



سنجش از دور & GIS ایران



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

۶۱-۸۲
مقاله پژوهشی

تحلیل مدل هوشمند پایش تخلفات ساختمانی در مدیریت شهری

(مطالعه موردی: محدوده و حریم کلان شهر 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 پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۲۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۲۲

چکیده

با توجه به روند بی‌سابقه و رو به رشد جمعیت و گسترش شهری در دهه‌های اخیر، با افزایش نگران‌کننده ساخت‌وسازها و به‌ویژه موارد غیرمجاز در محدوده شهری مواجه بوده‌ایم و این مسئله نظام مدیریت و برنامه‌ریزی شهری را تحت‌الشعاع قرار داده است؛ از این رو جلوگیری از ساخت‌وسازهای غیرمجاز شهری یکی از مهم‌ترین مشکلات مدیران شهری شمرده می‌شود. روش کنونی کنترل تخلفات ساختمانی شامل بازرسی‌های میدانی بر مبنای دانش انسانی است که صرف هزینه گزاف مالی، زمانی و انسانی را می‌طلبد و ممکن است حتی به شناسایی نشدن به‌موقع تخلفات ساختمانی بینجامد. در همین زمینه طرح روشی هوشمند و دقیق برای شناسایی تخلفات ساختمانی و هدفمند کردن جست‌وجوی گشت‌های نظارت بر ساخت‌وسازها بیش‌ازپیش مورد نیاز است. پژوهش حاضر، با این هدف، به دنبال بیان مدل راهبردی هوشمندی در پایش تخلفات است. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ روش، توصیفی و علی است و داده‌های آن به روش کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شده است. در این تحقیق، از تصاویر ماهواره‌ای، تصاویر پهپاد، دوربین‌های نصب‌شده روی خودرو و AVL به‌منزله ورودی‌های سیستم مانیتورینگ هوشمند استفاده شده است. نتایج این تحقیق بیان می‌کند، با استفاده از سیستم مانیتورینگ هوشمند، امکان پایش هوشمند ساخت‌وسازهای غیرقانونی از طریق 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 در حال تغییر و شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی به مراتب بیشتر از روش‌های فیزیکی و موجود است.

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

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

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/).

۱- مقدمه

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، علاوه بر کنترل ساخت‌وساز و نظارت بر آن در محدوده شهر، درباره حریم شهر نیز وظایف مشابهی دارد زیرا به دلیل 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 بیش از ۱۲۲ هزارهکتاری 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 ذی‌نفع در این زمینه، لزوم بهره‌گیری از تکنولوژی‌های کارآمد و به‌روز را در لوای مدیریت یکپارچه شهری، طلب می‌کند. از این رو با توجه به معضل ساخت‌وساز غیرمجاز در این شهر، نقش مدیریت شهری در کنترل و نظارت ساخت‌وساز شهری غیرمجاز نکته‌ای ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

مهم‌ترین ویژگی عصر ما شهرنشینی شدن جمعیت، افزایش جمعیت شهرها و به‌تبع آن، توسعه شهرهای کوچک و بزرگ است (Manouchehri et al., 2019). شهردار پیشین دنور^۱، ولینگتون‌ای. وب^۲، معتقد بود که قرن بیست‌ویکم، قرن شهرهاست (Borsekova & Nijkamp, 2018). ساختمان‌ها مهم‌ترین عنصر سازنده 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، در حال گسترش‌اند. در این زمینه، 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 پروانه 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 نبود کنترل توسعه شهری مسئله‌ای جهانی است (Jimoh et al., 2017, P. 31). قوانین و مقررات شهری ابزار هدایت رشد فضایی شهر (Agheyisi, 2016) و کنترل توسعه، به‌منزله بازوی اجرایی فرایند برنامه‌ریزی شهری است؛ به‌این معنی که قوانین و سیاست‌های کنترل ساخت‌وساز از توسعه‌های غیرقانونی جلوگیری می‌کند و به مسئولان محلی کمک

1. Denver
2. Wellington E. Webb

غیرقانونی در محدوده ممنوع مناطق آبی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای آیکونوس با دوره زمانی سه‌ماهه، در محدوده خدمات‌دهی شهرداری استانبول، شناسایی کرد. بندیک^۶ و همکاران (۲۰۱۰) و چن^۷ 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 سایه ساختمان‌ها استخراج کند. ارموسییا^۸ و همکاران (۲۰۱۱) از «طبقه‌بندی تصویر مبتنی بر حد آستانه و عوارض و مقایسه تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا و داده‌های لیدار»، کوچ و سیرانی^۹ (۲۰۱۲) بدون در نظر گرفتن شکل و ساختار ساختمان‌ها، پانگ^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۴) از «تحلیل‌های مبتنی بر عارضه با داده‌های ابرنقاط چندزمانه»، سینگال و ردیکا^{۱۱} (۲۰۱۴) از «روش آشکارسازی لبه با استفاده از تصاویر هوایی رنگی با دقت مکانی بالا»، ژو^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۵) از «روش مبتنی بر عوارض خطی»، شو^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۵) از «داده‌های مربوط به دو بازه زمانی متفاوت پوششگر لیزری هوایی»، برای شناسایی خودکار و طبقه‌بندی انواع تغییرات در ساختمان‌ها، بهره برده‌اند.

روش کنونی که امروزه در شهرداری‌ها، برای کنترل و شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی به کار می‌رود، براساس حضور عامل انسانی و جست‌وجو به صورت اتفاقی، در سراسر مناطق شهر است. از جمله معایب این روش، می‌توان به پرهزینه‌بودن، زمان‌بر بودن و غیردقیق بودن 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 ادامه این ساخت‌وسازها جلوگیری کرد. بنابراین وجود روشی بهینه به منظور 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 فناوری‌های نوین تصویربرداری و سنجش از دور، به‌منظور استخراج ساخت‌وسازهای غیرمجاز شهری، می‌توان بهترین بازده را در سیستم نظارت بر ساخت‌وسازها انتظار داشت (Fahmedeh, 2021).

واژه «هوشمند» یا «SMART»^۱ از مفهوم تکنولوژی مانیتورینگ، آنالیز و گزارش خودکار یا اتوماتیک گرفته شده است. این سیستم‌های هوشمند نه تنها 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^۲، تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دور از ابزارهای کاربردی در این سیستم به‌شمار می‌روند.

در زمینه آشکارسازی ساختمان‌ها و ساخت‌وسازهای غیرقانونی، تحقیقات بسیاری انجام شده و تفاوت اصلی میان تمامی این تحقیقات در روش شناسایی تغییرات ساختمان و ساختمان‌های در حال ساخت است. احمد^۳ (۲۰۰۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و با دقت مکانی نسبتاً بسیار آیکونوس^۴، ساختمان‌های مناطق پرتراکم شهری و روستایی را شناسایی کرد. بایبورت^۵ و همکاران (۲۰۰۸) ساخت‌وسازهای

1. Self Monitoring, Analysis and Reporting Technology

Unmanned Aerial Vehicle ۲. «پهپاد» سرواژه فارسی برای (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

کارانتزالوس^۵ و همکاران (۲۰۱۵) مدلی را براساس روش‌های شناسایی ساختمان معرفی کردند که امکان استخراج و بازسازی ساختمان‌ها را از تصاویر دریافتی از پهپادها داشت. جنسن^۶ (۲۰۱۶)، نور^۷ و همکاران (۲۰۱۸)، پلشکو^۸ و همکاران (۲۰۲۰) و گروپسیچ و نلسون^۹ (۲۰۲۰) درباره کاربردهای پهپاد در مناطق شهری مطالعه کردند و فناوری پهپاد را به‌منظور جمع‌آوری پارامترهای محیط شهری و نظارت بر شهرها به کار بردند. آنها به این نتیجه رسیدند که سرعت تغییرات شهری نیاز به سیستم‌عامل‌های نظارتی دارد که نه تنها آگاهی از موقعیت را برای برنامه‌ریزی و تلاش‌های تحلیلی هم‌سو افزایش می‌دهد، بلکه توانایی گردآوری سریع و ارزان داده‌ها و نظارت بر تغییرات را نیز فراهم می‌کند و پهپادها می‌توانند هر دوی این وظایف را انجام دهند.

