مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۹- شماره ۱ - سال ۱۴۰۳

www.ElitesJournal.ir

سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در مدیریت پروژه‌های صنعت احداث (مرور مفهومی)

محمد عبدالاله نعمه العمر[1]*، مجتبی عزیزی[2]

۱- دانشجوی دکتری مدیریت پروژه و ساخت، گروه مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- عضو هیأت علمی گروه مدیریت پروژه و ساخت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

* m.alomar@modares.ac.ir

ارسال: اسفند ماه ۱۴۰۲ پذیرش: فروردین ماه ۱۴۰۳

چکیده

این تحقیق به بررسی ادبیات عمیق موضوعات جاری در مورد سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در صنعت احداث بوده که هدف آن آشنایی محققان و علاقمندان در زمینه استفاده هرگونه ربات‌های پرنده در این صنعت می‌باشد. در این تحقیق از روش مروری آرکسی و اومالی (۲۰۰۵) استفاده شد. با استفاده از اشکال بصری وجداول و با تجزیه و تحلیل داده‌های استخراج شده از مقالات منتخب بدنبال شناخت محاور اصلی، یافته‌های اصلی، روش تحقیق، نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه شده توسط نویسندگان، منافع استفاده از فناوری، چالش‌های این فناوری و مواردی دیگر بود. این تحقیق به طبقه‌بندی کاربردهای سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در تحقیقات صنعت احداث و شناسایی انواع سخت افزار و حسگر سیستم‌های هوایی بدون سرنشین و همچنین سیستم کنترل پرواز در ادبیات صنعت احداث کمک می کند. همچنین بوسیله تجزیه و تحلیل آماری و بحث و نتیجه گیری نهایی، تصویری کلان از کل ادبیات موجود پیرامون سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در مدیریت پروژه‌های صنعت احداث ارائه شده است. نتایج این پژوهش برای محققان، سرمایه‌گذاران، کارفرمایان، پیمانکاران و هر کسی که به موضوع سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در صنعت احداث علاقه‌مند باشد مفید است.

کلمات کلیدی: سیستم‌های هوایی بدون سرنشین، پهپاد،پروژه‌های صنعت احداث، مدیریت پروژه.

۱- مقدمه

فنآوری‌های نوآورانه برای هر صنعتی بسیار مفید است، زیرا آنها عمدتا برای افزایش کارایی کار توسعه یافته‌اند. اجرای چنین فناوری‌هایی می‌تواند منجر به زمان تکمیل کار سریع‌تر، کیفیت کار بالاتر، استانداردهای ایمنی افزایش یافته و کاهش هزینه شود. متأسفانه، میزان پذیرش فناوری‌های نوآورانه توسط صنعت ساخت‌وساز بسیار کمتر از چندین صنعت دیگر است[۱]. چنین فناوری‌هایی به طور جامع وعمیق فرآیند مدیریت ساخت و ساز را تغییر می‌دهند و به تصمیم گیری در شرکت‌های ساختمانی کمک می‌کنند[۲]. سیستم‌های هوایی بدون سرنشین[1] هواپیماهایی هستند که خلبان انسان در آن وجود ندارد[۳]. تاریخچه سیستم‌های هوایی بدون سرنشین که در ابتدا برای مقاصد نظامی در نظر گرفته شده بود را می‌توان به اواسط قرن نوزدهم ردیابی کرد: در سال ۱۸۴۹، زمانی از بالون‌های بدون سرنشین در ونیز برای سرکوب ناآرامی‌های مدنی استفاده می‌شد. در دهه ۱۹۳۰، نیروی دریایی سلطنتی

[1] Unmanned Aerial Systems

بریتانیا از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین به نام "کوئین بی[1]" برای تمرین توپخانه ضد هوایی استفاده کرد[۴]. در طول سال‌ها، فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین پیشرفت چشمگیری داشته است و استفاده غیرنظامی سیستم‌های هوایی بدون سرنشین محبوبیت زیادی پیدا کرده است. بازار سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در سال ۲۰۱۶ حدود ۱۱,۳ میلیارد دلار برآورد شد و پیش بینی می‌شود که در دهه آینده در ایالات متحده به بیش از ۱۴۰ میلیارد دلار رشد کند[۵].

رشد سریع بازار سیستم‌های هوایی بدون سرنشین باعث گسترش کاربرد آن در بخش‌های مختلف اقتصاد از جمله صنعت احداث شده است. در سال‌های اخیر، محققان کاربردهای مختلف سیستم‌های هوایی بدون سرنشین را در صنعت احداث و ساز برای کاربردهایی از جمله بازرسی سایت، بازرسی ایمنی، نظارت بر پیشرفت، ارزیابی آسیب و تعمیر و نگهداری ساختمان بررسی کرده اند. سیستم‌های هوایی بدون سرنشین، از لحاظ تجاری ارزان و کنترل از راه دور یکی از مزایایی آن است. این فناوری می‌تواند به فضاهایی دسترسی داشته باشند که توسط افراد یا هواپیماهای سرنشین دار غیرقابل دسترس است و توانایی انجام برخی از کارهای ساختمانی را در زمان کمتری با هزینه کمتر دارند. نسل‌های جدید سیستم‌های هوایی بدون سرنشین نیز به حداقل مشارکت انسانی نیاز دارند که ممکن است منجر به کاهش خطر در محل کار شود. علاوه بر این، پیشرفت در حسگرها، باتری‌ها و ویژگی‌های مستقل، سیستم‌های هوایی بدون سرنشین را به پلتفرم بسیار قابل اعتمادتری برای کاربردهای ساختمانی تبدیل کرده است: سیستم‌های هوایی بدون سرنشین امروزی می‌تواند به انواع مختلفی از حسگرها مجهز شود، داده‌ها را به طور مستقل هدایت و جمع آوری کند و داده‌ها را به یک ایستگاه کنترل در زمان واقعی منتقل کند[۶].

در سال‌های اخیر، محققان کاربردهای مختلف سیستم‌های هوایی بدون سرنشین را در صنعت احداث برای کاربردهایی از جمله بازرسی سایت، بازرسی ایمنی، نظارت بر پیشرفت، ارزیابی آسیب و تعمیر و نگهداری ساختمان بررسی کرده اند. چند محقق مقالات مروری در مورد برنامه‌های سیستم‌های هوایی بدون سرنشین منتشر کرده اند: آدامز و فریدلند[2] (۲۰۱۱) کاربرد سیستم‌های هوایی بدون سرنشین را برای جمع آوری تصاویر در نظارت و مدیریت بلایا مورد بحث قرار دادند. هام[3] و همکاران (۲۰۱۶) مروری بر تحقیقات انجام شده در نظارت بصری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین برای سیستم‌های زیرساخت شهری ارائه کردند.

برخلاف سایر بررسی‌ها موجود، این مطالعه برای شناسائی کاربرد سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در مدیریت پروژه‌ها را مورد بررسی قرار داده و بصورت جداگانه درباره منافع، معایب، چالش‌ها، استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در پروژه‌های عمرانی را مورد بحث قرار داد. علاوه بر این مطالعه، بررسی انواع سیستم‌های هوایی بدون سرنشین و حسگرهای بکاربرده آنها و همچنین سبک‌های کنترل پرواز سیستم‌های هوایی بدون سرنشین، مورادی دیگر در مدیریت پروژه‌های صنعت احداث را مورد بحث قرار می‌دهد. با توجه به پیشرفت فناوری در جهان امروزی و حرکت به سوی استفاده از فناوری‌های در مدیریت پروژه‌های صنعت احداث وجود دارد، انجام این مرور مفهومی از این لحاظ برای مدیران این صنعت و سازمان‌ها و شرکت‌های مربوط حائز اهمیت است.

۲- روش‌شناسی

مرور مفهومی[4] برای مرور و تخمین حجم و نوع تحقیقات انجام شده و ایجاد دانش جهت تحقیقات بیشتر انجام گرفته است[۷]. در این تحقیق مرور مفهومی که توسط آرکسی و اومالی[5] و لواک[6] و همکاران توسعه داده شد، استفاده شده است. مرور مفهومی با بررسی سیستماتیک متفاوت است، چرا که آنها سعی در تهیه شواهد از مطالعات مختلف ندارند و معمولاً کیفیت شواهد ارائه شده توسط مطالعات ارزیابی نمی‌شود[۸]. مرور مفهومی می‌تواند بررسی میزان، گستره و ماهیت فعالیت تحقیقاتی با نگاشت[7] اطلاعات از

[1] Queen Bee
[2] Adams and Friedland
[3] Ham
[4] Scoping review
[5] Arksey and O'Malle
[6] Levac
[7] Mapping

تمام ادبیات مربوط انجام دهد. چارچوب روش‌شناسی آرکسی و اومالی یک رویکرد پنج مرحله‌ای برای انجام بررسی‌های محدوده را به شرح زیر ارائه می‌دهد:

۱. شناسائی سوالات پژوهش
۲. تعیین مطالعات مربوطه
۳. فیلتر کردن و انتخاب مقالات
۴. استخراج اطلاعات
۵. انطباق، خلاصه‌سازی و گزارش نتایج[۸].

۲-۱-گام اول

همانند بررسی‌های سیستماتیک، نقطه شروع شناسایی سؤال تحقیقی است که باید به آن پرداخته شود، زیرا این روش راه‌اندازی راهبردهای جستجو را راهنمایی می‌کند. بنابراین مهم است که در نظر بگیریم که کدام جنبه‌ها یا سوال تحقیق از اهمیت ویژه ای برخوردار است. سوالات تحقیق که در این مقاله بررسی می‌شوند به شرح ذیل است:

۱. محور اصلی، یافته‌های اصلی، متدولوژی روش تحقیق، نتیجه‌گیری و پیشنهادات تحقیقات مورد مطالعه چیست؟
۲. نتیجه مرور مفهومی و پیشنهاد محقق برای تحقیقات در آینده چیست؟

۲-۲- گام دوم

برای شناسائی تحقیقات مرتبط، با مراجعه به پایگاه‌های (Emerald, springer, web of science, Springer Science, google scholar) وبا جستوجوی کلمات ("unmanned aerial systems" + "unmanned aircraft systems") و ("construction industry" +"construction project") در قسمت کلمات کلیدی، چکیده و عنوان و بدون هیچ نوع محدودیت زمانی برای مقالات، جستوجو و به مجموعه متنوعی از مقالات دسترسی حاصل شد. بعد از حذف موارد تکراری، جستوجو شامل ۱۸۲۷ مقاله گردید.

۲-۳-گام سوم

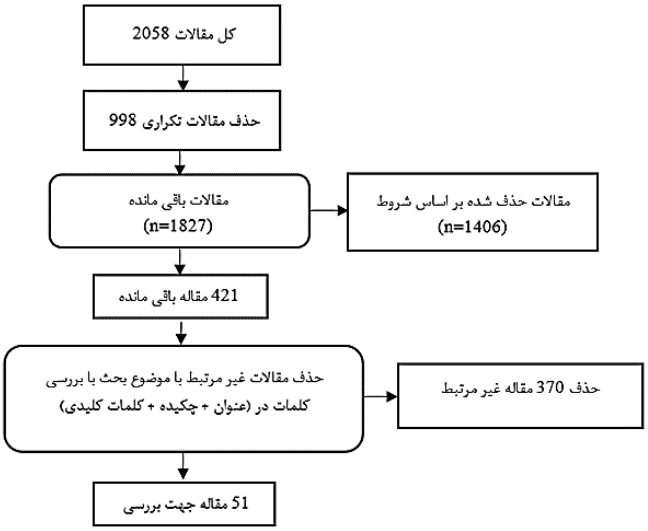
برای محدود کردن نتیجه تحقیقات معیارهایی برای پذیرش و رد مقالات اعمال شد. معیارهای پذیرش شامل موارد زیر می‌شد:

۱. مقاله در یک ژورنال معتبر داوری شده باشد.
۲. به موضوع سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در مدیریت پروژه‌های عمرانی و صنعت احداث بپردازد.

