New Researches in the Smart City
Vol 1 (Issue 2), 6-19
Nrsc.apadana.ac.ir

Apadana Institute of Higher Education

Green Smart City: Importance of Urban Forestry and Green Area

Abdolhosein Kalantari *
Associate professor, Faculty of Social Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.

Mahtab Safari Shad
Researcher, Department of Digital Agriculture and Natural Resources, Cyberspace Research Institute, Tehran, Iran.

Received: 27/September/2022
Accepted: 16/February/2023
ISSN: 2980-8936

Abstract

Population growth and the continuation of urbanization in the world cause many social, economic, technical and organizational problems in the field of transportation, jobs, communication networks, services, and facilities that can jeopardize the economic and environmental sustainability of cities. Recently, the concept of smart city has been introduced with the aim of providing a solution to improve the quality of life of citizens in urban areas using smart technologies. The smart city considers the concept of "zero vision", which refers to the use of smart city technologies and information and communication technologies (ICTs) in order to minimize the negative effects of urbanization. However, research on the "Vision Zero" approach has focused mainly on transportation and energy, and the concept of smart city will switch to the sustainable smart city when it takes into account services to improve forest management and urban vegetation. In this study, the change in the concept of smart city to sustainable smart city, and the role of forestry and urban vegetation in this change, is presented. Also, ICTs and IoT tools, designed in particular for monitoring, evaluating and managing the forestry and urban vegetation have been investigated. It can be stated that the use of ICT and IoT tools can be used to manage forestry and urban green areas, reduce costs, and manage time by using VGI.

Keywords: smart city, zero vision, urban forestry, VGI

* Corresponding Author: abkalantari@ut.ac.ir

فصلنامه پژوهش‌های نوین در شهر هوشمند
دوره ۱، شماره ۲، زمستان ۱۴۰۱، ۶-۱۹
Nrsc.apadana.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۷
ISSN: 2980-8936

شهر هوشمند سبز: اهمیت جنگل‌داری و مناطق سبز شهری

عبدالحسین کلانتری * دانشیار جامعه‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

مهتاب صفری شاد دکتری منابع طبیعی، پژوهشگر پژوهشگاه فضای مجازی، تهران، ایران.

چکیده

رشد جمعیت و تداوم شهرنشینی در جهان بسیاری از مشکلات اجتماعی، اقتصادی، فنی و سازمانی در بخش حمل‌ونقل، مشاغل، شبکه‌های ارتباطی، خدمات و تأسیسات را به همراه دارد که می‌تواند پایداری اقتصادی و زیست‌محیطی شهرها را با خطراتی مواجه سازد. اخیراً، مفهوم smart city با هدف ارائه راه‌حل به‌منظور بهبود کیفیت زندگی شهروندان در مناطق شهری با استفاده از فناوری‌های هوشمند ارائه شده است. شهر هوشمند مفهوم "zero vision" را در نظر می‌گیرد که به استفاده از فناوری‌های شهر هوشمند و فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات (ICTs) با هدف حداقل‌سازی تأثیرات منفی ناشی از شهرنشینی اشاره دارد. بااین‌حال، تحقیقات در رویکرد "چشم‌انداز صفر"، عمدتاً بر محور حمل‌ونقل و انرژی متمرکز شده است. مفهوم شهر هوشمند زمانی که ارائه خدمات را با چشم‌انداز بهبود مدیریت جنگل‌داری و پوشش گیاهی شهری در نظر گیرد، به مفهوم شهر هوشمند پایدار تبدیل خواهد شد. در این مطالعه، تغییر در مفهوم شهر هوشمند به سمت شهر هوشمند پایدار و نقش جنگل‌داری و پوشش گیاهی شهری در این تغییر، به استناد مطالعات صورت‌گرفته در این زمینه ارائه شده است. همچنین، ICTها و ابزارهای IoT که به‌طور خاص برای نظارت، ارزیابی و مدیریت جنگل‌داری و پوشش گیاهی شهری طراحی شده‌اند، مورد بررسی قرار گرفته است. می‌توان اظهار داشت که استفاده از ابزارهای ICT و IoT می‌تواند به مدیریت جنگل‌داری و مناطق سبز شهری، کاهش هزینه‌ها و زمان مدیریت با استفاده از VGI کمک نماید.

کلیدواژه‌ها: شهر هوشمند، zero vision، جنگل‌داری شهری، VGI

* نویسنده مسئول: abkalantari@ut.ac.ir

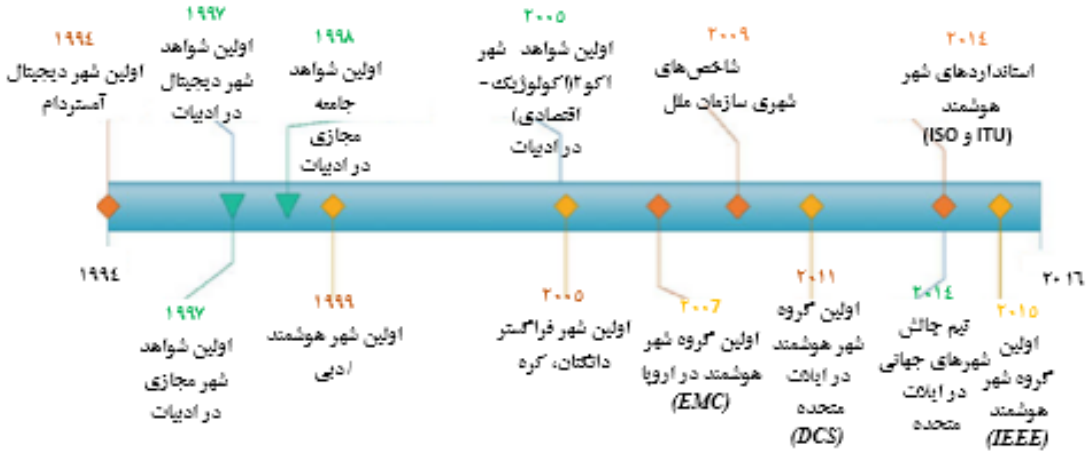
مقدمه

در ۱۰۰ سال اخیر، سیر تغییرات سبک زندگی به‌سوی توسعه شهرنشینی بوده است به‌گونه‌ای که امروزه، بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند. طبق پیش‌بینی‌ها، در اواسط قرن ۲۱، دوسوم جهان شهرنشین خواهند بود (Barlow, 2020). در حال حاضر، شاهد تولید سالانه ۳۲ میلیارد تن کربن در جهان هستیم. به دلیل بهره‌وری پایین انرژی در ساختمان‌ها و سیستم‌های حمل‌ونقل، شهرهای امروزی به‌طور متوسط، مسئول انتشار ۷۰ درصد گازهای گلخانه‌ای و بیش از ۶۰ درصد انرژی مصرف‌شده در سراسر جهان هستند (Tracking Clean Energy Progress, 2017). سیستم‌های حمل‌ونقل فعلی مبتنی بر سوخت‌های فسیلی، علاوه بر انتشار بیش از ۲۵ درصد آلاینده‌ها، برای پاسخگویی به نیازهای مناطق شهری مناسب نیستند. علاوه بر این، سالانه در سراسر جهان ۱۲/۶ میلیون نفر (معادل یک‌چهارم کل مرگ‌ومیرها)، جان خود را به دلیل آلودگی محیط‌زیست از دست می‌دهند (Mundoli, Unnikrishnan, Nagendra, 2017). با نگاهی به این مسائل، شهرها باید آمادگی مدیریت جهش‌های عظیم اجتماعی و زیست‌محیطی را داشته، به نقطه اتکایی برای مبارزه با چالش‌های حاضر تبدیل شده و سرمایه‌گذاری‌ها و سیاست‌های محوری را با هدف کارایی و پایداری در یک چشم‌انداز هوشمند هدایت کنند (WHO, 2016).