پروژه‌های مشابه بیشتر جنبه تحقیقاتی و پژوهشی داشته؛ درحالی که پژوهش حاضر در چرخه نظارت بر ساخت‌وسازهای محدوده و حریم شهر مشهد به کار رفته است؛ بنابراین تحقیق حاضر به‌قصد افزایش دقت و بهبود عملکرد روش مطرح‌شده در تحقیقات انجام شده است و مانیتورینگ هوشمند و تأثیر آن در ارتقای سطح پایش تخلفات ساختمانی را نشان می‌دهد که سبب بهبود دقت آشکارسازی تغییرات و شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در مناطق شهری می‌شود. از دیگر سو، روش مورد بحث سریع و کم‌هزینه است و می‌تواند استفاده از عامل انسانی را به حداقل برساند. این روش زمان فرایند شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی را در مقایسه با سایر تحقیقات انجام‌شده،

شخار^۱ (۲۰۱۲) سکونتگاه‌های غیرقانونی را با استفاده از راهکاری مبتنی بر عارضه، از تصاویر ماهواره‌ای دارای قدرت تفکیک مکانی بالای کوئیک برد، شناسایی کرد. مقدم^۲ و همکاران (۲۰۱۵) برخی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در محدوده‌هایی از شهر تهران را با استفاده از روش نظارت‌نشده آشکارسازی تغییرات، شناسایی کردند. اسمات^۳ و همکاران (۲۰۱۸) نتایج حاصل از شناسایی سکونتگاه‌های غیرقانونی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی دارای قدرت تفکیک مکانی بالا و روش‌های خودکار شناسایی ساختمان، در اختیار قرار دادند. لی و لیو^۴ (۲۰۲۰)، در تحقیقی به‌منظور شناسایی هوشمند تخلف براساس داده‌های کلان ساخت‌وساز شهری، ساختمان‌های موجود در تصاویر سنجنش از دور به‌دست‌آمده را به مراحل گوناگون پی‌سازی، ساخت، اجرای سقف و بهره‌وری تقسیم و از ترکیب شبکه عصبی کانولوشن عمیق و محاسبات ابری، برای پردازش اطلاعات استفاده کردند. در تحقیقات یادشده، طی فرایند تکراری نظارت‌نشده‌ای، تصویر نقشه تغییرات تولید شد و با اعمال شروطی، ساختمان‌های درحال ساخت و ساخت‌وسازهای غیرقانونی شناسایی شدند. همچنین شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در محدوده شهری، طی فرایند تکراری زمان‌بری انجام شد. همان‌طور که اشاره شد، به مسئله شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی کمتر از آشکارسازی تغییرات کاربری زمین، پرداخته شده است. البته با اینکه چندین روش برای شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در حومه شهر مطرح شده، آشکارسازی این ساختمان‌ها در مناطق شهری با موفقیت چندان همراه نبوده است زیرا ارزیابی روش‌های مورد نظر نشان می‌دهد برخی ساخت‌وسازهای غیرقانونی با استفاده از روش‌های مطرح‌شده شناسایی نشده‌اند. بنابراین استفاده از ابزارهای تکمیلی، همچون تصاویر پهپادها، ضروری به‌نظر می‌رسد. در ادامه، به برخی مطالعات که با استفاده از پهپاد در حوزه نظارت بر محیط شهر انجام شده است اشاره می‌کنیم.

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

تیم‌های گشت و نظارت فیزیکی براساس داده‌های ارسالی 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 (به صورت 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 (نصب شده روی دکل‌ها، خودروها، لباس گشتی‌ها)؛
- تبلت‌های کارکنان اداره نظارت بر ساخت‌وسازها (سامانه پایش تخلفات ساختمانی)؛
- پیام‌های مردمی ۱۳۷ و چشم شهر؛
- گشتی‌های فیزیکی شهرداری حریم و محدوده (۳۸) خودرو در حریم شهر و ۱۱۴ خودرو در محدوده شهر که به GPS نیز مجهزند)؛
- گشتی‌های فیزیکی سایر ارگان‌های مرتبط (حدود چهل خودرو).

یکی از پهپادهای به کاررفته در سیستم پایش هوشمند تخلفات ساختمانی پهپاد ebee x مجهز به فناوری PPK 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،

کاهش چشمگیری می‌دهد که می‌تواند به جلوگیری از ادامه ساخت‌وسازهای غیرمجاز کمک کند. در واقع، هدف این پژوهش معرفی و شناسایی تأثیرات استفاده از سیستم مانیتورینگ هوشمند پایش تخلفات ساختمانی در شهرداری مشهد بوده است. از این رو این پرسش مطرح می‌شود که سیستم مانیتورینگ هوشمند تا چه اندازه 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، به منظور شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی، اجرا و عملی شده است. در مرحله اول، پس از دریافت داده‌های ارسال شده به سیستم (دیتاهای تصویری پهپاد و ماهواره، دوربین‌ها و سامانه پایش تخلفات) از منطقه مورد نظر در بازه‌های زمانی متفاوت، این داده‌ها برای بررسی تغییرات شهری در نرم‌افزارهای مربوط بارگذاری می‌شوند. پس از داده‌های اولیه، مرحله 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 مرحله بعدی، باید در سامانه زیرساخت داده‌های مکانی شهرداری مشهد (SDI) بارگذاری شود. سپس نمایش و آنالیز لایه‌ها به صورت عملیاتی انجام می‌شود که طی آن، با بررسی‌های مقایسه‌ای در سری‌های زمانی متفاوت، اطلاعات و تصاویر به دو کلاس تغییر یافته و تغییر نیافته طبقه‌بندی می‌شوند. با اتصال نرم‌افزار به پایگاه داده بهنگام ممیزی شهرداری، وجود پروانه ساختمان شناسایی شده در مرحله قبل بررسی می‌شود. در صورتی که جواز ساختمان مورد نظر در پایگاه داده وجود نداشته باشد، آن ساختمان به منزله عارضه مشکوک معرفی می‌شود و در نتیجه، تصویر نقشه تغییرات تولید می‌شود. در ادامه، نتایج این آنالیزها به صورت آلام^۱ یا اجرای دستورالعملی خاص، به سیستم امنیتی فرستاده می‌شود. در نتیجه آن،

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 ژئوتگ شدن عکس‌ها پس از اتمام عکس برداری انجام می‌شود. این پردازش‌ها به کمک مشاهدات ایستگاه Base و یا ایستگاه‌های دائمی انجام پذیر است. در صورت از دست دادن برخی داده‌ها، به کمک داده‌های بعدی و قبلی می‌توان این داده‌ها را تخمین زد و اختلال ایجاد شده را برطرف و مسیر صحیح پرواز را محاسبه کرد.

