سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال پانزدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۲
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.15, No. 3, Autumn 2023

۶۱-۸۲

مقاله پژوهشی

تحلیل مدل هوشمند پایش تخلفات ساختمانی در مدیریت شهری (مطالعهٔ موردی: محدوده و حریم کلان‌شهر مشهد)

مهدی فهمیده مدامی[۱*]، مسعود ایاز[۲]، احمد الاجه‌گردی[۳]، مهدی جوانشیری[۴]

۱. دکتری مدیریت بحران، شهرداری مشهد، مشهد
۲. کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، شهرداری مشهد، مشهد
۳. کارشناس ارشد طراحی شهری، شهرداری مشهد، مشهد
۴. دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۲۶

چکیده

با توجه به روند بی‌سابقه و رو به رشد جمعیت و گسترش شهری در دهه‌های اخیر، با افزایش نگران‌کنندهٔ ساخت‌وسازها و به‌ویژه موارد غیرمجاز در محدودهٔ شهری مواجه بوده‌ایم و این مسئله نظام مدیریت و برنامه‌ریزی شهری را تحت‌الشعاع قرار داده است؛ ازاین‌رو جلوگیری از ساخت‌وسازهای غیرمجاز شهری یکی از مهم‌ترین مشکلات مدیران شهری شمرده می‌شود. روش کنونی کنترل تخلفات ساختمانی شامل بازرسی‌های میدانی برمبنای دانش انسانی است که صرف هزینهٔ گزاف مالی، زمانی و انسانی را می‌طلبد و ممکن است حتی به شناسایی‌نشدنِ به‌موقع تخلفات ساختمانی بینجامد. درهمین‌زمینه طرح روشی هوشمند و دقیق برای شناسایی تخلفات ساختمانی و هدفمندکردن جست‌وجوی گشت‌های نظارت بر ساخت‌وسازها بیش‌ازپیش مورد نیاز است. پژوهش حاضر، با این هدف، به‌دنبال بیان مدل راهبردی هوشمندی در پایش تخلفات است. این پژوهش ازنظر هدف، کاربردی و ازلحاظ روش، توصیفی و علّی است و داده‌های آن به‌روش کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شده است. در این تحقیق، از تصاویر ماهواره‌ای، تصاویر پهپاد، دوربین‌های نصب‌شده روی خودرو و AVL به‌منزلهٔ ورودی‌های سیستم مانیتورینگ هوشمند استفاده شده است. نتایج این تحقیق بیان می‌کند، با استفاده از سیستم مانیتورینگ هوشمند، امکان پایش هوشمند ساخت‌وسازهای غیرقانونی ازطریق فنون پردازش تصاویر و داده‌های مورد نیاز، با کمترین حضور عامل انسانی و در زمانی کوتاه‌تر، وجود دارد. دقت کلی ۹۴٪ و ضریب کاپای ۷۱٪ برای طبقه‌بندی تصویر در این سیستم، صحت نتایج یادشده را تأیید می‌کند و نشان می‌دهد، در این روش، سرعت و دقت طبقه‌بندی تصاویر، شناسایی ساختمان‌های درحال تغییر و شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی به‌مراتب بیشتر از روش‌های فیزیکی و موجود است.

کلید واژه‌ها: سیستم مانیتورینگ هوشمند، ساخت‌وسازهای غیرقانونی، پایش تخلفات ساختمانی، پهپاد، کلان‌شهر مشهد.

* نویسندهٔ مکاتبه‌کننده: شهرداری مشهد، تلفن: ۰۹۸-۹۱۵۳۰۳۳۰۷۰

Email: fahmideh-m@mashhad.ir
https://orcid.org/0000-0002-8625
https://dx.doi.org/10.48308/gisj.2023.102392

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

۱- مقدمه

مهم‌ترین ویژگی عصر ما شهرنشین‌شدن جمعیت، افزایش جمعیت شهرها و به‌تبع آن، توسعهٔ شهرهای کوچک و بزرگ است (Manouchehri et al., 2019). شهردار پیشین دنور[1]، ولینگتون ای. وب[2]، معتقد بود که قرن بیست‌ویکم، قرن شهرهاست (Borsekova & Nijkamp, 2018). ساختمان‌ها مهم‌ترین عنصر سازندهٔ پیکر شهرها و فرم فضایی حاصل از میان‌کنش رقابتی بازار، بخش خصوصی، بخش تعاونی و نهادهای محلی‌اند که سالیانه، برای تأمین اسکان این جمعیت رو به افزایش شهری، درحال گسترش‌اند. دراین‌زمینه، بررسی عملکرد نهادها و سازمان‌های مسئول در برنامه‌ریزی، ابزارها و روش‌های اجرایی به شناسایی الگوهای ساخت‌وساز شهری در هر کشوری منجر می‌شود (Mazini, 2000). در کشور ایران، نظام هدایت و کنترل ساخت‌وساز شهری متأثر از نظام اجتماعی، حقوقی و برنامه‌ریزی است (Khodaparasti et al., 2015, P. 12) اما تخلفات ساختمانی، در بهترین بیان، ماحصل تضاد منافع این نظام‌ها در شهرهاست و تضاد منافع فردی- اجتماعی بارزترین شکل آن است. سودآوری و ترجیح خواسته‌های شخصی افراد می‌تواند به وقوع تخلف ساختمانی در هر جامعه‌ای بینجامد (Esmailpoor et al., 2019, P. 20). متأسفانه برخی سازندگان به ساخت‌وساز غیرقانونی در مناطق شهری، بدون دریافت پروانهٔ ساخت، روی می‌آورند که ممکن است به ساخت ساختمان‌های غیرمستحکم و بدون استانداردهای عمرانی بینجامد و با قوانین شهرسازی و شهرداری مخالف باشد (Khalili Moghadam, 2015, P. 15).

تخلف و زیرپانهادن قوانین و نبودِ کنترل توسعهٔ شهری مسئله‌ای جهانی است (Jimoh et al., 2017, P. 31). قوانین و مقررات شهری ابزار هدایت رشد فضایی شهر (Agheyisi, 2016) و کنترل توسعه، به‌منزلهٔ بازوی اجرایی فرایند برنامه‌ریزی شهری است؛ به‌این‌معنی که قوانین و سیاست‌های کنترل ساخت‌وساز از توسعه‌های غیرقانونی جلوگیری می‌کند و به مسئولان محلی کمک می‌کند از رسوخ کاربری‌های ناسازگار به منطقه مسکونی جلوگیری کنند (Abubakari & Romanus, 2011). در ایران نیز، تخلفات ساختمانی موضوع بسیار مهمی برای تمامی شهرداری‌هاست که ممکن است مسبب تهدید ساختار شهری شود (Saramizadeh, 2012, P. 32). سکونتگاه‌های خودرو که با واژگانی چون اسکان غیررسمی و حاشیه‌نشینی تعریف شده‌اند، در سال‌های اخیر، در تمامی شهرهای کشور و به‌ویژه کلان‌شهرها، گسترش فزاینده‌ای داشته‌اند و با توجه به وضعیت ساختارها و روند رشد جمعیت و مهاجرت، قطعاً افزایش چشمگیری نیز خواهند یافت (Shaikhi & Shabestar, 2018, P. 22).

شهرداری، علاوه‌بر کنترل ساخت‌وساز و نظارت بر آن در محدودهٔ شهر، دربارهٔ حریم شهر نیز وظایف مشابهی دارد زیرا به‌دلیل رعایت توازن شهرها در آینده و حفظ اراضی کشاورزی، باغ‌ها و جنگل‌ها در حریم شهر، وسواس بیشتری برای ساخت‌وساز در حریم شهرها وجود دارد (Anuri & Daryabari, 2017, P. 215).

کلان‌شهر مشهد نیز، در دهه‌های اخیر، با رشد جمعیت بالا و مهاجرت‌های بی‌رویه از سایر نقاط استان و کشور مواجه بوده و همین مسئله شدت نیاز به مسکن و ساخت‌وسازهای غیرمجاز را، به‌ویژه در حاشیه و مناطق کم‌برخوردار شهر، دوچندان کرده است. ازدیگرسو، وسعت بیش‌از ۱۲۲هزارهکتاری محدوده و حریم شهر مشهد و حجم عظیم ساخت‌وسازها و تخلفات ساختمانی در آن، نظارت و کنترل با روش‌های سنتی و فیزیکی را بسیار مشکل، پرهزینه و با خطا همراه کرده است؛ این مسئله، با توجه به تعدد سازمان‌های ذی‌نفع و ذی‌نفوذ دراین‌زمینه، لزوم بهره‌گیری از تکنولوژی‌های کارآمد و به‌روز را در لوای مدیریت یکپارچهٔ شهری، طلب می‌کند. ازاین‌رو با توجه به معضل ساخت‌وساز غیرمجاز در این شهر، نقش مدیریت شهری در کنترل و نظارت ساخت‌وساز شهری غیرمجاز نکته‌ای ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

1. Denver
2. Wellington E. Webb

روش کنونی که امروزه در شهرداری‌ها، برای کنترل و شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی به‌کار می‌رود، براساس حضور عامل انسانی و جست‌وجو به‌صورت اتفاقی، در سراسر مناطق شهر است. ازجمله معایب این روش، می‌توان به پرهزینه‌بودن، زمان‌بربودن و غیردقیق‌بودن آن اشاره کرد (Borchard & Scholich, 2006). این درحالی است که شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی باید چنان سریع و کم‌هزینه باشد که بتوان، در کمترین زمان ممکن، از ادامهٔ این ساخت‌وسازها جلوگیری کرد. بنابراین وجود روشی بهینه به‌منظور کاهش هزینه‌های مالی و نیروی انسانی، در کنترل ساخت‌وسازهای غیرقانونی، بیش‌ازپیش ضروری است (Zhao, 2000; Jin & Davis, 2005). بنابراین با استفاده از سیستم مانیتورینگ هوشمند و با تلفیق کار نیروی انسانی و فنّاوری‌های نوین تصویربرداری و سنجش از دور، به‌منظور استخراج ساخت‌وسازهای غیرمجاز شهری، می‌توان بهترین بازده را در سیستم نظارت بر ساخت‌وسازها انتظار داشت (Fahmedeh, 2021).

واژهٔ «هوشمند» یا «SMART»[1] از مفهوم تکنولوژی مانیتورینگ، آنالیز و گزارش خودکار یا اتوماتیک گرفته شده است. این سیستم‌های هوشمند نه‌تنها برای کاهش هزینه توسعه یافته‌اند بلکه برای تسهیل فعالیت‌های نگهداری و جسمی پذیرفته شده در خدمات شهری نیز طراحی شده‌اند (Al-Hader & Rodzi, 2009; Hall & Tewdwr-Jones, 2019). استفاده از پهپاد[2]، تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دور از ابزارهای کاربردی در این سیستم به‌شمار می‌روند.

درزَمینهٔ آشکارسازی ساختمان‌ها و ساخت‌وسازهای غیرقانونی، تحقیقات بسیاری انجام شده و تفاوت اصلی میان تمامی این تحقیقات در روش شناسایی تغییرات ساختمان و ساختمان‌های درحال ساخت است. احمد[3] (۲۰۰۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و با دقت مکانی نسبتاً بسیار آیکونوس[4]، ساختمان‌های مناطق پرتراکم شهری و روستایی را شناسایی کرد. بایبورت[5] و همکاران (۲۰۰۸) ساخت‌وسازهای غیرقانونی در محدودهٔ ممنوع مناطق آبی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای آیکونوس با دورهٔ زمانی سه‌ماهه، در محدودهٔ خدمات‌دهی شهرداری استانبول، شناسایی کرد. بندیک[6] و همکاران (۲۰۱۰) و چن[7] و همکاران (۲۰۱۴) یک روش احتمالی استخراج ساختمان را در تصاویر ماهواره‌ای معرفی کردند. آنها همچنین چارچوب سلسله‌مراتبی انعطاف‌پذیری را پدید آوردند که می‌تواند مدل‌های متفاوت ظاهر ساختمان‌ها را از ماژول‌های ساده، برطبق عوارض گوناگون و سایهٔ ساختمان‌ها استخراج کند. اِرموسییا[8] و همکاران (۲۰۱۱) از «طبقه‌بندی تصویر مبتنی‌بر حد آستانه و عوارض و مقایسهٔ تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا و داده‌های لیدار»، کواچ و سیرانی[9] (۲۰۱۲) بدون درنظرگرفتن شکل و ساختار ساختمان‌ها، پانگ[10] و همکاران (۲۰۱۴) از «تحلیل‌های مبتنی‌بر عارضه با داده‌های ابرنقاط چندزمانه»، سینگال و ردیکا[11] (۲۰۱۴) از «روش آشکارسازی لبه با استفاده از تصاویر هوایی رنگی با دقت مکانی بالا»، ژو[12] و همکاران (۲۰۱۵) از «روش مبتنی‌بر عوارض خطی»، شو[13] و همکاران (۲۰۱۵) از «داده‌های مربوط به دو بازهٔ زمانی متفاوت پویشگر لیزری هوایی»، برای شناسایی خودکار و طبقه‌بندی انواع تغییرات در ساختمان‌ها، بهره برده‌اند.

