

مکان یابی بهینه بازسازی شبکه های توزیع آب شهری (مطالعه موردی: محدوده آب و فاضلاب منطقه یک شهر تهران)

- احمد سلامت^۱، مهدی اعلمی^۲، اسلام ستارزاده^۳، ستاره عزیزیان^۴ و نرگس مظفری^۵
۱. رئیس هیأت مدیره و مدیرعامل شرکت آب و فاضلاب منطقه یک تهران
 ۲. معاون مهندسی و توسعه شرکت آب و فاضلاب منطقه یک تهران
 ۳. مدیر دفتر فنی و خدمات مهندسی شرکت آب و فاضلاب منطقه یک تهران
 ۴. دانشجوی دکتری مهندسی عمران آب و کارشناس فنی شرکت آب و فاضلاب منطقه یک تهران
 ۵. کارشناس فنی شرکت آب و فاضلاب منطقه یک تهران

تهران (نویسنده عهده دار مکاتبات)*

*sta_1366@yahoo.com

خلاصه

هر سال صدها کیلومتر لوله در سراسر جهان در تلاش برای کاهش اثرات تخریب لوله و از دست دادن آب و استمرار انتقال بدون وقفه آب تعمیر یا جایگزین می‌شوند. سامانه‌های آب شهری اغلب مدفون و فراموش شده‌اند تا زمانی که نیست، کاهش فشار و یا شکستگی را نشان دهند و یا مقادیر زیادی آب در آن‌ها تلف شود. بر اساس مطالعات بانک جهانی سالانه ۴۸ میلیارد مترمکعب آب در شبکه‌های توزیع از دست می‌روند که این مقدار معادل ۱۴ میلیارد دلار است. یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های ارگان‌های متولی توزیع آب شهری شناخت دقیق نقاط آسیب‌پذیر شبکه و برنامه‌ریزی به جهت رفع مشکلات است. در تحقیق حاضر با بررسی معیارهای لرزه‌ای، سن لوله‌ها، جنس لوله‌ها و ... به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری منطقه پرداخته شده است. در نهایت با تولید نقشه‌ها در فضای مکانی و هم‌پوشانی اطلاعات نقاط آسیب‌پذیر و اولویت‌های بازسازی منطقه استخراج گشته است. طبق مطالعه انجام شده محدوده‌های مخازن ۲۶، ۳۰، ۲۱-۲۲ و ۲۰-۲۴ دارای بیشترین ریسک آسیب‌پذیری در منطقه می‌باشند.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی، شبکه توزیع، بازسازی



