سال ششم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحات ۲۳ تا ۲۸
نشریه آب و توسعه پایدار

2019, Vol.6, No.1, Pages 23 to 28
Journal of Water and Sustainable Development

نوع مقاله: مطالعه موردی/ کاربردی

Article Type: Case Study/ Applied

میزان اثربخشی هوشمندسازی سامانه‌های آبیاری فضای سبز در کاهش مصرف
(مطالعه موردی: پارک رازی تهران)

امیرناصر سعیدالذاکرین[۱]، بیژن نظری[۲*]، هادی رمضانی اعتدالی[۳]

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب کارشناس‌ارشد آبیاری و زهکشی، استادیار و دانشیار دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره).

*(نویسنده مسئول، E-Mail: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۰۵
تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۰۸

Effectiveness of Smart Landscape Irrigation Systems in Reducing Water Usage
(Case Study: Razi Park, Tehran)

A.N. Saeedolzakerin[1], B. Nazari[2*], H. Ramezani Etedali[3]

1,2,3- MSc in Irrigation and Drainage Engineering and Assistant Professor and Associated Professor of Water Sciences and Engineering Department, Imam Khomeini International University, Tehran, Iran.

*(Corresponding author Email: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir)

Received: 24-02-2018
Accepted: 28-01-2019

چکیده

یکی از عوامل محدودکننده گسترش فضای سبز به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین عوامل پایداری حیات طبیعی و انسانی در شهرنشینی نوین کمبود منابع آب قابل دسترس می‌باشد. این محدودیت به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح است. با افزایش جمعیت کلان‌شهر تهران در معرض تنش‌های آبی شدیدتری قرار خواهد گرفت و اصلاح الگوی مصرف آب در بخش فضای سبز ضروری خواهد شد. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثربخشی سامانه‌های آبیاری هوشمند در کاهش مصرف آب فضای سبز انجام شد. در این پژوهش سامانه آبیاری هوشمند برای فضای سبز پارک رازی تهران اجرا شد و عملکرد این سامانه با سامانه آبیاری رایج (دستی) مقایسه شد. برنامه زمانی آبیاری هوشمند بر اساس محاسبه نیاز آبی فضای سبز به کنترل‌کننده سامانه معرفی شد. زمان آبیاری بهینه با استفاده از مدل بهینه‌ساز و متناسب با نیاز آبی فضای سبز به‌دست‌آمد. نتایج مطالعه نشان داد با روش انجام شده صرفه‌جویی در مصرف آب با هوشمندسازی آبیاری ماهانه و هفتگی به ترتیب ۶ و ۱۵ درصد می‌باشد. صرفه‌جویی مصرف آب در حالت هفتگی معادل ۲۶۴۴۵ لیتر در مساحت حدود۲۵۰۰ مترمربع بود. در روش پیشنهادی بر اساس شرایط این تحقیق میزان صرفه‌جویی آب برای هر متر مربع ۱۰/۶ لیتر برآورد شد. با توجه به مساحت کل پارک‌ها در شهر تهران بهبود مدیریت آبیاری در سامانه‌های آبیاری فضای سبز به روش پیشنهادی ماهانه حدود ۲۸۸۰۰۰ متر مکعب آب صرفه‌جویی خواهد شد. روش پیشنهادی پیچیدگی و هزینه اجرایی چندانی ندارد و و استفاده از این روش به سازمان‌ها و نهادهای خصوصی و دولتی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: فضای سبز، آبیاری، صرفه‌جویی آب، بهینه‌سازی، هوشمندسازی آبیاری.

Abstract

One of the limiting factors for expanding green areas, as the most fundamental factors for wildlife and human beings sustainability in modern life, is the lack of available water resources. This limitation is more significant in arid and semi-arid regions. The growth of Tehran's population will lead to more severe water stress and hence, modification of water usage will be necessary. This study evaluates the effectiveness of smart irrigations in reducing water usage. In this research, a smart irrigation system is implemented for Tehran's Razi Park to compare its performance against the conventional systems. Based on the water demand of the green area, an irrigation schedule was defined to the system controller. The optimum irrigation time was determined using the modification model. Results show a 15% and 6% of water-saving in smart monthly and weekly irrigations, respectively. Moreover, the water-saving for weekly irrigation equals to 26445 liters for a total area of approximately 2500 m2. The water-saving amount in this method is evaluated as 10.6 liters per m2. Considering the total area of the parks in Tehran, improving the irrigation systems for green areas, according to the proposed method in this study, will save approximately 288,000 m2 per month. Using this method is recommended to private and public organisations since it has little complexity and low running cost.