و پژوهش‌های کنار گذاشته شده به شرح ذیل می‌باشند:

۱. کتب، پایان نامه و غیره ۶۶۳ عدد.
۲. مقالات کنفرانسی ۴۷۱ عدد
۳. ترجمه انگلیسی مقاله وجود نداشته باشد ۷۱ عدد.
۴. مقالات در ژورنال‌های غیر معتبر ۲۰۱ عدد
۵. مقالات غیر مرتبط به بحث ۳۷۰ عدد

با توجه به روش حذف صورت گرفته توسط نویسنده ۵۱ مقاله جهت تجزیه و تحلیل قرار گرفت. (شکل ۱)



شکل ۱ - فلوچارت تحقیق

۲-۴- گام چهارم

در این مرحله ابتدا مولفه‌ها تعیین شدند و اینکه کدام متغیرها برای استخراج اطلاعات و پاسخ به سوالات لازم است. سپس نویسندگان شکل‌ها را بر اساس ویژگی‌های مطالعه توصیفی استخراج کردند.

۲-۵-گام پنجم

جمع‌آوری، خلاصه سازی و گزارش نتایج مطابق با سؤالات تحقیق انجام شد. برای تجزیه و تحلیل ویژگی‌های مطالعه، از تحلیل کیفی و کمی استفاده شد. برای انتقال بهتر مطالب، در جاهایی که شکل اطلاعات بیشتری از متن ارائه می‌داد، از شکل استفاده گردید و جاهایی که نیاز به توضیح داشت، توضیحات لازم اضافه گردید.

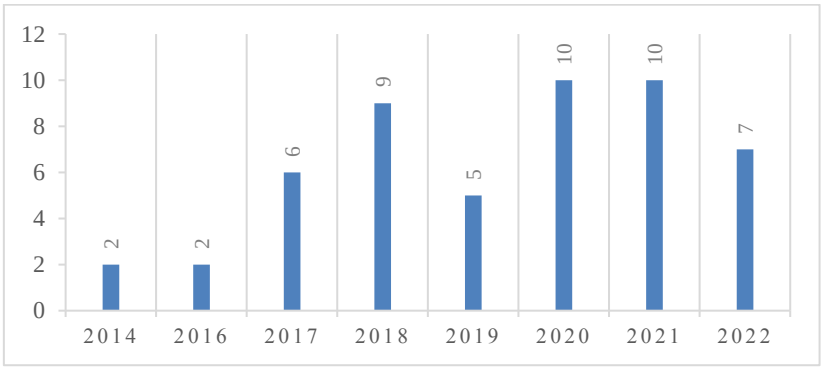
جدول ۱ - مولفه‌های تحزیه و تحلیل

اطلاعات عمومی مقاله	حوزه‌های کاربرد	نوع بال سیستم‌های هوایی بدون سرنشین	نوع سنسور	سبک کنترل پرواز
سال انتشار کشور مورد مطالعه تعداد نویسندگان موضوع تحقیق محدودیت‌ها پیشنهادات	بازرسی ایمنی بررسی سایت نظارت برپیشرفت فعالیت‌ها نقشه برداری سایت تشخیص نقص و آسیب اندازه گیری و تخمین کمیت بازرسی بصری مکان‌های صعب العبور موارد دیگر	بال ثابت بال متحرک	دوربین LiDAR حسگر مادون قرمز حسگرهای مختلف ذکر نشده	دستی نیمه اتوماتیک اتوماتیک

۳-یافته‌های مقالات و توضیحات کلی در مورد مطالعات

۳-۱- تاریخ انتشار مقالات

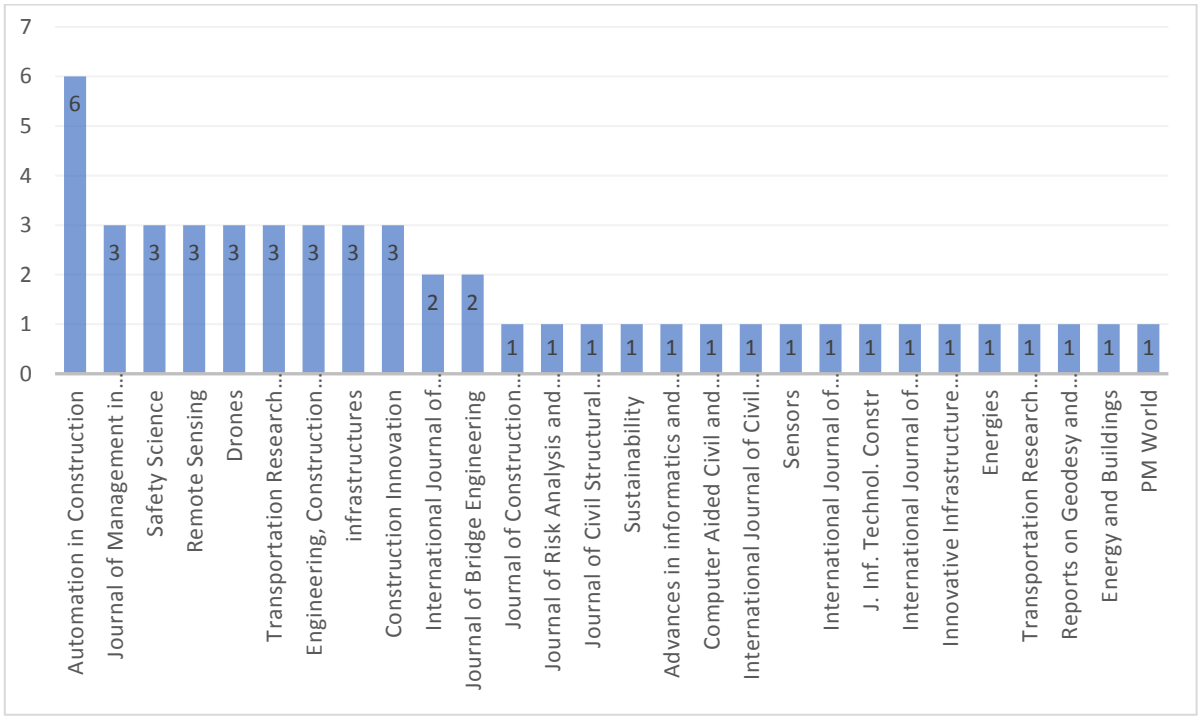
با بررسی تاریخ انتشارات مقالات منتخب، تاریخ انتشار مقالات از ۲۰۱۴ شروع شده و تا ۲۰۲۲ ادامه دارد. با توجه به بازه زمانی کوتاه، رشد مقالات در سال‌های اخیر مشهود می‌باشد که در شکل ۲ آورده شده و نشانگر اهمیت موضوع در پروژه‌های صنعت احداث و حرکت پروژه‌های صنعت احداث به سوی استفاده و بهره‌گیری از فناوری سیستم هوایی بدون سرنشین می‌باشد.



شکل ۲ - تاریخ انتشار مقالات

۳-۲- ژورنال‌ها

مقالات بررسی شده که در ژورنال‌های گوناگونی منتشر شده بودند که اطلاعات مرتبط با مشخصات آنها به دقت از متن مقالات استخراج گردید و در شکل ۳ آورده شد. با توجه اطلاعات استخراج شده ژورنال اتوماسیون در ساخت و ساز[1] با انتشار ۶ مقاله بیشترین مقالات در این موضوع را دارا می‌باشد. ۸ ژورنال بعدی هر کدام با انتشار ۳ مقاله جز پرتکرارترین ژورنال‌ها می‌باشد. ۲ ژورنال با انتشار ۲ مقاله در رده‌های بعدی می‌باشد و بقیه ژورنال‌ها هر کدام فقط یک مقاله در این موضوع منتشر کرده‌اند.

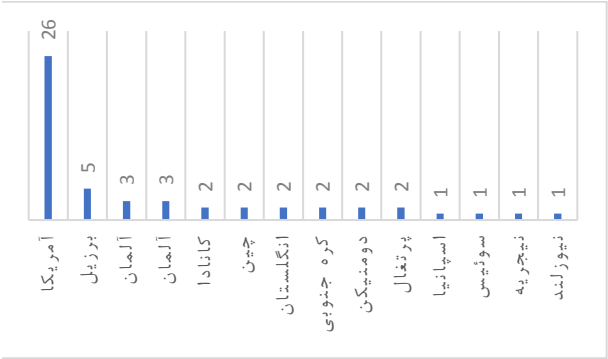


شکل ۳ - ژورنال‌های مقالات منتخب

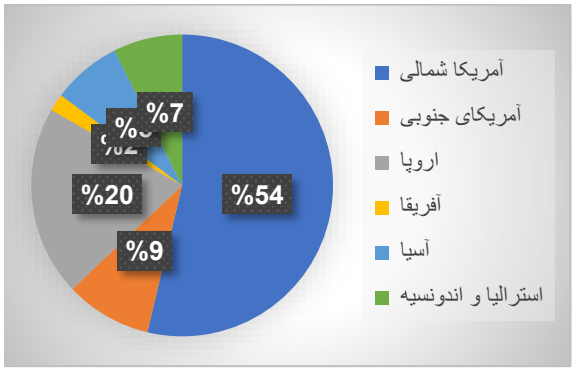
۳-۳- موقعیت مکانی مقالات منتخب

پس از بررسی مقالات منتخب این نتیجه حاصل شده که ایالات متحده آمریکا با ۲۶ مقاله منتشر شده در این موضوع با اختلاف بسیار بالایی در صدر این موضوع می‌باشد که این نشانگر اهمیت این موضوع در کشور آمریکا و نیز به دلیل سبقه ساخت و استفاده از پهپادها می‌باشد. کشور برزیل با ۵ مقاله در مرتبه دوم و سایر کشورها همانگونه که در مشخص می‌باشد به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند شکل . با توجه توزیع مقالات بر حسب قاره‌ها نتیجه زیر حاصل می‌شود که ۵۴٪ مقالات منتشر شده مختص قاره آمریکای شمالی و بعد از آن قاره اروپا با ۲۰ مقاله در رده دوم و بقیه قاره‌ها نیز در شکل مشخص می‌باشند.