مفهوم Smart city در چند دهه گذشته به‌منظور رسیدگی به این چالش‌ها و ارائه راه‌حل برای مدیریت کارآمد شهرها و توسعه شهری پدیدار شده است (Anguluri & Narayanan, 2017).

مفهوم:Smart city

مفهوم شهر هوشمند به‌مرور با اصطلاحات و دیدگاه‌های مختلف به‌عنوان ابزاری برای تعریف تکامل تکنولوژیکی شهری ظاهر شد. به‌طور خاص، smart cityاصطلاح اولیه‌ای نبود که توسط محققان استفاده شد. ریشه‌های پرداختن به موضوع شهر هوشمند، به آرمان‌شهرهای تکنولوژیکی دهه ۱۹۸۰ بازمی‌گردد. لیکن، مفهوم امروزی آن از اواخر دهه ۱۹۹۰، ظهور و توسعه یافته است (شکل ۱). شهرهای هوشمند در ابتدا شهرهای سیمی نامیده می‌شدند اما در عصر فناوری ارتباطات بی‌سیم، اصطلاح سیمی معنای خود را از دست داد. دیگر نام‌های به‌کاررفته برای شهرهای هوشمند عبارت‌اند از شهر دیجیتال، شهر هوشمند[1] و شهر اطلاعات. شهرهای هوشمند مردم‌گرا، شهر خلاق، شهر یادگیرنده، شهر انسانی و شهر دانش نیز دیگر نام‌های مورد استفاده بودند اما این اصطلاحات به دلیل دشواری توضیح، چندان مورد استقبال قرار نگرفت و در ادامه، اصطلاح "Smart city" جایگزین تمام این اصطلاحات شد (Casini, 2017).



شکل ۱. جدول زمانی تکامل شهرهای هوشمند (Casini, 2017)

1. Intelligent city

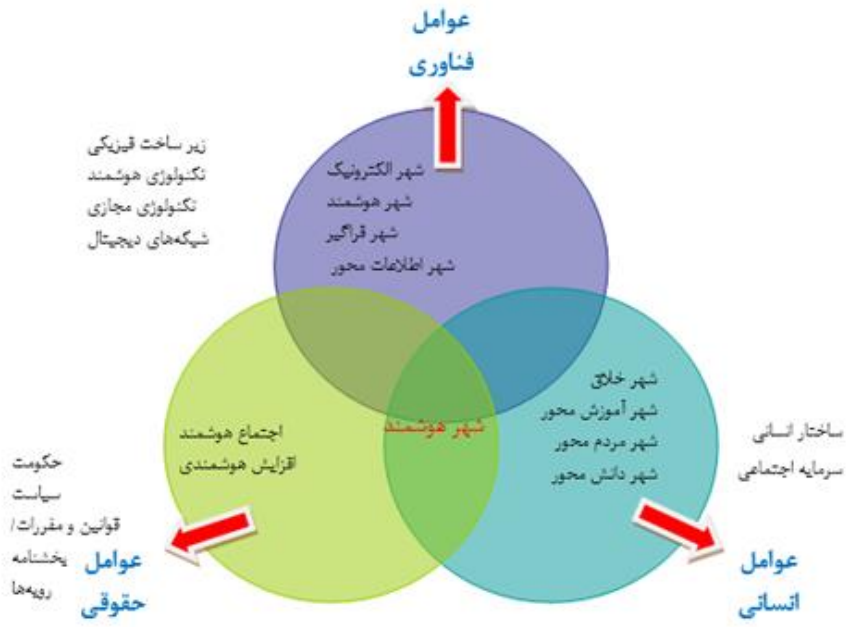
اصطلاح شهر هوشمند، خود از ترکیب موضوعات توسعه پایدار و شهرنشینی به‌منظور دستیابی به اهداف توسعه پایدار شهری حاصل می‌شود (Ana Virtudes & Dubai, 2017). مفهوم Smart در ارتباط با شهر، بیش از آنکه یک اصطلاح هنجاری باشد، یک اصطلاح ابزاری است. برنامه‌ریزان شهری، "Smart" را یک توسعه استراتژیک شهری می‌دانند که به دنبال تجزیه‌وتحلیل SWOT (قوت‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدهایی که دربرگیرنده بخشی از رویکرد شهر هوشمند نیز به شمار می‌رود) ظهور یافته است.

هوشمندی[1] یک برچسب پیشوند برای خدمات و محصولاتی است که فناوری اطلاعات و ارتباطات در آن نقش اصلی را ایفا می‌کند. اصطلاح City نیز یک اصطلاح ابزاری، مربوط به ساختار و محیط انسانی است که در آن می‌توان از راه‌حل‌های هوشمند برای توسعه پایدارتر استفاده کرد (Ana Virtudes & Dubai, 2017). در بین محققان، هیچ تعریف واحد و استاندارد جهانی برای شهر هوشمند وجود ندارد. البته این واقعیت از دیدگاه‌های مختلف نشئت می‌گیرد اما بدون شک، اصطلاح smart city بر استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات[2] در همه جنبه‌های زندگی روزمره تمرکز دارد. دیدگاه برخی از نویسندگان این است که شهر هوشمند مکانی است که فناوری اطلاعات[3] با زیرساخت‌ها، معماری، اشیاء روزمره و انسان‌ها برای حل مشکلات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی ترکیب شده است (Barlow, 2020). یک شهر هنگامی هوشمند است که از نظر سرمایه‌گذاری در بخش نیروی انسانی، اجتماعی، زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات رو به رشد بوده و از کیفیت زندگی بالایی برخوردار باشد و به‌علاوه، مدیریت منابع طبیعی آن به‌صورت هوشمند و آگاهانه باشد (City of Hamilton, 2020).

با استفاده از یک فرمول ساده، می‌توان شهر هوشمند را به‌صورت زیر نشان داد:

{شهر هوشمند = شهر دیجیتالی در فضای مجازی + اینترنت اشیاء + محاسبات ابری}

بنابراین، فناوری (زیرساخت سخت‌افزاری و نرم‌افزاری)، مردم (خلاقیت، تنوع و آموزش) و مبانی حقوقی (حکومت و سیاست‌ها) سه جزء اصلی یک شهر هوشمند هستند.