Keywords: Green areas, Irrigation, Water savings, Optimization, Smart irrigation.

DOI: 10.22067/jwsd.v6i1.71208

مقدمه

شهرها به‌عنوان کانون‌های تمرکز، فعالیت و زندگی انسان‌ها برای تضمین پایداری خود چاره‌ای جز پذیرش ساختار و کارکرد متأثر از سامانه‌های طبیعی را ندارند. فضای سبز به‌عنوان جز ضروری و مهم نقش اساسی در بهبود کیفیت زیستی شهرها داشته و کمبود آن می‌تواند سبب ایجاد اختلالات جدی در حیات شهرها شود (جوکندان، ۱۳۸۹). آبیاری یکی از موارد مهمی است که برای نگهداری و احداث پروژه‌های فضای سبز نیاز می‌باشد. براساس گزارش‌های موجود راندمان کاربرد آبیاری در کشور از ۲۲/۵ تا ۸۵/۵ درصد متغیر و میانگین آن ۵۶ درصد می‌باشد که کم‌وبیش در خصوص آبیاری فضای سبز نیز صادق است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴). استفاده کارآمد از آب در آبیاری فضای سبز شهری ضمن نیاز به احداث شبکه‌های توزیع آب در سطح شهر نیازمند استفاده از روش‌های نوین و مدرن آبیاری خواهد بود.

مصطفی‌زاده فرد (۱۳۸۵) به ارزیابی سیستم‌های آبیاری فضای سبز شهر اصفهان پرداخت و نشان داد عمده مشکلات سیستم‌های آبیاری طراحی غیراصولی و مدیریت غیرعلمی این سیستم‌ها می‌باشد. همچنین بهبود مدیریت سیستم‌های آبیاری مذکور می‌تواند نقش مؤثری در افزایش راندمان آبیاری این سیستم‌ها داشته باشد.

کیخسروی (۱۳۸۶) آب مورد نیاز گیاهان فضای سبز در یک پارک در شهر رفسنجان را برآورد کرد و با اندازه‌گیری‌های انجام شده نشان داد حجم آب مصرفی این پارک با وسعتی معادل ۲۷۵۰ متر مربع در ۲۴ ساعت و در زمان اوج مصرف (مرداد ماه)، معادل ۲۵ مترمکعب است. همچنین میزان آب مصرفی این پارك در اوج مصرف حدود ۰/۲۸۹ لیتر در ثانیه و هیدرومدول اوج معادل ۱/۴۰۲۹ لیتر بر ثانیه بر هکتار به‌دست‌آمد. امیریان و همکاران (۱۳۹۰) سامانه آبیاری فضای سبز نیمه خودکار را طراحی و اجرای کردند و در راستای بهبود کیفیت فضای سبز دانشکده کشاورزی رازی، کاهش هزینه نگهداری و نیز توسعه اتوماسیون بومی، این سیستم را اجرا کردند و چند مدل اتوماسیون روی این سیستم نصب و آزمایش کردند. آن‌ها به سهولت آبیاری، بالا بودن کیفیت فضای سبز، کاهش هدر رفت آب، سرعت بالای آبیاری و در نهایت کاهش هزینه نگهداری دست یافتند.

محمدزاده و همکاران (۱۳۹۰) برای ارزیابی عملکرد آبیاری در حال اجرا در فضای سبز پارک آبشار شهر اصفهان دو عرصه‌ی فضای سبز را به‌صورت تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری کردند. در عرصه‌های مذکور آزمایش یکنواختی برای سامانه آبیاری بارانی و توزیع رطوبت در نیمرخ خاک بررسی شد. نتایج یکنواخت نبودن توزیع آب توسط آبپاش‌های آبیاری بارانی و عدم توزیع مناسب رطوبت در نیم‌رخ خاک در نقاط مختلف فضای سبز را نشان داد و سامانه آبیاری بارانی کارایی پایین‌تری نسبت به سامانه آبیاری سطحی سنتی داشته است.