---

1. Self Monitoring, Analysis and Reporting Technology
۲. «پهپاد» سرواژهٔ فارسی برای Unmanned Aerial Vehicle (UAV) در انگلیسی است.
3. Ahmad
4. IKONOS
5. Bayburt
6. Benedek
7. Chen
8. Hermosilla
9. Kovacs & Sziranyi
10. Pang
11. Singhal & Radhika
12. Zhu
13. Xu

شـخار[1] (۲۰۱۲) سـکونتگاه‌هـای غیرقـانونی را بـا اسـتفاده از راهکـاری مبتنـی‌بـر عارضـه، از تصـاویر ماهواره‌ای دارای قدرت تفکیـک مکـانی بـالای کوئیـک برد، شناسایی کرد. مقـدم[2] و همکـاران (۲۰۱۵) برخـی ساخت‌وسـازهای غیرقـانونی در محـدوده‌هـایی از شـهر تهران را با اسـتفاده از روش نظـارت‌نشـدهٔ آشکارسـازی تغییرات، شناسایی کردند. اسمات[3] و همکـاران (۲۰۱۸) نتایج حاصل از شناسایی سکونتگاه‌های غیرقـانونی را بـا اسـتفاده از تصـاویر مـاهواره‌ای چنـدطیفی دارای قـدرت تفکیـک مکـانی بـالا و روش‌هـای خودکـار شناسـایی ساختمان، در اختیار قرار دادنـد. لـی و لیـو[4] (۲۰۲۰)، در تحقیقی به‌منظـور شناسـایی هوشـمند تخلـف براسـاس داده‌های کلان ساخت‌وساز شهری، ساختمان‌های موجود در تصاویر سـنجش از دور بـه‌دسـت‌آمـده را بـه مراحـل گوناگون پـی‌سـازی، سـاخت، اجـرای سـقف و بهـره‌وری تقسـیم و از ترکیـب شـبکهٔ عصـبی کانولوشـن عمیـق و محاسبات ابری، برای پردازش اطلاعات استفاده کردند.

در تحقیقـات یادشـده، طـی فراینـد تکـراری نظارت‌نشده‌ای، تصویر نقشـهٔ تغییـرات تولیـد شـد و بـا اعمـال شـروطی، سـاختمان‌هـای درحـال سـاخت و ساخت‌وسازهای غیرقانونی شناسـایی شـدند. همچنـین شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در محدودهٔ شهری، طی فرایند تکراری زمان‌بری انجام شد. همـان‌طـور کـه اشـاره شـد، بـه مسـئلهٔ شناسـایی سـاخت‌وسـازهای غیرقانونی کمتر از آشکارسازی تغییرات کاربری زمـین، پرداخته شده است. البته با اینکـه چنـدین روش بـرای شناسایی سـاخت‌وسـازهای غیرقـانونی در حومـهٔ شـهر مطرح شده، آشکارسازی ایـن سـاختمان‌هـا در منـاطق شهری با موفقیت چندانی همراه نبوده است زیرا ارزیابی روش‌هـای مـورد نظـر نشـان مـی‌دهـد برخـی سـاخت‌وسـازهای غیرقـانونی بـا اسـتفاده از روش‌هـای مطـرح‌شـده شناسـایی نشـده‌انـد. بنـابراین اسـتفاده از ابزارهای تکمیلـی، همچـون تصـاویر پهپادهـا، ضـروری به‌نظر می‌رسـد. در ادامـه، بـه برخـی مطالعـات کـه بـا استفاده از پهپاد درحوزهٔ نظارت بر محـیط شـهر انجـام شده است اشاره می‌کنیم.

کارانتزالوس[5] و همکاران (۲۰۱۵) مدلی را براسـاس روش‌های شناسایی ساختمان معرفی کردند کـه امکـان استخراج و بازسازی ساختمان‌ها را از تصاویر دریافتی از پهپادهـا داشـت. جنسـن[6] (۲۰۱۶)، نـور[7] و همکـاران (۲۰۱۸)، پلشـکو[8] و همکـاران (۲۰۲۰) و گروبسـیچ و نلسون[9] (۲۰۲۰) دربـارهٔ کاربردهـای پهپـاد در منـاطق شـهری مطالعـه کردنـد و فنّـاوری پهپـاد را بـه‌منظـور جمع‌آوری پارامترهای محیط شهری و نظارت بر شهرها به‌کار بردند. آنها بـه ایـن نتیجـه رسـیدند کـه سـرعت تغییرات شهری نیاز به سیستم‌عامـل‌هـای نظـارتی دارد که نه‌تنهـا آگـاهی از موقعیـت را بـرای برنامـه‌ریـزی و تلاش‌های تحلیلی هم‌سو افزایش می‌دهد، بلکه توانـایی گردآوری سریع و ارزان داده‌ها و نظارت بـر تغییـرات را نیز فراهم می‌کنـد و پهپادهـا مـی‌تواننـد هـر دوی ایـن وظایف را انجام دهند.

پروژه‌های مشابه بیشتر جنبهٔ تحقیقاتی و پژوهشـی داشته؛ درحالی که پژوهش حاضر در چرخهٔ نظـارت بـر ساخت‌وسازهای محدوده و حریم شهر مشهد به‌کار رفته است؛ بنابراین تحقیق حاضـر بـه‌قصـد افـزایش دقـت و بهبود عملکرد روش مطرح‌شده در تحقیقات انجام شـده است و مانیتورینگ هوشمند و تأثیر آن در ارتقای سطح پایش تخلفات ساختمانی را نشان مـی‌دهـد کـه سـبب بهبـود دقـت آشکارسـازی تغییـرات و شناسـایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در مناطق شهری مـی‌شـود. ازدیگرسو، روش مورد بحث سریع و کـم‌هزینـه اسـت و می‌تواند استفاده از عامل انسانی را بـه حـداقل برسـاند. ایـن روش زمـان فراینـد شناسـایی سـاخت‌وسـازهای غیرقانونی را در مقایسه با سـایر تحقیقـات انجـام‌شـده،

1. Shekhar
2. Moghadam
3. Asmat
4. Li & Liu
5. Karantzalos
6. Jensen
7. Noor
8. Peleshko
9. Grubesic & Nelson

کاهش چشمگیری می‌دهد که می‌تواند به جلوگیری از ادامهٔ ساخت‌وسازهای غیرمجاز کمک کند. درواقع، هدف این پژوهش معرفی و شناسایی تأثیرات استفاده از سیستم مانیتورینگ هوشمند پایش تخلفات ساختمانی در شهرداری مشهد بوده است. ازاین‌رو این پرسش مطرح می‌شود که سیستم مانیتورینگ هوشمند تاچه‌اندازه می‌تواند در نظارت و کنترل بر تخلفات ساختمانی و پیشگیری از آنها مؤثر باشد؟

۲- روش‌شناسی پژوهش

۲-۱- روش تحقیق

در این تحقیق مراحل گوناگون سیستم مانیتورینگ هوشمند، به‌منظور شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی، اجرا و عملی شده است. در مرحلهٔ اول، پس‌از دریافت داده‌های ارسال‌شده به سیستم (دیتاهای تصویری پهپاد و ماهواره، دوربین‌ها و سامانهٔ پایش تخلفات) از منطقهٔ مورد نظر در بازه‌های زمانی متفاوت، این داده‌ها برای بررسی تغییرات شهری در نرم‌افزارهای مربوط بارگذاری می‌شوند. پس‌از داده‌های اولیه، مرحلهٔ پردازش اطلاعات با الگوریتم‌های یادگیری ماشین، در نرم‌افزارهای مخصوص آغاز و آنالیز و تولید لایه‌های اطلاعاتی اعمال می‌شود. خروجی این مرحله لایه‌های اطلاعات نقشه است که در مرحلهٔ بعدی، باید در سامانهٔ زیرساخت داده‌های مکانی شهرداری مشهد (SDI) بارگذاری شود. سپس نمایش و آنالیز لایه‌ها به‌صورت عملیاتی انجام می‌شود که طی آن، با بررسی‌های مقایسه‌ای در سری‌های زمانی متفاوت، اطلاعات و تصاویر به دو کلاس تغییریافته و تغییرنیافته طبقه‌بندی می‌شوند. با اتصال نرم‌افزار به پایگاه دادهٔ بهنگام ممیزی شهرداری، وجود پروانهٔ ساختمان شناسایی‌شده در مرحلهٔ قبل بررسی می‌شود. درصورتی که جواز ساختمان مورد نظر در پایگاه داده وجود نداشته نباشد، آن ساختمان به‌منزلهٔ عارضهٔ مشکوک معرفی می‌شود و درنتیجه، تصویر نقشهٔ تغییرات تولید می‌شود. در ادامه، نتایج این آنالیزها به‌صورت آلارم[1] یا اجرای دستورالعملی خاص، به سیستم امنیتی فرستاده می‌شود. درنتیجهٔ آن، تیم‌های گشت و نظارت فیزیکی براساس داده‌های ارسالیهٔ به محل تخلف اعزام می‌شوند و مطابق با قوانین، دستور لازم صادر می‌شود.

۲-۲- داده‌های پژوهش

مهم‌ترین ورودی‌های این سیستم عبارت است از:

- تصاویر پهپادها (به‌صورت مقایسه‌ای) مطابق با زمان درخواستی و در مقیاس ۱:۵۰۰ و ۱:۲۰۰۰ فرستاده‌اند؛
- تصاویر ماهواره‌ای در مقیاس ۱:۲۰۰۰ تا ۱:۵۰۰۰؛
- تصاویر دوربین‌ها (نصب‌شده روی دکل‌ها، خودروها، لباس گشتی‌ها)؛
- تبلت های کارکنان ادارهٔ نظارت بر ساخت‌وسازها (سامانهٔ پایش تخلفات ساختمانی)؛
- پیام‌های مردمی ۱۳۷ و چشم شهر؛
- گشتی‌های فیزیکی شهرداری حریم و محدوده (۳۸ خودرو در حریم شهر و ۱۱۴ خودرو در محدودهٔ شهر که به GPS نیز مجهزند)؛
- گشتی های فیزیکی سایر ارگان‌های مرتبط (حدود چهل خودرو).

یکی از پهپادهای به‌کاررفته در سیستم پایش هوشمند تخلفات ساختمانی پهپاد ebee x، مجهز به فنّاوری ppk[2] است. مداومت پروازی بیشتر از سه ساعت برای هر پرواز، سطح جاروب بین ۵۰۰۰ تا ۷۰۰۰ هکتار، بی‌نیازبودن از عملیات زمینی برای مختصات‌دارکردن تصاویر، توانایی اوج‌گیری تا ارتفاع هزار متر از سطح منطقه، سرعت هجده متر بر ثانیه و داشتن شعاع عملیاتی بیست کیلومتر ویژگی‌های اصلی این پهپاد است.