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on

Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



انجمن آب و فاضلاب ایران شرکت آب و فاضلاب کشور

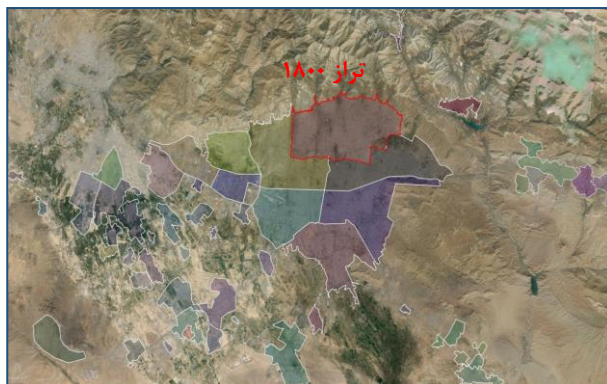
۱. مقدمه

هرسال صدها کیلومتر لوله در سراسر جهان در تلاش برای کاهش اثرات تخریب لوله و از دست دادن آب و استمرار انتقال بدون وقفه آب تعمیر یا جایگزین می‌شوند. شبکه‌های آب موجود به علت عوامل متعدد (داخلی و خارجی) مانند شکستگی مبتنی بر تصادف یا خرابی‌ها به طور گسترده‌ای در معرض ریسک‌های فراوان قرار دارند. این وضعیت نشان‌دهنده یک مشکل قابل توجه برای جوامع است. ارزیابی ریسک زیرساخت‌های اساسی در شهرها یکی از مهم‌ترین مشکلات جامعه مهندسی به شمار می‌رود، این مسئله زمانی چالش‌برانگیز می‌شود که زیرساخت‌ها در زیرزمین مدفون شده باشند. این مشکل جنبه‌های گوناگونی دارد: ۱. قابلیت اطمینان سیستم بستگی به توپولوژی شبکه و قابلیت اطمینان اجزاء سازنده سیستم دارد. ۲. شبکه توزیع آب شهری دارای پارامترهای متغیر طراحی و اجزای گوناگونی است. ۳. کمبود داده‌های تاریخی در زمینه چگونگی عملکرد اجزا سیستم در طول زمان و با بارگذاری های گوناگون ۴. شبکه‌ها به شدت برای بازرسی بصری غیرقابل دسترس هستند [۱]. سامانه‌های آب شهری اغلب مدفون و فراموش شده‌اند تا زمانی که نشت و یا شکستگی را نشان دهند و یا مقادیر زیادی آب در آن‌ها تلف شود. بر اساس مطالعات بانک جهانی سالانه ۴۸ میلیارد مترمکعب آب در شبکه‌های توزیع از دست می‌روند که این مقدار معادل ۱۴ میلیارد دلار است [۲] مقدار آب از دست‌رفته، یا بدون درآمد معرف بهره‌وری عملیاتی یک سیستم توزیع آب است و مقادیر بالای آب بدون درآمد نشان‌دهنده مدیریت ضعیف در حوزه آب شهری و ضعف شرایط فیزیکی شبکه است. توانایی ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه در برابر خطرات مختلف به متولیان آب کمک می‌کند اقدامات خود را اولویت‌بندی کرده و حداقل سطح اطمینان شبکه را تضمین کنند [۱]. از این رو ارگان‌های مربوطه موظف‌اند با به‌کارگیری روش‌های نوین گامی در راستای شناسایی نقاط ضعف و آسیب‌پذیری شبکه بردارند. توانایی سامانه‌های آبی موجود و آینده در مواجهه با پدیده‌های مختلف و تأمین نیاز افراد جامعه یکی از ویژگی‌های مهم آن‌ها است. متولیان توزیع آب با وظایف فزاینده و پیچیده‌ای مواجه هستند. هوشمندانه و مؤثر بودن ارزیابی (مدل‌سازی) وضعیت یک شبکه لوله، در کنار مدیریت شبکه با به حداکثر رساندن قابلیت اطمینان آن و به حداقل رساندن هزینه‌های عملیاتی و مدیریت اهمیت ویژه‌ای دارد. بر اساس مطالعات، بررسی‌ها و تجارب گذشته برخی از نقاط بحرانی شبکه توزیع آب و انشعابات در محدوده مورد مطالعه بر اساس اهداف زیر مورد مطالعه قرار می‌گیرند:

- تعویض لوله‌های آزرست
- تعویض لوله‌های دارای ریسک بالا در تخریب با زلزله
- جلوگیری از وقوع حوادث و اتفاقات پیش‌بینی نشده و در نتیجه کمک به مدیریت بهینه شبکه توزیع
- کمک به حفظ منابع آبی در منطقه
- کاهش تلفات فیزیکی باهدف کاهش تحمیل هزینه‌های هدر رفت آب در بلندمدت

۲. محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه بخش تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب منطقه یک شهر تهران است. با در نظر گرفتن جهات محدودیت توسعه، از جنوب به بزرگراه حکیم و رسالت، از غرب به دره فرحزاد، از شرق به بزرگراه امام علی (ع)، پارک جنگلی لویزان و بزرگراه ارتش و از شمال به ارتفاعات شمالی شهر تا تراز ۱۸۰۰ متر محدود می‌شود. مساحت تحت پوشش در وضعیت موجود ۱۲،۹۵۴ هکتار بوده و دارای ۱۲۳،۲۲۱ مشترک فعال و غیرفعال است. متراژ شبکه توزیع تحت پوشش ۱،۷۵۸ کیلومتر حدفاصل خروجی مخزن تا ابتدای انشعابات مشترکین بوده و ۲۶ مخزن فعال در وضعیت فعلی به حجم ۶۰۴،۷۰۰ مترمکعب محدوده را تحت پوشش قرار می‌دهند. جمعیت محدوده بر اساس نتایج سرشماری نفوس و مسکن مرکز آمار ایران، در سال ۹۰ معادل ۱،۲۳۹،۴۵۹ نفر اعلام گردیده است. موقعیت منطقه یک آب و فاضلاب در شهر تهران و بر روی تصویر ماهواره‌ای در شکل شماره (۱) نمایش داده شده است.