عضویت فازی بالا و در تصویر دوم، دارای درجه عضویت فازی پایین باشد یا حالت برعکس آن اتفاق بیفتد، آن پیکسل تغییر کرده است».

دلیل استفاده از عملگر فازی یای ضمنی، در تشخیص درجه 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 مرحله مقایسه پیکسل‌به‌پیکسل در تصاویر دوزمانه است. بنابراین تلفیق روش مبتنی بر منطق فازی آشکارسازی تغییرات با داده‌های سیستم‌های اطلاعات مکانی، همانند نقشه 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 به‌پیداد برای به‌دست‌آوردن تأثیر این تحقیق، ارزیابی صحت لازم است. فاکتورهای بسیاری برای ارزیابی صحت وجود دارد. در این مطالعه، دقت و میزان فراخوانی مجموعه آزمون، مقدار F و سایر شاخص‌های صحت کل محاسبه می‌شود.

به‌دلیل در دسترس‌بودن زوج تصاویر GeoEye-1^۱ و کافی و مناسب‌بودن دقت مورد نیاز تصاویر، به‌منظور بررسی به‌روزرسانی نقشه‌های بزرگ‌مقیاس شهری ۲۰۰۰:۱ از نظر تئوری، تصاویر سنجنده GeoEye-1 استفاده شد. در جدول ۱، برخی پارامترهای مهم این سنجنده بیان شده است. درباره پارامتر قدرت تفکیک مکانی، باید به این نکته اشاره کرد که سنجنده 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 سنجنش از دور انجام می‌شود. روشی که برای آشکارسازی تغییرات در تصاویر ماهواره‌ای و تولید تصویر نقشه تغییرات، در این تحقیق، استفاده شده روشی مبتنی بر پیکسل^۲ است که در آن، تصویر نقشه تغییرات با استفاده از عملگر فازی یای ضمنی با دو کلاس تغییر یافته (توسعه بنا یا ساختمان جدید) و تغییر نیافته 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 درجه

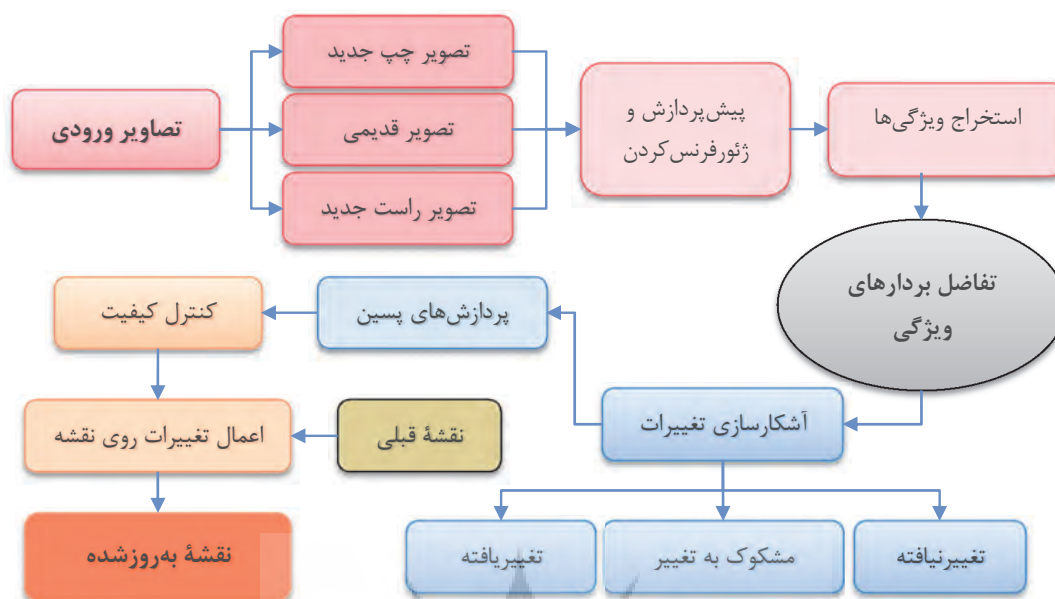
جدول ۱. پارامترهای مهم سنجنده GeoEye 1

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

۱. در ششم سپتامبر سال ۲۰۰۸، شرکت ژئوآی (جنوآی) 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 نمونه زمینی ۴۶ سانتی‌متر را دارد.

1. Pixel-Based

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



شکل ۱. نمودار الگوریتم مغایرت‌گیری

به‌دست آمد و در نتیجه، تمامی ساخت‌وسازهای غیرقانونی در منطقه مورد مطالعه تشخیص داده شد. نتایج و دقت‌های به‌دست‌آمده در این تحقیق در جدول ۲ نمایش داده شده است.

بنابراین پژوهش حاضر، از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ 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 فناوری‌های نوین را توصیف و تحلیل می‌کند.

۳-۲- قلمرو جغرافیایی پژوهش

شهر مشهد، با مساحتی بالغ بر ۳۲۸ کیلومترمربع، در سال ۱۳۹۹ (مهندسیین 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

میزان دقت:

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

مقدار یادآوری:

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

در این میان، R میزان فراخوان، N(t) اطلاعات صحیح طبقه‌بندی‌شده و N₁ 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 در مورد سه مرحله تولید تصویر نقشه تغییرات، شناسایی ساختمان‌های در حال 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 بدین ترتیب با بررسی تصویر نقشه تغییرات حاصل‌شده از روش فازی و ایجاد ماتریس خطای حاصل از طبقه‌بندی، دقت کلی ۹۴٪ و ضریب کاپای ۷۱٪ برای طبقه‌بندی تصویر به‌روش فازی

در سال‌های ۹۰ تا ۹۵، دارای رشد سالیانه ۴/۹٪ بوده است که در مقایسه با جمعیت محدوده شهری مشهد (۲/۲۵٪)، شاهد رشد سالیانه ۲/۵ برابری در روستاهای حریم هستیم (Anabistani & Kharazmi, 2018). براین اساس در پژوهش پیش رو، تلاش شد روند تغییرات سکونتگاه‌های روستایی واقع در حریم شهر مشهد، در سری‌های زمانی متفاوت، بررسی شود.