شکل ۲. هسته اصلی شهر هوشمند

1. smartness
2. ICT
3. IT

مفهوم "zero vision"

به‌تازگی، اتخاذ فناوری اطلاعات و ارتباطات، ابزارها و زیرساخت‌های اینترنت اشیاء به جهت بهبود کیفیت زندگی شهروندان، "zero vision" را در مفهوم شهر هوشمند نشان داده است. به‌طورکلی، "چشم‌انداز صفر" به حداقل‌سازی تأثیرات منفی ناشی از شهرنشینی (به‌عنوان‌مثال، تصادف صفر در ترافیک، انتشار صفر CO_2، زباله صفر، جرم و جنایت صفر) اشاره دارد.

"چشم‌انداز صفر" برنامه‌ای است که توسط بیل دو بلازیو، شهردار نیویورک، در سال ۲۰۱۴ مطرح شده و هدف آن، از بین بردن تمام مرگ‌های ناشی از ترافیک و صدمات جدی در خیابان‌های شهر نیویورک تا سال ۲۰۲۴ است.

"چشم‌انداز صفر" در ادغام با مفهوم شهر پایدار هوشمند، توسط چندین شهرداری در شهرهای هوشمند جهان به کار گرفته شده است. به‌عنوان‌مثال، در ایالات متحده (در نیویورک، بوستون و سیاتل) و سوئد، "چشم‌انداز صفر" در ایمنی جاده‌ها اتخاذ شد تا تعداد کشته‌ها و جراحات جدی بر اساس تصادفات رانندگی به حداقل برسد (City of Hamilton, 2020). یکی دیگر از نمونه‌های مشهور "چشم‌انداز صفر"، استفاده از چراغ‌های خیابانی خورشیدی با LED است. این امر نه‌تنها هزینه اتصال به شبکه را کاهش می‌دهد بلکه دارای قابلیت هات‌اسپات Wi-Fi و سایر ابزارهای اینترنت اشیاء به‌منظور نظارت بر آلودگی هوا، انتشار CO_2، ترافیک و آب‌وهوا است.

شهر تورنتو در کانادا، با استفاده از انرژی خورشیدی و باد در طراحی شهر، ابتکارات شهرهای هوشمند را به کار گرفته است (Silva et al., 2018). در هایلندپارک واقع در میشیگان، استفاده از چراغ‌های خیابانی خورشیدی باعث کاهش ۴۵ تا ۵۰ درصدی مصرف انرژی در مقایسه با چراغ‌های شبکه‌ای شد. سانفرانسیسکو، شروع به راه‌اندازی ایستگاه‌های خورشیدی شارژ خودروهای برقی کرده است. با این اقدامات، هم میزان انتشار CO_2 خودرو و هم مصرف انرژی و هزینه تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (Wachsmuth & Angelo, 2018).

علاوه بر این، به‌کارگیری پنل‌های خورشیدی در ساخت آپارتمان‌های با انرژی کافی و سازگار با محیط‌زیست در طرح شهرهای پایدار هوشمند در سراسر جهان رو به افزایش است (Lee et al., 2014). با استفاده از این طرح‌های "چشم‌انداز صفر"، مصرف انرژی ناشی از استفاده برق در ساختمان‌ها می‌تواند تا حدود ۵۰ درصد کاهش یابد.

نمونه‌هایی از چنین ابتکارات به کار گرفته‌شده‌ای نشان می‌دهد بیشتر تحقیقات و شیوه‌های رویکرد "چشم‌انداز صفر" عمدتاً بر حمل‌ونقل و انرژی در یک شهر پایدار هوشمند متمرکز شده‌اند. بااین‌حال، یک مفهوم شهر پایدار هوشمند نیازمند ترکیب بسیاری از موضوعات ازجمله برنامه‌ریزی شهری، مهندسی، داده، رایانه، چشم‌انداز اقتصادی و رفاه انسانی است(Wachsmuth & Angelo, 2018).

به‌تازگی، برخی از شهرهای هوشمند، متخصصین را به استفاده از جایگزین‌هایی به‌منظور کاهش مصرف انرژی و انتشار CO_2 مانند استفاده از نور طبیعی، استحصال آب باران با ایجاد پشت‌بام سبز یا استفاده از دیوار سبز به دلیل اثر خنک‌کنندگی آن در طراحی ساختمان‌ها تشویق می‌کند.

بنابراین، با ادغام راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت در فناوری‌های ICT و IoT، تغییراتی در استفاده از این فناوری و ابزارها و نتایج اقتصادی آن‌ها، به‌منظور بهبود کیفیت زندگی انسان و پایداری محیط‌زیست در مفهوم شهر هوشمند در طی زمان، مشاهده شده است.

اهمیت جنگل‌داری شهری و سبز شدن شهرها در شهرهای هوشمند

جنگل‌ها و مناطق سبز شهری مزایای بیوفیزیکی و اجتماعی-اقتصادی مهمی ازجمله کاهش مصرف انرژی، تسهیل اثرات خنک‌کننده‌ای، بهبود کیفیت آب‌وهوا و بهبود تنوع زیستی و زیستگاه حیات‌وحش را برای انسان و شهرها ارائه می‌دهد.

همچنین، پوشش گیاهی شهری، فرصت‌های تفریحی و ارزش‌های زیباشناختی را فراهم می‌کند که باعث بهبود سلامت و افزایش ارزش محله‌ها می‌شود (Anguluri & Narayanan, 2017). تحقیقات و اسناد گسترده‌ای در مورد اهمیت جنگل‌داری و فضای سبز شهری و مزایای آن به‌منظور رفاه بشر و کمک به ارزش اقتصادی شهر وجود دارد (City of Hamilton, 2020). اگرچه به نظر می‌رسد مفهوم شهر هوشمند، دربرگیرنده محیط‌زیست، مردم و زندگی است اما تمرکز آن به‌ویژه هنگامی‌که مفهوم آن برای اولین بار مطرح شد، بیشتر بر هوشمندتر ساختن یک شهر با استفاده از ابزارهای ICT و IoT بود تا سبز و پایدار ساختن آن (Lee et al., 2014). به‌عنوان‌مثال، هدف پروژه ۱۰۰ شهر هوشمند هند، ارائه راه‌حل‌های هوشمند برای حکمرانی هوشمند، مدیریت پسماند، مدیریت آب و انرژی بود اما در این طرح به جنگل‌داری شهری و مدیریت مناطق سبز شهری اشاره‌ای نشده است (Datta, 2015).

همچنین، در رویداد چالش‌های شهرهای هوشمند کانادا در سال ۲۰۱۷، حدود ۱۳۰ طرح دریافت شد که در آن‌ها جنگل‌داری شهری و سبز شدن شهرها مطرح نشده است (Nitoslawski et al., 2019).