شکل شماره ۱- موقعیت محدوده شرکت آب و فاضلاب منطقه یک در شهر تهران بر روی تصویر ماهواره‌ای

در شکل شماره (۲) موقعیت قرارگیری نواحی در محدوده منطقه یک آب و فاضلاب شهر تهران نمایش داده شده است. مساحت نواحی به ترتیب عبارتند از: ناحیه یک: ۴،۲۱۵ هکتار، ناحیه دو: ۴،۱۹۱ هکتار، ناحیه سه: ۴،۵۴۷ هکتار



شکل شماره ۲- موقعیت نواحی در محدوده شرکت آب و فاضلاب منطقه یک شهر تهران بر روی تصویر ماهواره‌ای

۳. متدولوژی

۳-۱. تعویض لوله‌های آزیست:

انتخاب نوع لوله و اتصالات با عملکرد مناسب و دوام طولانی از عوامل کلان مدیریت هزینه در شرکت‌های آب و فاضلاب است. یکی از لوله‌هایی که در گذشته کاربرد وسیعی در شبکه توزیع آب داشته، لوله‌های آزیست سیمانی است. در صورتی که آب از نظر کلسیم فقیر باشد، کلسیم موجود در سیمان لوله وارد آب شده و به مرور علاوه بر آنکه مقاومت ساختمانی لوله کاهش می‌یابد مقدار آزیست موجود در آب افزایش پیدا می‌کند. بر اساس نظر کارشناسان اگر لوله‌های آزیست فرسوده و به نوعی مستهلک شوند، آزیست بیشتری وارد آب می‌شود.

از دیگر معایب این لوله‌ها شکننده بودن است که در هنگام جابجایی و اتصال سریعاً آسیب می‌بینند که قبل از نصب لوله و جریان یافتن آب در خط تشخیص عیوب قطعات صدمه‌دیده بسیار مشکل است. در تعمیرات و در محل اتصالات این نوع از لوله بسیار آسیب‌پذیر است و در صورت کوچک‌ترین جابه‌جایی نشت فراوانی از محل اتصالات اتفاق می‌افتد.

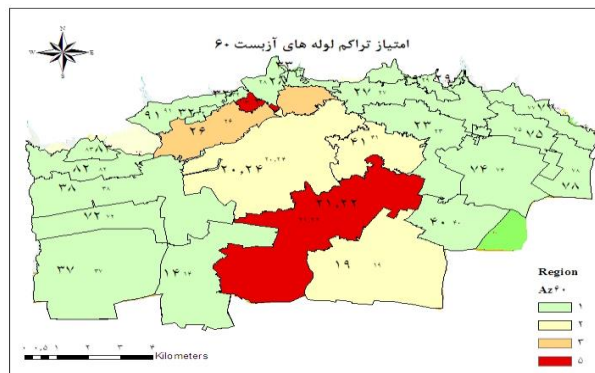
لذا به منظور حفظ سلامتی مشترکین از یکسو و جلوگیری از کاهش مقاومت لوله‌های شبکه توزیع، تعویض لوله‌ها با جنس آزیست در اولویت‌های این شرکت قرار دارد. با توجه به دلایل فوق با توجه به تراکم وجود لوله‌های آزیست در محدوده هر یک از نواحی بررسی‌هایی صورت پذیرفت و به هر محدوده امتیازی از ۱ تا ۵ داده شد که امتیاز بالاتر نشان‌دهنده تراکم بیشتر در محدوده است.