[1] Automation in Construction



شکل ٤- موقعیت و کشورهای مقالات منتخب



شکل ٥- درصد مقالات منشر شده بر حسب قاره

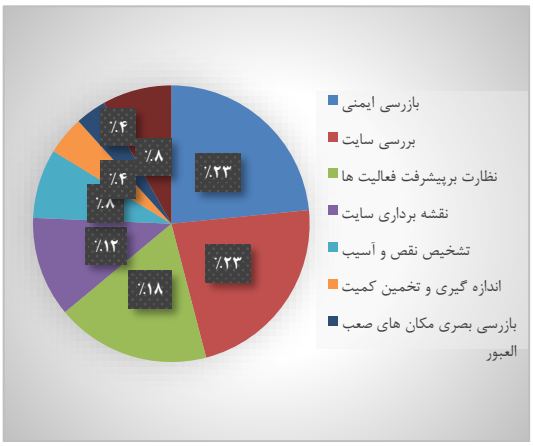
۳-۴- تعداد نویسندگان

مقالات از نظر تعداد نویسندگان مورد بررسی قرار گرفت. ۳۱٪ مقالات توسط ۲ نویسنده، ۲۵٪ توسط ۳ نویسنده، ۱۸٪ توسط ۴ نویسنده، ۱۶٪ توسط ۵ نویسنده، ۱۰٪ توسط ۶ نویسنده و بیشتر، و جالب این است که هیچ مقاله‌ای توسط یک نویسنده نمی‌باشد و تمام مقالات منتخب حاصل زحمات مشترک می‌باشد (شکل).

۴- حوزه‌های کاربرد سیستم هوایی بدون سرنشین در صنعت احداث

کاربرد این سیستم در حوزه صنعت احداث بسیار زیاد می‌باشد. برای اینکه حوزه کاربرد پراکندی زیادی نداشته باشد به ۷ کاربرد اصلی که تکرار زیادی دارند تقسیم شد (شکل) و مواردی که تکرار آنها فقط در یک مقاله دیده شد را در موارد دیگر ثبت شدند. کاربردها شامل ۱- بازرسی ایمنی: که شامل ارزیابی و نظارت‌های دوره‌ای از محل کار بر اساس معیارهای ایمنی است. ۲- بررسی سایت: با استفاده از این فناوری امکان بازرسی و نظارت هوایی برای سایت‌های بزرگ را فراهم می‌کند. ۳- نظارت برپیشرفت فعالیت‌ها: که فعالیت‌های در حال انجام را با استفاده از داده‌ها (عمدتا داده‌های بصری) جمع‌آوری شده توسط سیستم هوایی بدون سرنشین ارزیابی می‌کند. ۴- نقشه برداری سایت: که به دستیابی به پدیده‌های مکانی و زمانی با استفاده از سیستم هوایی بدون سرنشین اشاره دارد. ۵- تشخیص نقص و آسیب: که به استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده توسط این فناوری برای ارزیابی آسیب‌های موجود در سازه‌ها می‌باشد. ۶-اندازه گیری و تخمین کمیت: که با استفاده از داده‌های به دست آمده کمک زیادی در محاسبه حجوم تخمینی خصوصا در پروژه‌های راه سازی دارد. ۷- بازرسی بصری مکان‌های صعب العبور: که به استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده توسط این فناوری در بازرسی سازه‌های پل و یا اماکنی که برای رسیدن و بازرسی از آن خطراتی برای انسان دارد. ۸- موارد دیگر (به عنوان مثال تعمیر و نگهداری ساختمان، ردیابی مواد، عملکرد انرژی ساختمان‌ها، مستندسازی شرایط منطقه کار پس از یک حادثه و .....).

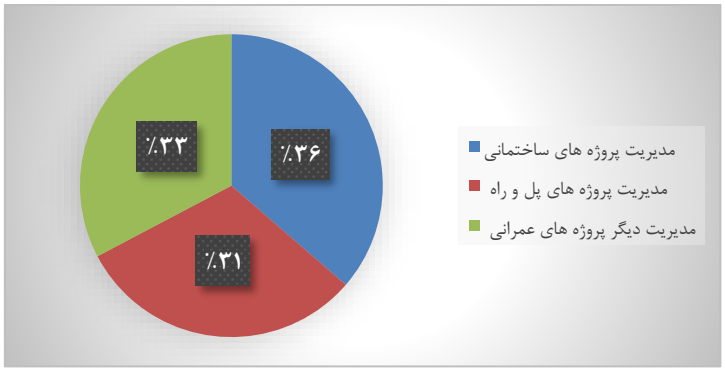
شکل ٦- تعداد نویسندگان در مقالات منتخب



شکل ۷- حوزه‌های کاربرد سیستم هوایی بدون سرنشین در صنعت احداث

۵- موضوع تحقیق

پس از بررسی دقیق مقالات منتخب ۳ موضوع اصلی تحقیقات یافت شد (شکل ۴). ۱- مدیریت پروژه‌های ساختمانی که در ۲۰ مقاله و با تکرار ۳۶٪ پرتکرارترین موضوع در مقالات منتخب بود، سپس ۲- مدیریت پروژه‌های پل و راه که موضوع ۱۷ مقاله بوده با درصد ۳۱٪، ۳- مدیریت دیگر پروژه‌های صنعت احداث که شامل (پروژه ورزشگاهی، پروژه نیروگاه و پروژه‌های دکل برق، پروژه‌های صنعت احداث) در ۱۸ مقاله موضوع اصلی مقالات بود.



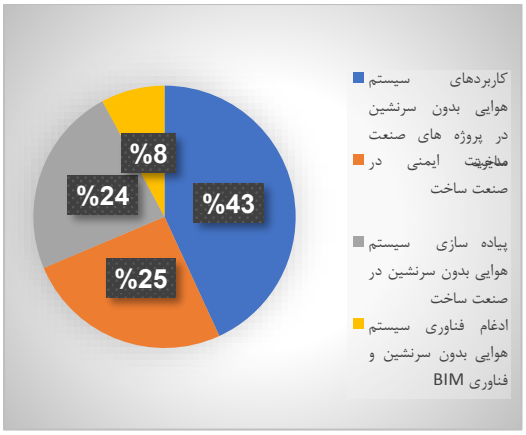
شکل ٤ - حوزه تحقیق در مقالات منتخب

۶- هدف تحقیق

پس از بررسی دقیق مقالات منتخب و بررسی هدف محققین در انجام تحقیق به موارد ذیل دست یافته شد (جدول ۲ **Error! Reference source not found.**). کاربردهای سیستم هوایی بدون سرنشین در پروژه‌های صنعت احداث هدف تحقیق ۲۲ مقاله و با درصد ۴۳٪ از کل مقالات بوده و پرتکرارترین مورد می‌باشد و پس از آن مدیریت ایمنی در صنعت احداث هدف ۱۳ مقاله با درصد تکرار ۲۵٪ از کل مقالات و پس از آن پیاده سازی سیستم هوایی بدون سرنشین در صنعت احداث هدف ۱۲ مقاله با درصد تکرار ۲۵٪ از کل مقالات بوده، و آخرین هدف مشاهده شده ادغام فناوری سیستم هوایی بدون سرنشین و فناوری بیم که در ۴ مقاله با درصد تکرار ۸٪ اهداف مقالات منتخب می‌باشند (شکل).

جدول ۲- هدف تحقیق در مقالات منتخب

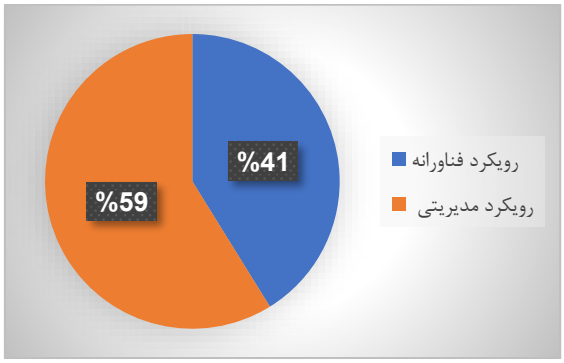
هدف تحقیق	تعداد
کاربردهای سیستم هوایی بدون سرنشین در پروژه‌های صنعت احداث	22
مدیریت ایمنی در صنعت احداث	13
پیاده سازی سیستم هوایی بدون سرنشین در صنعت احداث	12
ادغام فناوری سیستم هوایی بدون سرنشین و فناوری بیم	4



شکل ۹- هدف تحقیق در مقالات منتخب

۷- رویکرد مقالات

پس از بررسی دقیق مقالات منتخب و با توجه به موضوع مقاله مروری در استفاده فناوری در مدیریت صنعت احداث دو رویکرد اصلی، فناورانه و مدیریتی در مقالات بررسی شد (شکل ۵**Error! Reference source not found.**). ۳۰ مقاله از مقالات رویکرد مدیریتی داشتند که ۵۹٪ کل مقالات می‌باشد و ۲۱ مقاله رویکرد فناورانه داشتند که ۴۱٪ کل مقالات می‌باشد.



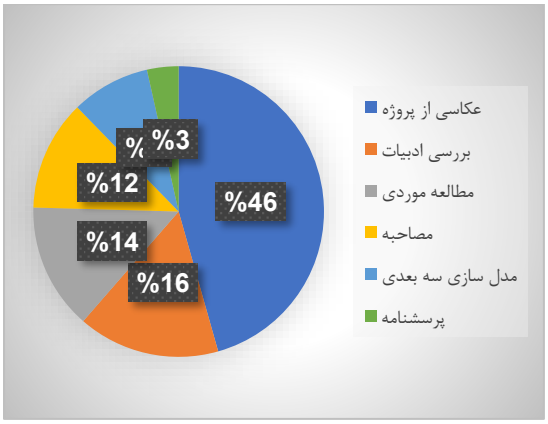
شکل ۵- رویکرد مقالات منتخب

۸- روش گردآوری داده‌ها

پس از بررسی دقیق مقالات منتخب روش گردآوری داده‌ها همانطور که در جدول ۳ - روش‌های گردآوری داده‌ها نمایش داده شد. بر اساس درصد تکرار روش جمع‌آوری داده‌ها در شکل ، عکاسی از پروژه با ۴۶٪ بیشترین روش گردآوری داده در مقالات بوده و بعد از آن بررسی ادبیات موجود با ۱۶٪، مطالعه موردی با ۱۴٪، مصاحبه با ۱۲٪، مدل‌سازی سه بعدی با ۹٪ و انجام پرسشنامه با ۳٪، روش‌های بکار رفته در مقالاتی که مورد مطالعه قرار گرفتند بودند.

جدول ۳ - روش‌های گردآوری داده‌ها

جمع‌آوری داده‌ها	تعداد
عکاسی از پروژه	26
بررسی ادبیات	9
مطالعه موردی	8
مصاحبه	7
مدل‌سازی سه بعدی	5
پرسشنامه	2



شکل ۱۱- روش‌های گردآوری داده‌ها

۹- نوع بال سیستم هوایی بدون سرنشین در صنعت احداث

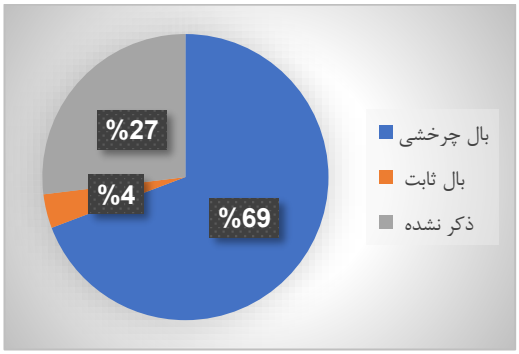
دو نوع بال در مقالات منتخب که از سیستم هوایی بدون سرنشین استفاده کرده‌اند مشاهده شد: بال ثابت[1] و بال چرخشی[2] شکل ۶ و شکل ۷. در بین تمام مطالعات بررسی شده، ۳۶ مقاله (٪۶۹ درصد) از سیستم هوایی بدون سرنشین با بال چرخشی، ۲ مقاله (۴ درصد) از سیستم هوایی بدون سرنشین بال ثابت استفاده کردند و بقیه مقالات نوع سیستم هوایی بدون سرنشین را مشخص نکردند. (شکل ۸.**Error! Reference source not found.**)

برای مثال: وانگ[3] و همکاران (۲۰۱۶)، با توجه نیاز به پرواز با مدت طولانی از هواپیمای بدون سرنشین با بال ثابت استفاده کردند. سلولد[4] و همکاران، (۲۰۲۰) نیز با توجه مساحت بالای پروژه و نیاز به پروازهای با مدت زمان بالا از هواپیمای بدون سرنشین با بال ثابت استفاده کردند.