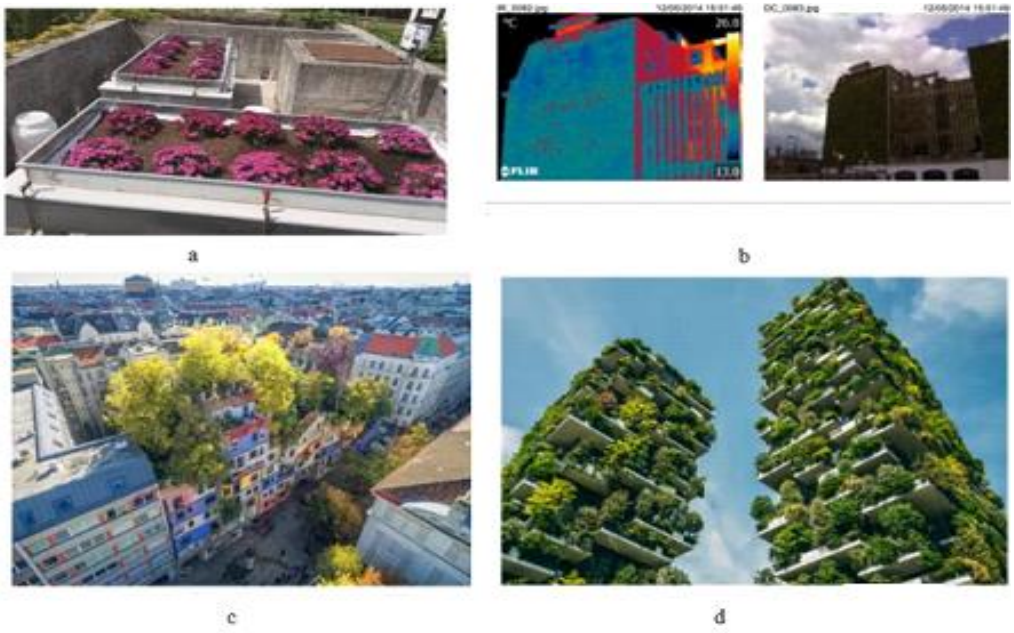
به دلیل افزایش سریع جمعیت در شهرها، نقش جنگل‌داری شهری و مناطق سبز شهری به‌مرور زمان در مفهوم شهر هوشمند اهمیت بیشتری پیدا نمود.

در (Mobilia & Longobardi, 2017; Shafique et al., 2018) از بام سبز به‌منظور مدیریت هوشمند طوفان در مناطق شهری استفاده شده است. بام سبز مزایای متعددی ازجمله عایق صوتی و حرارتی، کاهش تأثیر جزایر حرارتی شهری و آلودگی هوا و کاهش خطر سیل در شهرها را به همراه دارد. نتیجه هر دو مطالعه نشان داد که رویکردهای بام سبز در کاهش حجم کل رواناب در مناطق شهری مؤثر بوده است.

همچنین، در بیشتر شهرهای هوشمند مانند اتریش، آمریکای شمالی و برخی از کشورهای اروپایی، پیاده‌سازی طرح سبز شدن عمودی و طرح بیوفیلیک در شهر مورد تشویق بوده است (شکل ۱).

این طرح نه‌تنها با ایجاد فرصت‌های تفریحی و ارزش‌های زیباشناختی که سلامت را نیز بهبود می‌بخشد، باعث ارتباطات میان مردم می‌شود بلکه با اثر خنک‌کنندگی آن، کاهش مصرف انرژی و تأثیرات جزایر حرارتی شهری، بهبود کیفیت آب‌وهوا و تنوع زیستی را به دنبال دارد (Mobilia & Longobardi, 2017).

به‌طورکلی، با استفاده از فناوری پیشرفته و تغییر تقاضاها به سمت شهر هوشمند سبز، مفاهیم و ابتکارات جدید می‌توانند جنگل‌داری و سبزسازی شهری را در برنامه‌ریزی و عملکرد شهرهای هوشمند وارد کنند.



شکل ۳. نمونه‌های طراحی بیوفیلیک در شهر پایدار هوشمند؛ a) سقف سبز (شهر سالرنو در ایتالیا)، b) دیوار زنده (لندن)، c و d) سبز شدن عمودی (نیویورک و میلان) (Uçar et al., 2020)

فناوری‌های ICT و IOT در جنگل‌داری و سبزسازی شهری

فناوری‌های پیشرفته از گذشته به‌منظور نظارت، ارزیابی و تجزیه‌وتحلیل مدیریت محیط‌زیست و منابع طبیعی به کار گرفته شده‌اند. ازجمله این فناوری‌های هوشمند، فناوری سنجش از راه دور (به‌عنوان‌مثال، تصاویر فراطیفی LiDAR) است که با ادغام یادگیری ماشین، امکان نقشه‌برداری و ارزیابی انواع گونه‌ها و درختان را به‌صورت مجزا فراهم می‌نماید و همچنین، موتور Google earth، یک برنامه مبتنی بر ابر است که می‌تواند کاربری اراضی و تغییرات پوشش گیاهی را در مقیاس جهانی رصد و نقشه‌برداری نماید. امروزه، هواپیماهای بدون سرنشین (UAV) به سم و کودپاشی، بذرپاشی، تشخیص بلایای طبیعی در مناطق جنگلی (ازجمله آتش‌سوزی، هجوم آفات و غیره) کمک می‌کنند (Gabrys, 2020).

فناوری‌های هوشمند مانند سنسورهای بی‌سیم و سیستم شناسایی فرکانس رادیویی (RFID) به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات در مورد پوشش گیاهی و اشتراک‌گذاری اطلاعات از طریق پلتفرم‌های تحت وب استفاده می‌شوند (Nitoslawski et al., 2019).