۸۶۶/۳ کیلومترمربع، در محدوده اداری و سیاسی شهرستان‌های مشهد و طرقبه-شاندیز، از توابع استان خراسان رضوی قرار گرفته است. طبق آخرین اطلاعات سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، ۱۸۵ هزار نفر در قالب ۱۳۲ سکونتگاه روستایی در داخل حریم شهر حضور داشته‌اند. این تعداد، طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰، دارای رشد سالیانه ۶/۳٪ و

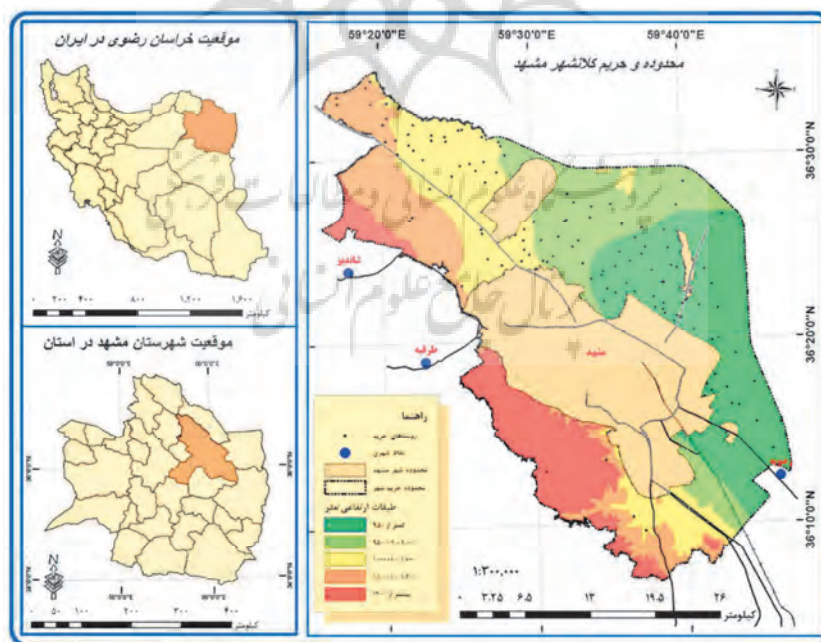
جدول ۲. نتایج استفاده از روش اجرای مدل

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

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

پهنه	جمعیت سال ۱۳۸۵ به نفر	جمعیت ۱۳۹۵ به نفر	میزان رشد به درصد
حریم شهر	۱۰۶۷۰۰	۱۸۴۸۰۰	۵/۶
محدوده 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. بر همین اساس در ادامه، مراحل شکل‌گیری سیستم مانیتورینگ هوشمند، آماده‌سازی پهپادها، تصاویر ماهواره‌ای، دوربین‌های نظارتی و سامانه پایش تخلفات به‌منزله ورودی‌های اصلی سیستم، به تفکیک شرح داده شده است.

۳-۲- آماده‌سازی پهپادها

در ابتدا، مسیرهای متفاوتی به پهپادها داده می‌شود که حدود ده‌هزار 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 در نظر گرفتن مسیرهای سایر پهپادها تنظیم می‌شوند (برای جلوگیری از تکرار نظارت بر سایت). انتخاب این محدوده با توجه به میزان تخلفات ساخت‌وساز در محدوده 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 در نظر گرفتن اطلاعات آماری جمع‌آوری شده از مرحله اولیه (آزمایش) است.

محلی‌سازی و طبقه‌بندی مناطق

سیستم هوشمند کنترل پهپاد

هدف از این مرحله توسعه ساختار سیستم هوشمند کنترل عملیاتی پهپاد براساس روش‌های یادگیری

ماشین و توسعه مدل شبیه‌سازی برای سیستم است.

عکس‌برداری هوایی و تولید عکس‌های هوایی قائم
در عکس‌های هوایی قائم^۱، می‌توان تصویر قائم زمین را به‌همراه تمامی عوارض روی آن (مانند ساختمان‌ها و خیابان‌ها)، در حکم نقشه‌ای، مشاهده کرد. در این پروژه، قدرت تفکیک^۲ 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^۳ و DTM^۴ منطقه، با دقت ارتفاعی ۲۰ سانتی‌متر؛
- تصویر اورتوفتو منطقه.

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

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

مقایسه تصویر ماهواره‌ای و تصویر هوایی عکس‌برداری شده با پهپاد در ساختمانی مشخص، نشان از وضوح ده‌برابری تصاویر هوایی و تفاوت در قدرت تفکیک زمینی دو تصویر دارد. با این حال 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 در حال حاضر، با

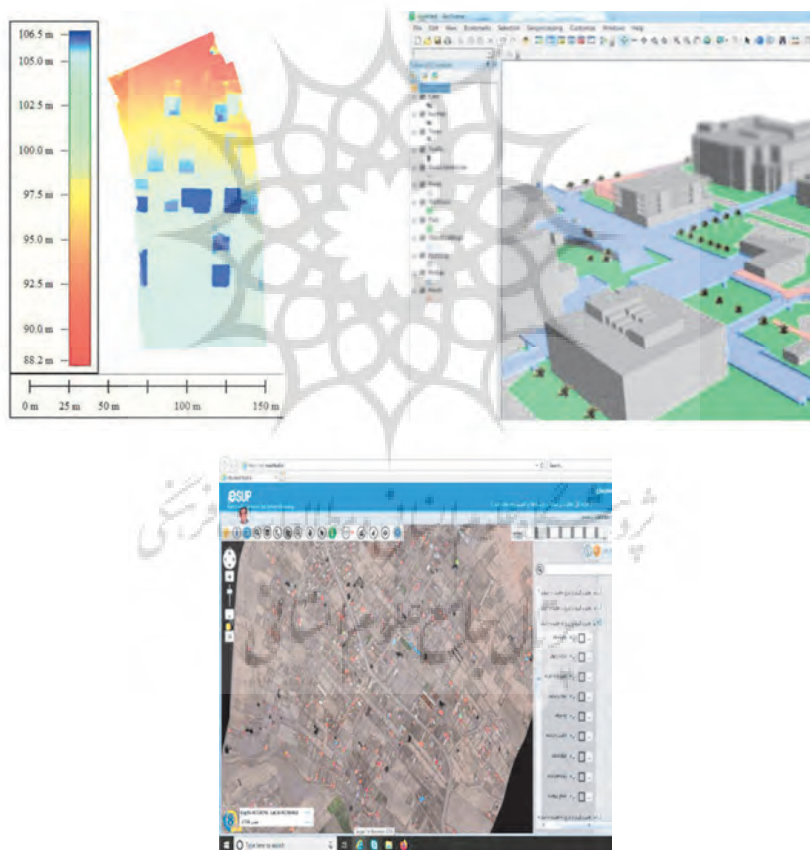
1. Ortho Photo
2. Gsd
3. Digital Surface Model
4. Digital Terrain Model

طولی و عرضی تصاویر، به صورت اتوماتیک در نرم افزار لایکا LPS^۲، بلوک فایل تصاویر تولید شد و شکل گرفت. در این مرحله، با وارد کردن 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 سانتی متر برای مسطحاتی و ۱۰ سانتی متر 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. به طور کلی، مثلث بندی در دو مرحله مشاهداتی و محاسباتی انجام می شود.

استفاده از فناوری های نوین که در ادامه توضیح می دهیم، خلأهای سامانه هوشمند تخلفات ساختمانی کلان شهر مشهد رفع شده و این سامانه در حال ثبت و گزارش تخلفات ساختمانی به نیروهای ناظر است.

