



کاربردهای نوین ژئوماتیک در پیاده سازی شهر هوشمند

امیرحسین بابائی پور¹، سعید صادقیان^{2*}

- 1- دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری دانشگاه شهید بهشتی
2- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست دانشگاه شهید بهشتی

Novel Applications of Geomatics in Smart City

Amirhosein Babaeepour¹, Saeid Sadeghian^{2*}

- 1- Master's Student of Photogrammetry, Shahid Beheshti University
2- Associate Professor of Faculty of Civil Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

ایمیل نویسنده مسئول: sa_sadeghian@sbu.ac.ir

*Corresponding Author: sa_sadeghian@sbu.ac.ir

چکیده

با افزایش جمعیت در جهان و از طرفی گرایش بیشتر به شهرنشینی در جوامع و همچنین محدود بودن منابع انرژی در جهان، برای بهتر مدیریت کردن شهرها و در نتیجه خدمات رسانی بهتر به شهروندان، هوشمند کردن شهرها در دستور کار بسیاری از کشورها قرار گرفته است. چارچوب اساسی شهرهای هوشمند برگرفته از شهرهای رقومی است که با استفاده از اطلاعات و داده های این شهرها، مدل سازی و نمایه سازی شده و با ایجاد یک ارتباط طبیعی بین انسان، جامعه و اجتماع به ایجاد یک شهر هوشمند می پردازند. ژئوماتیک ابزاری قدرتمند برای رسیدن به این هدف می باشد. در واقع ژئوماتیک پلی بین شهرهای رقومی و شهر هوشمند است. با استفاده از فناوری های نوین ژئوماتیک مانند سامانه های ناوبری جهانی، سیستم اطلاعات مکانی و سنجش از دور میتوان قدمی بلند در پیاده سازی یک شهر هوشمند و پایدار برداشت. در این مقاله ابتدا پس از بیان مقدمه ای درباره ی شهر هوشمند و نیازهای آن، به تفکیک کاربرد هر فناوری از زیر مجموعه های ژئوماتیک در شهر هوشمند و همچنین بیان مثال هایی از پیاده سازی آن ها در برخی از کلان شهرها پرداختیم؛ و در آخر پس از نتیجه گیری، برای کمک به پایدار ساختن این شهرها، پیشنهاداتی در این زمینه ارائه دادیم.

واژه های کلیدی

شهر هوشمند، ژئوماتیک، فتوگرامتری، سنجش از دور، مدل سازی سه بعدی

Abstract

With the increase in the population and on the other hand, the trend towards urbanization in the communities and also the limited energy resources in the world, in order to better manage the cities and as a result provide better services to the citizens, making the cities smart has been put on the agenda of many countries. The basic framework of smart cities is derived from digital cities, which are modeled and indexed using the information and data of these cities and create a smart city by creating a natural connection between humans, society and society. Geomatics is a powerful tool to achieve this goal. In fact, geomatics is a bridge between digital cities and smart cities. By using new geomatic technologies such as global navigation systems, spatial information system and remote sensing, a big step can be taken in implementing a smart and sustainable city. In this article, after giving an introduction about the smart city and its needs, we separated the application of each geomatic technology in the smart city and also gave examples of their implementation in some big cities; And finally, after the conclusion, we made suggestions in this field to help make these cities sustainable.

Keywords : Smart city, Geomatics, Photogrammetry, Remote sensing, 3D modeling



1- مقدمه

بیش از نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کنند. این میزان تا سال 2050 به 70 درصد افزایش خواهد یافت. رشد شهری در کشورهای در حال توسعه بسیار سریع است، تا حدی که به طور متوسط ماهانه 5 میلیون به جمعیت شهرها اضافه میشود. (Gruen, 2013) به نظر می‌رسد مفهوم شهر هوشمند یک راه حل کلیدی برای چالش‌های ناشی از رشد سریع شهرنشینی مانند گسترش شهری، چالش‌های زیست محیطی و پایداری، حمل و نقل، هزینه‌های بالای مدیریت، مشارکت مدنی، محدودیت‌های انرژی، ارتقای میراث فرهنگی و کیفیت زندگی شهروندان باشد. (Daniel & Doran, 2013) روش‌های سنتی برنامه ریزی و مدیریت شهرها دیگر در این محیط شهری جدید پاسخگو نمی‌باشند. رویکردهای جدید ضروری است. در حالی که طراحی و برنامه ریزی تعاملی همچنان مورد نیاز و ارزشمند خواهد بود، تکنیک‌های رقومی باید جایگاه بهتری پیدا کنند. به طور کلی توافق بر این است که بافت یک عنصر کلیدی در طراحی جدید آینده و تحول شهرهای موجود است. بافت شهری باید شامل مولفه‌های اجتماعی، دولتی، اقتصادی و فناوری باشد. در نتیجه برای تحقق باید به حوزه رقومی تبدیل و مدلسازی شود. مدل‌های ایجاد شده باید توسط داده‌های پشتیبانی و فعال شوند. پیچیدگی فرآیندهای تصمیم‌گیری سیاسی، اجتماعی و اقتصادی نیازمند داده‌های دقیق، قابل اعتماد، واقعی و تا حد زیادی کامل است. بیشتر این داده‌ها از نظر مکانی مرتبط هستند. این امر به وضوح بر ارتباط علوم اطلاعات مکانی، به ویژه ژئوماتیک، برای هر طراحی و فرآیند برنامه ریزی آینده محور تأکید می‌کند. (Gruen, 2013)