همان‌طور که اشاره شد، یکی از ورودی‌های سیستم مانیتورینگ تصاویر ماهواره‌ای است. در این تحقیق،

---

1. Alarm

۱. PPK مخفف Post Processing Kinematic و RTK نیز مخفف Real-Time Kinematic است؛ بنابراین مشخص است که در روش PPK پردازش‌های تعیین موقعیت و ژئوتگ‌شدن عکس‌ها پس‌از اتمام عکس‌برداری انجام می‌شود. این پردازش‌ها به‌کمک مشاهدات ایستگاه Base و یا ایستگاه‌های دائمی انجام‌پذیر است. درصورت ازدست‌دادن برخی داده‌ها، به‌کمک داده‌های بعدی و قبلی می‌توان این داده‌ها را تخمین زد و اختلال ایجادشده را برطرف و مسیر صحیح پرواز را محاسبه کرد.

به‌دلیل دردسترس‌بودن زوج تصاویر GeoEye-1[1] و کافی و مناسب‌بودن دقت مورد نیاز تصاویر، به‌منظور بررسی به‌روزرسانی نقشه‌های بزرگ‌مقیاس شهری ۱:۲۰۰۰ ازنظر تئوری، تصاویر سنجندهٔ GeoEye-1 استفاده شد. در جدول ۱، برخی پارامترهای مهم این سنجنده بیان شده است. دربارهٔ پارامتر قدرت تفکیک مکانی، باید به این نکته اشاره کرد که سنجندهٔ مورد اشاره تصاویر خود را با قدرت تفکیک مکانی ۰/۴ متر دریافت می‌کند اما این تصاویر با قدرت تفکیک مکانی ۰/۵ متر در اختیار کاربران قرار می‌گیرد.

تصحیح اتمسفر، اصلاح تابش و افزایش تصاویر دارای وضوح بالا با استفاده از ENVI، ERDAS و سایر نرم‌افزارهای پردازش تصویر سنجش از دور انجام می‌شود.

روشی که برای آشکارسازی تغییرات ر تصاویر ماهواره‌ای و تولید تصویر نقشهٔ تغییرات، در این تحقیق، استفاده شده روشی مبتنی‌بر پیکسل[2] است که در آن، تصویر نقشهٔ تغییرات با استفاده از عملگر فازیِ یای ضمنی با دو کلاس تغییریافته (توسعهٔ بنا یا ساختمان جدید) و تغییرنیافته تولید می‌شود.

تصویر دوم، روشن باشد، در موقعیت آن پیکسل تغییر رخ داده است». این جمله را می‌توان به‌گونه‌ای دیگر نیز تفسیر کرد: «اگر پیکسلی در تصویر اول، دارای درجهٔ عضویت فازی بالا و در تصویر دوم، دارای درجهٔ عضویت فازی پایین باشد یا حالت برعکس آن اتفاق بیفتد، آن پیکسل تغییر کرده است».

دلیل استفاده از عملگر فازی یای ضمنی، در تشخیص درجهٔ عضویت فازی تغییرات برای پیکسل‌های تصاویر دوزمانه و غیرفازی‌سازی آنها، در این تحقیق، تخصیص سریع و هم‌زمان برچسب به تمامی پیکسل‌های تصویر است (Merrikh-Bayat et al., 2014). مزیت دیگر استفاده از این روش بر دیگر روش‌های غیرفازی، بی‌نیازبودن به تصمیم‌گیری قطعی و به‌کارنبردن فرمول‌های ریاضی دقیق در مرحلهٔ مقایسهٔ پیکسل‌به‌پیکسل در تصاویر دوزمانه است. بنابراین تلفیق روش مبتنی‌بر منطق فازی آشکارسازی تغییرات با داده‌های سیستم‌های اطلاعات مکانی، همانند نقشهٔ قطعات ساختمانی، نتیجه‌ای مطلوب‌تر از دیگر روش‌ها در تشخیص تغییرات ساختمانی مناطق شهری خواهد داشت.

الگوریتم بررسی دقت سیستم در تصاویر ارسالی از ماهواره و پهپاد

برای به‌دست‌آوردن تأثیر این تحقیق، ارزیابی صحت لازم است. فاکتورهای بسیاری برای ارزیابی صحت وجود دارد. در این مطالعه، دقت و میزان فراخوانی مجموعهٔ آزمون، مقدار F و سایر شاخص‌های صحت کل محاسبه می‌شود.

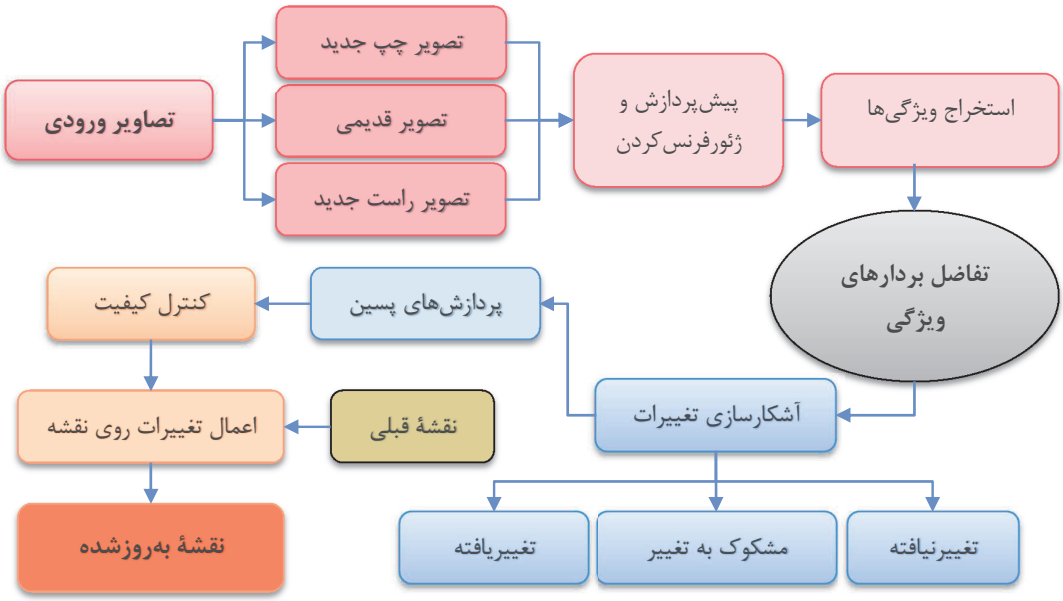
جدول ۱. پارامترهای مهم سنجندهٔ GeoEye1

پارامتر	مقدار
ابعاد پیکسل	۰/۴۱ متر (پانکروماتیک) و ۱/۶۵ متر (رنگی)
عرض باند	۱۵/۲ کیلومتر
قدرت تفکیک رادیومتریکی	۱۱ بیت

با به‌کارگیری منطق فازی برای آشکارسازی تغییرات، مشخص‌کردن میزان تغییرات بین پیکسل متناظر در دو تصویر دوزمانه، ازطریق این قانون فازی مشخص می‌شود: «اگر پیکسلی در تصویر اول، روشن و در تصویر دوم، تیره باشد یا در تصویر اول، تیره و در

۱. در ششم سپتامبر سال ۲۰۰۸، شرکت ژئوآی (جئوآی) اولین نوع از نسل دوم ماهواره‌های دارای قدرت تفکیک بالا را با نام GeoEye-1، پرتاب کرد. این ماهواره با ارتفاع ۶۸۱ کیلومتر به‌دور زمین می‌چرخد و توانایی تولید تصاویر با فواصل نمونهٔ زمینی ۴۶ سانتی‌متر را دارد.

1. Pixel-Based



شکل ۱. نمودار الگوریتم مغایرت‌گیری

میزان دقت:

$$P = N(t) \div N_1$$

مقدار یادآوری:

$$F = \frac{(\partial^2 + 1)P * R}{\partial^2 (P + R)}$$

دراین‌میان، R میزان فراخوان، N(t) اطلاعات صحیح طبقه‌بندی‌شده و N_1 نیز اطلاعاتی برای طبقه‌بندی است. همچنین P میزان دقت و مقدار F میانگین تطابق میزان دقت و میزان فراخوان است.

در این پژوهش، برای ارزیابی روش اجراشده، دقت کلی درمورد سه مرحلهٔ تولید تصویر نقشهٔ تغییرات، شناسایی ساختمان‌های درحال ساخت و شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی محاسبه شد. ضریب کاپا نیز، برای ارزیابی طبقه‌بندی تصویر به‌روش فازی به‌دست آمد.

نتایج حاصل از این تحقیق با داده‌های واقعیت زمینی مقایسه شد و بدین‌ترتیب با بررسی تصویر نقشهٔ تغییرات حاصل‌شده از روش فازی و ایجاد ماتریس خطای حاصل از طبقه‌بندی، دقت کلی ۹۴٪ و ضریب کاپای ۷۱٪ برای طبقه‌بندی تصویر به‌روش فازی به‌دست آمد و درنتیجه، تمامی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در منطقهٔ مورد مطالعه تشخیص داده شد. نتایج و دقت‌های به‌دست‌آمده در این تحقیق در جدول ۲ نمایش داده شده است.

بنابراین پژوهش حاضر، ازنظر هدف، کاربردی و ازلحاظ روش، توصیفی- تحلیلی و پیمایشی است. داده‌ها به‌روش کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شده است و مراحل گوناگون اجرای سیستم مانیتورینگ هوشمند و شناسایی تخلفات ساخت‌وساز، با استفاده از فنّاوری‌های نوین را توصیف و تحلیل می‌کند.

۳-۲- قلمرو جغرافیایی پژوهش

شهر مشهد، با مساحتی بالغبر ۳۲۸ کیلومترمربع، در سال ۱۳۹۹ (مهندسین مشاور اوت، ۱۴۰۰) دومین کلان‌شهر کشور محسوب شده و در سرشماری سال ۱۳۹۵، جمعیتی حدود سه‌میلیون نفر داشته است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). براساس مصوبه و ابلاغ شورای عالی شهرسازی و معماری در سال ۱۳۹۵، حریم کلان‌شهر مشهد با وسعت

۸۶۶/۳ کیلومترمربع، در محدودهٔ اداری و سیاسی شهرستان‌های مشهد و طرقبه ـ شاندیز، از توابع استان خراسان رضوی قرار گرفته است. طبق آخرین اطلاعات سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، ۱۸۵هزار نفر در قالب ۱۳۲ سکونتگاه روستایی در داخل حریم شهر حضور داشته‌اند. این تعداد، طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰، دارای رشد سالیانهٔ ۶/۳٪ و در سال‌های ۹۰ تا ۹۵، دارای رشد سالیانهٔ ۴/۹٪ بوده است که در مقایسه با جمعیت محدودهٔ شهری مشهد (۲/۲۵٪)، شاهد رشد سالیانهٔ ۲/۵برابری در روستاهای حریم هستیم (Anabistani & Kharazmi, 2018). براین‌اساس در پژوهش پیش رو، تلاش شد روند تغییرات سکونتگاه‌های روستایی واقع‌در حریم شهر مشهد، در سری‌های زمانی متفاوت، بررسی شود.

