



مدیریت رواناب شهری با کمک فیلترهای سبز و اینترنت اشیا

پریسا صراطی^{۱*}، فاطمه اصغری کلشانی^۱

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته اکوهیدرولوژی، دانشگاه تهران

* parisaserati@ut.ac.ir: نویسنده مسئول

چکیده

با توجه به شرایط اقلیمی و محدود بودن منابع آب نیازمند مدیریتی هوشمند و هوشمند هستیم. تغییرات بارش و دما، تغییر سطوح آب چاه‌ها و آب‌های زیرزمینی مدیریت رواناب‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. به دلیل آسفالت بودن سطح وسیعی از معابر در سطح شهر و به دنبال آن غیرقابل نفوذ بودن معابر، رواناب‌ها و سیلاب‌ها در شهرها افزایش یافته است که علاوه بر ایجاد خسارات از قبیل آب‌گرفتگی معابر سبب می‌گردد حجم زیادی آب از دسترس خارج شود. افزایش صعودی خسارات سیل در دهه گذشته خلأ وجود روشی هوشمند جهت مدیریت در بحران و همچنین ذخیره‌سازی آب باران در شرایط عادی را بر ما آشکار کرده است. زیرساخت‌های سبز در شهر بسیار کارآمد هستند چنین زیرساخت‌هایی با جذب و فیلتر رواناب بارندگی می‌توانند به کاهش سیل و آلودگی آب کمک کنند بعلاوه سبب افزایش فضای سبز و زیبایی منظر می‌گردد. اینترنت اشیا نوآوری جدیدی است که با کمک سنسورهایی از قبیل دما، مجاورت، سرعت، شدت، حرکت، فشار، کیفیت هوا و رطوبت شبکه آب‌های سطحی را از راه دور کنترل کند. با استفاده از اینترنت اشیا و تعریف کدگذاری و با کمک سنسورهای تعبیه‌شده می‌توان رواناب‌ها را به سمت قنوت و منهول‌های آب و فاضلاب در شرایط عادی و بحرانی هدایت و مدیریت کرد. این سامانه‌ها فشار را از طبیعت و سیستم آب و فاضلاب فعلی برداشته در نتیجه بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها را به دنبال دارد. با کاهش دی‌اکسید کربن، ذخیره‌سازی آب، کاهش گازهای گلخانه‌ای و سازگاری و تاب‌آوری شهری را در مواجهه با تغییرات اقلیمی داشته باشد که باعث افزایش کیفیت شهروندان و حفاظت از زیست‌بوم منطقه گردد.

واژگان کلیدی: اینترنت اشیا، زیرساخت‌های سبز، رواناب، تغییر اقلیم



Urban Runoff Management with the Green Filters and the Internet of Things

Parisa serati^{1*}, Fatemeh Asghari Kolshani¹

1- Master student of Echo Hydrology, University of Tehran

Corresponding Author: parisaserati@ut.ac.ir*

Abstract

Due to climatic conditions and limited water resources, we need purposeful and intelligent management. Changes in precipitation and temperature, changes in water levels of wells and groundwater, runoff management are of great importance. Due to the asphalt of a large area of roads in the city and the consequent impenetrability of roads, runoff and floods in cities have increased, which in addition to causing damage such as flooding of roads causes a large volume of water out of reach. Be. Rising flood damage over the past decade has revealed the lack of an intelligent way to manage the crisis, as well as to store rainwater under normal conditions. Green infrastructures in the city are very efficient. Such infrastructures can help reduce floods and water pollution by absorbing and filtering rainwater runoff. Also, they increase the green space and the beauty of the landscape. The Internet of Things is an innovation with the help of sensors such as temperature, proximity, speed, intensity, humidity to control the surface water network. Using the Internet of Things, coding is guided by built-in sensors such as motion, humidity, pressure, and air quality. These systems remove the pressure from nature and the current water and sewage system, thus resulting in productivity and cost reduction. Managed CO₂ reduction, water storage, greenhouse gas reduction, and urban adaptation and resilience in the face of climate change will increase the quality of citizens and protect the region's ecosystem.

Keywords: Internet of Things, Green Filter, Runoff, Climate change.



۱- مقدمه

ارتباط تنگاتنگی بین چرخه هیدرولوژی و سیستم اقلیمی وجود دارد. هر تغییری در اقلیم کلیه عناصر هیدرولوژی را تغییر می دهد. با توجه به افزایش CO₂ و به دنبال آن وقوع گرمایش جهانی یکی از چالش‌های مهم در جهان رقابت برای دسترسی برای منابع آب هست [۱]. کشور ما در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک واقع شده و منابع آب محدودی دارد و تغییر اقلیم در آن محتمل است [۲]. با تغییرات بارش و دما، تغییر سطوح آب چاه‌ها و آب‌های زیرزمینی و استفاده نادرست از منابع و کاهش منابع سطحی و زیرسطحی آب مدیریت رواناب‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است.