ابراهیمی و یزدانی (۱۳۹۲) تبخیر و تعرق فضای سبز به روش سبال در فضای سبز پارك ملت مشهد را محاسبه کردند. آن‌ها نشان داد تبخیر و تعرق برآوردی پارك ملت مشهد در پایان فصل رشد به میزان ۱۲۱۰/۶ به میلی‌متر می‌رسد. در مقابل مقادیر تبخیر و تعرق مرجع محاسبه شده توسط روش پنمن مانتیث_فائو ۵۶ در انتهای فصل رشد به ۱۵۶۳/۳ میلی‌متر رسیده است که دارای ۲۲/۵ درصد افزایش نسبت به مقدار برآوردی آن می‌باشد.

باشی‌زادگان و همکاران (۱۳۹۴) رویکرد تحویل حجمی آب در بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی آب پخش را بررسی کردند و نشان دادند پس از اجرای توزیع آب به‌صورت حجمی و مقایسه احجام تحویل شده به اراضی تحت پوشش طی سال‌های اخیر و در یک دوره مشخص مشاهده شد ضمن اجرای این شیوه، حدود ۲۲ میلیون متر مکعب در حجم آب مصرفی در شبکه آبیاری و زهکشی آب‌پخش صرفه‌جویی شده است. جعفری و همکاران (۱۳۹۴) میزان آب مصرفی در آبیاری بارانی و غیرمکانیزه درمحدوده بلوارهای فاطمیه و ولایت منطقه دو شهر همدان را بررسی و ارزیابی کردند نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد میزان آب مصرفی در آبیاری بارانی نصف روش غیرمکانیزه است.

Pittenger و همکاران (۲۰۰۴) در ارزیابی آبیاری فضای سبز با حسگرهای پارامترهای هواشناسی مشاهده کردند هر یک از کنترلرهای آبیاری با برنامه آبیاری در نظرگرفته شده با تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل و آب‌وهوا تقریباً هماهنگ می‌باشد اما مقادیر این تغییرات نسبت به زمان تبخیر و تعرق پتانسیل یکسان نمی‌باشند. Dukes (۲۰۱۲) بیان کرد استفاده از تایمرهای هوشمند در آبیاری فضای سبز قادر است باعث صرفه‌جویی حدود ۴۰ تا ۷۰ درصد در مقدار آب آبیاری مصرف شده شود.

با توجه به نتایج تحقیقات پیشین که به ارزیابی فنی و مدیریتی سامانه‌های آبیاری فضای سبز پرداخته‌اند بیشترین تلفات مربوط به آبیاری در فضای سبز به نحوه مدیریت آبیاری برمی‌گردد و با ارزیابی و بهینه‌سازی آبیاری می‌توان وضعیت را بهبود بخشید. هدف از این پژوهش بررسی اثر هوشمندسازی سامانه‌های آبیاری در ارتقا مدیریت آبیاری در فضاهای سبز در فضاهای سبز شهری است که در این راستا سعی خواهد شد سامانه‌های متفاوت آبیاری از لحاظ دستی وهوشمند با همدیگر مقایسه و نتایج این تغییرات ارزیابی شود.

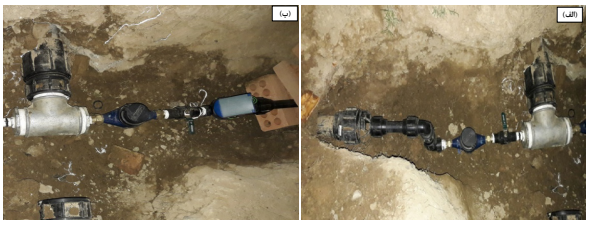
مواد و روش‌ها

• معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر تهران وسعتی حدود ۷۳۰ کیلومتر مربع دارد که مساحت کل فضای سبز شهر تهران بر اساس سالنامه آماری سال ۱۳۸۵ حدود ۷۲۴۳/۳۴ هکتار بود و از این مقدار سطح مفید فضای سبز در شهر تهران به پارک‌ها و جنگل‌کاری داخل شهری متعلق است که مساحت آن ۴۲۱۷/۴۹ هکتار است. سطح فضای سبز در شهر تهران در سال ۱۳۹۰ با ۴۰ درصد افزایش به حدود ۱۰۱۰۷/۷۲ هکتار رسیده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). مطالعات پژوهش حاضر در فضای سبز پارک رازی واقع در منطقه ۱۱ تهران انجام شده است. شکل (۱) نقشه هوایی پارک رازی را نشان می‌دهد.