[1] Fixed-Wing
[2] Rotary wing
[3] Wang
[4] Sellevold

شکل ٦ – هواپیمای بدون سرنشین با بال ثابت

شکل ۷ – هواپیمای بدون سرنشین با بال چرخشی



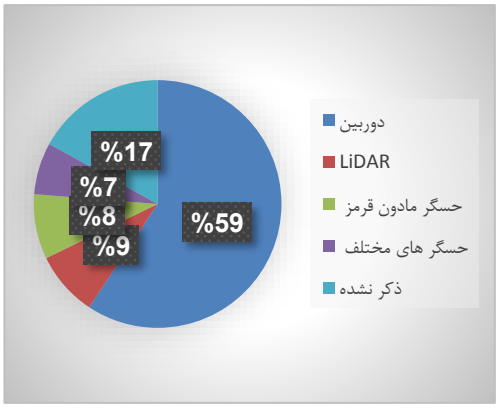
شکل ۸ – نوع بال سیستم هوایی بدون سرنشین در صنعت احداث

۱۰– سنسور سیستم هوایی بدون سرنشین در صنعت احداث

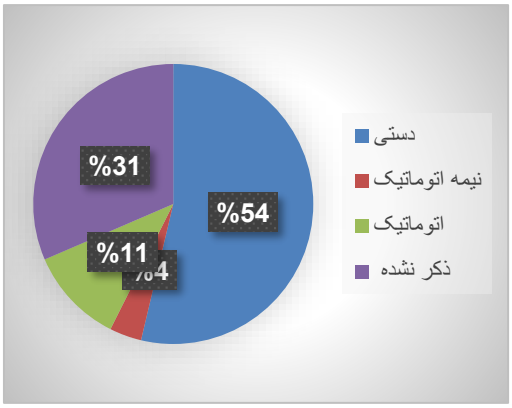
با بررسی مقالات منتخب این نتیجه حاصل شد (شکل). دوربین‌های عکاسی و فیلمبرداری پرکاربردترین سنسور مشاهده شده در مقالات می‌باشد که در ۳۵ مقاله و بادرصد ۵۹٪ تکرار شده است. از دوربین‌های مادون قرمز در ۵ مقاله استفاده شد. سنسور LiDAR در ۵ مقاله استفاده شده و ۴ مقاله نیز از سنسورهای مختلفی استفاده کردند. ۱۰ مقاله نیز هیچ اشاره‌ای به سنسور مورد استفاده اشاره نکردند.

۱۱– نوع کنترل پرواز

با بررسی مقالات منتخب این نتیجه حاصل شد. کنترل پرواز بصورت دستی پرتکرار ترین نوع کنترل در مقالات مطالعه شده بود. ٪۵۴ مقالات از کنترل دستی استفاده کردند. ۱۱ درصد مقالات از کنترل اتوماتیک و۴ درصد مقالات از کنترل نیمه اتوماتیک استفاده کردند. ٪۳۱ مقالات به نوع کنترل پرواز اشاره نداشتند (شکل).



شکل ۱۵– سنسورهای مورد استفاده در مقالات منتخب



شکل ١٦– نوع کنترل پرواز مورد استفاده در مقالات منتخب

۱۲– منافع بکارگیری سیستم هوایی بدون سرنشین

با بررسی مقالات منتخب و تجزیه و تحلیل منافع بکارگیری فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین ۲۹ منفعت از مقالات استخراج شد و در جدول به ترتیب تکرار آورده شد (جدول). کاهش هزینه‌های بازرسی و افزایش ایمنی در سایت هر کدام با ۱۷ بار تکرار در مقالات بیشترین منفعت بکارگیری فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین می‌باشد. ارائه تصاویر با کیفیت عالی با ۱۱ بار تکرار،

دسترسی به مناطق صعب العبور و کاهش زمان برای نظارت با ۹ بار تکرار، افزایش کارایی در بازرسی با ۸ بار تکرار، قدرت سیستم هوایی بدون سرنشین در شناسائی عیوب با ۷ بار تکرار جزو منافع مهم و پرتکرار در مقالات منتخب بود.

جدول ٤- منافع بکارگیری سیستم هوایی بدون سرنشین در مقالات منتخب

منافع	تکرار	منافع	تکرار	منافع	تکرار
کاهش هزینه‌های بازرسی	۱۷	دقت بالا در محاسبه حجمی زمین	۴	پیاده‌سازی‌ها در محل	۱
افزایش ایمنی در سایت	۱۷	تصویر سازی و مدل‌سازی سه بعدی	۳	بازار پذیری بیشتر	۱
ارائه تصاویر با کیفیت عالی	۱۱	شبیه سازی فعالیت‌های صنعت احداث قبل از صنعت احداث واقعی	۳	ارزیابی شرایط زیرساخت‌های عمرانی	۱
دسترسی به مناطق صعب العبور	۹	سرعت جمع‌آوری داده‌ها	۲	مستندسازی بازرسی و متصل کردن تصاویر به یکدیگر	۱
کاهش زمان برای نظارت	۹	قدرت در تصمیم گیری آگاهانه و اقدامات به موقع	۲	سهولت استفاده	۱
افزایش کارایی در بازرسی	۸	کاهش خطا در نقشه برداری	۲	نظارت بهتر بر فعالیت‌ها	۱
قدرت سیستم هوایی بدون سرنشین در شناسائی عیوب	۷	به حداقل رساندن ترافیک در حین بازرسی	۲	پشتیبانی از ارتباطات	۱
کاهش خطا در بازرسی	۵	دقت دراندازه گیری جابجایی	۱	کاهش مسئولیت	۱
سرعت عمل بالا سیستم هوایی بدون سرنشین	۵	سازگارتر با محیط زیست	۱	سهولت در ذخیره داده‌ها	۱
بهبود عملکرد	۵	صرفه جویی در تلاش ذینفعان	۱	پیاده‌سازی‌ها در محل	۱

۱۳- چالش‌های بکارگیری سیستم هوایی بدون سرنشین

بکارگیری فناوری سیستم هوایی بدون سرنشین همانند دیگر فناوری‌های نوین در صنعت احداث با چالش‌های مختلف و متعددی مواجه هست. با بررسی مقالات منتخب ۱۶ چالش پیش روی این فناوری از مقالات استخراج شد (جدول ۴). مهمترین چالش استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین چالش‌های سخت افزار و فناوری با ۱۷ بار تکرار پرتکرارترین چالش می‌باشد. قوانین و مقررات با ۱۴ بار تکرار، شرایط آب و هوایی با ۱۲ بار تکرار، موانع طبیعی در جلوگیری از حرکت سیستم هوایی بدون سرنشین با ۱۰ بار تکرار، مدت زمان پرواز و محدودیت‌های فنی و عملیاتی با ۹ بار تکرار جزو چالش‌های مهم و پرتکرار در مقالات منتخب بود.

جدول ٤ - چالش‌های بکارگیری سیستم هوایی بدون سرنشین در مقالات منتخب

چالش	تکرار	چالش	تکرار
چالش‌های سخت افزار و فناوری	۱۷	مسائل امنیتی	۶
قوانین و مقررات	۱۴	کیفیت ضعیف تصاویر	۶
شرایط آب و هوایی	۱۲	حواس پرتی کارگران توسط پهپادها	۵
موانع طبیعی در جلوگیری از حرکت سیستم هوایی بدون سرنشین	۱۰	زمان و هزینه اولیه	۵
مدت زمان پرواز	۹	GPSچالش در موقعیت یابی	۴
محدودیت‌های فنی و عملیاتی	۹	عملکرد پیچیده	۱
آموزش عملیاتی خلبان و ناظر	۸	تعمیر و نگهداری	۱
چالش‌های ایمنی	۸	بیمه	۱

۱۴- پیشنهادات

محققان در مقالات خود برای بهبود استفاده از فناوری سیستم هوایی بدون سرنشین پیشنهاداتی را ارائه دادند که در جدول ذیل آورده شد (جدول ۵).

