای آب شرب مدل نشان داد که استفاده از کاتالوگ های آموزشی و هشدارهای تبلیغاتی به منظور کاهش مصرف آب و به کارگیری برچسب بهره وری آب بر روی کلیه تجهیزات و لوازم خانگی و اعمال تعرفه های متناسب، بهترین راهبرد برای معیارهای قانونی، فرهنگی و اجتماعی و عوامل اقتصادی و تعرفه های مدیریت تقاضای آب شرب مناطق خشک است. جدول ۲ فاصله راهبردها از راه حل ایده آل و عکس راه حل ایده آل و رتبه بندی راهبردها را نشان می دهد. تعیین قیمت مناسب برای آب هم موجب صرفه جویی آن توسط مصرف کنندگان و کاربرد بهینه آن در مصارف تجاری و صنعتی شده و هم درآمدی از فروش آن برای شرکت های آب و فاضلاب حاصل می شود تا بخش عمده ای از هزینه های خدمات آبرسانی و تصفیه را تأمین کنند. دولت با اقدامات قانونی و اعمال آیین نامه ها قادر است عوامل بحران را در مدیریت مصرف آب را کنترل نماید. بر اساس نتایج این مطالعه پیشنهاد می شود هزینه و وقت بیشتری به بحث آموزش مصرف کنندگان و ارتقاء آگاهی عمومی و تغییر رفتار مصرف کننده اختصاص داده شود. همچنین برای اصلاح تأسیسات و تجهیزات بهداشتی و بهبود کاهش مصرف آب، می توان با بازچرخانی و استفاده مجدد از آب خاکستری، جمع آوری و استفاده از آب باران برای مصارف مختلف، عایق بندی لوله های آب گرم و سرد و اصلاح طراحی سیستم لوله کشی ساختمان، گام مؤثری در کاهش مصرف آب برداشت. در



## References

- Aliawi, A., El-Sayed, E., Akbar, A., Hadi, K. & Al-Rashed, M. 2017. Evaluation of desalination and other strategic management options using multi-criteria decision analysis in Kuwait. *Desalination*, 413, 40-51.
- Bakhoun, E.S. & Brown, D.C. 2013. A hybrid approach using AHP-TOPSIS-entropy methods for sustainable ranking of structural materials. *International Journal of Sustainable Engineering*, 6(3), 212-224.
- Karahalios, H. 2017. The application of the AHP-TOPSIS for evaluating ballast water treatment systems by ship operators. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 172-184.
- Mutikanga, H.E., Sharma, S.K. & Vairavamoorthy, K. 2011. Multi-criteria decision analysis: A strategic planning tool for water loss management. *Water Resources Management*, 25(14), 39-47.
- 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.
- Saaty, T.L. 1990. How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational research*, 48(1), 9-26.
- Tyagi, M., Kumar, P. & Kumar, D. 2014. A hybrid approach using AHP-TOPSIS for analyzing e-SCM performance. *Procedia Engineering*, 97, 2195-2203.