شکل ۱- نقشه هوایی پارک رازی تهران

یک قطعه چمن که مجهز به سامانه آبیاری بارانی بوده به دو بخش آبیاری دستی و آبیاری هوشمند تقسیم شد و حجم‌های مصرف آب این دو سامانه با استفاده از دو کنتور حجمی اندازه‌گیری شدند. در شکل (۲) دو سامانه آبیاری دستی و هوشمند اجرا شده نشان داده شده است.



شکل ۲- سامانه آبیاری هوشمند (الف)، سامانه آبیاری دستی (ب)

همانطور که در بخش الف شکل (۲) مشاهده می‌شود، روی انشعاب لوله آبیاری هوشمند به ترتیب کنتور، شیر قطع و وصل و تایمر آبیاری و در قسمت ب شکل (۲) به ترتیب شیر قطع و وصل و کنتور اندازه‌گیری حجم آب نصب شده است.

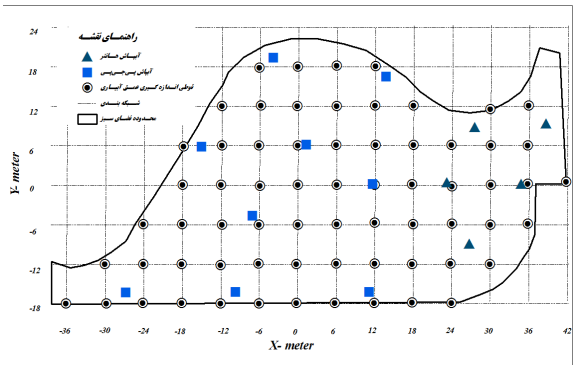
در حالت سیستم آبیاری دستی (حالت ب) آبیاری توسط کارگر فضای سبز و با استفاده از شلنگ انجام می‌شود که از معایب آن می‌توان به زمان نامناسب آبیاری، عدم رعایت یکنواختی پخش عمق آب آبیاری و هدررفت آب اشاره کرد.

• سامانه آبیاری هوشمند

سامانه آبیاری هوشمند سامانه‌ای است که براساس سنسورهای گیاهی، خاکی و اقلیمی و یا بر اساس برنامه از پیش تعیین شده فرآیند آبیاری را انجام می‌دهد. سامانه‌های آبیاری هوشمند معمولاً از دو قسمت اصلی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری تشکیل می‌شوند. تجهیزاتی مانند تایمر، شیر برقی، سنسورهای مختلف رطوبت و دما از بخش‌های سخت‌افزاری سامانه و سیستم پشتیبان تصمیم و برنامه نوشته شده برای مدیریت آبیاری بخش نرم‌افزاری سامانه را تشکیل می‌دهند. در تحقیق حاضر سیستم آبیاری هوشمند شامل یک تایمر به همراه شیر برقی بوده است که با برنامه آبیاری داده شده وظیفه آبیاری هوشمند فضای سبز را به عهده داشته است.

• آبپاش‌ها و جانمایی آن‌ها

برای آبیاری بارانی فضای سبز مورد مطالعه از دو نوع آبپاش مخفی‌شونده شامل ۹ عدد آبپاش پی‌جی‌پی و ۵ عدد آبپاش پی‌اس استفاده شده است. شکل (۳) جانمایی آبپاش‌ها و قوطی‌های اندازه‌گیری عمق آب را نشان می‌دهد.