جدول ۵ - پیشنهادات محققان در بکارگیری سیستم هوایی بدون سرنشین

پیشنهادات	نویسندگان
مطالعات موردی بیشتری در هنگام استفاده از پهپاد یا سیستم‌های سیستم‌های هوایی بدون سرنشین یا وسایل نقلیه کنترل از راه دور[1] مشابه در سخت‌ترین محیط های کاری ممکن و حمل انواع حسگرهای اضافی، به عنوان مثال، برد یا مادون قرمز، بپردازد.	[۶]
تحقیقات آتی می‌تواند یکی از موارد ذیل را برای آینده انجام دهد: تأثیر محیط نظارتی بر استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین‌ها، تأثیر منحنی یادگیری در استفاده از فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین توسط پرسنل ساخت و ساز، نگرانی‌های حفظ حریم خصوصی، و مسائل ایمنی که ممکن است به استفاده از فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در سایت‌های کار مرتبط باشد. تحقیقات آینده باید بر ارزیابی عملکرد سیستم‌های هوایی بدون سرنشین برای وظایف برجسته شده توسط این مطالعه موردی اکتشافی و سایر وظایفی که ممکن است با فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین امکان پذیر در نظر گرفته شوند، تمرکز کند.	[۹]
ارزیابی تأثیر بازرسی ایمنی با پشتیبانی از پهپاد به روشی سیستماتیک، با تمرکز بر بازخوردهای سریعتر، امکان اقدامات اصلاحی فوری، کاهش زمان بازرسی ایمنی و ساده سازی فرآیند بازرسی ایمنی در حال توسعه است.	[۱۰]
دستیابی به اتوماسیون سیستم یکپارچه سیستم‌های هوایی بدون سرنشین- مدل‌سازی اطلاعات ساختمان[2] برای تولید تصویری بلادرنگ از هندسه‌های سه بعدی بر روی مدل اسکن شده سیستم‌های هوایی بدون سرنشین. پردازش داده‌ها در زمان واقعی که معیارهای کلیدی کنترل پروژه را استخراج می کند تا مدیران پروژه را قادر می‌سازد تا ریسک‌ها را کاهش دهند و در عین حال بهره وری پروژه را افزایش دهند. پیوند دادن مدل مدل‌سازی اطلاعات ساختمان برنامه زمانی (۴ بعد) و اضافه کردن هزینه پروژه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (۵ بعد)، باید این عملکرد را فعال کند.	[۱۱]
بررسی زمینه‌هایی باشد که کاربرد سیستم‌های هوایی بدون سرنشین را در صنعت احداث و ساز افزایش می‌دهد. روش‌ها و ابزارهای کاهش مسائل استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در صنعت احداث و ساز را پوشش دهد.	[۱۲]
عوامل تصمیم گیری در نظر گرفته شده را در هنگام انتخاب شرکت‌ها برای سرمایه گذاری در این فناوری در مقایسه با شرکت‌هایی که ترجیح می‌دهند سرمایه گذاری نکنند، ارزیابی کند. با در نظر گرفتن تمام مزایا و چالش‌ها، کاربرد نوآورانه سیستم‌های هوایی بدون سرنشین‌ها پتانسیل بهبود شیوه‌ها در صنایع ساختمانی، کشاورزی و نقشه برداری را دارد.	[۱۳]
تحقیقات آتی باید شامل استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین‌ها در فضاهای محدود و ادامه بهبود قابلیت اطمینان در هنگام پرواز سیستم‌های هوایی بدون سرنشین‌ها در زیر پل‌ها و بین تیرها باشد.	[۱۴]
اتخاذ رویکرد تجربی برای آزمون اعتبار سنجی در موقعیت‌های فرضی است. علاوه بر این، فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین را می‌توان با فناوری‌های دیگری مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، واقعیت افزوده[3] و واقعیت مجازی[4] برای شبیه سازی فرآیند ساخت و ساز برای ارزیابی عملکرد برنامه‌های کاربردی سیستم‌های هوایی بدون سرنشین ترکیب کرد.	[۱۵]
مطالعات آتی به بررسی استفاده از کنترل خودمختار در این فناوری را بررسی کند. مطالعات آتی نحوه استفاده از حسگرهای مختلف را بررسی کند. مطالعات آتی توانایی ایجاد یک مدل سه بعدی را بررسی کند. مطالعات آتی قوانین فعلی که در مورد سیستم‌های هوایی بدون سرنشین‌ها اعمال می‌شود را بررسی کند.	[۱۶]
تحقیقات آتی بر ارزیابی عملی بودن چارچوب پیشنهادی از طریق نظرسنجی در میان DOTهای ایالتی، با تمرکز بر منطقه ۱۰ DOT (آلاسکا، آیداهو، اورگان و واشنگتن) متمرکز خواهد بود. علاوه بر این، برای افزایش دقت تشخیص ترک، توسعه عملگرهای طبقه بندی مناسب برای جداسازی ترک‌های واقعی از اشیاء مشابه ضروری است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای آموزش طبقه‌بندی کننده بر روی پایگاه داده بزرگی از تصاویر حاوی انواع مختلف شکاف بررسی خواهند شد.	[۱۷]
مطالعات آینده برای ارزیابی سیستماتیک استفاده از نقشه سه بعدی در ساخت و ساز، آزمایش ادغام آن در فرآیندهای مدیریت ساخت و ارزیابی بهبودهای حاصل در آن فرآیندها با استفاده از نقشه سه بعدی، برای کمک به تصمیم گیری مورد نیاز است.	[۱۸]
سیستم‌های هوایی بدون سرنشین‌های آینده برای بازرسی پل FCM باید دارای اندازه‌های کوچک، سیستم‌های موقعیت یابی قابل اطمینان تر به جای سیگنال‌های سیستم موقعیت یاب جهانی[5] ، مقاومت باد و اغتشاش، قابلیت اندازه گیری فاصله (محدوده یاب لیزری)، گیمبال ۳۶۰ درجه، منبع نور قابل تنظیم داخلی، و تنظیم دوربین قابل تنظیم باشند.	[۱۹]
انتظار می‌رود که بخش‌های حمل و نقل با استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین‌ها را برای تکمیل بازرسی‌های معمول در آینده نزدیک بکار گیرد.	[۲۰]

[1] remotely piloted vehicles
[2] Building information modeling
[3] Augmented reality (AR)
[4] Virtual reality
[5] Global Positioning System GPS

تحقیقات آتی باید بر روی گردش‌های کاری ارائه شده برای توسعه یک رویکرد استاندارد شده برای ممیزی انرژی ساختمان باشد. این باید شامل ارجاع به قابلیت‌های فن‌آوری موجود و پارامترسازی بیشتر فرآیند برای جهانی‌تر شدن از طریق آزمایش‌های تکراری باشد که کار ارائه‌شده را تأیید می‌کند.	[۲۱]
حوزه‌های تحقیقاتی آینده، از جمله تکنیک‌های همجوشی داده‌ها با حسگرهای IMU و استفاده از دوربین‌های متعدد برای اندازه‌گیری حرکت خارج از صفحه سازه‌ها، شناسایی شدند.	[۲۲]
مطالعات بیشتری باید برای بررسی چالش‌های قانونی، اجتماعی، مالی، تکنولوژیکی استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین‌ها در محل کار ساخت و ساز و در عین حال تضمین ایمنی کارگران ساختمانی که از نزدیک با سیستم‌های هوایی بدون سرنشین‌ها کار می‌کنند، انجام شود.	[۲۳]
مطالعات آتی می‌تواند در رابطه با مزایایی سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در نظارت بر عملکرد وسایل نقلیه بوم یا جرثقیل‌ها (در مجاورت خطوط برق هوایی و هم کارگران پیاده) و عملیات نزدیک به لبه‌های یا دهانه‌های محافظت نشده انجام شود.	[۲۴]
تحقیقات آینده باید بیشتر به بررسی و بحث در مورد فناوری پهپاد در هر جنبه خاصی از ساخت و ساز بسط داده شود.	[۲۵]
علاوه بر این، تحقیقات آینده نیاز به اندازه گیری و ارزیابی مسائل هزینه و کاهش زمان بازرسی دارد که ناشی از استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین برای نظارت بر ایمنی است.	[۲۶]
سیستم‌های هوایی بدون سرنشین یک زمینه مطالعاتی است که نیاز به تحقیقات بیشتر در ساخت و ساز و سایر صنایع دارد.	[۲۷]
توصیه می‌شود که تحقیقات آینده روش‌هایی را برای توسعه مدل‌های اطلاعاتی پل دقیق‌تر با اطلاعات پارامتری دقیق، و همچنین شناسایی مشخصات توسعه مدل برای پل‌های موجود که خواسته‌های ذینفعان را برآورده می‌کنند، ارزیابی کنند.	[۲۸]
کار آینده بر روی سایت‌های اضافی انجام می‌شود که با هندسه، از نظر مساحت و عمودی متفاوت است، تا کارآمدترین استراتژی‌های کنترل زمین برای بازسازی‌های SfM قابل اعتماد شناسایی شود.	[۲۹]
با این حال، بررسی بیشتر برای بازرسی مورد به مورد مورد نیاز است، زیرا نقاط مورد علاقه مختلف به انواع مختلف داده‌های بصری و دیدگاه‌ها برای جمع‌آوری داده‌ها نیاز دارند.	[۳۰]
تحقیقات بیشتر می‌تواند آزمایش‌هایی را برای تعیین کمیت سودمندی سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در ایمنی ساخت و ساز و انجام تجزیه و تحلیل مسیر آماری برای آزمایش همبستگی بین این فناوری و ایمنی ساخت و ساز طراحی کند.	[۳۱]
پژوهش‌های آتی می‌توانند به یافته‌های این پژوهش به منظور طراحی آزمایش‌ها و نظرسنجی‌ها در محیط آزمون کنترل‌شده مراجعه کنند.	[۳۲]
توسعه کلاس‌های پایه صنعتی به منظور مدیریت دارایی پل، یا به طور خاص بازرسی پل، باید به عنوان یک نقطه توسعه حیاتی برای کارهای آینده تلقی شود.	[۳۳]
در مطالعه آینده، انجام مطالعه‌ای برای مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی کانولوشنال در هنگام استفاده از انواع مختلف مجموعه داده‌های آموزش تصویرسازی، مانند تصاویر نمای زمین، تصاویر هوایی (نمای کلی)، یا ترکیبی معنادار خواهد بود. بررسی نحوه استفاده مدیران ایمنی از این سیستم، بازنگری در طرح‌های ایمنی با استفاده از این سیستم پیشنهادی و انجام اقدامات اصلاحی موثر مورد نیاز است.	[۳۴]
در مطالعات آتی می‌توان با آموزش کد با تصاویر بیشتر که شامل انواع کمبودهای معمولی برای هر تمرین است، کاستی‌های مربوط به شیوه‌های کنترل فرسایش و رسوب را شناسایی کرد.	[۳۵]
برای بررسی عوامل و موانع اجرای فن‌آوری‌های مختلف به شیوه‌ای سیستماتیک برای اطمینان از پذیرش موفقیت‌آمیز، مطالعات بیشتری مورد نیاز باشد.	[۳۶]
تحقیقات آینده باید ویژگی‌های کاملاً مستقل و قابلیت‌های خود خلبانی را نیز در بر گیرد. چنین قابلیت‌های پرواز و ضبط داده کاملاً مستقل، همراه با الگوریتم‌های مبتنی بر بینایی رایانه‌ای مبتنی بر هوش مصنوعی، در نهایت جمع‌آوری داده‌های محل کار با واسطه سیستم‌های هوایی بدون سرنشین و شناسایی خطرات ایمنی را خودکار می‌کند.	[۳۷]
مطالعات آینده، روشی را برای حذف خودکار اشیاء غیرساختی برای ساخت مدل‌های توپو سه بعدی دقیق بررسی خواهیم کرد. مطالعات آتی، با انجام مشاوره قبلی با مدیران حوزه ساخت و ساز، می‌توان تعداد بیشتری از GCPها را نصب کرد.	[۳۸]
در آینده، مطالعاتی برای بررسی روش‌شناسی، بهترین شیوه‌ها، مزایا و محدودیت‌های فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در فرآیندهای مختلف ساخت‌وساز و مقایسه آن‌ها با رویکردهای معمولی بدون سیستم‌های هوایی بدون سرنشین مورد نیاز است. به طور خاص، مطالعات آتی باید بر ارزیابی موانع پیاده سازی کاربردهای عملی تازه کشف شده (مانند ساخت و ساز هوایی، جابجایی مواد و ارتباطات سایت) و بهینه سازی تنظیمات فنی سیستم‌های هوایی بدون سرنشین (یعنی نرم افزار و سخت افزار)برای غلبه بر موانع پیش روی متخصصان و بهبود استقرار عملی این فناوری در حوزه تمرکز کند. همچنین، مطالعات آتی باید سیستم‌های هوایی بدون سرنشین را با تکنیک‌ها و فن‌آوری‌های دیگر مانند هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، واقعیت مجازی، واقعیت افزوده، فناوری‌های پوشیدنی و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با هدف تقویت برنامه‌های کاربردی فعلی سیستم‌های هوایی بدون سرنشین و کاوش در حوزه‌های جدید سیستم‌های هوایی بدون سرنشین می‌توانند در ساخت و ساز سودمند باشند ترکیب کند.	[۳۹]