یک اصل اساسی و مهم در مدیریت منابع آبی شناخت منطقه و بررسی شرایط فعلی است. به دلیل آسفالت بودن سطح وسیعی از معابر در سطح شهر و به دنبال آن غیرقابل نفوذ بودن معابر، رواناب‌ها و سیلاب‌ها در شهر تهران افزایش یافته است که علاوه بر ایجاد خساراتی از قبیل آب‌گرفتگی معابر و آلودگی سبب می‌گردد حجم زیادی آب از دسترس خارج شود. افزایش صعودی خسارات سیل در دو دهه گذشته خلأ وجود روشی هوشمند جهت مدیریت در بحران و همچنین ذخیره‌سازی آب باران را بر ما آشکار کرده است. گسترش شهرنشینی و عدم توجه به موقعیت و اقلیم منطقه، خسارات جبران‌ناپذیری را به طبیعت وارد کرده تخریب حوضه آبخیز بالادست نواحی شهری به صورت‌های مختلف از جمله تخریب پوشش گیاهی، جاده‌سازی و گسترش اراضی شهری و صنعتی سبب کاهش نفوذ و تبخیر و افزایش رواناب شده است. از دیگر سو فرصت نفوذ باران به داخل خاک را کاهش داده و در نتیجه بخش قابل توجهی از بارش به رواناب‌های سطحی تبدیل می‌شوند. به همین جهت رودخانه‌ها و مسیل‌های حوضه‌های آبخیز شهری از درجه ریسک زیادی برای سیل‌خیزی و خسارات ناشی از آن برخوردار هستند و دستیابی به توسعه پایدار شهری نیاز به طراحی مدل‌های مناسب مدیریت و حفاظت رودخانه‌ها و مسیل‌ها، قنات‌ها در حوضه‌های آبخیز شهری دارد.

یکی از راه‌های مدیریت بهینه رواناب استفاده از زیرساخت‌های سبز در شهر است. زیرساخت‌های سبز در خیابان‌های شهری مکمل سیستم‌های سنتی تخلیه آب‌لوله‌کشی است. پوشش گیاهی، خاک‌ها و فرآیندهای طبیعی قبل از ورود آب به سیستم لوله‌کشی، آب را گرفته و آب یا نفوذ می‌کند یا بخار می‌شود و یا به صورت رواناب در سطح شهر جاری شده و تبدیل به سیلاب شهری می‌شود [۳]. زیرساخت‌های سبز با جذب و فیلتر رواناب باران می‌توانند به کاهش سیل و آلودگی آب کمک کنند. این امر باعث کاهش فشار در محیط شده همچنین سبب زیبایی بصری شهر می‌گردد. استراتژی‌های زیرساخت سبز، مکمل زیرساخت‌های آب و فاضلاب است. زیرساخت‌های سبز از طریق نفوذ یا تبخیر باعث کاهش فشار در رواناب حاصل از بارندگی می‌شود، همچنین کیفیت محیط خیابان را بهبود می‌بخشد [۴]. درحالی‌که مؤلفه‌ها و فرآیندهای مربوط به زیرساخت‌های سبز بسیار گسترده است، برخی از مؤلفه‌های اصلی در زیر ذکر شده است.

سیستم‌های آب، رواناب حاصل از بارندگی و فاضلاب، آبرسانی و اطفاء حریق. رواناب‌ها در سطح شهر از طریق دریچه‌ها و مخازنی که تعبیه می‌شوند دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین در پارک‌ها و فضای سبز نیز با ایجاد شیب‌های مناسب در معابر از جاری شدن آب باران در سطح شهر جلوگیری شده و با آبیاری گیاهان سبب افزایش سرانه فضای سبز شهری می‌شود این درحالی‌که است که سیستم زهکشی دارای پیچیدگی‌های فراوانی است که بیشتر به دلیل توسعه ناهمگون شهرها بدون توجه به معیارهای جامع شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری در دهه‌های برجای مانده است.

کنترل و استفاده بهینه از رواناب‌های شهری و سیلاب‌ها با حفظ و احیای منابع آبی موجود مانند رشته قنات‌ها و با بهره‌گیری از علوم روز دنیا چون اینترنت اشیا^۱ و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۲ کمک کند تا با مدیریتی هوشمند از ایجاد خسارت

1. Internet of Things

2. Geographic Information System



تا حد امکان جلوگیری نموده و بیشترین بهره را از آب‌های جاری برد را برد.