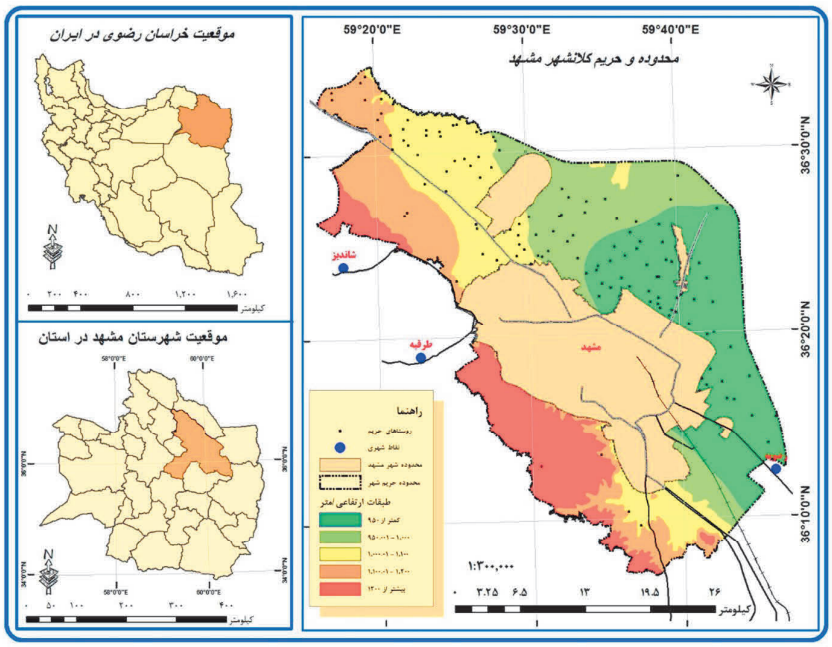
جدول ۲. نتایج استفاده از روش اجرای مدل

شاخص	مقدار (به درصد)
دقت کلی طبقه‌بندی تصویر با استفاده از نرم‌افزارهای مورد نظر	۹۴
ضریب کاپای طبقه‌بندی تصویر	۷۱
دقت کلی شناسایی ساختمان‌های درحال ساخت	۸۶
دقت کلی شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی	۱۰۰

جدول ۳. تحولات جمعیتی کلان‌شهر مشهد و روستاهای نمونه، طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۵

پهنه	جمعیت سال ۱۳۸۵ به نفر	جمعیت ۱۳۹۵ به نفر	میزان رشد به درصد
حریم شهر	۱۰۶۷۰۰	۱۸۴۸۰۰	۵/۶
محدودهٔ شهر	۲۵۴۳۳۰۰	۳۱۹۴۱۶۱	۲/۳

منبع: مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵



شکل ۲. موقعیت شهر و حریم کلان‌شهر مشهد در تقسیمات سیاسی ایران

منبع: استانداری خراسان رضوی، ۱۳۹۵؛ EVET Consulting Engineers, 2018

۳- یافته‌های تحقیق

مراحل اجرایی سیستم مانیتورینگ هوشمند: طرح پایش هوشمند ساخت‌وسازها که برای مرکز مانیتورینگ هوشمند پایش تخلفات ساختمانی شهرداری مشهد پیشنهاد شده است اغلب طی این مراحل انجام می‌شود:

۳-۱- آماده‌سازی تجهیزات نظارتی سیستم

هدف از این مرحله ایجاد الزامات برای پیکربندی تجهیزات به‌منظور نظارت بر ویژگی‌های شهری است.

برهمین‌اساس در ادامه، مراحل شکل‌گیری سیستم مانیتورینگ هوشمند، آماده‌سازی پهپادها، تصاویر ماهواره‌ای، دوربین‌های نظارتی و سامانهٔ پایش تخلفات به‌منزلهٔ ورودی‌های اصلی سیستم، به‌تفکیک شرح داده شده است.

۳-۲- آماده‌سازی پهپادها

در ابتدا، مسیرهای متفاوتی به پهپادها داده می‌شود که حدود دَه‌هزار هکتار از حریم کلان‌شهر مشهد را در دوره‌های متفاوت روز، پوشش می‌دهد. مسیرها با هر حرکت بعدی، به‌طور خودکار، با توجه به اولویت و با درنظرگرفتن مسیرهای سایر پهپادها تنظیم می‌شوند (برای جلوگیری از تکرار نظارت بر سایت). انتخاب این محدوده با توجه به میزان تخلفات ساخت‌وساز در محدودهٔ بلوار «شاهنامه» انجام شده است. این فرایند مراحل زیر را دربرمی‌گیرد:

بهینه‌سازی مسیرهای پهپادها

هدف از این مرحله ایجاد روشی برای بهینه‌سازی مسیر پهپادها، با درنظرگرفتن اطلاعات آماری جمع‌آوری‌شده از مرحلهٔ اولیه (آزمایش) است.

محلی‌سازی و طبقه‌بندی مناطق

سیستم هوشمند کنترل پهپاد

هدف از این مرحله توسعهٔ ساختار سیستم هوشمند کنترل عملیاتی پهپاد براساس روش‌های یادگیری ماشین و توسعهٔ مدل شبیه‌سازی برای سیستم است.

عکس‌برداری هوایی و تولید عکس‌های هوایی قائم

در عکس‌های هوایی قائم[1]، می‌توان تصویر قائم زمین را به‌همراه تمامی عوارض روی آن (مانند ساختمان‌ها و خیابان‌ها)، در حکم نقشه‌ای، مشاهده کرد. در این پروژه، قدرت تفکیک[2] مکانی تصاویر ۱۰ سانتی‌متر است. محصولاتی که از این تصاویر تهیه شده عبارت است از:

- ابر نقاط از منطقه، به‌ازای هر ۲ سانتی‌متر؛
- مدل سه‌بعدی بافت‌دار منطقه؛
- DSM[3] و DTM[4] منطقه، با دقت ارتفاعی ۲۰ سانتی‌متر؛
- تصویر اورتوفتو منطقه.

برای تهیهٔ این محصولات (شکل ۳)، از نرم‌افزار Agisoft Photo Scan استفاده شده است. در چارت (شکل ۳)، نمونهٔ اورتوفتو هر دوره و تاریخ عکس‌برداری بخشی از محدودهٔ حریم شهر، با مساحت ۱۱۷۲ هکتار، آمده است.

دقت هندسی تصویر اورتوفتو باید، پیش‌از تبدیل‌شدن این تصویر به نقشه، بررسی شود. در این تحقیق، با ترکیبات گوناگون سی نقطهٔ کنترل و چک دقت هندسی اورتوفتو را با مدل ریاضی چندجمله‌ای دوبعدی در Orderهای متفاوت، به‌کمک نرم‌افزار PCI Geomatica بررسی کرده‌ایم.

مقایسهٔ تصویر ماهواره‌ای و تصویر هوایی عکس‌برداری‌شده با پهپاد در ساختمانی مشخص، نشان از وضوح دَه‌برابری تصاویر هوایی و تفاوت در قدرت تفکیک زمینی دو تصویر دارد. بااین‌حال هزینه‌های بسیار بالای تصویربرداری، با استفاده از پهپاد، عملاً امکان برداشت از کل محدوده و حریم کلان‌شهر مشهد را مشکل و ناممکن کرده است؛ بنابراین درحال‌حاضر، با

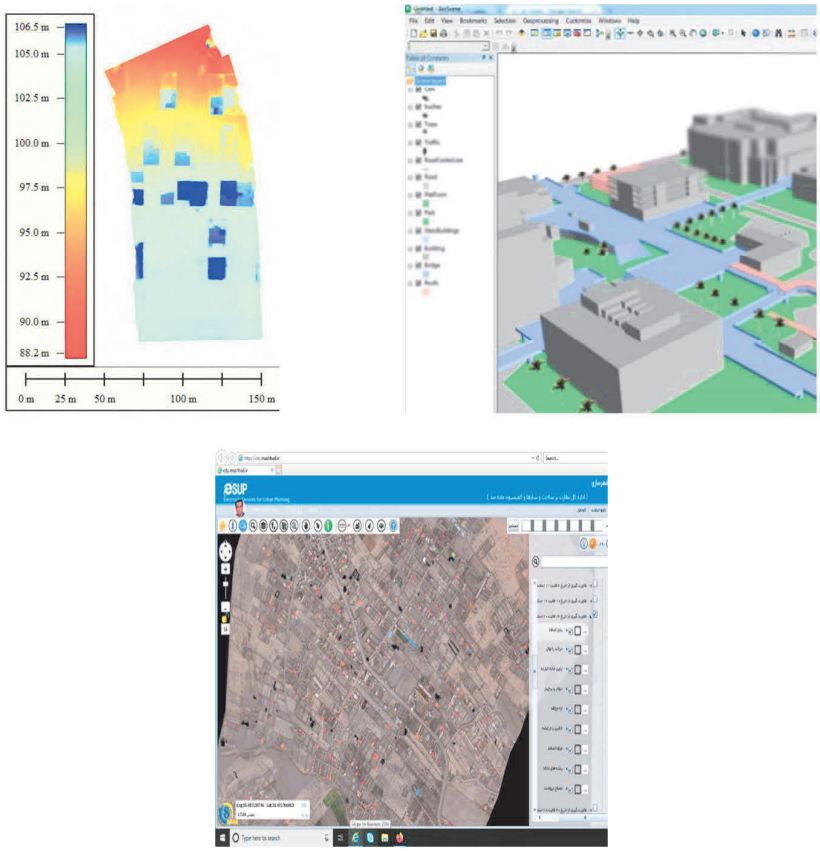
1. Ortho Photo
2. Gsd
3. Digital Surface Model
4. Digital Terrain Model

استفاده از فنّاوری‌های نوین که در ادامه توضیح می‌دهیم، خلأهای سامانهٔ هوشمند تخلفات ساختمانی کلان‌شهر مشهد رفع شده و این سامانه درحال ثبت و گزارش تخلفات ساختمانی به نیروهای ناظر است.

محاسبات مثلث‌بندی سرشکنی

پس‌از معرفی اطلاعات اولیهٔ بلوک مانند سیستم تصویر، سطح مبنای مسطحاتی و ارتفاعی، شماره زون مختصاتی، اطلاعات درمورد دوربین شامل نوع دوربین، فاصلهٔ کانونی، پیکسل سایز و ابعاد سنسور CCD[1] و فایل تصاویر طی عملیات تناظریابی در مناطق پوشش طولی و عرضی تصاویر، به‌صورت اتوماتیک در نرم‌افزار لایکا LPS[2]، بلوک فایل تصاویر تولید شد و شکل گرفت.

در این مرحله، با واردکردن فایل نقاط کنترل زمینی، سیستم مختصات تصاویر به سیستم مختصات زمینی منتقل و عملیات سرشکنی انجام شد. محاسبات سرشکنی با معرفی دقت نقاط کنترل زمینی (۵ سانتی‌متر برای مسطحاتی و ۱۰ سانتی‌متر برای ارتفاعی) تا دقت ۰/۰۰۱ و با سه بار تکرار انجام شده است. برای ارتباط بین سیستم مختصات رستری و سیستم مختصات تصویری، از تبدیل افاین استفاده شد. به‌طور کلی، مثلث‌بندی در دو مرحلهٔ مشاهداتی و محاسباتی انجام می‌شود.



شکل ۳. نمونهٔ محصولات این مرحله (مدل سه‌بعدی بافت، تصویر DSM منطقه با دقت ارتفاعی ۲۰ سانتی‌متر و مدل اورتوفتو بخشی از محدودهٔ حریم شهر مشهد)

1. Charge Copled Device
2. Leica Photogrammetry Suite

در مرحلهٔ مشاهداتی، با انجام‌دادن عملیات تناظریابی و با اطلاعات اولیهٔ مراکز تصویر، نحوهٔ پوشش تصاویر و نوارهای پرواز کنترل شد و تصاویر دارای اشکال که اغلب در ابتدا و انتهای نوارهای پروازی بودند، حذف شدند. در مرحلهٔ بعد، ابتدا برای هر نوار پرواز، سرشکنی انجام شد و نقاط و مشاهدات اشتباه حذف شدند؛ درنَهایت عملیات مثلث‌بندی و سرشکنی برای کل بلوک، در چندین مرحله، با حالت‌های متفاوت انجام شد و بهترین نتیجه به سرشکنی با نقاط کنترل کامل در لبه‌های بلوک بازمی‌گردد.

در این حالت، برای محاسبات علاوه‌بر اطلاعات GPS/INS[1] از بیست نقطهٔ کنترل کامل در لبه‌های بلوک استفاده شده است. برای برآورد دقت در این حالت، پانزده نقطهٔ چک به‌کار رفته است. از بیان جزئیات نتایج مدل‌سازی با چندجمله‌ای دوبعدی در درجات گوناگون، خودداری می‌شود زیرا به شرح مفصل نیاز دارد. از مقادیر به‌دست‌آمده نتیجه گرفته می‌شود که با پیش‌بینی نقاط کنترل کامل در لبه‌های بلوک، دقت افزایش می‌یابد و امکان تهیهٔ اطلاعات دوبعدی با دقت استاندارد ۱:۲۰۰۰ وجود دارد.

تولید لایه‌های اطلاعاتی

بعداَز مرحلهٔ پردازش عکس‌ها و تولید اورتوفتو، کار مغایرت‌گیری یا، در اصطلاح، Image Detection آغاز و تغییرات مورد نظر دسته‌بندی شده و سپس به لایه‌های اطلاعات مکانی تبدیل می‌شوند.