جدول شماره ۱- امتیازبندی محدوده مخازن از لحاظ تراکم لوله آزیست

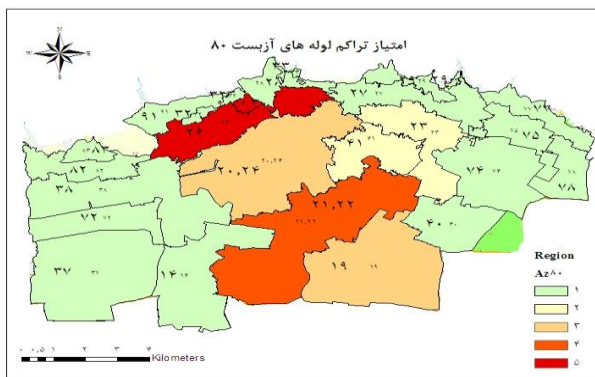
درصد	مترای آزیست	مترای کل لوله	شماره محدوده مخزن
0.24	174.8993953	72080.41997	14
18.30	41043.83115	224322.5494	19
2.22	1591.326375	71569.91153	23
9.69	9807.283146	101242.9657	26

1.01	827.4738202	82191.34522	27
0.00	0	19704.25284	28
3.46	824.6367148	23852.96552	29
11.75	889.4607952	7571.12512	30
2.81	248.3638555	8830.16261	32
0.00	0	7470.119022	33
5.51	5173.448248	93951.48999	37
1.23	1605.132183	130806.4261	38
2.69	1496.414734	55703.88599	40
4.84	3933.390705	81251.8697	41
1.44	1033.362275	71609.3486	72
0.70	302.0897853	43283.20248	74
16.87	7033.282305	41681.89187	75
16.71	6004.493817	35943.8149	77
0.00	0	10603.69531	78
0.00	0	47867.15241	82
0.00	0	8036.708363	83
0.00	0	34168.6042	91
5.52	13323.64205	241247.6754	20-24
10.32	23059.60841	223466.1809	21-22

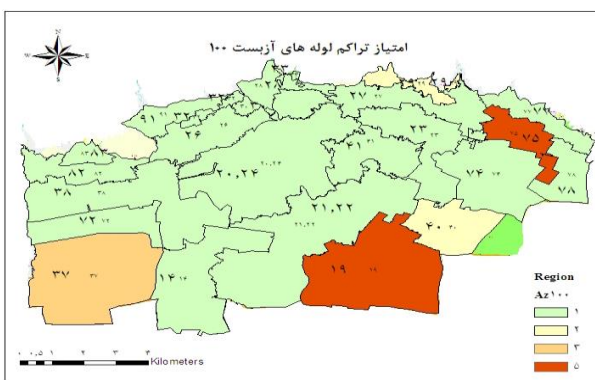
با توجه به اینکه حداقل قطر در نظر گرفته شده برای شبکه ۱۰۰ میلی متر است تعویض لوله‌های با قطر ۶۰ و ۸۰ و جنس آزیست از اهمیت بالاتری برخوردار است. و نیز با توجه به تراکم بالای لوله‌های آزیست ۱۰۰ در برخی از محدوده‌های مخازن بازسازی بخشی از این لوله‌ها هم مورد توجه قرار گرفت. تصویر مناطق با تراکم بالای لوله‌های آزیست به تفکیک قطر در تصاویر ۳-۵ آمده است.



شکل شماره ۳- تصویر امتیازبندی محدوده مخازن بر اساس تراکم آزیست ۶۰



شکل شماره ۴- تصویر امتیازبندی محدوده مخازن بر اساس تراکم آزیست ۸۰

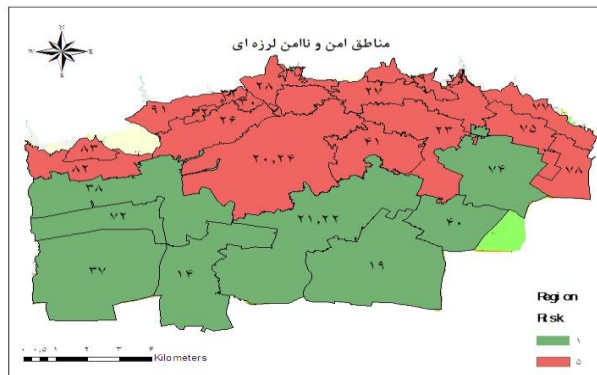


شکل شماره ۵- تصویر امتیازبندی محدوده مخازن بر اساس تراکم آزیست ۱۰۰

۲-۳. تعویض لوله‌های دارای ریسک بالا در تخریب با زلزله:

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته قسمتی از خطوط لوله موجود در شبکه تحت تأثیر گسل است که این خود می‌تواند میزان خطرپذیری و آسیب لوله‌های موجود را افزایش دهد.