محاسبات مثلث بندی سرشکنی

پس از معرفی اطلاعات اولیه بلوک مانند سیستم تصویر، سطح مبنای مسطحاتی و ارتفاعی، شماره زون مختصاتی، اطلاعات در مورد دوربین شامل نوع دوربین، فاصله کانونی، پیکسل سایز و ابعاد سنسور CCD^۱ و فایل تصاویر طی عملیات تناظریابی در مناطق پوشش



شکل ۳. نمونه محصولات این مرحله (مدل سه بعدی بافت، تصویر DSM منطقه با دقت ارتفاعی ۲۰ سانتی متر و مدل اورتوفوتو بخشی از محدوده حریم شهر مشهد)

1. Charge Copled Device
2. Leica Photogrammetry Suite

است؛ با این تفاوت که اطلاعات مورد نیاز از طریق ماهواره تهیه و سپس با استفاده از هوش مصنوعی تحلیل می‌شود. از جمله مزیت‌های به‌کارگیری داده‌های ماهواره‌ای در نظارت بر ساخت‌وسازها، می‌توان به وسعت برداشت و سرعت عمل بسیار بیشتر از روش‌های هواپایه، از جمله پهپاد، اشاره کرد و به‌علاوه، هزینه‌ی نهایی در این روش به‌مراتب کمتر از به‌کارگیری فناوری‌های دیگر است. از لحاظ 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 پهپنه نیست؛ از این‌رو سرعت فرایند نظارت را بهبود چشمگیری می‌بخشد.

پیش‌پردازش و پارتیشن‌بندی تصویر

تصاویر ساختمان پردازش شده به چهار فرم متفاوت معماری تقسیم می‌شوند: مرحله‌ی پی، مرحله‌ی ساخت، مرحله‌ی اجرای سقف و مرحله‌ی بهره‌وری.

ایجاد پایگاه داده نمونه شبکه عمیق

مجموعه‌ای نمونه برای ذخیره 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 شبکه عصبی، انتخاب چارچوب یادگیری و مدل شبکه طراحی و تنظیم پارامترهای شبکه کانولوشن، مانند تعداد لایه کانولوشن، لایه فعال‌سازی و لایه استخراج را در برمی‌گیرد

محاسبه دقت و حفظ مدل انتخابی

با استفاده از مدل انتخابی آموزش داده‌شده، می‌توان ترکیب تصاویر، طبقه‌بندی تصویر شهری، محاسبه دقت و میزان فراخوانی مجموعه آزمون، مقدار F و سایر

در مرحله مشاهداتی، با انجام دادن عملیات تناظریابی و با اطلاعات اولیه مراکز تصویر، نحوه پوشش تصاویر و نوارهای پرواز کنترل شد و تصاویر دارای اشکال که اغلب در ابتدا و انتهای نوارهای پروازی بودند، حذف شدند. در مرحله بعد، ابتدا برای هر نوار پرواز، سرشکنی انجام شد و نقاط و مشاهدات اشتباه حذف شدند؛ در نهایت 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^۱ از بیست نقطه کنترل کامل در لبه‌های بلوک استفاده شده است. برای برآورد دقت در این حالت، پانزده نقطه 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 به‌دست آمده نتیجه گرفته می‌شود که با پیش‌بینی نقاط کنترل کامل در لبه‌های بلوک، دقت افزایش می‌یابد و امکان تهیه اطلاعات دوبعدی با دقت استاندارد ۱:۲۰۰۰ وجود دارد.

تولید لایه‌های اطلاعاتی

بعد از مرحله 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- به‌دست آوردن تصویر سنجنش 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 گزارش دهی و در نهایت، نظارت هوشمند بر ساخت‌وسازها اقدام می‌کند. در واقع تمامی فرایند طراحی شده مشابه استفاده از داده‌های پهپاد

1. Inertial Navigation System

۳-۴-۱- انجام دادن امور تحلیلی در مورد خودروها، از طریق سامانه نظارت و کنترل خودروها (AVL) خودروهای نظارتی شهرداری مشهد به GPS مجهزند و در این مرحله، امکان استفاده از سامانه AVL و انجام دادن امور تحلیلی مربوط به آن در مورد تمامی خودروهای گشت نظارت بر محدوده و حریم شهرداری و سایر دستگاه‌های ذی ربط فراهم است.

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

هدف از این مرحله توسعه ساختار و الگوریتم‌های سیستم انباشت، پردازش و تجزیه و تحلیل اطلاعات برای افزایش کارایی جمع‌آوری داده‌های لازم و شناسایی مناطق حیاتی از ویژگی‌های شهری است.

بر پایه تجزیه و تحلیل مجموعه داده‌ها طی مدت زمان طولانی و استفاده از الگوریتم‌های خودآموزی، اولویت کارهای مانیتورینگ برای پهباد به‌طور خودکار تعیین می‌شود. داده‌های گردآمده با یک پوشش روی نقشه الکترونیکی ژئوپورتال شهر تجزیه و تحلیل، جمع‌بندی، یکپارچه‌سازی و تجسم می‌شوند.

۶-۳- بارگذاری لایه‌های اطلاعاتی در سامانه 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 محدوده‌های دیوارکشی شده متعلق به دوره ۲۷ خرداد نمایش داده شده است (Organization of Information Technology and Communications of Mashhad Municipality, 2020).

شاخص‌های صحت کل را انجام داد. در صورتی 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 برنامه‌ساز 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 شبکه عصبی کانولوشن انجام می‌شود که شامل ویژگی‌های استخراج و طبقه‌بندی است. برای شبکه عصبی کانولوشن، چارچوب یادگیری و مدل شبکه طراحی انتخاب شده است؛ مانند استخراج مدل در مراحل گوناگون ساخت ساختمان، استخراج و طراحی مدل از طریق ویژگی‌های طیفی در مرحله پی‌کنی، مراحل میانی ساخت و مرحله 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 قابل نصب روی خودروهای گشت نظارت بر ساخت‌وسازها و انتقال آنلاین از طریق سامانه APN و ضبط آنلاین و آفلاین است. کارایی 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 فناوری‌های 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).



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

۳-۷- آمار کمیّت و مساحت ساخت

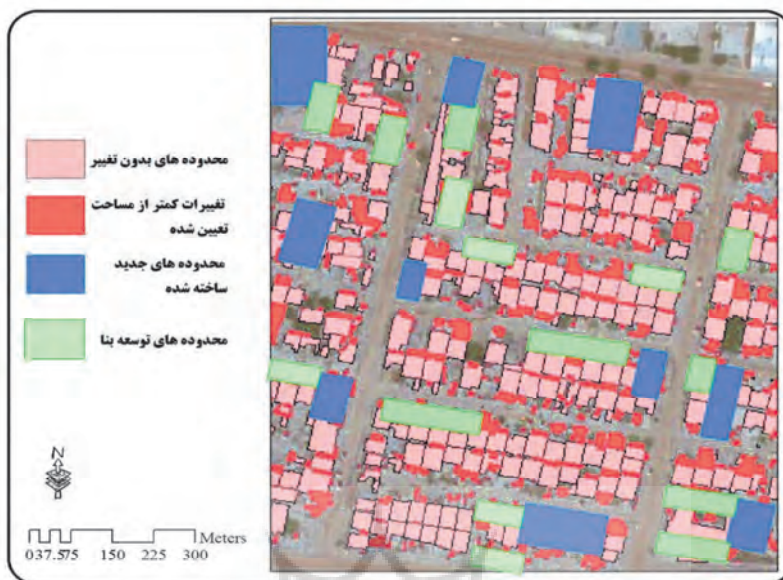
- جداسازی بخش‌های افزوده‌شده، با مقایسه لایه وضعیت فعلی و لایه به‌دست‌آمده از تصویر، با استفاده از دستور erase؛
- تجمیع دوباره قطعات عوارض به‌دست‌آمده به‌صورت پلی‌گونی واحد (تبدیل لایه تفاضل به‌دست‌آمده به یک تکه، با استفاده از دستور multi part to single)؛
- حذف پهنه‌های دارای مساحت کمتر از ۱۰۰ مترمربع. شهرداری دارای پایگاه داده ممیزی جامعی است که تمامی اطلاعات توصیفی ساختمان‌ها را به‌همراه موقعیت مکانی آنها، دربردارد. هر ساختمان یک پلاک ثبتی منحصر به فرد دارد که شناسه ساختمان تلقی می‌شود؛ بدین معنی که با استفاده از شناسه مورد اشاره و پرسش‌وپاسخ از پایگاه داده، می‌توان به اطلاعات توصیفی و مکانی آن ساختمان دسترسی پیدا کرد. از دیگر سو، با پرسش‌وپاسخ از پایگاه داده، می‌توان تمامی ساختمان‌های دارای پروانه ساختمانی را شناسایی کرد. برای بررسی اینکه ساختمان‌های مشکوک شناسایی شده در مرحله قبل، از شهرداری پروانه ساختمانی دریافت کرده‌اند یا خیر، از این پرسش‌وپاسخ در پایگاه داده استفاده می‌شود و بدین ترتیب ساختمان‌های در حال ساخت که برای دریافت پروانه ساختمانی از شهرداری اقدام نکرده‌اند، شناسایی می‌شوند. با این شیوه، ساخت‌وسازهای غیرقانونی با موقعیت مشخص در تصویر نقشه موجود، با شناسایی می‌شوند.