مدل پیش‌بینی در حال حاضر بر روی خطاهای ناشی از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین و سنسور تشخیص نور و محدوده[1] تمرکز دارد و می‌تواند بیشتر گسترش یابد تا ویژگی‌های سطوح هدف، مانند مواد، بافت، صافی و شیب را در کارهای آینده شامل شود.	[۴۰]
مکان‌های بیشتری با اختلاف ارتفاع باید در کارهای آینده انتخاب شوند تا همبستگی کاهش یابد. مدل‌های مدل رگرسیون برای انواع مختلف زمین‌ها (یعنی سطوح عمودی، مکان‌های حفاری و غیره) و سناریوهای بیشتر یا باید در آموزش گنجانده شوند یا به طور جداگانه آموزش داده شوند و به طور جداگانه برای پیش‌بینی مورد استفاده قرار گیرند، که کار آینده نویسندگان خواهد بود. کاربران می‌توانند روش آماری دیگری را که مناسب ترین روش برای موارد خود است، مانند استفاده از یک روش جایگزین که شامل برنامه ریزی پرواز با شبیه سازی است، در نظر بگیرند.	[۴۱]
زمینه‌های دیگری که در آن سیستم‌های هوایی بدون سرنشین می‌تواند به عنوان بخشی عمل کند یا از جریان کاری دیگری از یک فناوری نوظهور متفاوت پشتیبانی کند، باید در کارهای بعدی تحلیل شود. نقش سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در تجارب متاورس و حمل و نقل فیزیکی انسان‌ها باید نشان داده شود که چگونه این کاربردها ممکن است بر طراحی شهرها و جوامع در آینده نزدیک تأثیر بگذارند.	[۴۲]
نویسندگان مزایای ارتقای روش پیشنهادی را در نظر می‌گیرند که جایگزین روش پنجره‌های کشویی با جستجوی انتخابی یا هرم‌های تصویری برای تشخیص اشیا می‌شود.	[۴۳]
بازسازی ۳ بعدی روی برد را می‌توان با استفاده از فناوری‌های پیشرفته توسعه داد، بنابراین هزینه زمانی خارج از پردازش داده‌های تصاویر را می‌توان به حداقل رساند. برنامه‌های واقعی‌تر فاجعه که اطلاعات اضافی مانند تغییرات محیطی و مکان‌های خطرناک را برای پشتیبانی تصمیم‌گیری و مأموریت‌های نجات در نظر می‌گیرند، قابل بررسی هستند.	[۴۴]
با حرکت رو به جلو، تحقیقات آینده همچنین نقش انسان‌های فیزیکی را با توجه به تشخیص آسیب سیستم‌های هوایی بدون سرنشین آشکار خواهد کرد.	[۴۵]

۱۵- محدودیت‌ها

محدودیت‌های که در مقالات بررسی شد. محدودیت‌های معتددی یافته شد و این محدودیت‌ها را ۱۱ محدودیت اصلی پرتکرار در جدول ۶ لیست شد. با توجه به اینکه این فناوری در صنعت احداث جدید می‌باشد محدودیت فناوری مهم‌ترین محدودیت اشاره شده در مقالات بوده که در ۱۵ مقاله به آن اشاره شد. محدودیت‌های فنی و عملیاتی با ۱۱ بار تکرار و محدودیت کاربردی و نحوه استفاده از این فناوری با ۱۰ بار استفاده جزو مهمترین محدودیت‌های موجود در مقالات بوده دیگر محدودیت‌ها در جدول ذیل آورده شد.

جدول ٦ - محدودیت‌های مقالات منتخب

محدودیت	تکرار	محدودیت	تکرار
محدودیت فناوری	۱۵	عدم سرمایه گذاری شرکت‌ها و کمبود دانش نسبت به فناوری	۲
محدودیت‌های فنی و عملیاتی	۱۱	محدودیت در ارسال پرسشنامه	۲
محدودیت کاربردی	۱۰	محدودیت زمانی در انجام مصاحبه	۱
عدم امکان تعمیم نتایج	۵	کمبود اطلاعات در بکارگیری فناوری در صنعت احداث	۱
محدودیت‌های قانونی	۳	تجزیه و تحلیل مقالات مرتبط به یک کشور	۱
محدودیت منابع انسانی با دانش	۳		

۱۶- یافته تحقیقات

با استفاده از فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین مشکلات ارائه شده برای انجام نقشه‌برداری و کاربردهای فتوگرامتری و توپوگرافی برطرف شد [۱۷،۴۷،۴۶]، امکان نقشه برداری سه بعدی بادقت بالا نسبت به روش های سنتی [۱۹،۳۸]، تایید موفق بودن فناوری در نقشه برداری با دقت بالا [۹ و ۴۱].

ادبیات نشان می دهد که سیستم‌های هوایی بدون سرنشین نسل بعدی نظارت بر عملکرد صنعت احداث از نظر مدیریت ایمنی خواهد بود [۱۷،۲۷،۳۴]، به ویژه برای وظایف بازرسی و تصمیم گیری [۳۱]، رعایت مقررات ایمنی [۱۱،۲۶]، کاهش ۴۰٪ صدمات ومدیریت ایمنی بهتر [۳۷]، نظارت بر عملکرد ماشین آلات سنگین[۲۴].

[1] Light Detection and Ranging (LIDAR)

نتایج نشان می دهد که انگیزه استفاده از سیستم پهپاد بدون سرنشین با توجه به نتایج بالا می باشد [۱۸،۲۹] از جمله جمع‌آوری داده های ارزشمند و با دقت بالا [۱۴،۴۸،۴۹]، دسترسی به نتایج پروژه دقیق، سریع‌تر و ارزان‌تر در مقایسه با شیوه‌های مدیریت پروژه سنتی [۵۰]، اطلاعات مناسب جهت تصمیم گیری [۵۱]، قابل اطمینان بودن فناوری نسبت به روش سنتی[۱۳،۴۵]، افزایش محبوبیت در استفاده از فناوری در صنعت احداث [۲۵]، افزایش سطح اطمینان در تصمیم گیری با استفاده از فناوری[۳۲ و ۵۲].

با استفاده از فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین کاهش هزینه ها، افزایش کارایی، کاهش مسئولیت، افزایش سرعت ساخت و کاهش خطا حذف خواهد کرد[۵۳، ۴۰،۳۹،۲۲،۱۰،۶].

با استفاده از این فناوری کارایی سیستم هوایی بدون سرنشین برای انجام بازرسی های نظارتی سازه ها اثبات شد [۱۵،۱۷،۵۴،۵۵]، امکان شناسائی انواع آسیب های مختلف موجود بر سازه‌ها [۲۰،۲۱،۲۳،۲۸،۳۵،۴۴]. صنعت احداث و فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین به طور پویا در حال توسعه هستند [۱۶]، گسترش فناوری سیستم های هوایی بدون سرنشین در صنعت احداث است و روند رو به افزایش آن را در طول زمان [۳۹]، برنامه‌ریزی برای پروژه ها با استفاده از ادغام فناوری بیم با فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین[۱۲] ، این فناوری برای ارزیابی مبتنی بر سیستم‌های هوایی بدون سرنشین از عملکرد انرژی ساختمان ها معرفی شده است[۵۶]، ارائه ویدئو و داده‌های سامانه‌های هوایی بدون سرنشین به‌عنوان یکی از تحویلی های قرارداد[۵۷]، امکان ایجاد یک چارچوب اطلاعات دارایی دیجیتال که در سیستم های مدیریت پل ادغام شود[۳۳].

با یک رویکرد مناسب برای پیاده‌سازی سیستم هوایی بدون سرنشین باعث شفافیت و کارایی وظایف انسانی، پایه‌های تعامل انسان و ربات می شود [۳۶،۴۲] ، انتشار پیامدهای ادغام سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در محیط‌های ساخت‌وساز و زیرساخت [۳۰]، سیستم‌های هواپیمای بدون سرنشین به ابزاری با ارزش فزاینده در آینده تبدیل خواهند شد[۵۸].

۱۷- بحث

با توجه و با استناد به مقالات ارائه شده در این مقاله مروری و پراکندگی مقالات در ژورنال‌ها و بازه زمانی کوتاه ۲۰۱۴ الی ۲۰۲۲ و تعداد ۵۱ مقاله در ۹ سال این نتیجه را می‌توان گرفت که موضوع بکارگیری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در مدیریت پروژه‌های صنعت احداث مورد توجه محققین و ژورنال‌های مختص مدیریت پروژه قرار گرفته و این فناوری در صنعت احداث در حال رشد می‌باشد.

بررسی کشورهای صاحب مقالات این نتیجه را نشان داد که کشور آمریکا با ۲۶ مقاله در صدر کشورهای می‌باشد که فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در مدیریت پروژه‌های صنعت احداث اهمیت زیادی داده و آن را به صورت آکادمیک مورد بحث قرار داد. بر اساس نظرسنجی انجام شده توسط انجمن مقامات بزرگراه‌ها و حمل‌ونقل ایالتی آمریکا[1] در سال ۲۰۱۶، هفده مرکز ایالتی فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین را برای اهداف حمل و نقل خاص مورد تحقیق ویا مورد استفاده قرار داده بودند [۲۰]. در ایالات متحده، پیش‌بینی می‌شود که بازار تجاری فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین تا سال ۲۰۲۶ بیش از ۳۰ میلیارد دلار تأثیر سالانه داشته باشد[۵۹].

بررسی کاربرد این سیستم در حوزه مدیریت پروژه‌های ساخت این موضوع را نمایان کرد که موضوع ایمنی یکی از مهمترین کاربرد این فناوری بود که در ۲۶ مقاله ذکر شد. آیریزاری در (۲۰۱۶) امکان سنجی بازرسی ایمنی با بکارگیری فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین را با مصاحبه با پرسنل پروژه مانند مدیران پروژه یا مهندسان پروژه بررسی کردند. ملو و همکاران در (۲۰۱۷) چک لیست‌های ایمنی را برای دو پروژه مسکونی در برزیل تهیه کردند و کاربرد بازرسی چالش‌های ایمنی را با استفاده از فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین ارزیابی کردند. یکی از چالش‌های استفاده از این فناوری برای بازرسی ایمنی، حواس پرتی ناشی از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در طول پروازها و خطرات ایمنی جدید بود که توسط پرواز سیستم‌های هوایی بدون سرنشین بر فراز سایت‌های معرفی شد.

[1] American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO)

بازرسی سایت در ۲۵ مقاله بررسی شده یافت شد که یکی از رایج ترین کاربرد در بین کلیه مقالات بررسی شده است. در مطالعات بازرسی ساختمان، محققان از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین مجهز به حسگرهای مختلف برای جمع آوری داده‌های بصری یا حرارتی استفاده کردند، سپس از داده‌های جمع آوری شده برای ارزیابی وضعیت پروژه‌های انتخاب شده استفاده کردند. شو ، وتورکان، (۲۰۲۰) با انجام یک مطالعه موردی یک چارچوب جدید برای کاهش این مشکلات موجود در عملکرد بازرسی و مدیریت پل فعلی با سیستم‌های هوایی بدون سرنشین مبتنی بر دوربین پیشنهاد شده دادند. نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه موردی تأیید کرد که تصاویر با وضوح بالا گرفته‌شده با استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین، شناسایی بصری انواع مختلف نقص‌ها و تشخیص ترک‌ها را به‌طور خودکار با استفاده از الگوریتم‌های بینایی کامپیوتری امکان‌پذیر می‌سازد. [28] راخا و گورودتسکی در سال ۲۰۱۸ با انجام مطالعه ای با استفاده از فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین روش‌های تصویربرداری حرارتی مبتنی بر این فناوری برای بررسی ساختمان را بررسی کردند. در عصر تغییرات آب و هوایی، استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین‌ها و تصویربرداری مادون قرمز پیشرفت قابل توجهی در روش‌ها و تکنیک‌های حسابرسی سنتی نشان داده است. افزایش دسترسی، کارایی و ایمنی فرصتی منحصر به فرد برای تسریع در بهبود و مقاوم سازی ساختمان‌های قدیمی و ناکارآمد در انرژی و زیرساخت‌ها است[۲۲].