شکل ۳- جانمایی آبپاش‌ها و قوطی‌های اندازه‌گیری عمق آب

برای بررسی ضرایب یکنواختی پخش آبپاش‌ها کل مساحت زمین را به‌صورت ۶×۶ (مطابق استاندارد) شبکه‌بندی کرده و روی هر کدام از نقاط یک ظرف مخصوص اندازه‌گیری آب (قوطی) قرار داده و در مدت زمان نیم ساعت عمق آب اندازه‌گیری شد. حجم آب داخل قوطی‌ها یکبار در روز حدود ساعت ۱۱ ظهر اندازه‌گیری شدند و حجم قوطی‌ها ۷۵۰ سانتی‌مترمکعب است. آزمایش‌ها در آبان ماه و در طی روز انجام شده است.

• **پارامترهای ارزیابی**

- **ضریب یکنواختی (CU)**

برای تعیین یکنواختی پخش آب در آبیاری بارانی از معیارهای متعددی نظیر ضریب یکنواختی Wilkox و Swails (۱۹۴۷) ضریب پیشنهادی Hart و Reynolds (۱۹۶۵) و Criddle و همکاران (۱۹۵۶) استفاده می‌شود. اما استفاده از ضریب یکنواختی Christiansen (۱۹۴۲) در سامانه‌های آبیاری بارانی بسیار متداول است (معروف‌پور و همکاران، ۲۰۱۰).

Dabbous (۱۹۶۲) با استفاده از روش‌های آماری نشان داد که ضریب یکنواختی کریستیانسن در مقایسه با سایر روش‌ها از اعتبار بیشتری برخوردار است. Heerman (۱۹۸۳) به این نتیجه رسید که شرکت‌های سازنده آبپاش‌ها معمولاً ازضریب یکنواختی کریستیانسن برای ارزیابی تولیدات استفاده می‌کنند. برای محاسبه ضریب یکنواختی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$CU = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{N} |D_i - \bar{D}|}{\bar{D} \times N}\right) \times 100 \qquad (1)$$

در آن CU(٪) ضریب یکنواختی کریستیانسن X_i (mm) عمق آب هر کدام از قوطی‌های نمونه‌برداری در اطراف آبپاش، $\bar{X}(mm)$ میانگین عمق آب در داخل قوطی‌ها، n تعداد کل قوطی‌های اندازه‌گیری شده در آزمایش. پارامتر یکنواختی توزیع به صورت زیر نیز محاسبه می‌شود:

$$DU = \frac{X_q}{\bar{X}} \qquad (2)$$

که در آن X_q میانگین عمق آب جمع‌آوری شده در یک چهارم قوطی‌هایی که کمترین عمق را داشته‌اند می‌باشد.

نتایج و بحث

نقشه هم‌عمق آب آبیاری در ۶۶ قوطی اندازه‌گیری شده در شکل (۴) نشان داده شده است.

شکل (۴) نشان می‌دهد که عمق‌های بیشتر آب آبیاری در نقاطی که نزدیکتر به موقعیت آبپاش‌ها بوده‌اند اندازه‌گیری شده است. همچنین نقاطی که در بین آبپاش‌ها دارای کمترین همپوشانی بوده است حداقل عمق آب آبیاری در آن‌ها ثبت شده است.

لازم به ذکر است زمان کارکرد سامانه در حالت آبیاری دستی به‌صورت کامل در اختیار متولی آبیاری پارک رازی بود و به جهت عدم تأثیرگذاری در نتیجه واقعی از طرف محقق دخالتی صورت نگرفت لذا زمان‌های آبیاری از حدود ۱۰ دقیقه تا ۷۰ دقیقه

- **بهینه‌سازی**

Excel Solver ابزاری قدرتمند برای بهینه‌سازی است. Solver قدرت حل اکثر مسائل بهینه‌سازی از جمله برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی غیرخطی، برنامه‌ریزی عدد صحیح را دارد. در ابزار solver، ۳ بخش وجود دارد: ۱- تابع هدف، ۲-متغیر تصمیم و ۳-قید. در این مطالعه بخش‌های مذکور به شرح ذیل بوده است:

۱- تابع هدف: کمینه‌سازی اختلاف بین عمق آبیاری سیستم و عمق آبیاری در نظر گرفته شده

دبی هر روز آبیاری دستی را به سطح خیس شده آبپاش (این مقدار با توجه به فشار کارکرد از کاتالوگ به‌دست می‌آید) تقسیم کرده تا عمق آب آبیاری هر روز به‌دست‌آید. اختلاف این عمق با عمق آبیاری مطلوب (۶/۵ میلی‌متر) که با استفاده از روش تبخیر و تعرق گیاه مرجع چمن در منطقه محاسبه شده است بیش‌آبیاری و کم‌آبیاری می‌باشد. مجموع قدرمطلق این اختلاف‌ها تابع هدف می‌باشد. با کاهش مقدار این تابع، مقدار آب آبیاری به ۶/۵ میلی‌متر نزدیک می‌شود. افزایش این اختلاف، یعنی بیش و کم آبیاری وجود داشته است. تابع هدف را باید به نحوی بهینه کرد که این اختلاف حداقل و به صفر نزدیک شود.