شهر هوشمند چارچوبی است که عمدتاً از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) برای توسعه، گسترش و ترویج شیوه‌های توسعه پایدار و با هدف رفع چالش‌های رو به رشد شهرنشینی، ایجاد شده است. بخش بزرگی از این چارچوب، اساساً یک شبکه هوشمند از اشیاء متصل و ماشین‌هایی است که اطلاعات را با استفاده از فناوری بی‌سیم و رایانش ابری انتقال می‌دهند. برنامه‌های IoT مبتنی بر رایانش ابری، اطلاعات را در لحظه دریافت، تجزیه و تحلیل و مدیریت می‌کنند تا به شهرداری‌ها، شرکت‌ها و شهروندان کمک کنند که برای بهبود کیفیت زندگی خود تصمیمات بهتری بگیرند. مردم برای ارتباط با اکوسیستم‌های یک شهر هوشمند، از راه‌های مختلفی همچون تلفن‌های هوشمند، ابزارهای هوشمند قابل حمل، اتومبیل‌ها و خانه‌های هوشمند، استفاده می‌کنند. یکپارچه سازی اشیاء و داده‌ها با زیرساخت‌های فیزیکی و خدمات شهری، می‌تواند هزینه‌ها را کاهش و پایداری را بهبود دهد. جوامع می‌توانند روشهای توزیع انرژی را بهبود بخشند، جمع‌آوری زباله را ساده‌تر کرده و با کمک IoT باعث کاهش ترافیک و حتی بهبود کیفیت هوا گردند.

شهرهای هوشمند را می‌توان در شش محور اصلی از ابعاد شناسایی کرد: اقتصاد هوشمند، محیط هوشمند، تحرک هوشمند، افراد هوشمند، زندگی هوشمند و حکمرانی هوشمند. (Li et al., 2013) جنبش شهر هوشمند از چشم‌انداز شهرهای پایدار با استفاده بهتر از فناوری اطلاعات و ارتباطات برای بهبود خدمات پشتیبانی‌کننده از عملیات و خدمات شهری (مانند حمل و نقل و سرگرمی) پدید آمده است. در حالی که اکثر شهرها ارزش واقعی را در اتخاذ اهداف شهر هوشمند می‌دانند، هنوز در مورد مدل زیربنایی شهر هوشمند و فناوری‌های اصلی برای توسعه آن اجماع و شفافیت وجود ندارد. (Li et al., 2013) معمولاً یک شهر هوشمند بر سه پایه استوار است: توسعه اقتصادی، مسائل زیست محیطی زمین، و برابری اجتماعی. و پایداری تنها زمانی حاصل می‌شود که هر سه جنبه به طور یکسان در نظر گرفته شوند. از دیدگاه ژئوماتیک، شهر هوشمند ادغام کامل یک شهر رقومی، اینترنت اشیاء و فناوری محاسبات ابری است. (Li et al., 2013) در این دیدگاه از منظر ژئوماتیک، مسائل اساسی و عملیاتی برای یک شهر هوشمند، از جمله ارجاع جغرافیایی و مدل‌سازی فضایی-زمانی سه‌بعدی، ادغام سیستم موقعیت‌یابی جهانی (GPS)، سنجش از دور و GIS در سکوها، سیار، دستگاه‌ها و سازه‌ها، قابلیت‌های سنجش و ارتباط و خدمات در محیط‌های ابری برای همه زمینه‌ها مطرح می‌شود. (Li et al., 2013)



چارچوب اساسی شهرهای هوشمند برگرفته از شهرهای رقومی است که با استفاده از اطلاعات و داده های این شهرها، مدل سازی و نمایه سازی شده و با ایجاد یک ارتباط طبیعی بین انسان، جامعه و اجتماع به ایجاد یک شهر هوشمند می پردازند. شهرهای هوشمند باید توانایی سنجش، کنترل و تجزیه و تحلیل داده ها را داشته باشند. اغلب این شهرها از اینترنت اشیا و رایانش ابری ساخته شده اند. اینترنت اشیا و رایانش ابری مانند اندام های بدن یک انسان به جمع آوری، تجزیه و تحلیل و کنترل اطلاعات می پردازند.

2- نیاز شهر هوشمند به ژئوماتیک

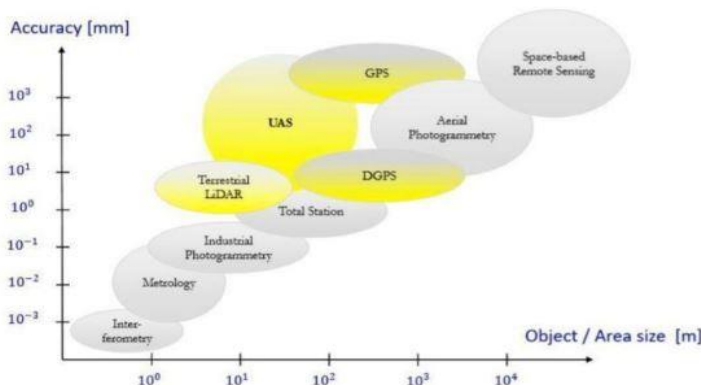
در حالی که تعاریف مفهوم شهر هوشمند ممکن است متفاوت باشد، رویکردهای مختلف و تعاریف پیش فرض اغلب بر فناوری هایی تکیه می کنند که اطلاعات و تجهیزات کنترلی را از طریق زیرساخت های خدمات مختلف ارائه می دهند. برای ارائه کارآمد خدمات بر اساس نیازهای واقعی مصرف کنندگان و شهروندان، سیستم های کنترلی شهرسازی باید بدانند که عرضه در یک زمان خاص به کجا هدایت شود. بنابراین مکان اطلاعات نیاز اصلی می باشد. علاوه بر این، برای برآورده ساختن به موقع تقاضاها، این واحدهای زیرساختی باید چابک باشند و انعطاف پذیری لازم برای انطباق با تغییرات و شرایط اضطراری را داشته باشند. به این ترتیب، آنها نیاز به آگاهی از محیط خود و آنچه در مجاورت آنها اتفاق می افتد دارند. اطلاعات موقعیتی از جمله ویژگی های جغرافیایی (مثلاً توپوگرافی، مناطق خشک) و قابلیت های درک فضایی و مکانی به طور قابل توجهی در طراحی و بهره برداری از زیرساخت های مدیریت و خدمات شهر هوشمند مشارکت دارند. (Daniel & Doran, 2013)