۲- روش تحقیق

۱-۲- طراحی و تعریف سنسورها جهت کنترل رواناب به کمک اینترنت اشیا

اینترنت اشیا مجموعه‌ای از دستگاه‌های هوشمند مبتنی بر وب است که با بهره‌گیری از پردازنده‌های جاسازی‌شده، سنسورها و سخت‌افزارهای ارتباطی جهت گردآوری، ارسال و ادغام داده‌های دریافت شده از محیط می‌پردازد. داده‌ها توسط حسگرها از طریق اتصال به یک درگاه برای تحلیل به یک فضای ابری ارسال می‌شوند و یا اینکه به صورت محلی تحلیل می‌گردند [۵]. سنسورهای پیشنهادی دما، حرکت، مجاورت، رطوبت و فشار تعریف شده‌اند که با جاری شدن آب در سطح زمین پس از بارش میزان آبی که در سطح زمین جاری می‌شود را با سنسورهای ذکر شده از طریق گتوی به ابر و پایگاه‌های داده که توسط سرور با یکدیگر در ارتباط هستند تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی می‌کند. در این روش با رویکرد بازچرخانی آب در چرخه هیدرولوژیکی با تعریف دریچه‌های سنسور دار در صورت بارش بیش از حد آستانه تعریف شده در سیستم و جاری شدن آب در سطح زمین با توجه به نوع و جنس خاک، نوع پوشش گیاهی و یا آسفالت بودن (عدم نفوذپذیری خاک) شیب و جهت رواناب می‌توان عمق و سطح آب را با کمک سنسورهای تعبیه شده جهت اندازه‌گیری و محاسبه کرد همچنین با سطح مقطع رواناب عبوری می‌توان دبی آب را تخمین زد. سپس دریچه‌ها باز و آب مازاد در مسیر شیب زمین به سمت چاه و قنات‌های مجاور هدایت شوند که این امر علاوه بر مدیریت کردن آب در سطح زمین سبب احیا مجدد قنات‌ها و آب‌های زیرزمینی نیز می‌گردد. با این روش می‌توان کالای گران‌بهای آب را مدیریت و هزینه‌ها را کاهش داد و از راه دور مدیریت و کنترل نمود.

۲-۲- طراحی سیستم سبز جهت کنترل رواناب

با توجه به وضعیت موجود منطقه از قبیل توپوگرافی، شرایط آب و هوایی و اقلیمی و معیارهای طراحی می‌توان سیستم سبز شهری را طراحی نمود. معیارهای پیشنهادی این تحقیق شامل: جداول آب زیرزمینی، نفوذپذیری خاک، زهکشی زیرین، طراحی و درجه‌بندی کانال، نوع گیاه، شرایط اقلیمی، موقعیت مکانی، سنگفرش نفوذپذیر و مخازن نفوذ می‌باشند.

جداول آب زیرزمینی: جدول آب، سطح بالایی منطقه اشباع است. منطقه اشباع جایی است که منافذ و شکستگی‌های زمین با آب اشباع شده‌اند. حداقل ۳ متر، با ۱ متر زیر زهکشی، از سطح زمین تا بالای جدول آب زیرزمینی برای تمام زیرساخت‌های سبز تعبیه می‌شود. نفوذپذیری خاک: حداقل سرعت نفوذ ۱,۵ سانتی‌متر بر ساعت برای زیرساخت‌های سبز مورد نیاز است. در صورتی که میزان نفوذ کمتر باشد، از مخازن ذخیره‌سازی زیرزمینی برای نگه‌داشتن آب اضافی استفاده می‌کنیم. خاک‌هایی که آب کمتری جذب می‌کنند منجر به رواناب بیشتر از سطح زمین به داخل رودخانه‌ها می‌شوند؛ بنابراین نفوذپذیری خاک برگ تعیین‌کننده‌ای هست. انتخاب بافت خاک و بستر زهکشی برای افزایش نفوذپذیری مؤثر است. برای مثال خاک لوم خاک ایده آل اکثر گیاهان (لوم مخلوطی از شن، گل‌ولای و خاک رس) است. چراکه سبب می‌شود آب آزاد بماند درحالی‌که مواد مغذی و رطوبت را همچنان حفظ می‌کند.

زهکشی زیرین: از اشباع شدن خاک جلوگیری کرده و میزان نفوذپذیری را افزایش می‌دهد. از ساختارهای زهکشی زیرین استفاده از سلول‌های زهکش ولوله‌های زهکش و سیستم کچ بیسین است که باعث زهکشی بیشتر و باکیفیت‌تر می‌گردد.