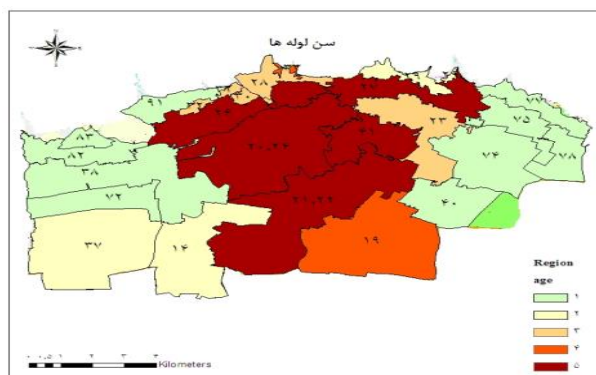
لازم به ذکر است که تعداد خطوط لوله‌ای که با گسل‌ها در تماس هستند درصدی کم از کل لوله‌ها را تشکیل می‌دهد اما باید توجه داشت که تنها راه بهبود خطوط لوله مقاوم‌سازی در محل تماس و موقعیت و زاویه قرارگیری هر کدام نسبت به خطوط گسل موجود است. بر این اساس با توجه به میزان فاصله از گسل‌ها و مطالعات انجام شده منطقه به دو بخش امن و ناامن تقسیم شده است که به مناطق امن امتیاز ۱ و به مناطق ناامن امتیاز ۵ داده شده است.



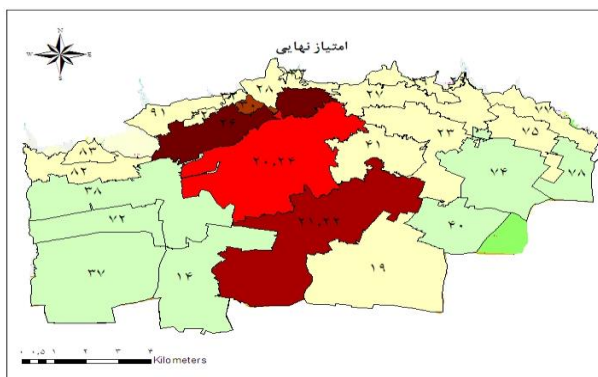
شکل شماره ۶- تصویر امتیازبندی محدوده مخازن بر اساس خطر زلزله

۳-۳. سن لوله‌ها (فرسودگی):

افزایش حوادث در شبکه‌های توزیع آب شهری به دلیل افزایش سن لوله‌ها از جمله عواملی است که اصلاح و بازسازی شبکه را ضروری می‌سازد. فرسودگی شبکه‌های آب شهری باعث ایجاد شکست مکانیکی و هیدرولیکی در اجزای شبکه می‌گردد. در شکست مکانیکی، اجزای حوادث از مدار سرویس دهی خارج می‌شوند. بدیهی است با گذشت زمان سن شبکه و به تبع آن میزان حوادث در شبکه افزایش پیدا می‌کند بنابراین یکی از مهم‌ترین روش‌هایی که از بروز اختلال در بهره‌برداری از شبکه جلوگیری می‌نماید این است که پیش از نمایان شدن آثار نشت به شکل مشهود لوله‌های در معرض خطر شناسایی و مورد بازسازی قرار گیرند. بر اساس اطلاعات پیاده شده در نقشه، در نواحی مرکزی محدوده آب و فاضلاب منطقه یک شهر تهران به دلیل بافت قدیمی و نو سازی مرحله‌ای، لوله‌های کار گذاشته شده دارای سن بالاتر با توزیع پراکندگی گسترده در سطح محدوده می‌باشند. بر اساس تراکم لوله‌های با سن بالاتر از ۳۰ سال امتیازدهی ریسک به محدوده‌های مخازن اختصاص یافت.