شهرها بزرگ ترین سکونتگاه ها و از نظر مکانی دارای اهمیت هستند. تقریباً همه برنامه ها و پروژه ها در شهرها مانند جاده ها، ساختمان ها، مراکز خرید، پارک ها، دست اندازها، سیستم نظارت الکترونیکی (EMS)، برنامه های کاربردی موبایل ترافیک و غیره مبتنی بر مکان هستند. همراه با فناوری در حال توسعه، کاربردهای ژئوماتیک در شهرها افزایش یافته است. با فعالیت های فناوری هایی مانند سیستم های ماهواره ای ناوبری جهانی GNSS، داده های سنجش از دور، اندازه گیری های فتوگرامتری، هواپیماهای بدون سرنشین (UAV)، اطلاعات مکانی و داده های موقعیتی آسان تر، سریع تر و دقیق تر به دست می آیند. (Konur et al., 2021) به عنوان مثال، ما داده های مکان زیادی داریم، مانند داده هایی برای محاسبه اینکه اتوبوس در چند دقیقه به یک ایستگاه خاص می رسد و از کدام مسیر استفاده می کند. داده های ترافیک در جاده توسط داده های سیگنال GNSS روی تلفن های افراد در ایستگاه ها و داده های موقعیت اتوبوس دریافت می شود. با این حال، ما باید آنها را به یکدیگر مرتبط کنیم و محصول نتایج نهایی معنادار به دست آوریم. بنابراین، راننده اتوبوس و مسافرانی که در ایستگاه منتظر هستند، می توانند با زیرساخت های ایجاد شده توسط مهندسين ژئوماتیک به صورت لحظه ای ببینند که چند دقیقه بعد آن اتوبوس در ایستگاه خواهد بود. (Konur et al., 2021)

کاربردهای ژئوماتیک متعدد می باشند و دامنه وسیعی از دامنه های مختلف مانند جنگل داری بهداشت، مدیریت شهری، امنیت شهری، گردشگری را شامل می شود. آنها اغلب به داده های سنجش از راه دور هوابرد و ماهواره ای تکیه می کنند تا دیدی به روز از دنیای فیزیکی و سه بعدی به دست آورند. طی سال ها، این فناوری ها به نظارت، کسب دانش و مدیریت زمین ها و منابع و کاهش خطرات مرتبط کمک کرده اند. فناوری های ژئوماتیک به سرعت در حال رشد هستند. پیشرفت های اخیر در GIS، GNSS، سنجش از راه دور، سرویس های وب و خدمات و فناوری های مبتنی بر مکان، به کمک ابزارهای ژئوماتیک مدرن می تواند از راه حل های نوآورانه برای مدیریت، حاکمیت و شیوه های مشارکت شهروندان منطبق با اهداف شهر هوشمند پشتیبانی کند. (Daniel & Doran, 2013)



همانطور که در شکل 1 نشان داده شده، سطح دقت قابل دستیابی روش های کاربردی ژئوماتیک اعمال شده در شهرهای هوشمند با توجه به منطقه ای که در آن استفاده می شود در قالب نمودار زیر است.



شکل 1: دقت رایج ترین تکنیک های نقشه برداری (Toth, 2018)

که در آن محور عمودی سطح دقت قابل دستیابی و محور افقی مساحت منطقه ی مورد استفاده در آن روش را نشان میدهد.

در ادامه ی این مقاله به جزئیات کاربرد رشته ی ژئوماتیک در پیاده سازی شهر هوشمند به تفکیک هر شاخه میپردازیم.

2-1- سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS

سیستم های حمل و نقل کارآمد یکی از ویژگی های تعیین کننده شهرهای هوشمند است. سکوها و حسگرهای موبایل با GPS تعبیه شده در ظهور تحرک هوشمند نقش اساسی دارند. حالت های حمل و نقل را می توان از داده های GPS بدست آورد، که ارائه دهندگان خدمات آن می توانند مسیرهای هوشمند را طراحی کنند. سرعت جابجایی، نقص یا نرخ افراد، کالاها، منابع از طریق زیرساخت های خاص نیز قابل نظارت است. مسیر هوشمند همچنین نیازمند ادغام بافت و درک فضایی برنامه سفر هم است. بافت فضایی به آگاهی از زمینه اشاره دارد که به طور کلی به عنوان توانایی یک برنامه کاربردی یا یک دستگاه برای انطباق خود با محیط خود در نظر گرفته می شود. به عنوان مثال، بهترین مسیری که یک ماشین پلیس باید برای رسیدن به صحنه جرم دنبال کند، به موقعیت فعلی آن، که توسط GPS ارائه شده و آدرس مقصد سفر بستگی دارد. با این حال، در نظر گرفتن کارهای جاده ای در اطراف آن، مسیری مرتبط تر و کارآمدتر را به همراه خواهد داشت. در نتیجه اطلاعات مکانی و موقعیتی، به طور مداوم هنگام مدیریت زیرساخت های شهری مورد نیاز است. (Daniel & Doran, 2013)