نظارت برپیشرفت فعالیت‌ها یکی دیگر از کاربردهای مهم این فناوری می‌باشد که در ۲۰ مقاله بررسی شده یافت شد. نظارت بر پیشرفت به عنوان ارزیابی کار در حال انجام با استفاده از مجموعه ای از تصاویر سایت تعریف می‌شود. معینی و همکاران در ۲۰۱۷ اشاره کردند که سیستم‌های هوایی و زمینی بدون سرنشین که قابلیت عکس‌برداری هوایی در ارتفاع پایین فراهم می‌کنند، می‌توانند یک مزیت منحصر به فرد برای بهبود گزارش پیشرفت پروژه و کیفیت در سایت‌های ساخت‌وساز ارائه دهند[۱۲]. سلولولد و همکاران (۲۰۲۰) اشاره داشتند که جمع‌آوری داده‌های چشم انسان ممکن است در طول زمان یا به دلایل اجتماعی یا سیاسی دشوار باشد و سیستم‌های هوایی بدون سرنشین می‌تواند برای جمع‌آوری و نظارت بر داده‌های مربوط به اجزا یا سیستم‌هایی استفاده شود که می‌توانند یک یا دو سال قبل از نصب در محل توسعه برسند[۴۹].

در مطالعه دیگری به اهمیت استفاده از فناوری پرداخته شد که رهنماییزکاوات و همکاران در سال ۲۰۲۲ با انجام یک مطالعه موردی نشان داد که استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین‌ها با ارائه اطلاعات بلادرنگ برای پشتیبانی از مدیران پروژه، ارزش بیشتری به حوزه مدیریت پروژه می‌افزاید و نشان داده شد که استفاده از فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین به مدیران پروژه اجازه می‌دهد تا به نتایج پروژه دقیق، سریع‌تر و ارزان‌تر در مقایسه با شیوه‌های مدیریت پروژه سنتی دست یابند[۵۰].

نقشه برداری سایت یکی دیگر از کاربردهای مهم این فناوری می‌باشد. وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۷ در یک مطالعه ای به بررسی نقشه برداری توسط این فناوری پرداختند که نتایج مطالعه از دقت و تناسب نقشه برداری کاربردهای فتوگرامتری این فناوری در ساخت و سازهای خاکی پشتیبانی می‌کند. همچنین، روش فتوگرامتری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین کارآمدتر است. حدود ۵,۵ ساعت طول کشید تا کار در محل و خارج از سایت تکمیل شود[۴۷]. آلوارس و همکاران در سال ۲۰۱۸ نتایج استفاده بالقوه از نقشه برداری سه بعدی را برای مدیریت ساخت و ساز بر اساس دو مطالعه موردی توسعه یافته در پروژه‌های ساخت و ساز مسکونی با ویژگی‌های متمایز ارائه می‌دهد. یافته‌ها نشان داد که نقشه‌برداری سه‌بعدی از تصاویر سیستم‌های هوایی بدون سرنشین می‌تواند نمای وسیع، سریع و خارجی را از دیدگاه‌های مختلف در محل ساخت‌وساز ارائه دهد، که با تعامل بیشتر بین کاربر و ابزار تسهیل می‌شود، زیرا هم مشاهده ۳۶۰ درجه و هم دستکاری مدل‌های سه‌بعدی امکان‌پذیر است[۱۹].

تشخیص نقص و آسیب نیز از کاربردهای این فناوری می‌باشد. لی و همکاران در سال ۲۰۲۲ با انجام مطالعه‌ای به اهمیت استفاده از فناوری در تشخیص آسیب در سازه‌ها پرداختند. تمام زیرساخت‌ها، از جمله پل‌ها، اما نه محدود به آن، مملو از خطرات غیرقابل پیش‌بینی، به‌ویژه مربوط به ایمنی انسان است. سنسورها در سیستم هواپیمای بدون سرنشین از پیشرفت‌هایی در تشخیص آسیب استفاده می‌کنند و به بازرسان اجازه می‌دهند اطلاعات کامل آسیب را جمع‌آوری کنند و تجزیه و تحلیل قابلیت اطمینان را در چارچوب مطالعات فوق انجام دهند[۴۵].

اندازه‌گیری و تخمین کمیت نیز از کاربردهای مهم در استفاده از فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین می‌باشد، هابارد در سال ۲۰۲۰ در تحقیق خود اشاره داشت که داده‌ها معمولاً شامل تصاویر و ویدیوهای با کیفیت بالا از یک فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین تجاری استاندارد است. این تصاویر را می‌توان با نرم افزار ادغام کرد تا مدل‌های فتوگرامتری دقیق برای اندازه گیری کمیت ارائه دهد[۵۸]. آجی و همکاران در سال ۲۰۲۰ در تحقیق خود با استفاده از فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین روشی مناسب و دقیق‌تر و قوی‌تر نسبت به روش سنتی ارائه کردند[۵۲].

بازرسی بصری مکان‌های صعب العبور یکی از مهم‌ترین کاربردها در استفاده از این فناوری بخصوص در مدیریت پروژه‌های پل و راه بود. درافشان و همکاران، ۲۰۱۸ در تحقیق برای بررسی سازه پل از فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین استفاده کردند. یافته‌ها می‌توانند به‌عنوان راهنمایی برای بازرسان پل عمل کنند تا بازرسی‌های موفق‌تر تشخیص ترک با کمک فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین را انجام دهند[۲۰]. ولز و همکاران، ۲۰۱۷ در مطالعه ای خود در دو پروژه پل به این نتیجه دست یافتند که در برخی از انواع بازرسی‌ها، می‌توان از سیستم‌های هواپیمای بدون سرنشین به جای وسیله نقلیه بازرسی زیر پل استفاده کرد و باعث صرفه جویی قابل توجهی می‌شود. این صرفه جویی به صورت کاهش یا حذف کنترل ترافیک و کاهش استفاده از وسایل نقلیه بازرسی زیر پل و بالابرها انجام می‌شود [۱۵].

کاربردهای دیگری در مقالات یافت شد که تکرار آنها در یک یا دو مقاله یافت شد که به صورت موارد دیگر در این مقاله آورده شد. از جمله این کاربردها، تضمین کیفیت، مستندسازی کنترل تردد منطقه کار پس از یک حادثه، از دیگر کاربردهای بوده که که به آن در تحقیق خود به آن اشاره شد [۵۸]. در تحقیقی دیگر برای شناخت کاربردهای فناوری آورده شد که استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین برای نظارت خودکار پیشرفت ساخت و ساز و کیفیت ساختمان‌های تجاری عملی است، که می‌تواند به سرعت منجر به بازگشت سرمایه شود[۵۵]. علاوه بر همه کاربردهای فوق الذکر، یافته‌های تحقیق،[۳۹] سایر کاربردهای سیستم‌های هوایی بدون سرنشین، از جمله شناسایی پس از فاجعه، ساخت و ساز هوایی، جابجایی مواد، و ارتباطات سایت، و همچنین برخی از وظایف خاص دیگر را شناسایی کرد. یافته‌های تحقیق دیگری نشان داد که کاربردهای ساخت و ساز سیستم‌های هوایی بدون سرنشین شامل نظارت بر پیشرفت ساخت و ساز، نظارت ایمنی، تضمین کیفیت، مستندسازی شرایط منطقه کاری پس از یک حادثه، اندازه گیری کمیت و ارتباط با ذینفعان است[۵۷]. دیگر کاربرد در مقاله ای بررسی عملکرد انرژی ساختمان بوده، که یک چارچوب کلی برای ارزیابی مبتنی بر سیستم‌های هوایی بدون سرنشین از عملکرد انرژی ساختمان‌ها معرفی شد. به طور کلی، چارچوب پیشنهادی نتایج امیدوارکننده‌ای ارائه داد[۵۶].

پس از بررسی‌های انجام شده ۲ حوزه اصلی در مطالعات یافت شد که شامل: مدیریت پروژه‌های ساختمانی که در ۲۰ مقاله و با تکرار ۳۶٪ ، مدیریت پروژه‌های پل و راه که موضوع ۱۷ مقاله بوده با درصد ۳۱٪. مدیریت دیگر پروژه‌های صنعت احداث در ۱۸ مقاله مثل مدیریت پروژه‌های سد[۳۵]، مدیریت پروژه‌های صنعت احداث به صورت کلی[۳۹،۴۴]، مدیریت پروژه‌های ورزشگاهی [۵۸،۴۱،۳۲،۳۱،۳۰،۲۴،۱۴،۱۰]، مدیریت پروژه‌های ریل قطار [۹]، مدیریت پروژه‌های پست برق[۴۶].

کاربرد سیستم‌های هوایی بدون سرنشین‌ها در مدیریت پروژه هنوز در مراحل اولیه است و کاربران به عنوان گروه مبتکران اولیه طبقه بندی می‌شوند. در این مرحله، نیاز به نوآوران بیشتری برای تشویق سایر کاربران به پذیرش این فناوری جدید است. همانطور که این مقاله توضیح می‌دهد، مزایا و ارزش افزوده وجود دارد، اما نوآوران کمی هستند[۵۰].

با بررسی نوع نگاه مقالات به استفاده از این فناوری این محقق به این نتیجه رسید با توجه به موضوع "مدیریت پروژه‌های صنعت احداث" اغلب نگاه و رویکرد مدیریت داشته‌اند (شکل ۵). برای مثال: استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین برای وظایف مدیریت ساخت و ساز و مدیریت زمان پروژه و مدیریت هزینه پروژه اهمیت بالایی دارد [۱۰،۱۸،۵۴]. استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین‌ها در انجام بررسی‌های هوایی، نظارت بر محل کار، بازرسی‌های زمان واقعی و نظارت بر ایمنی بوده که هدف آن مدیریت ایمنی در سایت و مدیریت پروژه به صورت کلی می‌باشد[۱۵،۱۷،۲۴،۵۱،۵۳]. سرمایه‌گذاری برای استفاده از این فناوری در صنعت احداث جهت مدیریت پروژه‌ها اهمیت دارد[۱۴،۴۲]. مقالات که رویکرد فناورانه داشتند نیز تعداد قابل توجهی بودند و

به مسائلی همچون: ادغام این فناوری با فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بودند[۱۲،۲۸،۳۳،۵۰] و در مقالاتی دیگر به دنبال مدل‌سازی از تصاویر بودند[۹،۲۹،۴۰،۴۳،۴۶].

در آینده نزدیک، سیستم هوایی بدون سرنشین به طور گسترده‌تری در صنعت احداث به کار خواهند رفت[۶]. با ادامه پیشرفت فنی در حسگرهای سیستم هوایی بدون سرنشین، و ویژگی های خودمختاری این پرنده‌ها، عملیات سیستم هوایی بدون سرنشین ایمن تر و موثرتر خواهد شد . بازار رو به رشد سیستم هوایی بدون سرنشین های مصرف کننده، تولیدکنندگان را تشویق می کند تا محصولات بهتری را با قیمت های مقرون به صرفه تر ارائه دهند .