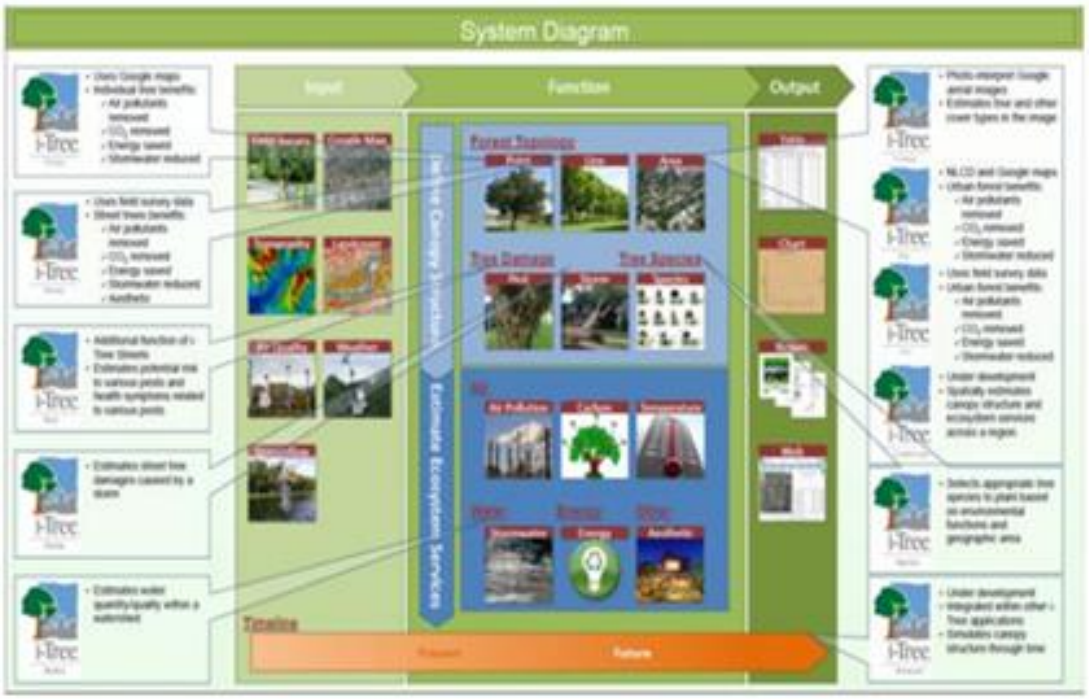
ازآنجاکه چنین فناوری‌های هوشمندی، منبع مهمی از کلان‌داده‌ها را فراهم می‌نمایند، می‌توانند با شهرداری به اشتراک گذاشته شوند تا جنگل‌داری و سبزسازی شهری را به‌طور مؤثرتری مدیریت کند. به‌عنوان‌مثال، در آمستردام (NL)، ابتکار Green City Watch با استفاده از هوش مصنوعی برای نظارت مداوم بر مناطق سبز شهری توسعه یافت. شیکاگو (ایالات‌متحده) از سنسورها و تجزیه‌وتحلیل مبتنی بر ابر به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد پایلوت‌های مختلف در جهت طراحی مناطق سبز استفاده می‌کند.

طرح Treescount در نیویورک (ایالات‌متحده) از بیش از ۲۳۰۰ VGI[1] ظرف یک سال برای موجودی درختان ازجمله اندازه‌گیری و شناسایی تک‌تک درختان و ثبت خسارت در تنه، استفاده کردند (Nitoslawski et al.,

۱. Volunteered Geographic Information: به استفاده از ابزارهای دیجیتال با هدف جمع‌آوری، همگون‌سازی، اصلاح و اشتراک‌گذاری داده‌های جغرافیایی داوطلبانه ارائه‌شده توسط شهروندان اشاره دارد.

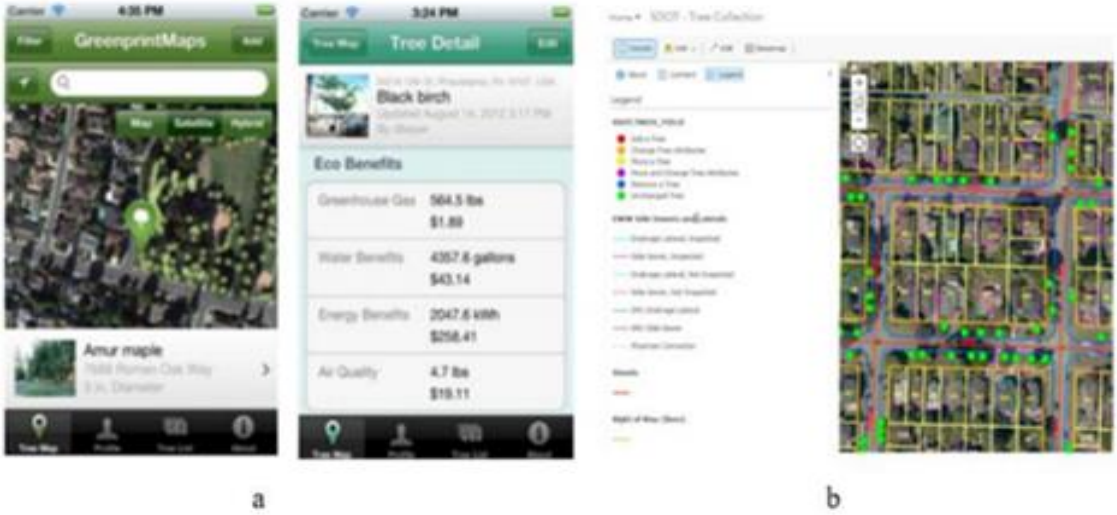
2011). تمامی این اطلاعات، فرصتی برای نظارت و ارزیابی، کاهش و تشخیص درختان آسیب‌دیده فراهم می‌کند. استفاده از فناوری‌های هوشمند می‌تواند با استفاده از اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه (VGI)، هزینه‌ها و زمان مدیریت جنگل‌داری و سبزسازی شهری را کاهش دهد.

I-Tree، یک ابزار مبتنی بر وب به‌منظور نظارت و ارزیابی تاج پوشش جنگل‌های شهری است که توسط ایالات‌متحده توسعه یافته است (شکل ۴). با استفاده از این برنامه‌ها و ابزارهای نوآورانه، مدیران می‌توانند خدمات و ارزش‌های اکوسیستم درختان و جنگل‌های جامعه ازجمله کاهش آلودگی، ترسیب و ذخیره کربن و کاهش رواناب را در مقیاس‌های مختلف کمی‌سازی کنند (Hirabayashi et al., 2011). همچنین، i-Tree موجودی درختان منفرد در مناطق شهری را نیز مشخص می‌کند (شکل ۴).



شکل ٤. برنامه‌های کاربردی و سیستم i-Tree رومیزی و مبتنی بر وب (Hirabayashi, Nowak, Endreny, Kroll & Maco, 2011)

OpenTreeMap نیز یکی دیگر از پلتفرم‌های نقشه‌برداری منبع باز است که برای موجودی و برآورد پوشش درختان در شهرهای کلان استفاده شده است. هر دو ابزار مبتنی بر وب، مزایای اکوسیستم را از طریق داده‌های جمع آوری‌شده، کمی نموده و هرگونه مشکل مربوط به درختان شهری را با استفاده از سیستم VGI گزارش می‌دهند (شکل ۵، a).