کچ بیسین^۳: از ترکیب فولاد و بتن پیش ساخته، تشکیل شده است که توسط لوله های شیب دار به سیستم سبز رواناب متصل می شود. لوله اتصال حوضه آبرگیر به سیستم سبز رواناب معمولاً در وسط کچ بیسین است. رسوب آب در جایی که به لوله برخورد می کند به حد مشخصی می رسد سپس شروع به تخلیه کرده و به خط اصلی فاضلاب رواناب متصل می شود.

طراحی و درجه بندی برای کانال: طول کانال و زاویه باید با دقت طراحی گردد تا از عدم وقوع سیلاب موضعی اطمینان حاصل شود. شیب مناسب باید بین ۲ تا ۵ درصد است و اگر شیب کانال کمتر از ۰.۲٪ باشد، ممکن است پایه گردد و در صورتی که درجه شیب بالاتر از ۰.۵٪ باشد، احتمال فرسایش و آسیب به پوشش گیاهی وجود دارد. کانال ها آب را حمل کرده و به صورت کانال های کم عمق، باز و کاشته شده برای انتقال رواناب و حذف آلاینده ها طراحی می شوند و جایگزینی برای سیستم تخلیه لوله ای هستند که در فضای باز موجود است.

نوع گیاه: انتخاب گونه گیاهی در هسته اصلی استراتژی زیرساخت سبز به جهت انعطاف پذیری در سیستم است. از آنجاکه تغییرات آب و هوا و سایر تهدیدات زیست محیطی بر جنگل های شهری و زیرساخت های سبز تأثیر می گذارد، در نهایت دوام و ماندگاری آن ها به دوام و سازگاری آن ها بستگی دارد. انتخاب گونه ها و افزایش تنوع در ایجاد انعطاف پذیری امری مهم و ضروری است. معیارهای ذکر شده برخی از عوامل مؤثر در تاب آوری گیاهان نسبت به هر منطقه می باشند تاب آوری نسبت به کم آبی، تراکم، گرما، باد، طول عمر، آلودگی، حساسیت به آفات و بیماری ها، سایه دوست یا آفتاب دوست بودن گیاه.

حجم گودال درخت و خاک: با افزایش سطح قابل کشت فضای بیشتری برای ریشه درختان فراهم می شود. استفاده از پیاده روهای معلق و نفوذپذیر، سلول های لایه ای، خاک های سازه ای برای بهبود شرایط خاک و سلامت گیاهان از عواملی است که باید در نظر گرفته شود.

آبیاری منفعل: آبیاری منفعل استفاده از رواناب جهت جذب برای آبیاری ساختار سبز. هدایت آب رواناب به سطح مناطق محوطه سازی شده و چاله های درختان.

باغ بارانی: باغ های بارانی دارای یک فیلتر مخصوص خاک هستند که می تواند آلاینده ها را از رواناب جاده ها خارج کند. سیستم های فیلتراسیون گیاهان و خاک را به عنوان تخت باغ یا چاله های درخت خیابان می شوند. باغ های بارانی را سیستم های نگهداری زیستی، بیوکانال های مسطح، کانال های عبور دهنده جریان یا نوارهای نامشخص نیز می نامند. برخی برای نفوذ آب به خاک های زیرین و برخی دیگر برای جمع آوری آب تصفیه شده و انتقال آب تمیز در پایین دست ساخته شده اند [۶].

نوارهای حاشیه ای در پیاده رو: زیرساخت های سبز را در امتداد پیاده رو، به صورت نوارهای مداوم یا غیرمستمر توزیع می گردد. این نوارها می توانند از عناصر سبز مختلفی مانند چاله درختان، کانال ها، باغ های بارانی و سنگ فرش های نفوذپذیر تشکیل شوند.

سنگ فرش نفوذپذیر: سنگ فرش نفوذپذیر سبب می شود که باران از طریق سنگ فرش به سمت خاک زیرین حرکت کرده و آب سیستم سبز اطراف را تأمین کند. سطوح متناوب با روسازی نفوذپذیر برای کاهش رواناب و شارژ مجدد سطح آب است. سنگ فرش متخلخل می تواند سنگ فرش های بتنی نفوذپذیر یا سنگ فرش های سنگریزه ای باشد که ظاهری مشابه سنگ فرش های معمولی دارند یا می تواند سنگ فرش بتونی یا سنگ فرش پلاستیکی مدولار باشند. آب از طریق فضاهای خالی از شن یا چمن فیلتر می گردد. شن و ماسه به طور معمول در زیر روسازی برای افزایش میزان نفوذ آب استفاده می شود که یک لایه شن زیر لایه های متخلخل یا نفوذپذیر می تواند به عنوان مخزن ذخیره سازی عمل کند یا می تواند به مخزن جداگانه تخلیه شود. سایر سنگ فرش ها شامل سنگریزه برای مسیرها و همچنین برخی از اشکال آسفالت است که اجازه می دهد آب به زمین نفوذ کند. از بخش های سنگ فرش

³ Catch Basin



متخلخل می‌توان به همراه سنگفرش غیر متخلخل استفاده کرد تا در مناطق خاص نفوذ گردد [۷].