۳-۳- به‌دست‌آوردن تصویر سنجش از دور با وضوح بالا

این مرحله شامل این موارد است:

در این بخش، هوش مصنوعی براساس داده‌های ماهواره‌ای که طی بازه‌های زمانی مد نظر، از وضعیت اولیه و ثانویه تهیه شده است و با اجرای الگوریتم شناسایی تغییرات، به شناسایی مغایرت‌ها و گزارش‌دهی و درنَهایت، نظارت هوشمند بر ساخت‌وسازها اقدام می‌کند. درواقع تمامی فرایند طراحی‌شده مشابه استفاده از داده‌های پهپاد است؛ با این تفاوت که اطلاعات مورد نیاز ازطریق ماهواره تهیه و سپس با استفاده از هوش مصنوعی تحلیل می‌شود. ازجمله مزیت‌های به‌کارگیری داده‌های ماهواره‌ای در نظارت بر ساخت‌وسازها، می‌توان به وسعت برداشت و سرعت عمل بسیار بیشتر از روش‌های هواپایه، ازجمله پهپاد، اشاره کرد و به‌علاوه، هزینهٔ نهایی در این روش به‌مراتب کمتر از به‌کارگیری فنّاوری‌های دیگر است. ازلحاظ زمانی نیز، با توجه به حذف عملیات میدانی و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، صرفاً زمان مابین سفارش داده‌ها و دریافت و تحویل داده مطرح است که تابع وسعت پهنه نیست؛ ازاین‌رو سرعت فرایند نظارت را بهبود چشمگیری می‌بخشد.

پیش‌پردازش و پارتیشن‌بندی تصویر

تصاویر ساختمان پردازش‌شده به چهار فرم متفاوت معماری تقسیم می‌شوند: مرحلهٔ پی، مرحلهٔ ساخت، مرحلهٔ اجرای سقف و مرحلهٔ بهره‌وری.

ایجاد پایگاه دادهٔ نمونهٔ شبکهٔ عمیق

مجموعه‌ای نمونه برای ذخیرهٔ ویژگی‌های ساختمان‌ها در مراحل متفاوت پی، ساخت، اجرای سقف و بهره‌وری است.

طراحی مدل و پارامتر و انتخاب بهترین مدل اتصالات

استفاده از رایانش ابری برای طراحی مدل‌های استخراج ساختمان در مراحل متفاوت، طراحی تقویت شبکهٔ عصبی، انتخاب چارچوب یادگیری و مدل شبکهٔ طراحی و تنظیم پارامترهای شبکهٔ کانولوشن، مانند تعداد لایهٔ کانولوشن، لایهٔ فعال‌سازی و لایهٔ استخر را دربرمی‌گیرد

محاسبهٔ دقت و حفظ مدل انتخابی

با استفاده از مدل انتخابی آموزش‌داده‌شده، می‌توان ترکیب تصاویر، طبقه‌بندی تصویر شهری، محاسبهٔ دقت و میزان فراخوانی مجموعهٔ آزمون، مقدار F و سایر

1. Inertial Navigation System

شاخص‌های صحت کل را انجام داد. درصورتی که مقدار F بیشتر از ۸۰٪ باشد، مدل انتخابی را ذخیره می‌کنیم و در غیر این صورت، به مراحل قبل بازمی‌گردیم و بار دیگر، مدلی را طراحی می‌کنیم که در طبقه‌بندی تصاویر برداشت‌شده، دقت بیشتری دارد.

طراحی مدل تشخیص برنامهٔ ساخت‌وساز ساختمان

برای شناسایی جامع‌تر ساختمان‌های غیرمجاز، شناسایی ساختمان‌ها در مراحل متفاوت ساخت (پی‌سازی، ساخت، اجرای سقف و بهره‌وری) ضروری است. تشخیص در این مطالعه بیشتر براساس شبکهٔ عصبی کانولوشن انجام می‌شود که شامل ویژگی‌های استخراج و طبقه‌بندی است. برای شبکهٔ عصبی کانولوشن، چارچوب یادگیری و مدل شبکهٔ طراحی انتخاب شده است؛ مانند استخراج مدل در مراحل گوناگون ساخت ساختمان، استخراج و طراحی مدل ازطریق ویژگی‌های طیفی در مرحلهٔ پی‌کنی، مراحل میانی ساخت و مرحلهٔ پایانی ساخت، با استفاده از بافت ویژگی‌های ساختمان (Peleshko et al., 2020).

۳-۴- دریافت تصاویر دوربین‌های نظارتی نصب‌شده روی خودروهای گشتی

یکی دیگر از ورودی‌های سیستم مانیتورینگ هوشمند استفاده از دوربین‌های قابل‌نصب روی خودروهای گشت نظارت بر ساخت‌وسازها و انتقال آنلاین ازطریق سامانهٔ APN و ضبط آنلاین و آفلاین است. کارآیی این دوربین‌ها در شفافیت عملکرد، رصد لحظه‌ای، مستندسازی درگیری‌های احتمالی برای ارائه به ارگان‌های نظارتی و افزایش کارآمدی و بهره‌وری است.

این دوربین‌ها، ضمن استفاده از جدیدترین فنّاوری‌های ارتباطی، امکان به‌کارگیری در بسترهای اینترنت پرسرعت قابل‌حمل را نیز دارند. این نوع دوربین‌ها، با بهره‌گیری از سخت‌افزاری قوی، به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که در حداقل میزان نور ۰/۰۰۳ لوکس توانایی تصویربرداری دارند (Fahmedeh, 2019).

۳-۴-۱- انجام دادن امور تحلیلی درمورد خودروها، ازطریق سامانهٔ نظارت و کنترل خودروها (AVL)

خودروهای نظارتی شهرداری مشهد به GPS مجهزند و در این مرحله، امکان استفاده از سامانهٔ AVL و انجام‌دادن امور تحلیلی مربوط به آن درمورد تمامی خودروهای گشت نظارت بر محدوده و حریم شهرداری و سایر دستگاه‌های ذی‌ربط فراهم است.

۳-۵- تجمع، پردازش و تحلیل اطلاعات از ورودی‌های سیستم

هدف از این مرحله توسعهٔ ساختار و الگوریتم‌های سیستم انباشت، پردازش و تجزیه‌وتحلیل اطلاعات برای افزایش کارآیی جمع‌آوری داده‌های لازم و شناسایی مناطق حیاتی از ویژگی‌های شهری است.

برپایهٔ تجزیه‌وتحلیل مجموعهٔ داده‌ها طی مدت زمان طولانی و استفاده از الگوریتم‌های خودآموزی، اولویت کارهای مانیتورینگ برای پهپاد به‌طور خودکار تعیین می‌شود. داده‌های گردآمده با یک پوشش روی نقشهٔ الکترونیکی ژئوپورتال شهر تجزیه‌وتحلیل، جمع‌بندی، یکپارچه‌سازی و تجسم می‌شوند.

۳-۶- بارگذاری لایه‌های اطلاعاتی در سامانهٔ زیرساخت داده‌های مکانی (SDI)

زیرساخت SDI در شهرداری به‌منظور تولید و به‌اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی بین دستگاه‌ها و افراد گوناگون تولیدکننده و مصرف‌کننده و ذی‌نفعان ایجاد شده است؛ بنابراین در این مرحله، تمامی خروجی‌های پروژه، اعم از اورتوفتوها و لایه‌های اطلاعاتی، در این سامانه بارگذاری می‌شود. در شکل ۴، نمایی از محدوده‌ای دیوارکشی‌شده متعلق به دورهٔ ۲۷ خرداد نمایش داده شده است (Organization of Information Technology and Communications of Mashhad Municipality, 2020).

شکل ۴. بارگذاری لایه‌های اطلاعاتی مربوط به تغییرات در سامانهٔ SDI

۷-۳- آمار کمّیت و مساحت ساخت

تجزیه‌وتحلیل آماری توزیع فضایی ساختمان‌ها در مراحل گوناگون ساخت (پی‌سازی، ساخت، اجرای سقف و بهره‌وری)، تعداد ساختمان‌ها در خیابان‌ها یا بلوک‌های متفاوت و مساحت کل آنها را شامل می‌شود.

۸-۳- سیستم تجسم (مغایرت‌گیری بین تصاویر ثبت‌شده با تصاویر قبلی)

پس‌از بارگذاری لایه‌های اطلاعاتی استخراج‌شده، این لایه‌ها ازطریق وب‌سرویس به سامانهٔ مذکور فرستاده و استفاده می‌شود. هدف از این مرحله توسعهٔ ساختار و الگوریتم‌های سیستم تجسم برای نقشه‌برداری از داده‌های عملیاتی دریافت‌شده در تغییرات شهری و نتایج تأیید نقشهٔ کاداستر روی نقشهٔ الکترونیکی شهر است.

برای به‌دست‌آوردن ساخت‌وسازهای غیرمجاز، از نقشهٔ رقومی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای به‌روز و نقشهٔ شیپ فایل پروانه‌های صادرشده استفاده می‌شود. با طی‌کردن مراحل زیر، ساخت‌وسازهای غیرمجاز از روی نقشهٔ تصویر به‌دست می‌آید.

- استفاده از شیپ فایل خروجی تصویر ماهواره‌ای؛
- استفاده از لایهٔ ساخت‌وسازهای دارای پروانه در شهرداری، در وضع موجود که با فرض مراجعه به شهرداری و دریافت گواهی ساخت به‌دست آمده است؛
- جداسازی بخش‌های افزوده‌شده، با مقایسهٔ لایهٔ وضعیت فعلی و لایهٔ به‌دست‌آمده از تصویر، با استفاده از دستور erase؛
- تجمیع دوبارهٔ قطعات عوارض به‌دست‌آمده به‌صورت پلی‌گونی واحد (تبدیل لایهٔ تفاضل به‌دست‌آمده به یک تکه، با استفاده از دستور multi part to single)؛
- حذف پهنه‌های دارای مساحت کمتر از ۱۰۰ مترمربع.

شهرداری دارای پایگاه دادهٔ ممیزی جامعی است که تمامی اطلاعات توصیفی ساختمان‌ها را به‌همراه موقعیت مکانی آنها، دربردارد. هر ساختمان یک پلاک ثبتی منحصربه‌فرد دارد که شناسهٔ ساختمان تلقی می‌شود؛ بدین‌معنی که با استفاده از شناسهٔ مورد اشاره و پرسش‌وپاسخ از پایگاه داده، می‌توان به اطلاعات توصیفی و مکانی آن ساختمان دسترسی پیدا کرد. ازدیگرسو، با پرسخ‌وپاسخ از پایگاه داده، می‌توان تمامی ساختمان‌های دارای پروانهٔ ساختمانی را شناسایی کرد. برای بررسی اینکه ساختمان‌های مشکوک شناسایی‌شده در مرحلهٔ قبل، از شهرداری پروانهٔ ساختمانی دریافت کرده‌اند یا خیر، از این پرسش‌وپاسخ در پایگاه داده استفاده می‌شود و بدین‌ترتیب ساختمان‌های درحال ساخت که برای دریافت پروانهٔ ساختمانی از شهرداری اقدام نکرده‌اند، شناسایی می‌شوند. با این شیوه، ساخت‌وسازهای غیرقانونی با موقعیت مشخص در تصویر نقشهٔ موجود، با شناسایی می‌شوند.

شکل ۵. استخراج ساخت‌وسازهای غیرمجاز با استفاده از سیستم تجسم

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در این روش، امکان استخراج محدودهٔ ساختمان‌ها وجود دارد و نقشه‌های برداری محدوده‌های ساخت‌وسازشده را می‌توان تهیه کرد. دقت روش، با توجه به نوع تصاویر و روش انتخابی، متفاوت است.

دقت کلی معیاری براساس میانگین دقت طبقه‌بندی تصاویر است. درحقیقت، دقت کلی از محاسبهٔ نسبت عوارضی که به‌درستی طبقه‌بندی شده‌اند، به تمامی عوارض موجود، به‌دست می‌آید (Njoku, 2014). ضریب کاپا، برای ارزیابی طبقه‌بندی تصویر به‌روش فازی محاسبه شد. نتایج حاصل طی این تحقیق با داده‌های واقعیت زمینی مقایسه شد که در جدول ۲ ثبت شده‌اند.