OPTIMOD LYON پروژه ای است که توسط اداره شهرسازی و شهرداری لیون بزرگ ("Grand LYON") هدایت می شود. این شرکت راه حل های نوآورانه برای بهبود تحرک شهری برای مسافران و متخصصان حمل و نقل را آزمایش می کند. این پروژه بر یک سکوی اطلاعاتی متکی است که اطلاعات حمل و نقل را در انبارهای اطلاعاتی داده یکپارچه سازی می کند. از جمله خدماتی که ارائه خواهد شد عبارتند از: پیش بینی ترافیک ساعتی و سکوهای موبایل برنامه ریزی سفر بر اساس داده های لحظه ای. به طور مشابه، نیس (فرانسه) در سال 2012 مدیریت پارکینگ هوشمند خود را به کار گرفت. با استفاده از شبکه ای از حسگرهای تعبیه شده در جاده های عمومی، رانندگان خودرو می توانند مکان های پارک موجود در شهر و بهترین مسیر برای رسیدن به آنها را شناسایی کنند. اطلاعات آنی از طریق یک برنامه تلفن همراه با تکیه بر GPS ارائه می شود. (Daniel & Doran, 2013) همچنین در شهر کبک، تجهیزات پاکسازی برف با استفاده از سامانه ی GPS انجام شده



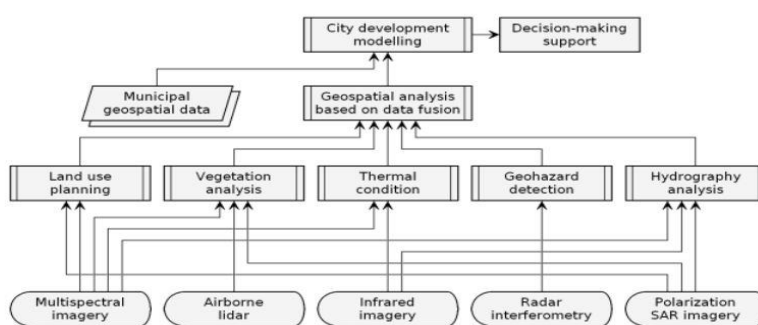
است. یک راه حل زمین مکانی اطلاعات فنی در مورد کار انجام شده را جمع آوری کرده و در زمان آنی مکان یابی میکند.
(Daniel & Doran, 2013)



شکل 2: مثالی از ارتباط GPS و ژئوسیسستم در پاکسازی برف در شهر کبک (Daniel & Doran, 2013)
در شهر کبک، به کمک یک ژئوسیسستم می توان پاکسازی برف را در یک زمان آنی برای مدیریت بهتر ترافیک خودرو و مدیریت بهتر روسازی انجام داد.

2-2- پردازش تصاویر ماهواره ای و سنجش از دور در مدیریت شهر هوشمند

به عنوان بخش مهمی از زیرسیستم های پایش و نظارت ناحیه شهری، سنجش از دور می تواند داده های مکانی را در زمینه های مختلف تخصصی به سرعت و نسبتاً ارزان ارائه دهد. این کاربرد ها شامل برنامه ریزی کاربری اراضی شهری، تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی شهری، پیش بینی شرایط حرارتی، تشخیص خطرات زمین و ارزیابی خطر سیل می باشد. انواع مختلفی از سیستم های تصویربرداری می توانند داده های لازم سنجش از دور را برای یک یا چند برنامه کاربردی به دست آورند. این امر برای درک سلسله مراتبی جریان داده نظارت از راه دور چهار سطحی برای شهر هوشمند، امکان پذیر است. در سطح اول سلسله مراتب، انواع مختلفی از منابع داده سنجش از دور ماهواره ای و هواپرد قرار دارند: چند طیفی، مادون قرمز، رادار و غیره. سطح دوم شامل کاربردهای مختلف نظارت از راه دور است: کاربری زمین، پوشش گیاهی، شرایط حرارتی، خطرات و غیره. در سطح سوم، همجوشی داده ها و تجزیه و تحلیل جغرافیایی انجام می شود. سطح چهارم مدل سازی جامع یک پیش بینی برای حمایت از تصمیم گیری است. (Popov et al., 2017)



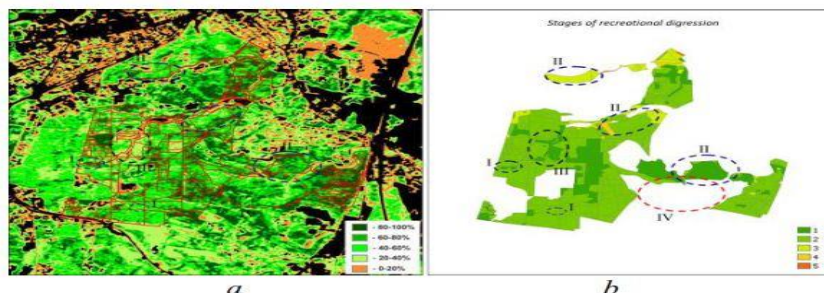
شکل 3: فلوچارت نظارت از راه دور شهر هوشمند (popov et al., 2017)

2-2-1- سنجش از دور چندطیفی برای تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی شهری

برای بهبود کیفیت زندگی شهری، پایش عملیاتی و پیش بینی مستمر وضعیت پوشش گیاهی مناطق شهری ضروری است. بدین منظور باید توجه ویژه ای به برآورد وضعیت پوشش گیاهی با استفاده از داده های مدرن سنجش از راه دور و صحرایی



و فناوری های GIS شود. اندازه گیری های لازم مبتنی بر زمین باید طبق رویه خاصی انجام شود و از نظر آماری معنی دار باشد. شاخص های اصلی وضعیت پوشش گیاهی در مناطق شهری که می تواند از تصاویر چند طیفی استخراج شود قابل اثبات است. (Popov et al., 2017)