مخازن نفوذ: مخازن زیرزمینی که می‌توانند در محل ساخت اجازه نفوذ آب به سطح زمین را بدهد، یا در مسیر رواناب مخازن نفوذی تعبیه می‌گردد؛ که می‌توان از آب جمع شده برای اطفای حریق استفاده کرد. مخازن به‌طور معمول شامل یک فیلتر برای تمیز کردن رسوبات، برگ‌ها و سایر بقایای ورودی به مخزن است. فیلتراسیون اولیه می‌تواند از طریق کانال، باغ بارانی یا فیلترهای بستر گیاهی انجام شود. سیستم‌های مخزنی که به بهترین وجه برای نفوذ مناسب هستند، مدولار هستند و از یک آستر پلی پروپیلن، پارچه ژئوتکستایل و پلی اتیلن با چگالی بالا به اندازه فضای موجود مونتاژ می‌شوند. آستر پلی پروپیلن از قسمت بالای مخزن رها می‌شود تا بتواند از بالا نفوذ کند. سپس خاک بر روی مخزن مونتاژ شده قرار می‌گیرد و اجازه می‌دهد منطقه همچنان به‌عنوان باغ یا محوطه استفاده شود. این سیستم‌ها همچنین قدرت تحمل بار کافی برای پشتیبانی از وسایل نقلیه سنگین را دارند. در صورت مجاورت درختان بزرگ، به محافظ ریشه و همچنین پمپ مورد نیاز است تا بتوانید از آب استفاده کنید. مخزن را می‌توان در زیر یک سنگفرش یا سنگفرش متخلخل قرارداد تا آب را از بالا بگیرد. برای برداشتن آب باران از سقف و رواناب از زمین می‌توان از این مخزن استفاده شود.

۳- بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش با توجه به معضل کم‌آبی سعی بر آن شد که با کمک شیوه‌های نوین و تکنولوژی اینترنت اشیا با تعریف سنسورهای دما، حرکت، مجاورت، رطوبت و فشار آب جاری شده در سطح را به منهول‌های آب و فاضلاب و یا به چاه و قنات‌های شهر بازگرداند و به ثبات اقلیم منطقه و استفاده بهینه از منابع مختلف آب کمک کرد همچنین با طراحی سیستم سبز با معیارهای جداول آب زیرزمینی، نفوذپذیری خاک، زهکشی زیرین، طراحی و درجه‌بندی کانال، نوع گیاه، شرایط اقلیمی، موقعیت مکانی، سنگفرش نفوذپذیر و مخازن نفوذ رواناب سطحی و آب جاری شده در معابر پس از بارندگی در شرایط عادی و بحرانی را مدیریت و کنترل کرد.

منابع

- [۱] زینب سجودی، فرهاد میرزایی و حسین سجودی. کاربرد اینترنت اشیا در آبیاری هوشمند نشریه مدیریت آب در کشاورزی، پاییز و زمستان ۱۳۹۷.
- [۲] علی بمان میر جلیلی، محمدرضا دانایان، اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساحلی، تغییرات اقلیمی بر منابع آب چاه‌های زیرزمینی و قنوات (۱۳۸۹).
- [۳] <https://www.epa.gov/G3/learn-about-green-streets>
- [۴] Davis, A.P. 2005, Green engineering principles promotes low-impact development: Environmental Science and Technology, A-pages, v. 39, no. 16, p. 338A–344A.
- [۵] Abdul Salam- Internet of Things in Water Management and Treatment- January 2020
- [۶] Houle, K. Roseen, R. Ballestero, T. Briggs, J. and Houle, J. 2009, Examinations of Pervious Concrete and Porous Asphalt Pavements Performance for Storm water Management in Northern Climates: World Environmental and Water Resources Congress 2009: p. 1–18.
- [۷] Wang, L. Lyons, J. Kanehl, P. and Bannerman, R. 2001, Impacts of urbanization on stream habitat and fish across multiple spatial scales: Environmental Management, v. 28, no. 2, p. 255–266