تجزیه و تحلیل 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.

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

پس از بارگذاری لایه‌های اطلاعاتی استخراج‌شده، این لایه‌ها از طریق وب‌سرویس به سامانه مذکور فرستاده و استفاده می‌شود. هدف از این مرحله توسعه ساختار و الگوریتم‌های سیستم تجسم برای نقشه‌برداری از داده‌های عملیاتی دریافت‌شده در تغییرات شهری و نتایج تأیید نقشه کاداستر روی نقشه الکترونیکی شهر است. برای به‌دست‌آوردن ساخت‌وسازهای غیرمجاز، از نقشه رقومی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای به‌روز و نقشه شیب فایل پروانه‌های صادرشده استفاده می‌شود. با طی کردن مراحل زیر، ساخت‌وسازهای غیرمجاز از روی نقشه تصویر به‌دست می‌آید.

- استفاده از شیب فایل خروجی تصویر ماهواره‌ای؛
- استفاده از لایه ساخت‌وسازهای دارای پروانه در شهرداری، در وضع موجود که با فرض مراجعه به شهرداری و دریافت گواهی ساخت به‌دست آمده است؛



شکل ۵. استخراج ساخت و سازهای غیرمجاز با استفاده از سیستم تجسم

امکانات سامانه پایش تخلفات ساختمانی بدین قرار 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 اداره مهندسی نظارت بر ساخت و سازها و شهرسازی؛ نمایش مساحت و محیط ملک انتخاب شده؛ دریافت خلاصه گزارش ملک؛ امکان ثبت تصاویر متعدد و مستندات ملک؛ امکان بایگانی تمامی اخطارها؛ ثبت صورت جلسات قضایی (پلمپ، عدم پلمپ، فک پلمپ، رفع پلمپ)، ثبت صورت جلسات جمع آوری مصالح و لوازم، ردیابی تمامی اکیپ های گشت نظارت در هر مکان و زمان، و مواردی دیگر.

۱۰-۳- بررسی سیر پرونده‌ها از اخطار تا پایان و

بررسی پرونده‌های دارای اشکال

کارشناسان مرکز هوشمند پایش تخلفات مدام اقدامات ثبت شده در سامانه پایش تخلفات را بررسی می‌کنند و پرونده‌ها و کدهای نوسازی را که فرایند قانونی را رعایت

همان گونه که ملاحظه می‌شود، در این روش، امکان استخراج محدوده ساختمان‌ها وجود دارد و نقشه‌های برداری محدوده‌های ساخت و ساز شده 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 محاسبه نسبت عوارضی که به درستی طبقه‌بندی شده‌اند، به تمامی عوارض موجود، به دست می‌آید (Njoku, 2014). ضریب کاپا، برای ارزیابی طبقه‌بندی تصویر به روش 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 اداره نظارت،

در سامانه پایش تخلفات ساختمانی

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

به موقع قانون (به منظور پیشگیری) است، تحقق می یابد.

در نهایت، آمار گردآمده طی دوره ای طولانی مدت، به تنظیم قوانین یادگیری سیستم مدیریت پیمانکاران و انجامد و تبادل داده های جمع شده بین کلان شهرها امکان تجزیه و تحلیل مقایسه ای تغییرات شهری و وابستگی متقابل ویژگی های نظارت شده طی کوتاه مدت و پیش بینی طولانی مدت درباره توسعه وضعیت و راه حل های مناسب برای مدیریت پارامترهای شهری را فراهم می آورد (شکل ۷).

۴- بحث

همان طور که عنوان شد با توجه به وسعت زیاد کلان شهر مشهد، میزان انبوه پروژه های عمرانی در حال احداث، کنترل نظارتی و سیستمی بر آنها جزء جدایی ناپذیر صنعت ساخت و ساز است که کارآنبودن روش های رایج و قدیمی و فیزیکی، و ضرورت راه اندازی مرکز مانیتورینگ هوشمند پایش تخلفات ساختمانی را توجیه می کند. از این رو در پژوهش حاضر، امکانات سیستم هوشمند پایش تخلفات ساختمانی معرفی می شود که در کلان شهر مشهد، بدین منظور به کار می رود. با توجه به اینکه پهنه های محدوده و حریم شهر مشهد، براساس شدت ساخت و سازها، ارزش های متفاوت نظارتی دارد، از رصد پیمانی این پهنه ها، تصاویر سنجنش از دور، تصاویر دوربین ها و طبقه بندی های مرتبط استفاده شده است.

نکرده اند، شناسایی می کنند و تذکر لازم را به سراسر گشت نظارت، به صورت حضوری، ابلاغ می کنند؛ بدین صورت نظارت عالی و کامل بر عملکرد ادارات نظارت بر ساخت و سازها، و همچنین رصد خودروها و گشتی های نظارتی انجام می شود. بنابراین در این مرحله، پرونده های ساختمان های شناسایی شده در مرحله پیشین به دقت بررسی و اقدامات گشت نظارت ارزیابی می شود تا درستی و نادرستی اقدامات نیز مشخص شود.

۱۱-۳- قضاوت و شناسایی نوع تخلفات

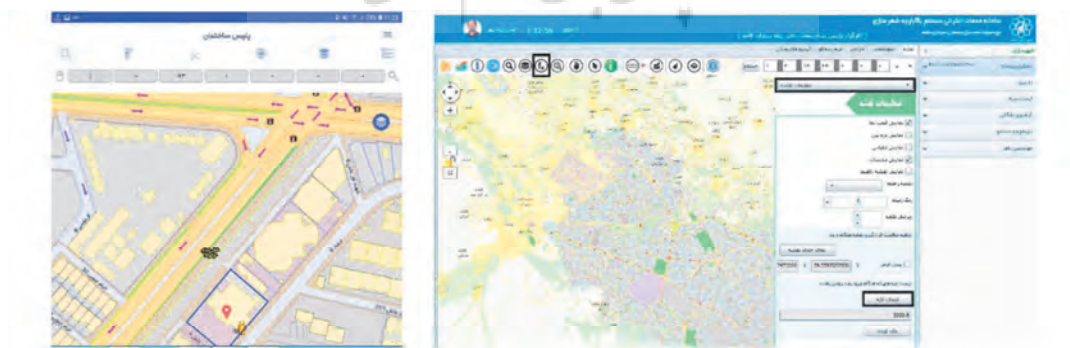
موارد با داده های تصویب برنامه ریزی ساخت و ساز شهری، مقایسه و درمورد غیرقانونی بودن ساختمان قضاوت می شود.