۳-۹- بررسی داده‌ها و اقدامات کارکنان ادارهٔ نظارت، در سامانهٔ پایش تخلفات ساختمانی

سامانهٔ پایش تخلفات ساختمانی تخلفات و تمامی فرایندهای اعمال قانون را ثبت، ضبط و پایش می‌کند و بر تخلفات ساختمانی در شهرداری مشهد نظارت دارد.

امکانات سامانهٔ پایش تخلفات ساختمانی بدین‌قرار است:

انتخاب ملک از روی نقشه و ثبت پیشرفت فیزیکی، انواع اخطار و ثبت درخواست دریافت دستور قضایی؛ نمایش طول و عرض جغرافیایی ملک؛ دسترسی به کارتابل شهرسازی؛ نمایش بایگانی ادارهٔ مهندسی نظارت بر ساخت‌وسازها و شهرسازی؛ نمایش مساحت و محیط ملک انتخاب‌شده؛ دریافت خلاصهٔ گزارش ملک؛ امکان ثبت تصاویر متعدد و مستندات ملک؛ امکان بایگانی تمامی اخطارها؛ ثبت صورت‌جلسات قضایی (پلمپ، عدم پلمپ، فک پلمپ، رفع پلمپ)، ثبت صورت‌جلسات جمع‌آوری مصالح و لوازم، ردیابی تمامی اکیپ های گشت نظارت در هر مکان و زمان، و مواردی دیگر.

۳-۱۰- بررسی سیر پرونده‌ها از اخطار تا پایان و بررسی پرونده‌های دارای اشکال

کارشناسان مرکز هوشمند پایش تخلفات مدام اقدامات ثبت‌شده در سامانهٔ پایش تخلفات را بررسی می‌کنند و پرونده‌ها و کدهای نوسازی را که فرایند قانونی را رعایت

نکرده‌اند، شناسایی می‌کنند و تذکر لازم را به سراکیپ گشت نظارت، به‌صورت حضوری، ابلاغ می‌کنند؛ بدین‌صورت نظارت عالی و کامل بر عملکرد ادارات نظارت بر ساخت‌وسازها، و همچنین رصد خودروها و گشتی های نظارتی انجام می شود. بنابراین در این مرحله، پرونده‌های ساختمان‌های شناسایی‌شده در مرحلهٔ پیشین به دقت بررسی و اقدامات گشت نظارت ارزیابی می‌شود تا درستی و نادرستی اقدامات نیز مشخص شود.

۱۱-۳- قضاوت و شناسایی نوع تخلفات

موارد با داده‌های تصویب برنامه‌ریزی ساخت‌وساز شهری، مقایسه و درمورد غیرقانونی‌بودن ساختمان قضاوت می‌شود.

در برخی موارد، لکه‌ها وسیع‌تر است که نشان از تغییر کامل ماهیت ملک، از زمین به ساختمان دارد (ساخت غیرمجاز). در برخی نقاط نیز، شکل‌های کوچک‌تری وجود دارد که ناشی از پیشروی ساختمان و نیز خطای ترسیم نقشهٔ پایه و ساخت غیرمجاز بیشتر از مجوز است.

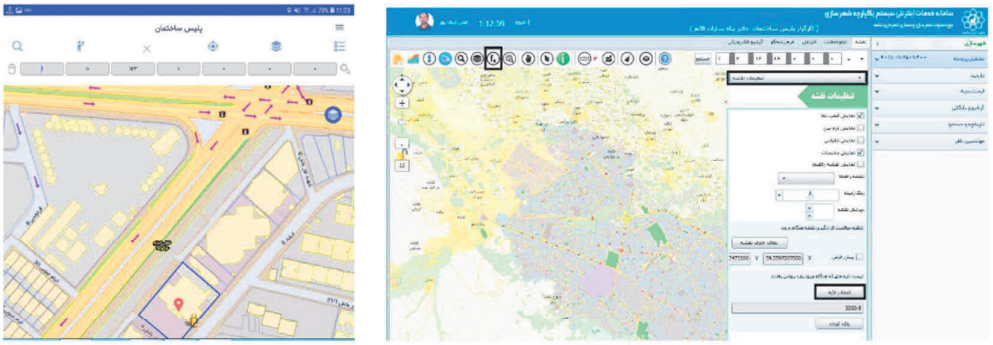
۱۲-۳- اعزام تیم‌های گشت و نظارت فیزیکی به محل، براساس داده‌های ارسال‌شده

پس‌از فرستادن گزارش‌های تغییرات ایجادشده در محدوده، گشت‌های نظارت فیزیکی به محل اعزام می‌شوند؛ بنابراین نظارت بسیار آسان می‌شود و گشت‌زنی‌های متناوب و هزینه‌بر از بین می‌رود. بدین‌ترتیب مهم‌ترین هدف در این سیستم که اعمال به‌موقع قانون (به‌منظور پیشگیری) است، تحقق می‌یابد.

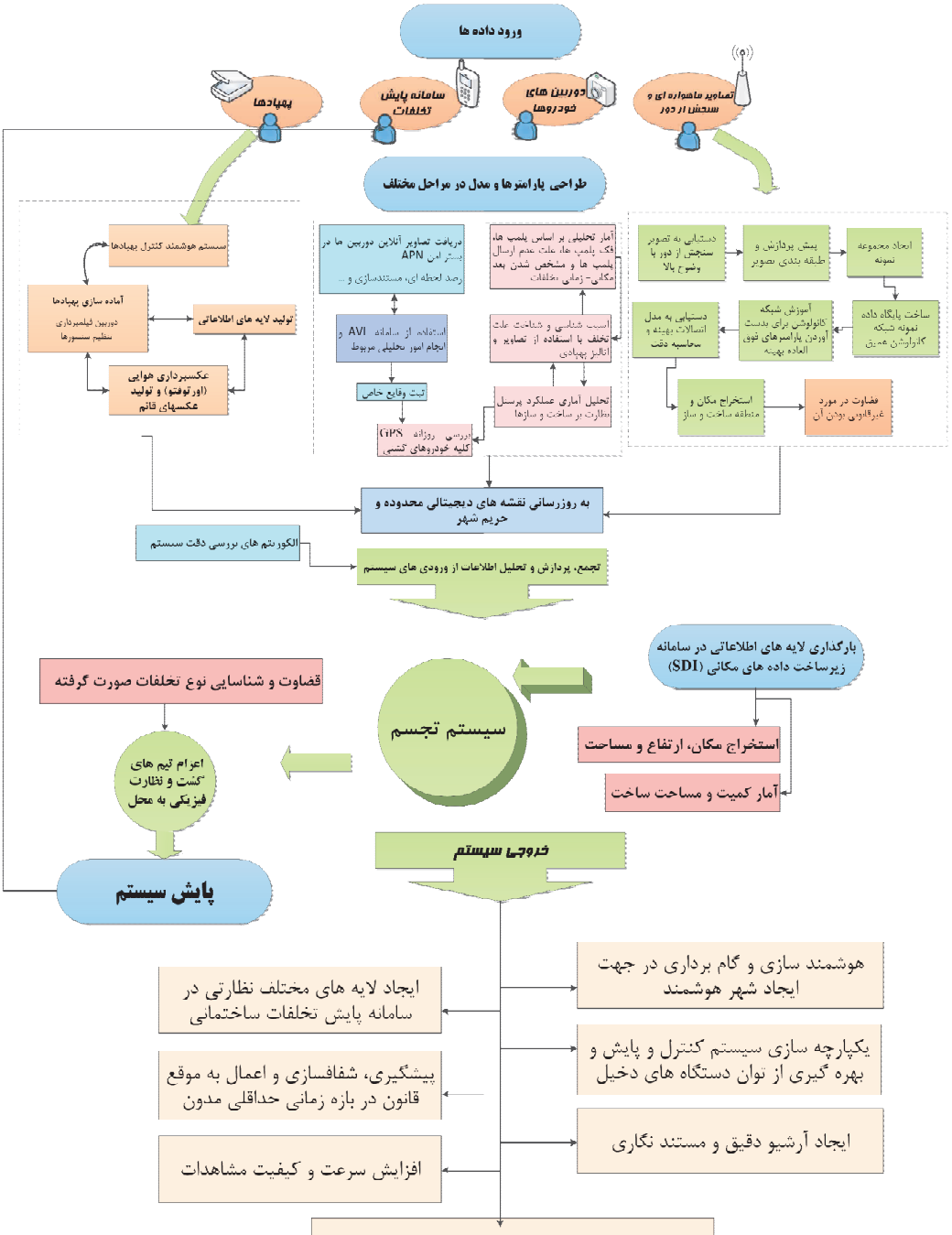
درنَهایت، آمار گردآمده طی دوره‌ای طولانی‌مدت، به تنظیم قوانین یادگیری سیستم مدیریت پهپاد می‌انجامد و تبادل داده‌های جمع‌شده بین کلان‌شهرها امکان تجزیه‌وتحلیل مقایسه‌ای تغییرات شهری و وابستگی متقابل ویژگی‌های نظارت‌شده طی کوتاه‌مدت و پیش‌بینی طولانی‌مدت دربارهٔ توسعهٔ وضعیت و راه‌حل‌های مناسب برای مدیریت پارامترهای شهری را فراهم می‌آورد (شکل ۷).

۴- بحث

همان‌طور که عنوان شد با توجه به وسعت زیاد کلان‌شهر مشهد، میزان انبوه پروژه‌های عمرانی درحال احداث، کنترل نظارتی و سیستمی بر آنها جزء جدایی ناپذیر صنعت ساخت‌وساز است که کارآنبودن روش‌های رایج و قدیمی و فیزیکی، و ضرورت راه‌اندازی مرکز مانیتورینگ هوشمند پایش تخلفات ساختمانی را توجیه می‌کند. ازاین‌رو در پژوهش حاضر، امکانات سیستم هوشمند پایش تخلفات ساختمانی معرفی می‌شود که در کلان‌شهر مشهد، بدین‌منظور به‌کار می‌رود. با توجه به اینکه پهنه‌های محدوده و حریم شهر مشهد، براساس شدت ساخت‌وسازها، ارزش‌های متفاوت نظارتی دارد، از رصد پهپادی این پهنه‌ها، تصاویر سنجش از دور، تصاویر دوربین‌ها و طبقه‌بندی‌های مرتبط استفاده شده است.



شکل ۶. نمایی از سامانهٔ پایش تخلفات ساختمانی در محیط تبلت و سایت شهرسازی



شکل ۷. فرایند نظارت بر ویژگی‌های شهری، طبق سیستم مانیتورینگ هوشمند

منبع: یافته‌های پژوهش ۱۴۰۰

نتایج پژوهش و مقایسهٔ میزان اطلاعات استخراجی پهپاد با داده‌های استخراج‌شده ازطریق سیستم رایج گشت فیزیکی، ثبت‌شده در سامانهٔ پایش تخلفات ساختمانی، نکات مهمی را بازگو می‌کند؛ نخست، شناسایی میزان تغییرات استخراج‌شده با استفاده از پهپاد بسیار بیشتر از کاربرد روش گشت فیزیکی است و نمی‌توان این دو شیوه را با هم مقایسه کرد (این نشان می‌دهد، در روش‌های نوین به جزئی‌ترین موارد، ازجمله ریختن مصالح، ایجاد چاله و یا کوچک‌ترین شیار پرداخته می‌شود). همچنین بیشترین تغییرات در طول دوره‌های مربوط به «دپوی مصالح ساختمانی» ایجاد شده است. این نکته سرنخ مهمی درزَمینهٔ جلوگیری از ساخت‌وسازها، بدون واردآمدن کمترین خسارت، فراهم می‌آورد و دستگاه‌های نظارتی، پیش‌از هرگونه ساخت‌وساز می توانند در صورت غیرمجازبودن، از آن جلوگیری کنند. نتایج کاربرد پهپاد در مدیریت شهری با یافته‌های گروبسیچ و نلسون (۲۰۲۰)، پلشکو و همکاران (۲۰۲۰)، نور و همکاران (۲۰۱۸)، جنسن (۲۰۱۶) هم‌سو بوده و این نتیجه را دربر داشته است که با توجه به سرعت تغییرات شهری، استفاده از پهپادها به‌منزلهٔ سیستم عامل‌های نظارتی، علاوه‌بر افزایش آگاهی از موقعیت برای برنامه‌ریزی و تلاش‌های تحلیلی، توانایی گردآوری سریع و ارزان داده‌ها و نظارت بر تغییرات را نیز ایجاد می‌کند.