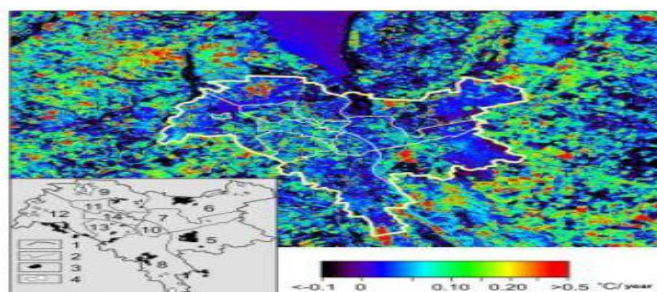


شکل 4: نقشه توزیع کیفیت پوشش گیاهی بر اساس داده های ماهواره ای (popov et al., 2017)

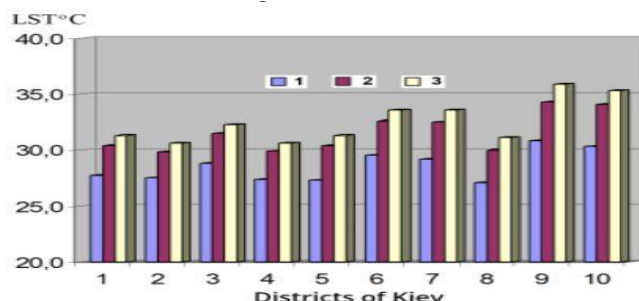
در شکل 4 شاخص های اصلی تغییرات مکانی و زمانی طولانی مدت در وضعیت پوشش گیاهی مشخص شده است. مولفه اول روند خطی است که با مقدار میانگین در کل دوره تحلیل و میانگین افزایش سالانه توصیف می شود. مولفه دوم دوره ای است که تغییرات فصلی در شرایط پوشش گیاهی را تعیین میکند. (Popov et al., 2017)

2-2-2- سنجش از دور مادون قرمز برای پیش بینی شرایط حرارتی در مناطق شهری

در شرایط تغییرات آب و هوایی، مناطق شهری بیشترین بار گرمایی را متحمل می شوند که بر سلامت انسان تأثیر منفی می گذارد. پس ضروری است که خطرناک ترین مناطق شهر از نظر آلودگی گرمایی مشخص شوند، روند تغییرات و پویایی دمای سطح زمین پیش بینی شود و اقداماتی برای اطمینان از ایمنی جمعیت ساکن انجام شود. یکی از روش های کسب اطلاعات در مورد وضعیت جزیره گرمایی شهر، پایش ماهواره ای مناطق شهری در طیف مرئی و به ویژه در طیف مادون قرمز موج بلند است. بر اساس تجزیه و تحلیل دامنه های زمانی داده های ماهواره ای در باندهای مرئی و مادون قرمز در طول مطالعه "جزایر گرمایی" شهری، مناطقی با حداکثر و حداقل افزایش دمای سطح محیط شهری کیف طی 30 سال گذشته شناسایی شدند (شکل 5). سری زمانی دمای سطح محیط شهری ساخته شد، روندهای دما استخراج و پیش بینی میانگین و حداکثر دمای مورد انتظار برای 10 سال آینده محاسبه شد که نشان دهنده ی این است که روند فعلی گرم شدن اقلیم همچنان ادامه دارد (شکل 6). (Popov et al., 2017)



راهنما 1: 1 - مرز شهر کیف، 2 - مرزهای نواحی و بخش ها، 3 - قطعات ساخت و ساز فعلی، 4 - محدوده های قطع جنگل
شکل 5: میانگین افزایش دمای سالانه (°C) در کیف و منطقه حومه شهر در ژوئیه تا آگوست برای دوره 1985-5201
(popov et al., 2017)



راهنما: 1 - میانگین دمای سطح زمین برای ژوئیه-آگوست 1995، 2 - میانگین دمای سطح زمین برای جولای-آگوست 2014، 3 - میانگین دمای سطح زمین برای جولای آگوست 2024

شکل 6: پیش بینی میانگین دمای روزانه سطح زمین در کیف برای دوره ژوئیه تا آگوست 2024، بر اساس تجزیه و تحلیل سری زمانی تصاویر فروسرخ Landsat (popov et al., 2017)

2-2-3- تداخل سنجی راداری برای تشخیص خطرات زمین در مناطق شهری

داده‌های رادار با روزه ی مصنوعی (Synthetic-aperture radar)، از زمان پرتاب Sentinel-1 توسط سیستم ماهواره‌ای باند C SAR کمیسیون اروپا و آژانس فضایی اروپا (ESA)، برای کاربردهای سنجش از راه دور، از جمله پشتیبانی از شهر هوشمند، بسیار مهم هستند. حالت تصویربرداری تداخل سنجی رادار دیافراگم مصنوعی (InSAR) قابلیت نظارت بر جابجایی های دقیق سطح را فراهم می کند. این فرآیند بر اساس سری های زمانی داده ها برای تداوم طولانی مدت مشاهدات با فواصل زمانی مساوی و کوتاه (پشته های اینترفروگرام) می باشد. تصویربرداری InSAR باید چندین بار در منطقه مورد نظر برای نظارت دائمی انجام شود. چنین تکنیکی ابزاری مفید و ابزاری برای تحلیل خطرات اضطراری زمین شناسی است. تداخل سنجی رادار به طور بالقوه قادر است نه تنها فروچاله های فاجعه بار سطح زمین، بلکه پیش سازهای آنها را نیز شناسایی کند. (Popov et al., 2017)