در برخی موارد، لکه ها وسیع تر است که نشان از تغییر کامل ماهیت ملک، از زمین به ساختمان دارد (ساخت غیرمجاز). در برخی نقاط نیز، شکل های کوچک تری وجود دارد که ناشی از پیشروی ساختمان و نیز خطای ترسیم نقشه پایه و ساخت غیرمجاز بیشتر از مجوز است.

۱۲-۳- اعزام تیم های گشت و نظارت فیزیکی به محل،

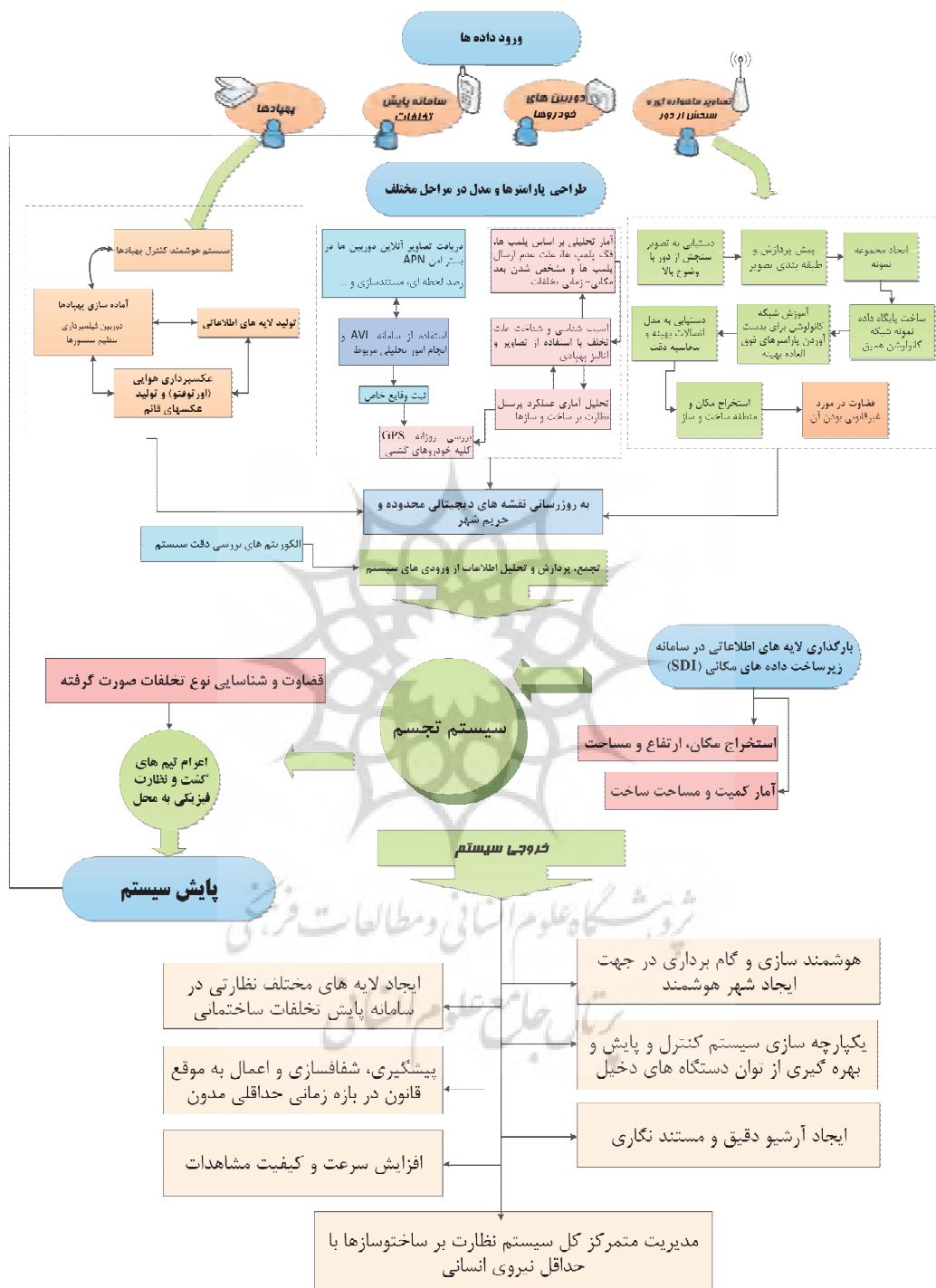
براساس داده های ارسال شده

پس از فرستادن گزارش های تغییرات ایجاد شده در محدوده، گشت های نظارت فیزیکی به محل اعزام می شوند؛ بنابراین نظارت بسیار آسان می شود و گشت زنی های متناوب و هزینه بر از بین می رود. بدین ترتیب مهم ترین هدف در این سیستم که اعمال



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

مهدی فهمیده مدامی و همکاران



شکل ۷. فرایند نظارت بر ویژگی‌های شهر، طبق سیستم مانتورینگ هوشمند

منبع: یافته‌های پژوهش ۱۴۰۰

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 شبکه عصبی و محاسبات ابری برای پردازش اطلاعات استفاده کرده‌اند نیز، هم‌سو بوده است.

مهم‌ترین خروجی‌های سیستم مانیتورینگ از این قرار است:

- به‌روزرسانی پایه و بستر نقشه‌های دیجیتالی محدود و حریم شهر؛
- اجرای مستمر ممیزی‌های هوشمند و رصد دقیق تغییرات فضایی پارسل‌های شهری با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های به‌روز، از جمله تصاویر ماهواره‌ای، پهپادها، دوربین‌های نظارتی، بدون محدودیت زمانی و مکانی و فاصله؛
- ایجاد و به‌روزرسانی لایه‌های رقومی و ژئودیتابیس (Geodatabase) داده‌های سامانه پایش تخلفات ساختمانی در محیط نرم‌افزاری Arc GIS و انجام دادن تحلیل‌های فضایی تخلفات ساختمانی؛
- بررسی و ارائه گزارش روزانه GPS تمامی خودروهای گشتی مناطق به‌صورت تصادفی و اتفاقی و تطبیق با عملکرد موظفی؛
- بررسی و پیگیری سامانه چشم شهر، به‌منزله 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 مقایسه 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؛