در این سیستم همچنین، از امکانات دانش سنجش از دور و دریافت تصاویر ماهواره‌ای، به‌منظور شناسایی تخلفات درزَمینهٔ ساخت‌وساز استفاده شد. طبق نتایج این تحقیق، سرعت و دقت به‌دست‌آمده در طبقه‌بندی تصویر، شناسایی ساختمان‌های درحال تغییر و شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی، به‌مراتب بیشتر از روشی است که مقدم و همکاران (۲۰۱۵) مطرح کرده‌اند. به‌علاوه، برخلاف بایبورت و همکاران (۲۰۰۸) که نتوانستند در شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به موفقیت دست یابند، ما با استفاده از این سیستم توانستیم، با تلفیق تصاویر ماهواره‌ای دارای قدرت تفکیک مکانی بالا، تصاویر پهپادی و دوربین‌های گشت‌های نظارت و نقشه‌های شهری، ساخت‌وسازهای غیرقانونی را شناسایی کنیم. نتایج این پژوهش با تحقیق لی و لیو (۲۰۲۰) که از ترکیب شبکهٔ عصبی و محاسبات ابری برای پردازش اطلاعات استفاده کرده‌اند نیز، هم‌سو بوده است.

مهم‌ترین خروجی‌های سیستم مانیتورینگ ازاین‌قرار است:

- به‌روزرسانی پایه و بستر نقشه‌های دیجیتالی محدوده و حریم شهر؛
- اجرای مستمر ممیزی های هوشمند و رصد دقیق تغییرات فضایی پارسل های شهری با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های به‌روز، ازجمله تصاویر ماهواره‌ای، پهپادها، دوربین‌های نظارتی، بدون محدودیت زمانی و مکانی و فاصله؛
- ایجاد و به‌روزرسانی لایه‌های رقومی و ژئودیتابیس (Geodatabase) داده‌های سامانهٔ پایش تخلفات ساختمانی در محیط نرم‌افزاری Arc GIS و انجام‌دادن تحلیل‌های فضایی تخلفات ساختمانی؛
- بررسی و ارائهٔ گزارش روزانهٔ GPS تمامی خودروهای گشتی مناطق به‌صورت تصادفی و اتفاقی و تطبیق با عملکرد موظفی؛
- بررسی و پیگیری سامانهٔ چشم شهر، به‌منزلهٔ یکی از ابزارهای ورودی اطلاعات در سیستم مانیتورینگ هوشمند پایش تخلفات ساختمانی؛
- مشخص کردن وضعیت تخلفات ساختمانی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، پهپادها و نرم‌افزار یادگیری ماشین، با توجه به مقایسهٔ شاخص‌های مورد نظر و تعریف‌شده؛
- مشخص شدن سیر پرونده‌ها، از اخطار و ثبت تا ارسال به کمیسیون و اعمال قانون هم‌افزا؛
- آسیب‌شناسی و شناخت علت تخلف (مشخص شدن نوع، مکان و زمان تخلف) با استفاده از تصاویر و آنالیز پهپادی؛

- ایجاد امکان استفاده از سامانهٔ AVL و انجام‌دادن امور تحلیلی دراین‌زمینه برای تمامی خودروهای گشت نظارت بر محدوده و حریم شهرداری و سایر دستگاه‌های ذی‌ربط؛
- بررسی و تحلیل آماری عملکرد کارکنان نظارت بر ساخت‌وسازها، به‌تفکیک مناطق و فرد؛
- ثبت وقایع خاص (در فرمت‌های متفاوت) برای کدهای مورد نظر و امکان دسترسی مدیران مربوطه و امکان اتصال به لپ‌تاپ، گوشی هوشمند و موارد مشابه؛
- بنابراین با اثبات توانمندی الگوریتم توسعه‌داده‌شده در مرکز هوشمند تخلفات ساختمانی شهرداری مشهد، درزَمینهٔ نظارت بر ساخت‌وسازها و ارزیابی ازسوی سازمان فضایی ایران، امکان استفادهٔ علمی و عملی از داده‌های ماهواره‌ای به‌منظور مدل‌سازی بافت در بازه‌های زمانی متفاوت و پهنه‌های وسیع چنددَهکتاری، فراهم است.

۵- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش حاکی از آن است که با ترکیب طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای ازطریق سیستم شناسایی پهپادی و دوربین‌های نظارتی خودروها، در مرحلهٔ ابتدایی ساخت‌وساز غیرمجاز، می‌توان ردیابی پویا و نظارت طولانی‌مدت بر ساخت‌وسازها داشت و درنَهایت، با بازدید تکمیلی میدانی هدفمند، از صحت نتایج طی کوتاه‌ترین زمان ممکن اطمینان حاصل کرد. ازاین‌رو می‌توان پاسخ سؤال پژوهش را بدین‌صورت بیان کرد که امکان پایش هوشمند ساخت‌وسازهای غیرقانونی، با استفاده از فنون پردازش تصاویر و داده‌های مورد نیاز، با کمترین حضور عامل انسانی و در زمان کوتاه‌تر وجود دارد. نتایج این تحقیق بیان می‌کند که سرعت و دقت به‌دست‌آمده در طبقه‌بندی تصاویر، شناسایی ساختمان‌های درحال تغییر و شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی به‌مراتب بیشتر از روش‌های فیزیکی و رایج گذشته است. همچنین به‌علت دید از بالا (آسمان)، تمامی عوارض و تغییراتی که پیش‌تر به‌دلایل گوناگون، از نگاه ناظران مخفی می‌مانده است (همچون تغییرات در ساختمان‌های جنوبی، پشت‌بام‌ها، پشت دیوارها، قطع درختان داخل باغ‌ها) در این روش، رصد و پس‌از تحلیل، گزارش می‌شود. شایان توضیح است که مدت زمان فرایند شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی، با استفاده از ابزارهای نوین بسیار کمتر و ازسویی، باعث افزایش دقت و کیفیت نیز شده است.

استفاده از این روش باعث شفاف‌سازی و به‌حداقل‌رسیدن امکان تبانی بین سازندگان و بازرسان شهرداری و سرعت‌یافتن روند تشخیص ساخت‌وسازهای غیرقانونی و کمک به جلوگیری از ادامهٔ ساخت آنها می‌شود زیرا، اگر بازرسان شهرداری در بازرسی ساختمان‌های مشکوک به بروز تخلف، به‌عمد تخلفی گزارش نکنند، در بازدید ثانویه‌ای که در مرکز و ازطریق سامانهٔ پایش تخلفات ساختمانی شهرداری انجام می‌شود، کارشناسان مرکز کنترل هوشمند تخلفات ساختمانی می‌توانند موارد لازم را شناسایی و به شهرداری مربوط گزارش کنند و بدین‌ترتیب تخطی بازرس اولیهٔ شهرداری در گزارش‌نکردن تخلف ساختمانی را می‌توان پیگیری کرد.

ازدیگرسو، به‌کارگیری این روش به بازرسان شهرداری در جست‌وجوی هدفمند در سطح شهر کمک می‌کند؛ بدین‌معنی که با شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی، موقعیت مکانی آنها شناسایی و به بازرسان شهرداری گزارش می‌شود تا بتوانند، در کمترین زمان ممکن، به عوارض مشکوک سرکشی کنند. بنابراین استفاده از روش هوشمند ارائه‌شده مشخصاً باعث کاهش زمان شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی و کمک به جلوگیری از ادامهٔ ایجاد چنین ساخت‌وسازهایی می‌شود و اهداف این سیستم را محقق می‌کند. روش مطرح‌شده به‌طور کلی عمومیت دارد و می‌توان آن را در سایر کلان شهرها و شهرهای کشور نیز استفاده کرد.

برخی چالش‌های پیش روی سیستم مانیتورینگ هوشمند پایش تخلفات ساختمانی عبارت است از:

- دریافت‌نکردن دقیق نظارت هوشمند در شرایط آب‌وهوایی خاص (ابرناکی، تاریکی و ...)؛

- تعرض به حریم و حقوق شهروندی در املاک خصوصی در تصاویر دریافتی از پهپاد، از نگاه مردمی؛
- وجود تحریم‌های بین‌المللی درزَمینهٔ دستیابی به تصاویر ماهواره‌ای و شبکه‌های اینترنتی؛
- اختلاف هشت‌ساعته بین زمان دریافت تصاویر ماهواره‌ای و زمان تولید نقشهٔ شهری، در ایجاد خطا و کاهش دقت نتایج این تحقیق، بی‌تأثیر نیست. ازسویی خطاهای تصحیحات تصاویر ممکن است به ایجاد خطا در نتایج نهایی بینجامد؛
- مهم‌ترین هدف نظارت بر ساخت‌وسازها عامل پیشگیری محسوب می‌شود؛ بنابراین به‌رغم شناسایی زودهنگام ازطریق سیستم‌های نوین، ازجمله پهپاد، با توجه به فاصلهٔ چندروزه تا ثبت در سیستم و دادن گزارش، با امکانات فعلی فقط به‌منزلهٔ نظارت عالیه می‌توان از آن بهره برد و درعمل، به‌صورت نظارت مقیم و لحظه‌ای، کاربرد چندانی ندارد.

برای بهبود کارآیی سیستم پایش هوشمند ساخت‌وسازهای شهری، این پیشنهادها مطرح می‌شود:

- از پهپاد به‌منزلهٔ پیشاهنگی و گردآوری اطلاعات به‌روز استفاده شود؛
- از حسگرها و دوربین‌های فیلمبرداری مدرن در پهپاد، برای نظارت بر وضعیت فعلی فضا و زمان استفاده شود که حسگرها و دوربین‌های فیلمبرداری ثابت را ارائه نمی‌دهند؛
- برای نظارت در شرایط آب‌وهوایی خاص با استفاده از سیستم‌های نظارتی پشتیبان (گشت‌های فیزیکی، ابزارهای نوین تصویربرداری در شرایط نامطلوب جوّی برای تصویربرداری) برنامه‌ریزی شود؛
- برای تجزیه‌وتحلیل آمار جمع‌آوری‌شده ازطریق نظارت بر تغییرات شهری با استفاده از پهپاد، با مشارکت کارکنان شرکت‌ها و مشاغل نوآور، مرکزی ایجاد شود؛
- شهروندان درزَمینهٔ مسائل حقوق شهری و کارآیی استفاده از پهپاد، در اجرای شفاف‌سازی و عدالت محوری و لزوم مشارکت شهروندی دراین‌باره (شناسایی و معرفی زمین‌خواران حرفه‌ای) آموزش ببینند؛
- سازمان‌های دخیل، در تهیهٔ ضوابط و اجرای مقررات توسعهٔ شهری، هماهنگی مناسب را داشته باشند؛
- از رویکردهای نوآورانه، مثلاً روش‌های یادگیری ماشین، برای آموزش سیستم تجزیه‌وتحلیل نتایج نظارت بر تغییرات شهری، به‌منظور تصمیم‌گیری و اقدامات برای اصلاح تغییرات شهری استفاده شود؛
- روش مطرح‌شده، درمجموع، عمومیت دارد و در سایر کلان‌شهرها و شهرهای کشور می‌توان از آن بهره برد اما استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دوزمانه که در هنگام ظهر و با بازهٔ زمانی کوتاه مدت دریافت شده‌اند، باعث به‌حداقل‌رسیدن خطای تصاویر می‌شود زیرا سبب می‌شود اثر سایه به حداقل برسد و تصویربرداری، در شرایط نوردهی یکسان انجام شود. به‌علاوه، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دارای قدرت تفکیک مکانی بالاتر، احتمالاً دقت‌های بیشتری در شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی به‌دست خواهد آمد.