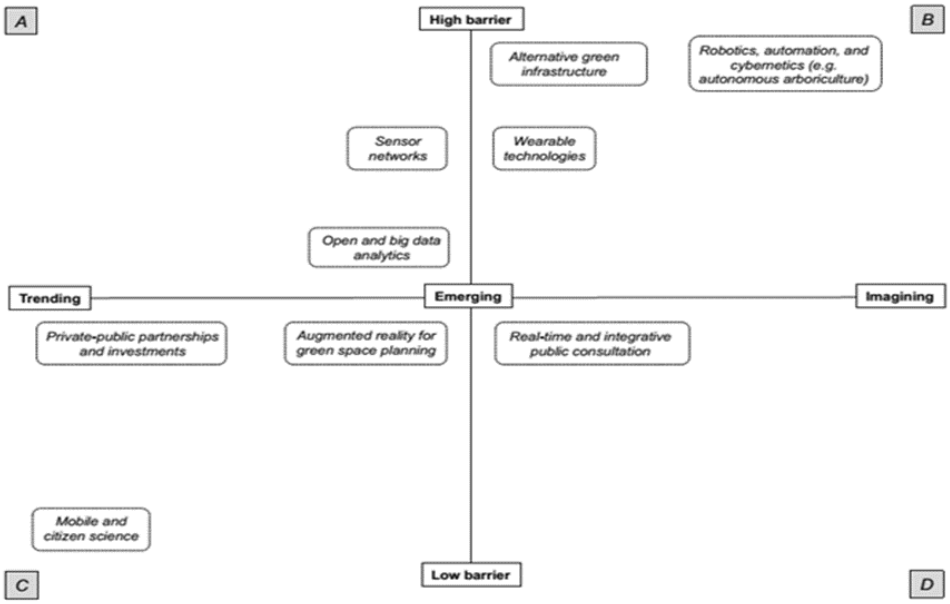


شکل ۵. a) نماهای برنامه OpenTreeMap ، b) نمای برنامه کاربردی وزارت حمل‌ونقل سیاتل (SDOP) (Uçar et al., 2020)

Nature Conservancy، برنامه وب Healthy Trees Healthy City (HTHC)، مبتنی بر VGI را توسعه داده است. هدف آن‌ها، آماده‌سازی و مشارکت جامعه به‌منظور آینده سبز پایدار است. همچنین، بخش حمل‌ونقل سیاتل (SDOP) برنامه‌ای برای حفاظت از دارایی جنگل-داری شهری ایجاد نموده است (شکل ۵، b). هدف آن است که با استفاده از داده‌های دقیق و به‌روز از موجودی درختان، الزامات حفاظتی مؤثرتری را از طریق برنامه‌هایی مانند زمان‌بندی دقیق آبیاری درختان و برنامه‌ریزی برای ایجاد تنوع گونه‌ای بهتر در آینده، اجرا کند.

تجزیه‌وتحلیل حرکت به‌سوی جنگل‌داری "هوشمندتر"

در شکل ۶، خلاصه‌ای از روند برنامه‌ریزی هوشمند مربوط به مدیریت جنگل‌داری شهری با توجه به تحقیقات صورت گرفته ارائه شده است.



شکل ٦. خلاصه‌ای از روند برنامه‌ریزی هوشمند مربوط به مدیریت جنگل‌ها که در دو محور و چهار کوادرانت تقسیم شده است (Nitoslawski et al., 2019).

محور x به سطح ظهور یک اصل خاص، از "trending" تا "imagining" اشاره دارد. "trending" به مفاهیمی اشاره دارد که قبلاً پیاده‌سازی شده‌اند و در گفتمان جنگل‌داری شهری رایج‌تر می‌شوند. "imagining" به مواردی اشاره می‌کند که هنوز آزمایش نشده‌اند یا فقط در مقیاس کوچک آزمایش شده‌اند و نیازهای تحقیقاتی آینده را نشان می‌دهند. barrier به چالش‌ها در طراحی و پیاده‌سازی مانند الزامات، ظرفیت منابع و نگرانی‌های اخلاقی اشاره دارند. به‌عنوان‌مثال، در مورد فناوری‌های پوشیدنی، این امر ممکن است با موانعی مانند حریم خصوصی در استفاده از داده‌ها مواجه باشد. در جدول ۱، جزئیات روندها و فناوری‌ها در هر کوادرانت ارائه شده است.

جدول ۱. خلاصه کاربرد فناوری‌ها در مدیریت جنگل‌ها (Anthopoulos)

گرایش‌ها و مفاهیم	کوادرانت	تکنولوژی و ابزارها	کاربرد در مدیریت جنگل	موانع جهت اجرایی شدن	مطالعات موردی
واقعیت افزوده (AR) و واقعیت مجازی فراگیر (IVR)	C	اپلیکیشن موبایل (apps) هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)	دانشوری شهروندی ارزیابی و اندازه‌گیری درختان طراحی و بهینه‌سازی استفاده از فضای سبز	هزینه (مانند توسعه نرم‌افزار) شکاف دیجیتال از نظر سن، درآمد و دیگر شرایط اقتصادی-اجتماعی	• MetaTree به‌منظور بصری‌سازی داده‌های جنگل شهری (شهر نیویورک، ایالات‌متحده) • IVR به‌منظور طراحی مدرن فضای سبز شهری ایده‌آل (دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی، ایالات‌متحده)
داده‌های باز، کلان‌داده‌ها و تجزیه‌وتحلیل	A, B	محاسبات و ذخیره‌سازی ابری (Goog Earth Engine, GBDX). هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق داده‌کاوی شبکه سنسورها و بی‌سیم	شاخص نظارت بر جنگل مدل‌سازی و ارزیابی درآمد جنگل ازجمله رابطه بین شاخص‌ها و درآمدها تجزیه‌وتحلیل زمین آماری در مقیاس‌های بزرگ‌تر و در زمان واقعی	نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی داده‌های شهروندان و شهرداری‌ها جمع‌آوری و ظرفیت ذخیره اطلاعات خطر آپوفنیا یا تمایل مغز انسان برای تشخیص الگوها در داده‌های تصادفی هزینه (مانند توسعه نرم‌افزار)	• سنسورهای TreeMania داده‌های مربوط به رطوبت خاک را در زمان واقعی جمع‌آوری کرده و به‌طور خودکار به مدیران مربوطه ایمیل/پیامک ارسال می‌کند (Oostrum، هلند). • پلتفرم Green City Watch، تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا (۳۰ سانتی‌متر) و هوش مصنوعی زمین آمار (geoAI) به‌منظور نظارت بر فضای سبز شهری (آمستردام، هلند) • طرح پایش زیرساخت‌های سبز هوشمند (دانشگاه ایلینوی، ایالات‌متحده) • سنسورهای زیرساخت سبز برای اندازه‌گیری عملکرد (دانشگاه فناوری جورجیا، ایالات‌متحده آمریکا) • Treepedia، کمی‌سازی تاج پوشش درختان خیابان از نمای Google Street View (Senseable City Lab، MIT، ایالات‌متحده آمریکا) • نرم‌افزار i-Tree برای برآورد ارزش جنگل‌های شهری (سازمان جنگل‌داری ایالات‌متحده). • شبکه جنگل هوشمند ایالات متحده دربرگیرنده سنسورهای دیجیتالی و مخابرات انتقال اطلاعات برای نظارت