نتایج پژوهش و مقایسه میزان اطلاعات استخراجی پهپاد با داده‌های استخراج‌شده از طریق سیستم رایج گشت فیزیکی، ثبت‌شده در سامانه 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، از جمله 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 سرخ مهمی در زمینه جلوگیری از ساخت‌وسازها، بدون وارد آمدن کمترین خسارت، فراهم می‌آورد و دستگاه‌های نظارتی، پیش از هرگونه ساخت‌وساز می‌توانند در صورت غیرمجاز بودن، از آن جلوگیری کنند. نتایج کاربرد پهپاد در مدیریت شهری با یافته‌های گروسیچ 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 به‌منزله سیستم عامل‌های نظارتی، علاوه بر 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 دانش‌سنجش از دور و دریافت تصاویر ماهواره‌ای، به‌منظور شناسایی تخلفات در زمینه ساخت‌وساز استفاده شد. طبق نتایج این تحقیق، سرعت و دقت به‌دست‌آمده در طبقه‌بندی تصویر، شناسایی ساختمان‌های در حال تغییر و شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی، به‌مراتب بیشتر از روشی است که مقدم و همکاران (۲۰۱۵) مطرح کرده‌اند. به‌علاوه، برخلاف بایورت 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

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 به‌حداقل رسیدن امکان تبانی بین سازندگان و بازرسان شهرداری و سرعت یافتن روند تشخیص ساخت‌وسازهای غیرقانونی و کمک به جلوگیری از ادامه 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 از طریق سامانه پایش تخلفات ساختمانی شهرداری انجام می‌شود، کارشناسان مرکز کنترل هوشمند تخلفات ساختمانی می‌توانند موارد لازم را شناسایی و به شهرداری مربوط گزارش کنند و بدین ترتیب تخطی بازرسان اولیه شهرداری در گزارش نکردن تخلف ساختمانی را می‌توان پیگیری کرد.

ازدیگرسو، به‌کارگیری این روش به بازرسان شهرداری در جست‌وجوی هدفمند در سطح شهر کمک می‌کند؛ بدین معنی 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 ادامه ایجاد چنین ساخت‌وسازهایی می‌شود و اهداف این سیستم را محقق می‌کند. روش مطرح‌شده به‌طور کلی عمومیت دارد و می‌توان آن را در سایر کلان‌شهرها و شهرهای کشور نیز استفاده کرد.

برخی چالش‌های پیش روی سیستم مانیتورینگ هوشمند پایش تخلفات ساختمانی عبارت است از:
○ دریافت نکردن دقیق نظارت هوشمند در شرایط آب‌وهوایی خاص (ابرنیکی، تاریکی و ...)

- ایجاد امکان استفاده از سامانه AVL و انجام دادن امور تحلیلی در این زمینه برای تمامی خودروهای گشت نظارت بر محدوده و حریم شهرداری و سایر دستگاه‌های ذی‌ربط؛
- بررسی و تحلیل آماری عملکرد کارکنان نظارت بر ساخت‌وسازها، به تفکیک 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، در زمینه نظارت بر ساخت‌وسازها و ارزیابی ازسوی سازمان فضایی ایران، امکان استفاده علمی و عملی از داده‌های ماهواره‌ای به‌منظور مدل‌سازی بافت در بازه‌های زمانی متفاوت و پهنه‌های وسیع چنددهه‌گتاری، فراهم است.

۵- نتیجه‌گیری

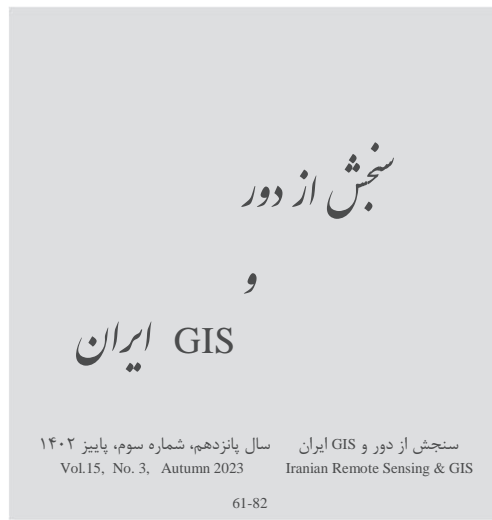
نتایج این پژوهش حاکی از آن است که با ترکیب طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از طریق سیستم شناسایی پهنه‌بندی و دوربین‌های نظارتی خودروها، در مرحله ابتدایی ساخت‌وساز غیرمجاز، می‌توان ردیابی پویا و نظارت طولانی‌مدت بر ساخت‌وسازها داشت و در نهایت، با بازدید تکمیلی میدانی هدفمند، از صحت نتایج طی کوتاه‌ترین زمان ممکن اطمینان حاصل کرد. از این رو می‌توان پاسخ سؤال پژوهش را بدین صورت 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 در حال 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

- شهروندان در زمینه مسائل حقوق شهری و کارآیی استفاده از پهپاد، در اجرای شفاف‌سازی و عدالت محوری و لزوم مشارکت شهروندی در این باره (شناسایی و معرفی زمین‌خواران حرفه‌ای) آموزش ببینند؛
 - سازمان‌های دخیل، در تهیه ضوابط و اجرای مقررات توسعه شهری، هماهنگی مناسب را داشته باشند؛
 - از رویکردهای نوآورانه، مثلاً روش‌های یادگیری ماشین، برای آموزش سیستم تجزیه و تحلیل نتایج نظارت بر تغییرات شهری، به منظور تصمیم‌گیری و اقدامات برای اصلاح تغییرات شهری استفاده شود؛
 - روش مطرح شده، در مجموع، 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 بازه زمانی کوتاه مدت دریافت شده‌اند، باعث به حداقل رسیدن خطای تصاویر می‌شود زیرا سبب می‌شود اثر سایه به حداقل برسد و تصویربرداری، در شرایط نوردهی یکسان انجام شود. به علاوه، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دارای قدرت تفکیک مکانی بالاتر، احتمالاً دقت‌های بیشتری در شناسایی ساخت‌وسازهای غیرقانونی به دست خواهد آمد.
 - بنابراین راهکارهای مطرح شده، در صورت مهیاساختن زیرساخت‌ها و پشتیبانی 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, Atılım University, Ankara, Turkey.
- تعرض به حریم و حقوق شهروندی در املاک خصوصی در تصاویر دریافتی از پهپاد، از نگاه مردمی؛
 - وجود تحریم‌های بین‌المللی در زمینه دستیابی به تصاویر ماهواره‌ای و شبکه‌های اینترنتی؛
 - اختلاف هشت‌ساعته بین زمان دریافت تصاویر ماهواره‌ای و زمان تولید نقشه شهری، در ایجاد خطا و کاهش دقت نتایج این تحقیق، بی‌تأثیر نیست. از سویی 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 از طریق سیستم‌های نوین، از جمله پهپاد، با توجه به فاصله چندروزه تا ثبت در سیستم و دادن گزارش، با امکانات فعلی فقط به‌منزله نظارت عالی‌ه می‌توان از آن بهره برد و در عمل، به‌صورت نظارت مقیم و لحظه‌ای، کاربرد چندانی ندارد.
 - برای بهبود کارآیی سیستم پایش هوشمند ساخت‌وسازهای شهری، این پیشنهادها مطرح می‌شود:
 - از پهپاد به‌منزله 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 جوی برای تصویربرداری) برنامه‌ریزی شود؛
 - برای تجزیه و تحلیل آمار جمع‌آوری شده از طریق نظارت بر تغییرات شهری با استفاده از پهپاد، با مشارکت کارکنان شرکت‌ها و مشاغل نوآور، مرکزی ایجاد شود؛

- 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>.
- Grubestic, 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 Photogrammetry, Remote Sens. and Spatial Inf. Sci., 1-7, 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). **The 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.



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/>).