بنابراین راهکارهای مطرح‌شده، درصورت مهیاساختن زیرساخت‌ها و پشتوانهٔ اجرایی، می‌تواند در کاهش تخلفات ساختمانی مؤثر واقع شود.

۶- منابع

Agheyisi, J.E., 2016, **Evaluating the Conformity of Informal Land Subdivision with the Planning Law in Benin Metropolis**, Land Use Policy, 59, PP. 602-612.

Ahmad, A., 2005, **Change Detection in High Density Urban Area and Rural Area Using High Resolution Satellite Image**, MSc. Thesis, Faculty of Civil Engineering, Atilim University, Ankara, Turkey.

Ahmed, A. & Dinye, R.D., 2011, **Urbanisation and the Challenges of Development Controls in Ghana: A Case Study of Wa Township**, Journal of Sustainable Development in Africa, 13(7), PP. 210-235.

Al-Hader, M., & Rodzi, A. (2009). **The smart city infrastructure development & monitoring**. Theoretical and Empirical Researches in Urban Management, 4(2 (11), 87-94.

Anabistani, A.A. & Kharazmi, A.A., 2018, **Challenges and Opportunities Facing the Rural Settlements of Mashhad Metropolis**, Mashhad: Vice President of Planning and Human Development of Mashhad Municipality.

Anuri, N.A. & Daryabari, S.J., 2017, **Investigating the Management Issues of Tehran Metropolitan Area in Relation to the Current and Future Trend of Physical and Demographic Changes**, Scientific and Research Quarterly of New Approaches in Human Geography, 10(2), PP. 215-238.

Asmat, A., Zamzami, S.Z. & Mansor, S., 2018, **The Use of Multi-Sensor for Illegal Human Settlement Detection**, Asian Journal of Environment-Behaviour Studies, 3(7), PP. 171-178.

August Consulting Engineers. (2021). **Revision of the strategic-operational plan of Mashhad metropolitan area**. Mashhad Municipality, Vice Chancellor of Architecture and Urban Development, Management of Southern Heights of Mashhad

Bayburt, S., Büyüksalih, G., Baz, I., Jacobsen, K. & Kersten, T., 2008, **Detection of Changes in Istanbul Area with Medium and High Resolution Space Images**, Int Arch Photogramm Remote Sens Spatial Inf Sci, 37, PP. 1607-12.

Benedek, C., Descombes, X. & Zerubia, J., 2010, **August, Building Detection in a Single Remotely Sensed Image with a Point Process of Rectangles**, In 2010 20th International Conference on Pattern Recognition (PP. 1417-1420), IEEE. Proc. The International Conference on Pattern Recognition (ICPR), Istanbul, Aug. 23-26, 2010, PP. 1417-1420.

Borchard, K. & Scholich, D., 2006, 60 **Jahre Akademie für Raumforschung und Landesplanung**, Raumforschung und Raumordnung, 64(6), PP. 498-511.

Borsekova, K. & Nijkamp, P., 2018, **Smart Cities: A Challenge to Research and Policy Analysis**, Cities, 78(xxxx), PP. 1-3. https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.03.015.

Chen, D., Shang, S. & Wu, C., 2014, **Shadow-Based Building Detection and Segmentation in High-Resolution Remote Sensing Image**, Journal of Multimedia, 9(1), PP. 181-188.

Esmailpoor, N., Heravi, Z. & Heidari Hamane, E., 2019, **Investigating the Causes of Building Breach in the Third District of Yazd**, Motaleate Shahri, 8(31), PP. 17-30. doi: 10.34785/J011.2019.225.

EVET Consulting Engineers, 2018, **Strategic-Operational Plan of Mashhad Metropolitan Area, Mashhad Municipality, Vice Chancellor of Architecture and Urban Development**, Management of Southern Heights of Mashhad City.

Fahmedeh, M., 2019, **Surveillance Cameras on the APN Platform to Monitor Construction Violations**, Information Base of Mashhad Municipality, Available in: https://news. mashhad.ir/ fa/news/680153-.html.

Fahmedeh, M., 2021, **Satellite Images in Monitoring Construction Violations**, Information Base of Mashhad Municipality, Available in: https://news.mashhad.ir/fa/ news/721882.html.

Grubesic, T.H. & Nelson, J.R., 2020, **Uavs and Urban Spatial Analysis**, Springer International Publishing.

Hall, P. & Tewdwr-Jones, M., 2019, **Urban and Regional Planning**, Routledge.

Hermosilla, T., Ruiz, L.A., Recio, J.A. & Estornell, J., 2011, **Evaluation of Automatic Building Detection Approaches Combining High Resolution Images and LiDAR Data**, Remote Sensing, 3(6), PP. 1188-1210.

Jensen, O.B., 2016, **New 'Foucauldian Boomerangs': Drones and Urban Surveillance**, Surveillance & Society, 14(1), PP. 20-33.

Jimoh, B.A., Al-Hasan, A.Z., Imimole, W.O. & Ahmed, M.B., 2017, **Contravention of Development Control Measures in Auchi, Edo State, Nigeria**, Applied Science Reports, 20(2).

Jin, X. & Davis, C.H., 2005, **Automated Building Extraction from High-Resolution Satellite Imagery in Urban Areas Using Structural, Contextual, and Spectral Information**, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2005(14), PP. 1-11.

Karantzalos, K., Koutsourakis, P., Kalisperakis, I. & Grammatikopoulos, L., 2015, **Model-Based Building Detection from Low-Cost Optical Sensors Onboard Unmanned Aerial Vehicles**, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 40.

Khalili Moghadam, N., 2015, **Monitoring Construction Violations Using a Four-Dimensional Spatial Information System**, Master's Thesis, Civil Engineering - Geographical Information System (GIS), University of Tehran, Iran.

Khodaparasti, M., Abedini, R., Sadeghi, M. & Najafgholizadeh, N., 2015, **Urban Construction Control and Monitoring Strategies from the Point of View of Urban Management (Case Study: District 17 of Tehran**, Urban Engineering, Civil, Architecture Conference, Qom. https://civilica.com/doc/523944/.

Kovacs, A. & Sziranyi, T., 2012, **Orientation Based Building Outline Extraction in Aerial Images**, ISPRS Annals of Photogram, Remote Sens. and Spatial Inf. Sci., I-7, PP. 141-146.

Li, B.S. & Liu, C.N., 2020, **Research on Intelligent Recognition of Violation Based on Big Data of Urban Construction**, The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42, PP. 721-724.

Manouchehri, A., Abedini, A. & Hekmatnia, H., 2019, **Investigation and Analysis of Construction Violations and Explaining the Key Affecting Factors (A Case Study of Yazd City)**, Urban Structure and Function Studies, 6(18), PP. 7-32. doi: 10.22080/shahr.2019.2180.

Mazini, M., 2000, **Examining the Structure of Urban Management in Iran** (1st ed.), Ministry of Interior, Office of Urban Planning Studies.

Merrikh-Bayat, F., Bagheri Shouraki, S. & Merrikh-Bayat, F., 2014, **Memristive Fuzzy Edge Detector**, Journal of Real-Time Image Processing, 9(3), PP. 479-489.

Moghadam, N.K., Delavar, M.R. & Hanachee, P., 2015, **Automatic Urban Illegal Building Detection Using Multi-Temporal Satellite Images and Geospatial Information Systems**, The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40(1), P. 387.

Njoku, E.G. (Ed.), 2014, **Encyclopedia of Remote Sensing** (P. 957), Springer New York.

Noor, N.M., Abdullah, A. & Hashim, M., 2018, **Remote Sensing UAV/Drones And Its Applications for Urban Areas: A Review**, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 169, No. 1, P. 012003). IOP Publishing.

Organization of Information Technology and Communications of Mashhad Municipality, 2020, **Brief Report of the Project of Intelligent Monitoring of Constructions of Harim Mashhad by Drone**, Mashhad Municipality: FAVA Organization.

Pang, S., Hu, X., Wang, Z. & Lu, Y., 2014, **Object-Based Analysis of Airborne LiDAR Data for Building Change Detection**, Remote Sensing, 6(11), PP. 10733-10749.

Peleshko, D., Rak, T., Noennig, J.R., Lytvyn, V. & Vysotska, V., 2020, **Drone Monitoring System DROMOS of Urban Environmental Dynamics**, In ITPM (PP. 178-193).

Razavi Khorasan Governorate. (2016). **The latest national divisions of Mashhad city**. Mashhad: Khorasan Razavi Governorate

Saramizadeh, M.F., 2012, **The Complete Set of Rules and Regulations Related to the Municipality (Shiraz Region 8 Municipality)**, Shiraz: Shiraz Municipality.

Shaikhi, M. & Shabestar, M., 2018, **Pathology of the Integrated Management of the Tehran Metropolitan Peri-urban Area**, Quarterly Journals of Urban and Regional Development Planning, 3(4), PP. 1-34. doi: 10.22054/urdp.2019.42544.1128.

Shekhar, S., 2012, **Detecting Slums from Quick Bird Data in Pune Using an Object Oriented Approach**, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 39(8), PP. 519-524.

Singhal, S. & Radhika, S., 2014, **Automatic Detection of Buildings from Aerial Images Using Color Invariant Features and Canny Edge Detection**, International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), 11(8), PP. 393-396.

Statistical Center of Iran. (2005). T**he results of the general population and housing census of Mashhad city**, Tehran: Iran Statistics Center.

Statistical Center of Iran. (2015). **The results of the general population and housing census of Mashhad city**, Tehran: Iran Statistics Center.

Xu, S., Vosselman, G. & Oude Elberink, S., 2015, **Detection and Classification of Changes in Buildings from Airborne Laser Scanning Data**, Remote Sensing, 7(12), PP. 17051-17076.

Zhao, B., 2000, **Integrated-Approach-Based Automatic Building Extraction**, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 33(B3/2; PART 3), PP. 1026-1031.

Zhu, Q., Jiang, W. & Zhang, J., 2015, **Feature Line Based Building Detection and Reconstruction from Oblique Airborne Imagery**, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences.

سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال پانزدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۲
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.15, No. 3, Autumn 2023

61-82

Presenting a Strategic Model of Intelligent Monitoring of Construction Violations in Urban Management (Case Study: Mashhad Metropolis Area and Privacy)

Fahmideh Modami M.[1*], Ayaz M.[2], Alajeh Gardi A.[3], Javanshiri M.[4]

1. Ph.D. of Crisis Management, Mashhad Municipality, Mashhad
2. M.Sc. of Geography and Urban Planning, Mashhad Municipality, Mashhad
3. M.Sc. of Urban Design and Urban Planning, Mashhad Municipality, Mashhad
4. Ph.D. of Geography and Rural Planning, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad

Abstract

The dramatic increase in construction in recent decades has been accompanied by an increase in the number of construction violations in urbanized areas and has overshadowed the urban management and planning system, so preventing unauthorized urban construction is one of the main problems of city managers. The current method of controlling construction violations includes field inspections based on human knowledge, which in addition to the need to spend exorbitant financial, time and human resources, may lead to collusion between builders and municipal inspectors or even failure to identify construction violations in a timely manner. In this regard, providing an intelligent and accurate method for identifying construction violations and targeting the search for construction patrols is more than necessary. The aim of this study is to provide an intelligent strategic model in monitoring violations. The present research is applied in terms of purpose and descriptive and causal in terms of method and the data has been collected by library and field methods. The results of this study indicate that by using the intelligent monitoring system, it is possible to intelligently monitor illegal constructs by processing the required image and data techniques, with the least presence of human agents and in a shorter time. The overall accuracy of 94% and the kappa coefficient of 71% for image classification in this system confirm the accuracy of the above results. It shows that in this method, the speed and accuracy of image classification, identification of changing buildings and identification of illegal constructions are much higher than physical and existing methods.

Keywords: Intelligent monitoring system, Illegal constructions, Construction violations monitoring, UAV, Mashhad metropolis.

* Correspondence Address: Mashhad Municipality, Tel: (+98)9153033070
Email: fahmideh-m@mashhad.ir
https://orcid.org/0000-0002-2859-8625
https://dx.doi.org/10.48308/gisj.2023.102392

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).