گرایش‌ها و مفاهیم	کوادرانت	تکنولوژی و ابزارها	کاربرد در مدیریت جنگل	موانع جهت اجرایی شدن	مطالعات موردی
					یکپارچه است (سازمان جنگل‌داری ایالات‌متحده). • حسگرهای اینترنت اشیاء به‌منظور نظارت بر تأثیرات تغییر آب‌وهوای شهری (ملبورن، استرالیا) • حسگرهای تشخیص نیاز آب درختان (سازمان آب و دانشگاه فناوری سوینبرن در ملبورن، استرالیا) • Treemetrics، "اینترنت درختان" مدیریت جنگل مبتنی بر ابر را ارائه می‌دهد (کورک، ایرلند). • هیئت پارک‌های ملی سنگاپور از حسگرهای GPS و LiDAR برای ردیابی از راه دور عملیات برش چمن استفاده می‌کند.
رباتیک، اتوماسیون و سایبرنتیک	B	هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق محاسبات و ذخیره‌سازی ابری سایبرنتیک و سایبرپلنتس (Cyberplants)	پرورش درخت و نهال (مانند هرس و غیره) شناسایی گونه‌ها ارزیابی ریسک و تشخیص بیماری بهینه‌سازی رشد و عملکرد گیاهان	هزینه (مانند توسعه نرم‌افزار) نگرانی‌های اخلاقی در خصوص پیاده‌سازی و مشاغل جایگزین ظرفیت تکنولوژیکی	• TreeBot، ربات درختی هوشمند (گوانگدونگ، چین) • Plant-e، سلول‌های سوختی میکروبی گیاهی برای تولید برق سبز (واخنینگن، هلند) • E-plants، پوشش گیاهی ادغام‌شده با وسایل الکترونیکی (دانشگاه Linköping، سوئد) • دستگاه‌های چمن‌زن رباتیک که توسط هیئت پارک‌های ملی سنگاپور آزمایش شده است.
تلفن همراه و دانشوریِ شهروندی	C	اپلیکیشن موبایل (apps) پلتفرم‌های جمع‌آوری اطلاعات جغرافیایی و مشارکت داوطلبانه تکنولوژی‌های پوشیدنی بلاکچین برای امنیت داده‌ها، اشتراک‌گذاری اطلاعات و ذخیره‌سازی	آنالیز و جمع‌آوری داده‌ها ایجاد پلتفرمی برای ارتباط شهروندان با طبیعت و فضاهای سبز	کیفیت و ظرفیت داده‌ها برای صحت‌سنجی شکاف دیجیتالی نگرانی‌های حریم خصوصی داده‌های شهروندان و شهرداری‌ها	• پلتفرم OpenTreeMap به‌منظور موجودی درختان شهری (ایالات متحده و کانادا) • نقشه درخت خیابان نیویورک (شهر نیویورک، ایالات‌متحده آمریکا) • نقشه جنگل شهری (سان‌فرانسیسکو، ایالات‌متحده آمریکا) • CityTrees (دانشگاه رایرسون، کانادا) • نقشه بصری جنگل شهری (ملبورن، استرالیا) • شبکه TreeChain، یک بستر بلاکچینی و اینترنت اشیاء به‌منظور کاشت درختان و احیاء محیط‌زیست (سیدنی، استرالیا) • اپلیکیشن‌های شناسایی گیاهان و درختان (به‌عنوان مثال Plantsss، PlantSnap، Vancouver Trees، iNaturalist)

گرایش‌ها و مفاهیم	کوادرانت	تکنولوژی و ابزارها	کاربرد در مدیریت جنگل	موانع جهت اجرایی شدن	مطالعات موردی
زیرساخت سبز هوشمند	*A*	هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق دیتا لاگرها و حسگرها	ارائه مزایای سبز	هزینه (مانند توسعه نرم‌افزار/ سخت‌افزار)	• CityTree، فیلتر زیست‌فناوری با فناوری IoT برای سنجش عملکرد محیطی (برلین، آلمان) جنگل عمودی میلان (bosco verticale) و نمونه‌های دیگر جنگل‌های عمودی (میلان، ایتالیا)
مشاوره عمومی و حکمرانی مشارکتی یکپارچه	*B, D*	پلتفرم‌های رسانه اجتماعی اپلیکیشن موبایل (apps) محاسبات و ذخیره‌سازی ابری هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) فنّاوری‌های پوشیدنی بلاکچین برای امنیت داده‌ها، اشتراک‌گذاری اطلاعات و ذخیره‌سازی	ارزشیابی شهروندان در مورد جنگل‌ها و فضاهای سبز جمع‌آوری داده‌ها در مورد تأثیرات طراحی جنگل و فضای سبز بر شهروندان (مانند سلامت)	نگرانی‌های حریم خصوصی داده‌های شهروندان شکاف دیجیتالی عدالت زیست‌محیطی	• جعبه‌ابزار جنگل‌داری شهری (Vibrant Cities Lab، ایالات‌متحده) • داده‌های Fitbit که داوطلبانه توسط شهروندان ارائه شده است (دُلوث، ایالات‌متحده آمریکا) • پلتفرم Mappnaire برای مشارکت و دریافت اطلاعات عمومی (هلسینکی، فنلاند) • MijnPark ("My Park“) برای جمع‌آوری اطلاعات در مورد نحوه استفاده و درک مردم از پارک‌ها (آمستردام، هلند) • ارزهای رمزنگاری‌شده برای کاشت درخت، مانند TreeCoin و CarbonCoin
مشارکت عمومی- خصوصی	C	فضاهای نوآوری مدنی و شهری	فضای اختصاصی برای همکاری بین چند ذی‌نفعی	اینرسی نهادی نگرانی‌های حریم خصوصی داده‌های شهروندان تصرف فضاهای عمومی توسط بخش خصوصی	• پیاده‌رو تورنتو، یک محله "هوشمند" در ساحل تورنتو (تورنتو، کانادا) • UI Labs، مرکز نوآوری مدنی و انکوباتور تجاری (شیکاگو، ایالات‌متحده آمریکا) •باغ نوآوری، یک اکوسیستم نوآوری (اسپو، فنلاند) • "Forest city"، یک پروژه بزرگ "هوشمند" با تمرکز بر جنگل‌های عمودی (جوهور بهرو، مالزی)

نتیجه‌گیری

بدون شک، شهرها در حال ورود به عصر جدیدی از روش‌های جمع‌آوری داده‌های بی‌سابقه، پردازش و استفاده از آن‌ها در تصمیم‌گیری‌های شهری هستند؛ بنابراین، شناسایی و بررسی استفاده از فناوری‌های دیجیتالی و محاسباتی برای زیرساخت‌های سبز و ادامه توسعه برنامه‌های کاربردی در آینده به‌ویژه در سطح دانشگاه، صنعت و دولت، موضوعی بسیار مهم است. به همان اندازه، چگونگی استفاده از این ابزارها برای مشارکت و توانمندسازی شهروندان و ذی‌نفعان جامعه و اطمینان از حصول مزایای سبز برای همه، موضوعی حیاتی است. در این مقاله، کاربردهای فعلی فناوری‌های شهرهای هوشمند در مدیریت جنگل‌ها و فضای سبز شهری ترسیم شد که برنامه‌ریزان، محققان و مدیران شهری باید از آن مطلع باشند. البته باید تأکید نمود که این فهرست انعطاف‌پذیر بوده و احتمالاً با تغییر و پیاده‌سازی برنامه‌های جنگل‌داری هوشمند به‌صورت آزمایشی، توسعه و تغییر می‌یابد.