۲- متغیر تصمیم: زمان آبیاری

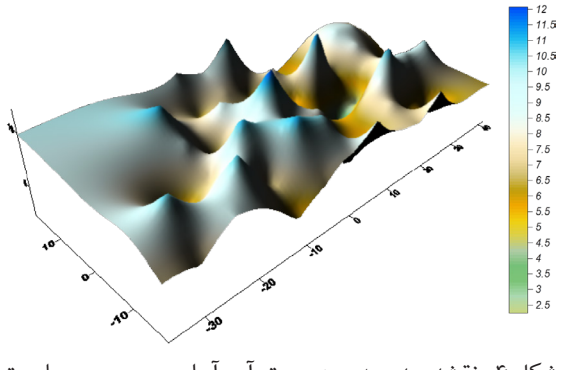
زمان آبیاری در ۳۰ روز متفاوت بوده و باید مشخص شود زمان مناسب برای آبیاری هر روز چقدر باید باشد تا عمق آب آبیاری به اندازه نیاز آبی چمن برسد که این زمان مناسب را به تایمر داده و میزان صرفه‌جویی را اندازه‌گیری کرد.

۳- قیود: حد بالا و پایین

- o زمان نمی‌تواند کمتر از صفر (منفی) باشد.
- o مقدار عمق اندازه‌گیری شده نباید منفی باشد.

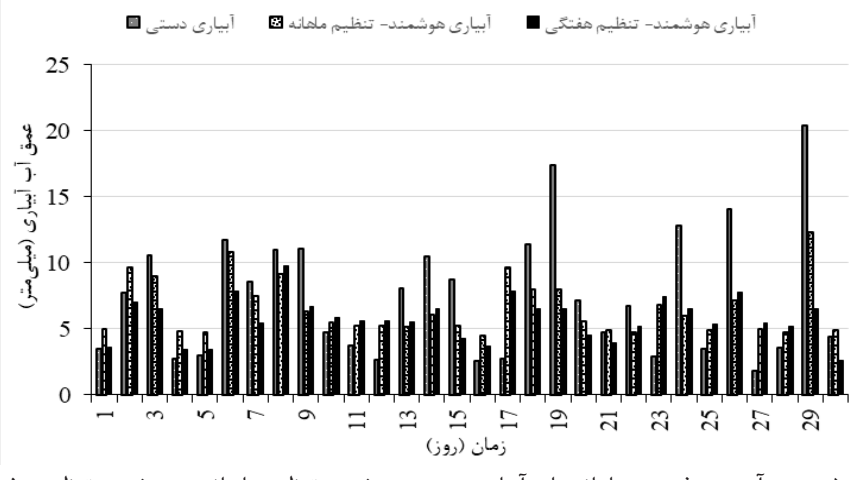
با در نظر گرفتن نیاز آبی ۶/۵ میلی‌متر در روز برای چمن مقدار زمانی که باید تایمرها با توجه به مشخصاتشان کار کنند محاسبه شد و براساس آن حجم آب مورد نیاز فضای سبز به‌دست آمد.

متفاوت است. همین موضوع نیز لزوم اصلاح برنامه زمان‌بندی برای آبیاری فضای سبز را نشان می‌دهد.