1.33	2	2	1	1.00	1.00	1.00	14	1
2.67	4	1	1	5.00	3.00	2.00	19	2
2.33	3	2	5	1.00	2.00	1.00	23	3
3.67	5	3	5	1.00	5.00	3.00	26	4
2.33	5	1	5	1.00	1.00	1.00	27	5
2.00	3	1	5	1.00	1.00	1.00	28	6
2.17	2	2	5	2.00	1.00	1.00	29	7
3.33	3	1	5	1.00	5.00	5.00	30	8
2.17	3	2	5	1.00	1.00	1.00	32	9
2.17	4	1	5	1.00	1.00	1.00	33	10
1.67	2	2	1	3.00	1.00	1.00	37	11
1.33	1	3	1	1.00	1.00	1.00	38	12
1.17	1	1	1	2.00	1.00	1.00	40	13
2.83	5	2	5	1.00	2.00	2.00	41	14
1.33	1	3	1	1.00	1.00	1.00	72	15
1.17	1	2	1	1.00	1.00	1.00	74	16
2.83	1	4	5	5.00	1.00	1.00	75	17
2.33	1	5	5	1.00	1.00	1.00	77	18
1.67	1	1	5	1.00	1.00	1.00	78	19
2.17	1	4	5	1.00	1.00	1.00	82	20
2.00	1	3	5	1.00	1.00	1.00	83	21
2.00	1	3	5	1.00	1.00	1.00	91	22
3.00	5	2	5	1.00	3.00	2.00	20-24	23
3.17	5	3	1	1.00	4.00	5.00	21-22	24



شکل شماره ۱۰- تصویر امتیازبندی نهایی محدوده تحت پوشش مخازن



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



انجمن آب و فاضلاب ایران شرکت آب و فاضلاب کشور

همان گونه که در تصویر بالا مشخص است محدوده‌های مخازن ۲۶، ۳۰، ۲۱-۲۲ و ۲۰-۲۴ دارای بیشترین ریسک آسیب پذیری در منطقه می‌باشند که باید بر همین اساس در اولویت بازسازی قرار گیرند و از لحاظ ارزشی در رتبه نخست بازسازی منطقه قرار دارند. برنامه‌ریزی برای بازسازی و اولویت بندی آن یکی از مهم ترین عوامل در کاهش هدر رفت شبکه‌های آب رسانی می باشد.

۶. منابع و مراجع

1. Ioannis N. Psycharis, Michalis Fragiadakis, Ioannis Stefanou, (2013). Seismic reliability assessment of classical columns subjected to near-fault ground motions. The journal of the international associating for earthquake engineering.
۲. پرتوی، پروین و فخرالسادات قادری آل هاشم، ۱۳۹۵، مدیریت یکپارچه منابع آبی در برنامه‌ریزی شهری با رویکرد توسعه پایدار (مطالعه موردی: تهران)، فصلنامه مطالعات جغرافیا، عمران و مدیریت شهری
۳. حق شناس گنتابی، رحمان علی؛ بهروز محسنی؛ علیرضا حسینی و نوربخش داداشی، ۱۳۹۲، بررسی روند تغییر اقلیم استان تهران با استفاده از شاخص‌های حدی دما و بارش، پنجمین اجلاس بین‌المللی مدیریت جامع بحران‌های طبیعی، تهران، دبیرخانه دائمی اجلاس مدیریت جامع بحران
۴. عبدالغفوریان، عابده؛ مسعود تجریشی و احمد ابریشمچی، ۱۳۹۱، مدیریت آب شهری با لحاظ پساب و رواناب به عنوان منابع جدید آب (مطالعه موردی شهر تهران)، فصلنامه آب و فاضلاب ۲۳ (۸۴)
۵. قادری آل هاشم، سیده فخرالسادات، ۱۳۹۵، مدیریت یکپارچه منابع آبی با تمرکز بر شاخصه آب مجازی در راستای توسعه پایدار شهری مطالعه موردی: تهران، کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، تهران، انجمن آب و فاضلاب ایران (وابسته به کمیسیون انجمن های علمی ایران)-دانشگاه تهران - شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
6. George P. Panagopoulos, George D. Bathrellos, Hariklia D. Skilodimou, Faini A. Martsouka (2012). Mapping Urban Water Demands Using Multi-Criteria Analysis and GIS. Water resourcr management 26: 1347-1363.
7. K.H.V. Durga Rao (2005). Multi-criteria spatial decision analysis for forecasting urban water requirements: a case study of Dehradun city, India. Landscape and Urban Planning 71: 163-174.
8. David R. Marlow, Magnus Moglia, Stephen Cook, David J. Beale (2012). Towards sustainable urban water management: A critical reassessment. Water research 47: 7150-7161.