برخی محققین بیان داشته‌اند به‌تدریج که وسایل و داده‌های دیجیتالی در فضاهای جنگلی به کار گرفته می‌شوند، جنگل‌ها نیز به زیرساخت‌ها و فناوری‌های محیطی برای پاسخگویی و کاهش تغییرات منفی محیطی تبدیل خواهند شد. این تحولات می‌تواند روابط متفاوتی را در بین جوامع انسانی و غیرانسانی ایجاد کند که توسط این فناوری‌های نوظهور تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Gabrys, 2020). برخی محققین نیز بر این باور هستند، زمانی می‌رسد که جنگل هوشمند خود به فضایی برای تنظیم و دگرگونی محیطی تبدیل می‌شود. به عبارت دیگر، فناوری‌هایی که بر این محیط‌ها به‌منظور مقابله و کاهش تغییرات منفی محیطی حکومت می‌کنند، آن‌ها را نیز به واحدهایی تبدیل می‌کنند که به‌عنوان فناوری عمل نمایند (Gabrys, 2020).

هدف مدیریت جنگل شهری هوشمند این است که ضمن ارتباط مردم با طبیعت شهری، به جنگل‌داران شهری و تصمیم‌گیرندگان کمک نموده، همه شهروندان را توانمند سازد و به آن‌ها نشان دهد که جنگل‌ها به‌ویژه در شهر، کلید زندگی سالم و پایدار هستند. امروزه هر پروژه‌ای که به داده‌های انبوه زمینی نیاز داشته باشد، بی‌تردید باید از کمک شهروندان دانشور بهره‌مند شود. در این بین، فناوری و به‌ویژه اینترنت، مهم‌ترین وظیفه را در انتقال این داده‌ها بر عهده دارند.

می‌توان اظهار داشت که استفاده از ابزارهای ICT و IoT می‌تواند به مدیریت جنگل‌داری شهری و مناطق سبز شهری، کاهش هزینه‌ها و زمان مدیریت با استفاده از VGI کمک کند. این مقاله با هدف ایجاد گفتگو بین فعالان و تصمیم‌گیرندگان در برنامه‌ریزی شهرهای هوشمند، مدیریت جنگل‌ها و فضای سبز، تدوین شده است.

منابع

Barlow, M. (2020). *Smart cities, smart future.* Wiley.

Tracking Clean Energy Progress. (2017). International Energy Agency.

WHO. (2016). Preventing disease through healthy environments A global. *World Health Organization*.

Mundoli, S., Unnikrishnan, H., & Nagendra, H. (2017). The “Sustainable” in smart cities: ignoring the importance of urban ecosystems. *Decision*, *44*, 103-120.

Anguluri, R., & Narayanan, P. (2017). Role of green space in urban planning: Outlook towards smart cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, *25*, 58-65.

City of Hamilton. (2020). Horizon Utilities Corporation's Street Light Rate Class Analysis (REF EB-2014-0002) Performed for Weirfoulds LLP. Accessed 01 September

Silva, B. N., Khan, M., & Han, K. (2018). Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. *Sustainable cities and society*, *38*, 697-713.

Wachsmuth, D., & Angelo, H. (2018). Green and gray: New ideologies of nature in urban sustainability policy. *Annals of the American Association of Geographers*, *108*(4), 1038-1056.

Lee, J. H., Hancock, M. G., & Hu, M. C. (2014). Towards an effective framework for building smart cities: Lessons from Seoul and San Francisco. *Technological Forecasting and Social Change*, *89*, 80-99.

Ucar, Z., Bettinger, P., Merry, K., Akbulut, R., & Siry, J. (2018). Estimation of urban woody vegetation cover using multispectral imagery and LiDAR. *Urban Forestry & Urban Greening*, *29*, 248-260.

Datta, A. (2015). A 100 smart cities, a 100 utopias. *Dialogues in Human Geography*, *5*(1), 49-53.

Nitoslawski, S. A., Galle, N. J., Van Den Bosch, C. K., & Steenberg, J. W. (2019). Smarter ecosystems for smarter cities? A review of trends, technologies, and turning points for smart urban forestry. *Sustainable Cities and Society*, *51*, 101770.

Mobilia, M., & Longobardi, A. (2017). Smart stormwater management in urban areas by roofs greening. In *Computational Science and Its Applications–ICCSA 2017: 17th International Conference, Trieste, Italy, July 3-6, 2017, Proceedings, Part III 17* (pp. 455-463). Springer International Publishing.

Shafique, M., Kim, R., & Kyung-Ho, K. (2018). Green roof for stormwater management in a highly urbanized area: The case of Seoul, Korea. *Sustainability*, *10*(3), 584.

Russo, A., & Cirella, G. T. (2018). Modern compact cities: how much greenery do we need?. *International journal of environmental research and public health*, *15*(10), 2180.

Gabrys, J. (2020). Smart forests and data practices: From the Internet of Trees to planetary governance. *Big data & society*, *7*(1), 2053951720904871.

Luvisi, A., & Lorenzini, G. (2014). RFID-plants in the smart city: Applications and outlook for urban green management. *Urban forestry & urban greening*, *13*(4), 630-637.

Hirabayashi, S., Nowak, D., Endreny, T. A., Kroll, C., & Maco, S. (2011). i-Tree: Tools to assess and manage structure, function, and value of community forests. In *AGU Fall Meeting Abstracts* (Vol. 2011, pp. B21B-0263).

Uçar, Z., Akay, A. E., & Bilici, E. (2020). Towards green smart cities: Importance of Urban forestry and urban vegetation. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences-ISPRS Archives*.

Anthopoulos, L. G. (2017). *Understanding smart cities: a tool for smart government or an industrial trick?* (Vol. 22, p. 293). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.

Casini, M. (2017). Green technology for smart cities. In *IOP Conference series: earth and environmental science* (Vol. 83, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.

Virtudes, A., Abbara, A., & Sá, J. (2017, October). Dubai: A pioneer smart city in the Arabian territory. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 245, No. 5, p. 052071). IOP Publishing.

استناد به این مقاله: کلانتری، عبدالحسین و صفری شاد، مهتاب. (۱۴۰۱). شهر هوشمند سبز: اهمیت جنگل‌داری و مناطق سبز شهری. *فصلنامه پژوهش‌های نوین در شهر هوشمند*، ۱(۲)، ۶-۱۹.

New Researches in The Smart City is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.