شکل ۴- نقشه سه بعدی هم‌عمق آب آبیاری بر حسب میلی‌متر

تنظیم برنامه آبیاری براساس سامانه هوشمند به دو صورت ماهانه و هفتگی انجام و نتایج آن با حالت سامانه دستی مقایسه شده است. در تنظیم آبیاری هوشمند به‌صورت هفتگی مقادیر آب آبیاری با توجه به هر هفته به کنترلر آبیاری داده می‌شود ولی در تنظیم ماهانه مقدار آب آبیاری مطلوب فقط یکبار در ابتدای ماه به کنترلر آبیاری داده شده و برنامه آن تا انتهای آن ماه تغییر داده نمی‌شود. برای حالت ماهانه زمان بهینه برابر ۳۵ دقیقه از مدل بهینه‌سازی solver محاسبه شده است. عمق آب آبیاری در ۳۰ روز به روش آبیاری دستی، آبیاری هوشمند با یکبار تنظیم تایمر در ماه و آبیاری هوشمند با یک بار تنظیم تایمر در هفته در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل ۵- عمق آب مصرفی در سامانه‌های آبیاری دستی، هوشمند تنظیم ماهانه و هوشمند تنظیم هفتگی

نتایج پژوهش نشان داد که با تنظیم ماهانه زمان آب آبیاری ۱۵ روز بیش آبیاری و ۱۵ روز کم آبیاری و با تنظیم هفتگی زمان آب آبیاری ۱۸ روز بیش آبیاری و ۱۲ روز کم آبیاری صورت گرفته است. همچنین جدول (۱) نتایج مربوط به حجم آب آبیاری مصرف شده در سه حالت آبیاری را نشان می‌دهد.

جدول ۱- نتایج مربوط به حجم آب آبیاری مصرف شده در سه حالت آبیاری

حجم آب مصرف شده-لیتر			حجم آب صرفه‌جویی شده نسبت‌به‌حالت‌دستی-لیتر	
دستی	هوشمند		هوشمند	
	ماهانه	هفتگی	ماهانه	هفتگی
۱۷۷۴۶۲	۱۶۶۶۲۰	۱۵۱۰۱۷	۱۰۸۴۱	۲۶۴۴۵

نتایج حجم‌های آب مصرف شده در حالت‌های آبیاری هوشمند حاکی از صرفه‌جویی ۱۰۸۴۱ و ۲۶۴۴۵ لیتر آب به ترتیب در آبیاری هوشمند ماهانه و هفتگی نسبت به آبیاری دستی می‌باشد. همچنین به ترتیب در آبیاری هوشمند ماهانه و هفتگی نسبت به آبیاری دستی مقدار ۶ و ۱۵ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی به عمل آمده است. ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU) با توجه به عمق‌های اندازه‌گیری شده برابر ۷۵/۳۳ درصد محاسبه شده است که نشان می‌دهد پراکندگی آبپاش‌ها خوب و بهینه می‌باشد. همچنین مقدار پارامتر یکنواختی توزیع (DU) برابر ۶۰/۷۱ درصد بدست آمده است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که اگر سامانه‌های آبیاری فضای سبز با برنامه هفتگی و به‌صورت خودکار برنامه‌ریزی شوند میزان صرفه‌جویی آب در فضای سبز مورد مطالعه به میزان ۱۵٪ است که معادل ۲۶۴۴۵ لیتر آب در ماه می‌باشد. در این مطالعه زمان‌بندی آبیاری متناسب با نیاز آبی فضای سبز و با بهره‌گیری از مدل بهینه‌ساز Solver در نرم‌افزار Excel به‌دست آمد. لازم به ذکر است این بهینه سازی می تواند با ابزارهای مختلف انجام شود.

برای برآورد میزان اثر خودکار سازی آبیاری فضای سبز در کاهش مصرف آب در این بخش بر مبنای یافته‌های این مطالعه و بر اساس وسعت فضای سبز پارک‌های تهران با خودکارسازی مدیریت آبیاری در سامانه‌های آبیاری فضای سبز ماهانه در حدود ۲۸۸۰۰۰ متر مکعب آب صرفه‌جویی خواهد شد. میزان واقعی پتانسیل خودکارسازی آبیاری در کاهش مصرف آب بستگی به وضعیت آبیاری فعلی در محدوده‌های مختلف فضای سبز نیازآبی گونه‌های مختلف و دقت ابزارهای خودکارسازی دارد اما برآورد تقریبی به‌دست آمده در این مطالعه نشان از ظرفیت خودکارسازی آبیاری در تسکین بحران کم‌آبی در کلانشهر تهران و سایر شهرهای کشور دارد. روش پیشنهادی پیچیدگی و هزینه اجرایی چندانی ندارد و می‌تواند مورد استفاده سازمان‌ها و نهادهای خصوصی و دولتی قرار گیرد. در کنار روش پیشنهادی در خودکارسازی آبیاری سایر راهکارهای مصرف بهینه آب مانند استفاده از گونه‌های کم‌آب‌بر و مقاوم، استفاده از آب‌های نامتعارف و سامانه‌های آبیاری نوین باید مدنظر باشد.