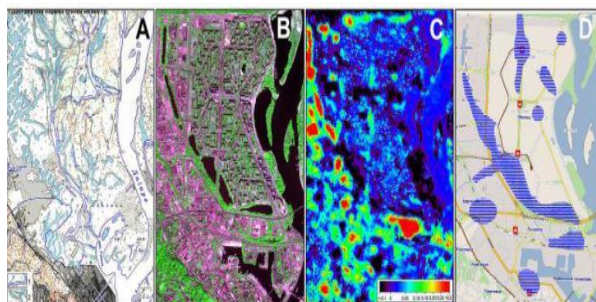
راهنما: 3- طبقه بندی نشده (بدون داده)، c - پایین بسیار قوی (> 0.6 متر)، a - پایین قوی (-0.6 .. -0.3 متر)، - متوسط رو به پایین (-0.3 .. -0.15 متر)، - ضعیف پایین (-0.15 .. -0.05 متر)، - بدون تغییر (-0.05 .. -0.05 متر)، - کم خیز (0.05 .. 0.15 متر)، - ارتفاع متوسط (0.15 .. 0.3 متر)، - بلند (0.3 .. 0.6 متر)، - خیز بسیار زیاد (> 0.6 متر)

شکل 7: نقشه برداری تداخل سنجی راداری شهر Kropivnitsky (اوکراین: a - تصویر چند طیفی Sentinel-2A) 31 مارس 2017، وضوح فضایی 10 متر، b - نقشه انسجام Sentinel-1A InSAR، c - نقشه جابه جایی ارتفاع زمین (از 20 سپتامبر 2017 تا اکتبر 2017) (popov et al., 2017)



2-2-4- تجزیه و تحلیل جغرافیایی هیدروگرافی برای تشخیص خطر سیل در منطقه شهری

پیش‌بینی توسعه مکان‌های سیل/ زیر سیلاب در مناطق شهری با تجزیه و تحلیل مجموعه‌های مکانی-زمانی تصاویر ماهواره‌ای در باند مادون قرمز حرارتی و داده‌های ارتفاعی زمین دیجیتال امکان‌پذیر است. به عنوان مثال، یکی از محدوده‌های خطرناک در شهر کیف، منطقه Obolon است (شکل 8). (Popov et al., 2017)



راهنما: 1 - رودخانه‌ها، نهرها و دریاچه‌ها، 2 - باتلاق‌ها

A - شبکه هیدروگرافی تاریخی، 1897؛ B - تصویر ماهواره ای Sich-2/MSU منطقه مورد مطالعه، 10/05/2012؛ C - افزایش دمای سطح زمین با تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی سنجنش از دور حرارتی (از 1985 تا 2014). D - نقشه نهایی خطر سیل

شکل 8: سنجنش از دور و تجزیه و تحلیل داده‌های هیدروژئولوژیکی برای پیش‌بینی مناطق سیلاب: الف - هیدروگرافی تاریخی (popov et al., 2017)

2-3-3- مدل سه بعدی و کاداستر

امروزه استفاده اصلی از مدل‌های ساختمان سه بعدی برای تصویرسازی و مصورکردن مناسب است. با این حال، چنین مدل‌هایی پتانسیل زیادی برای حمایت از مفهوم شهر هوشمند دارند. مدیریت بلایای طبیعی، کاداسترهای سه بعدی، ارزیابی انرژی، پایش صدا و آلودگی و تحلیل دید همگی می‌توانند از مدل‌های ساختمان‌های سه بعدی غنی شده بهره‌مند شوند. این امر به ویژه با توجه به شهرنشینی سریع در سراسر جهان که مستلزم نظارت مستمر بر مصرف انرژی، آلودگی صوتی و بسیاری موارد دیگر است، صادق است. (Toschi et al., 2017)

2-3-1- درآمدی کوتاه از مدل سه بعدی شهر

مدل سه بعدی شهر، مدلی رقومی از مناطق شهری است که سطح زمین، ساختمان‌ها، زیر ساخت‌ها، پوشش‌های گیاهی، چشم‌اندازها و همچنین اشیاء و وسایلی که به نواحی شهری تعلق دارند نشان می‌دهد. همچنین مدل سه بعدی شهر اطلاعات ناهمگون متعلق به زمین را به صورت یکپارچه در یک قالب نمایش می‌دهد و به مدیریت اطلاعات فضاهای پیچیده شهری نیز می‌پردازد. (جوادی و همکاران، 1397)

2-3-2- بهبود عملکرد مدیریت بحران با استفاده از مدلسازی سه بعدی

مدل سه بعدی شهر اطلاعات موثری را برای جنبه‌های مختلف مدیریت بحران ارائه می‌دهد از جمله:

1. میزان آسیب دیدگی ساختمان‌ها و زیر ساخت‌ها پس از زمین لرزه را به سرعت ارزیابی می‌کند. (جوادی و همکاران، 1397)
2. راه فرار مناسب از داخل و خارج ساختمان با استفاده از یک مدل به خوبی نشان داده می‌شود. (جوادی و همکاران، 1397)



3. هنگام جاری شدن سیل مدل شهری به شناسایی طبقات ساختمان و نواحی تحت تاثیر به خوبی کمک می کند. (جوادی و همکاران، 1397)
4. سرعت عمل در مکان یابی و امداد زسانی را ارتقا می دهد. (جوادی و همکاران، 1397)
5. میزان مصرف انرژی برای مناطق شهری راشبیه سازی میکند تا از بحران انرژی جلوگیری شود. (جوادی و همکاران، 1397)
6. با ایجاد محیط زیست مجازی به حل معضلات زیست محیطی کمک میکند. (جوادی و همکاران، 1397)

2-3-3- روش های مدلسازی شهر

انتخاب روش های جمع آوری داده که دقت و صحت مطلوب را داشته باشند و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشند یکی از مسائل مهم در مدل سازی است. در جدول 1 روش های مدلسازی و جمع آوری داده ارزیابی شده اند.

جدول 1: مروری بر روش های مدلسازی شهری و جمع آوری داده (جوادی و همکاران، 1397)

روش های مدل سازی بر مبنای فناوری امری	توضیحات	
	استفاده از تصاویر هوایی	در این روش با استفاده از برجسته بینی زوج عکس ابر نقاط سه بعدی را تشکیل می دهیم و با پردازش بر روی عکس ها و استخراج عوارض به مدل دست پیدا می کنیم
	استفاده از تصاویر ماهواره ای	با توجه به در دسترس بودن تصاویر با قدرت تفکیک بالا استفاده از تصاویر ماهواره ای برای مدلسازی روش مطلوبی است. الگوریتم های متنوع اتوماتیک و نیمه اتوماتیک برای استخراج عوارض و مدلسازی از تک عکس و زوج عکس ارائه شده اند که به دو گروه روش های پیکسل مبنا و روش های شی مبنا تقسیم می شوند
	استفاده از تصاویر استریو پانورام	تصاویر پانوراما میدان دید بسیار وسیعی را در اختیار قرار می دهند. یک تصویر 360 درجه پانورامای استوانه ایی اطلاعات محیط اطراف را در تمام جهات دید از یک نقطه مورد نظر ارائه می دهد ترکیب دو پانورامای پوشش دار که از مکان نزدیک به هم گرفته شده اند استریو پانوراما را تولید میکند که یکی از روشهای تولید مدل سه بعدی است
	مدلسازی با استفاده از تصویر برداری مایل	علاوه بر اینکه لیزر اسکنر زمینی در نقشه برداری کاربرد بسیاری دارد می توان از آن برای تولید مدل و ایجاد واقعیت مجازی نیز بهره گرفت. باید توجه کرد که از لیزر اسکنر زمینی برای مدلسازی آثار باستانی و محیط های کوچک استفاده می کنند و با توجه به اینکه حجم زیادی از ابر نقاط را در زمان کمی تولید می کند مدلی با جزئیات زیاد به ما ارائه می دهد



توضیحات	لایزر اسکنر زمینی	روش های مدلسازی بر مبنای لایزر اسکنر
علاوه بر اینکه لایزر اسکنر زمینی در نقشه برداری کاربرد بسیاری دارد میتوان از آن برای تولید مدل و ایجاد واقعیت مجازی نیز بهره گرفت. باید توجه کرد که لایزر اسکنر زمینی برای مدلسازی آثار باستانی و محیط های کوچک استفاده می کنند و با توجه به اینکه حجم زیادی از ابر نقاط را در زمان کمی تولید میکند مدلی با جزئیات زیاد به ما ارائه میدهد	لایزر اسکنر هوایی (لیدار)	روش تلفیقی
ظهور سیستم لیدار باعث سهولت فرایند مدلسازی سه بعدی شهری گردیده است. برای مدلسازی ساختمان ها به عنوان اجزا اصلی مدل سه بعدی با لیدار پس از برداشت منطقه باید با استفاده از روش هایی مانند فرسایش شبکه، خوشه بندی کامینز و فازی کامینز نقاط سقفی را جدا کنیم.	استفاده از داده های لیدار و تصاویر هوایی و ماهواره ای	روش های مکانی استفاده از داده های مکانی داوطلبانه
تصاویر پانوراما میدان دید بسیار وسیعی را در اختیار قرار می دهند. یک تصویر 360 درجه پانورامای استوانه ایی اطلاعات محیط اطراف را در تمام جهات دید از یک نقطه مورد نظر ارائه می دهد. ترکیب دو پانورامای پوشش دار که از مکان نزدیک به هم گرفته شده اند استریو پانوراما را تولید میکند که یکی از روشهای تولید مدل سه بعدی است		
یکی از مسائل مهم مدلسازی سه بعدی جمع آوری داده های سه بعدی با دقت و صحت مطلوب است، استفاده از افراد عادی به عنوان حسگر هایی که به جمع آوری ، تولید ، اشتراک گذاری و تصحیح داده های مکانی میپردازند یکی از راه حل های کارآمد مورد پسند است. در این راستا مفهوم اطلاعات مکانی داوطلبانه ایجاد شده است. مدلسازی سه بعدی بر اساس اطلاعات مکانی داوطلبانه در مراحل اولیه قرار دارد.		



شکل 9: مدل شهر سه بعدی نیمه بافت پونگگل، سنگاپور. این مدل از یک مدل استریو WorldView-2 با استفاده از CyberCity Modeler مشتق شده است. (Gruen, 2013)

2-3-4- شهر هوشمند به کمک کاداستر هوشمند

امروزه مدیران شهری برای اینکه بتوانند سازه های پیچیده را مدیریت کنند از مدل های سه بعدی شهری به منظور برنامه ریزی برای آینده ی شهر استفاده می کنند. (خوش برش و صادقیان، 1397) از طرفی در شهر هوشمند به دلیل نیازها و



فرصت ها در بافت شهرهای آینده، اطلاعات زمین و ملک سه بعدی برای پشتیبانی از برنامه ریزی آینده به کاداستر 3 بعدی نیاز دارد. کاداستر سه بعدی فرصت های تعامل جدیدی را ارائه می دهد و برای آینده اساسی است. کاداستر هوشمند آینده باید انتظارات همه ذینفعان را در نظر بگیرد و همچنین مستلزم در نظر گرفتن این است که چگونه نیازهای کاربران فعلی باید در مقابل نیازهای کاربران آینده تعدیل شود. کاداستر سه بعدی به مدیریت تغییرات در سه بعد، توسعه و افزایش قابلیت ها و کارایی یک کاداستر چند منظوره کمک خواهد کرد. نمایش رقومی حقوق مالکیت واقعی، محدودیت ها، مسئولیت ها (موضوعات حقوقی) و اشیاء فیزیکی مربوط مانند ساختمان ها، خدمات رفاهی، آب و برق بر روی بالای یا زیر سطح زمین امکان پذیر خواهد بود.