منابع

ابراهیمی، ح. و یزدانی، و. ۱۳۹۲. محاسبه تبخیر و تعرق فضای سبز به روش سبال (مطالعه موردی پارک ملت مشهد). نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۰(۳): ۱۳۳-۱۵۱.

امیریان، س.، مانشتی، م، ج.، ملکی، ف. و عزیزی، م. ۱۳۹۰. طراحی و اجرای سامانه آبیاری فضای سبز به‌صورت نیمه‌خودکار. همایش علمی سالانه دانشگاه رازی. دانشگاه رازی. کرمانشاه.

باشی‌زادگان، ح.، چوپلی، ر.، کشاورزی، ر. و موسوی، س.م. ۱۳۹۴. رویکرد تحویل حجمی آب در بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی (مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی آب‌پخش). اولین همایش مدیریت تقاضا و بهره‌وری مصرف آب. دانشگاه همدان. همدان.

جعفری، ع.م.، بهراملو، ر.، رضوانی، م. ۱۳۸۴. اندازه‌گیری بهره‌وری آب در سامانه‌های آبیاری تحت فشار در ایران: مطالعه موردی در استان همدان. پنجمین کنفرانس دوسالانه اقتصاد کشاورزی ایران. دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان.

جوکندان، ا.د. ۱۳۸۹. ارزیابی و مقایسه سه روش آبیاری در رفیوژهای فضای سبز اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان.

عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. ۱۳۹۴. راندمان‌های آبیاری: تغییرات زمانی و مکانی آن در ایران، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات. جلد ۳. آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

کیخسروی، ح.ر. ۱۳۸۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان فضای سبز. سومین همایش ملی فضای سبز و منظر شهری، زمستان. شهرداری کیش. کیش.

محمدزاده، ف.، قیصری، م.، دادگستر، ا.ح. و کیانی، م. ۱۳۹۰. بررسی مدیریت و بهره‌برداری آبیاری در فضای سبز شهر. یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه باهنر کرمان. کرمان.

مصطفی‌زاده فرد، ب. ۱۳۸۵. افزایش راندمان آب مورد مصرف پارک‌ها و فضای سبز اصفهان. طرح تحقیقاتی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

Criddle W.D., S. Davis Pair C.H and Shockley D.G. 1956. Methods; for evaluating irrigation systems. US Dep. Agriculture Handbook, 82: 2-11.

Christiansen J.E. 1942. Irrigation by sprinkling. California Agricultural experiment station. Bulletin 670.University of California, Berkeley, USA.

Dabbous B. 1962. A study of sprinkler uniformity evaluation methods, Master degree Thesis, Utha state University.

Dukes M.D. 2012. Water Conservation Potential of Landscape irrigation smart controllers, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 55(2): 563-569.

Hart W.E and Reynolds W.N. 1965. Analytical design of sprinkler systems. Transactions of the ASAE, 8(1): 83-89.

Heerman D.F. 1983. Design and operation of farm irrigation system, ASAE, 51: 591-600.

Maroufpoor E., Farabi A., Gomrniya H. and YaminMoshrefi G. 2010. Evaluation of Uniformity Coefficients for Sprinkler Irrigation Systems under Different Field Conditions in Kurdistan Province (Northwest of Iran) Soil and Water Research, 4: 139-145.

Pittenger D.R., Shaw D.A. and Richie W.E. 2004. Evaluation of weather-sensing landscape irrigation controllers, Report submitted to Office of Water Use Efficiency, California Department of Water Resources.

Wilkox J.C. and Swails G.E. 1947. Uniformity of water distribution by some undertree orchard sprinkler. Journal of Scientific Agriculture, 27: 565-586.