کاداستر در ایران همانند سایر کشورهای در حال توسعه بر مبنای اطلاعات دو بعدی زمین طراحی و پیاده سازی شده است. این امر در گذشته به سبب تراکم کم جمعیت مشکل زا نبوده ولی در دهه های اخیر به دلیل رشد سریع جمعیت در شهرها و آمدن انتقال مالکیت به ارتفاعات و زیر زمین سبب به وجود آمدن دعاوی و مشکلات عدیده حقوقی و مدیریتی شده است؛ در شبکه حمل و نقل نیز از ابنیه بالای سطح (مانند پل) و زیر زمین (مانند تونل) به خصوص در مناطق و راه های پر تردد بسیار استفاده میشود. (شکری و صادقیان، 1400)



شکل 10: مدل سه بعدی "Rochor" بدست آمده از یک مدل استریو IKONOS با استفاده از CyberCity Modeler، با یک طرح کاداستر روی هم قرار گرفته است. (Gruen, 2013)

3- نتیجه گیری و پیشنهادات

به کارگیری علوم و شاخه های ژئوماتیک در پیاده سازی شهر هوشمند در این مقاله بررسی شد. با استفاده از سیستم ناوبری ماهواره ای و ژئوسیستم در حمل نقل هوشمند، میتوان تا به مقدار زیادی از ترافیک و تصادفات پیشگیری کرد. در کلان شهر تهران روزانه شاهد افزایش چشمگیر خودروها و ترافیک های سنگین در سطح شهر می باشیم. استفاده از سیستم های ناوبری برای کمک به طراحی مسیر های هوشمند برای رانندگان خودرو میتواند بسیار پرکاربرد باشد. هم چنین نشان دادیم که با استفاده از تصاویر سنجش از دوری و پردازش آن ها به عنوان راه حلی برای تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی شهری و زیباسازی شهر می باشد. همچنین با استفاده از آن ها میتوان به ارزیابی و تحلیل خطرات زمین، تهیه ی نقشه پیش بینی خطر سیل در مناطق شهری و پیش بینی شرایط حرارتی در آن مناطق پرداخت. برای مثال عملیات تهیه ی نقشه پیش بینی خطر سیل را میتوان در استان های جنوبی ایران که در آن به دلیل بارش باران در فصل تابستان احتمال وقوع سیلاب بسیار بالاست انجام داد تا به راحتی از وقوع حوادث جلوگیری کرد. در ادامه ی مقاله به بررسی مدل سه بعدی شهری پرداختیم. پایه و اساس شهر هوشمند به کارگیری مدل سه بعدی میباشد. از آن میتوان برای بهبود عملکرد مدیریت بحران مانند شبیه سازی آتش سوزی و شبیه سازی سیل و به دنبال آن پیشگیری از آن حوادث را بهره جست. با به کارگیری دید سه بعدی از هر



عارضه ای (مانند شهر) میتوان آن را بهتر مدیریت کرد. در نهایت به ارائه ی کاداستر که ابزاری قدرتمند برای مدیریت شهری و ساختن شهری پایدار و هوشمند است پرداختیم. امروزه به دلیل افزایش جمعیت در مناطق شهری نیاز به بهتر مدیریت کردن عراضی و املاک شهری در شهرسازی بیش از پیش به چشم میخورد و همین دلیل استفاده از کاداستر هوشمند در شهر هوشمند می باشد.

مراجع

- جوادی، م. صادقیان، س. سالک، ر. (1397) "بهبود عملکرد مدیریت بحران با استفاده از مدل سازی سه بعدی"، بیست و پنجمین همایش و نمایشگاه ملی ژئوماتیک و سومین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات، 30_آبان_1 آذر، تهران، ایران.
- خوش برش ماسوله، م. صادقیان، س. (1397) "پیاده سازی کاداستر سه بعدی شهری بر مبنای تصاویر هوایی با قابلیت مدیریت املاک در کلان شهر"، فصل نامه ی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره 27، شماره 107.
- شکری، ا. صادقیان، س. (1400) " پیاده سازی کاداستر سه بعدی بر مبنای روش فتوگرامتری مبتنی بر پهپاد بدون استفاده از نقاط کنترل زمینی"، فصل نامه ی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره 30، شماره 117
- Daniel, S. Doran, M. (2013). GeoSmartCity: Geomatics Contribution to the smart city., Proceedings of the 14th Annual International Conference on Digital Government Research, 17-20 june, Quebec City, Canada, 65-71.
- Gruen, A. (2013). Next Generation Smart Cities-the role of geomatics., International Workshop on Global Geospatial Information, 25 April, Novosibirsk, Russian, 25-41.
- Konur, K. Alkan, R. M. (2021). THE ROLE OF GEOMATICS ENGINEER IN SMART CITIES: A VIEW WITHIN THE FRAMEWORK OF TURKISH 2020–2023 NATIONAL SMART CITIES STRATEGY AND ACTION PLAN., ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, Volume 46, 333-41.
- Li, D., Shan, J., Shao, Z., Zou, X., Yao, Y. (2013). Geomatics for Smart Cities - concept, key techniques and applications., Geo-Spatial Information Sciences, 16:1, 13-24
- Popov, M., Fedorovsky, O., Stankevich, S., Filipovich, V., Khyzhniak, A., Piestova, I., Svideniuk, M. (2017). Remote sensing technologies and geospatial modelling hierarchy for smart city support., ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 4:51, 51-56.
- Toschi, I. S. A. B. E. L. L. A., Nocerino, E. R. I. C. A., Remondino, F. A. B. I. O. (2017). Geomatics makes smart cities a reality., GIM Int, 31:10, 25-27.