به عنوان بخش عمده ای از حوزه وسیع نوآوری ساخت و ساز در سال ۲۰۲۳، سیستم هوایی بدون سرنشین همچنین می توانند با بسیاری از فناوری های دیگر مانند واقعیت مجازی و افزوده، فناوری های پوشیدنی، سیستم های کاملاً مستقل، راه حل های متصل هوشمند، هوش مصنوعی و تحلیل های پیش بینی یادگیری ماشین ترکیب شوند. فرصت های نامحدود پتانسیل فوق العاده ای را برای جامعه ساخت و ساز ارائه می دهد. برای انطباق با تغییراتی که سیستم هوایی بدون سرنشیندر صنعت احداث ایجاد می کنند، باید مطالعات بیشتری برای بررسی چالش های قانونی، اجتماعی، مالی، تکنولوژیکی استفاده از سیستم هوایی بدون سرنشیندر کارگاه های ساخت و ساز و در عین حال تضمین ایمنی کارگران ساختمانی که از نزدیک با سیستم هوایی بدون سرنشینکار می کنند، انجام شود.

۱۸- نتیجه‌گیری

هدف این تحقیق بررسی، تجزیه وتحلیل کاملی از مطالعات فعلی انجام شده در کاربردهای سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در مدیریت پروژه‌های صنعت احداث ارائه می‌دهد وبه طور گسترده به بررسی مزایا ومعایب استفاده از این فناوری می‌پردازد. طی بررسی مطالعات انجام شده حدود ومرز تحقیقات موجود را تخمین، وبه تحلیل کلی آنها پرداخته شد، تا برای: مالکان پروژه، سرمایه گذاران، مدیران پروژه، سیاستگذاران، مدیران پورتفولیو، مدیران طرح، مدیران سازمان ها و پیمانکاران فراهم آورده شد، تا بتوانند از نتایج حاصل از این تحقیقات به صورت عملی و کاربردی بهرمند گردند. همچنین تلاش شد تا طبقه بندی مناسب ودقیقی در اختیار محققین آینده در این مبحث قرار گیرد تا به سادگی بیشتری بتوانند با مباحث مختلف این حوزه تحقیقاتی و آنچه تاکنون در ارتباط با آن انجام شده مسلط گردند و بتوانند با آشنایی بیشتر وبدون نیاز به دوباره کاری تحقیقات معتبرتری در راستای ارتقاء سطح علم و دانش این حوزه ارائه دهند. یافته‌های اصلی این تحقیق عبارتنداز:

۱- ۵۱ مقاله مرتبط با موضوع در مجلات علمی معتبر با مدیریت پروژه وصنعت احداث یافت شد. مقالات بر اساس سال انتشار مورد بررسی قرار گرفت که سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ بیشترین مقالات منتشر شده در رابطه با موضوع بوده و ژورنال اتوماسیون در ساخت و ساز با ۶ مقاله بیشترین سهم را در مقالات منتشر شده را داشت. کشور آمریکا با ۲۶ مقاله بیشترین سهم را در مقالات مرور شده داشت و بر اساس تعداد نویسندگان مقالات منتشر شده تمامی مقالات حاصل پژوهش مشترک محققین بوده و هیچ مقاله‌ای حاصل پژوهش یک نویسنده نمی باشد.

۲- بر اساس بررسی صورت گرفته در رابطه با موضوع اصلی مقالات، مدیریت پروژه‌های ساختمانی با ۳۶٪ پرتکرارترین موضوع می‌باشد و هدف محققین در مقالات کاربردهای سیستم هوایی بدون سرنشین در پروژه‌های صنعت احداث بوده که ۴۳٪ هدف مقالات می‌باشد.

۳- پس از بررسی تمامی مقالات و حوزه‌های کاربرد سیستم هوایی بدون سرنشین در صنعت احداث، ۸ مورد از کاربردهای اصلی این سیستم در مقاله معرفی شد، و بازرسی ایمنی و بررسی سایت هرکدام با ۲۳٪ پرتکرارترین کاربرد این سیستم در صنعت احداث معرفی شد. اکثر محققین از سیستم هوایی بدون سرنشین با بال چرخشی استفاده کردند و فقط ۲ محقق از سیستم هوایی بدون سرنشین با بال ثابت استفاده کردند که به آنها اشاره شد.

۴- پس از بررسی مقالات منشر شده عکاسی از پروژه بیشترین روش تحقیق در مقالات بوده که در ۴۶٪ از مقالات منتشر شده استفاده شد.

۵- بررسی‌ها نشان می‌دهد که محققین در مقالات منتشر شده به دنبال پرداخت به رویکرد مدیریتی در استفاده از فناوری‌های نوین هستند.

۶- پس از بررسی صورت گرفته، کاهش هزینه‌های بازرسی، افزایش ایمنی در سایت هر کدام با ۱۷ بار تکرار در مقالات مهمترین منفعت حاصل از استفاده از این سیستم می‌باشد. چالش‌های سخت‌افزار و فناوری با ۱۷ بار تکرار در مقالات مهمترین چالش که این صنعت در استفاده از این سیستم با آن روبه رو است. محدودیت فناوری با ۱۵ با تکرار در مقالات مهمترین محدودیتی می‌باشد که محققین به آن اشاره داشتند.

۷- پیشنهادات محققین که در مقالات منتشر شده آورده شده بود در جدولی تنظیم و ارائه شد. (جدول ۶) یافته‌های تحقیقات صورت گرفته بر اساس اصل موضوع و هدف تحقیق مورد بررسی قرار گرفت .

انتظار می‌رود با گسترش روزافزون فناوری و همسویی مدیریت پروژه و علم احداث با پیشرفت‌ها و فناوری‌های جدید، قابلیت‌ها و کاربرد فناوری‌ها نیز ارتقا یابد [۶۰]. در آینده نزدیک، سیستم‌های هوایی بدون سرنشین به طور گسترده‌تری در صنعت احداث استفاده خواهند شد. با ادامه پیشرفت فنی در حسگرهای سیستم هوایی بدون سرنشین و ویژگی‌های خودمختاری، عملیات سیستم هوایی بدون سرنشین ایمن‌تر و موثرتر خواهد شد. بازار رو به رشد سیستم‌های هوایی بدون سرنشین مصرف کنندگان، تولیدکنندگان را تشویق می‌کند تا محصولات بهتری را با قیمت‌های مقرون به صرفه تر ارائه دهند. به عنوان بخش عمده ای از حوزه وسیع نوآوری صنعت احداث در سال ۲۰۲۳، سیستم‌های هوایی بدون سرنشین را می‌توان با بسیاری از فناوری‌های دیگر مانند واقعیت مجازی و افزوده، فناوری‌های پوشیدنی، سیستم‌های کاملاً خودمختار ، راه‌حل‌های متصل هوشمند، هوش مصنوعی و تجزیه و تحلیل پیش‌بینی‌کننده یادگیری ماشین ترکیب کرد. فرصت‌های نامحدود پتانسیل فوق العاده ای را برای صنعت احداث ارائه می‌دهد .

برای انطباق با تغییراتی که سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در صنعت احداث ایجاد می‌کنند، مطالعات بیشتری باید برای بررسی چالش‌های قانونی، اجتماعی، مالی و تکنولوژیکی استفاده از سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در کارگاه‌های صنعت احداث انجام شود. مطالعات بیشتری برای بررسی اجرای فناوری سیستم‌های هوایی بدون سرنشین برای کاربردهای مختلف صنعت احداث و درک مزایا و چالش‌های چنین پیاده‌سازی برای شیوه‌های ساخت مورد نیاز است. این بررسی ادبیات مقدمه‌ای مفصل و جامع برای ادغام سیستم‌های هوایی بدون سرنشین به صنعت احداث ارائه می‌کند، که می‌تواند شکاف بین صنعت و دانشگاه را پر کند، و به محققان کمک کند تا کاربردهای بالقوه‌ای را که در آن سیستم‌های هوایی بدون سرنشین می‌توانند مفید باشند، شناسایی کنند[۶].

این مزایا در نهایت می‌تواند به محققان کمک کند تا تصمیمات تحصیل‌کرده‌تری در استفاده از فناوری‌های سیستم هوایی بدون سرنشین برای پروژه‌های خود بگیرند. این مطالعه همچنین با ارائه یک بررسی دقیق از وضعیت فعلی تحقیقات سیستم‌های هوایی بدون سرنشین در محیط پروژه‌های صنعت احداث و درک بهتر برای تمرکز بر برنامه‌ها و چالش‌هایی که حداکثر سود را برای صنعت احداث فراهم می‌کند، به زمینه تحقیقاتی کمک می‌کند.

۱۸-۱- محدودیت‌ها و نقاط قوت

در این مقاله مروری بررسی بدون محدودیت زمانی، استفاده از پایگاه‌های مختلف منابع علمی روند سیستماتیک برای بازیابی و تجزیه و تحلیل ادبیات توسط یک محقق بررسی و تایید نتایج توسط استاد دانشگاه، تعریف شفاف معیارهای رد یا پذیرش و حتی ارائه گزارش مقالات رد شده از نقاط قوت این مقاله می‌باشد.

اگر چه محدود کردن مقالات به زبان انگلیسی و نیز بررسی بر اساس اینترنت، با توجه به گستردگی موضوع سیستم‌های هوایی بدون سرنشین این بررسی به روش آرکسی و اومالی ممکن است، باعث ایجاد محدودیت گردد.

۱۹- مراجع

1. Irizarry, J., Gheisari, M., & Walker, B. N. (2012). Usability assessment of drone technology as safety inspection tools. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 17(12), 194-212 .

2. Rachmawati, T. S. N., & Kim, S. (2022). Unmanned Aerial Vehicles (UAV) Integration with Digital Technologies toward Construction 4.0: A Systematic Literature Review. Sustainability, 14(9), 5708 .

3. Liu, P., Chen, A. Y., Huang, Y.-N., Han, J.-Y., Lai, J.-S., Kang, S.-C., Wu, T.-H., Wen, M.-C., & Tsai, M.-H. (2014). A review of rotorcraft unmanned aerial vehicle (UAV) developments and applications in civil engineering. Smart Struct. Syst, 13(6), 1065-1094

4. Howard, J., Murashov, V., & Branche, C. M. (2018). Unmanned aerial vehicles in construction and worker safety. American journal of industrial medicine, 61(1), 3-10 .

5. Jenkins, D., & Vasigh, B. (2013). The economic impact of unmanned aircraft systems integration in the United States. Association for Unmanned Vehicle Systems International (AUVSI) .

6. Zhou, S., & Gheisari, M. (2018). Unmanned aerial system applications in construction: a systematic review. Construction Innovation .

7. Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: advancing the methodology. Implementation science, 5, 1-9.

8. Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. International journal of social research methodology, 8(1), 19-32.

9. Siebert, S., & Teizer, J. (2014). Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. Automation in Construction, 41, 1-14. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.01.004

10. Irizarry, J., & Costa, D. B. (2016). Exploratory study of potential applications of unmanned aerial systems for construction management tasks. Journal of Management in Engineering, 32(3), 05016001 .

11. Melo, R. R. S. d., Costa, D. B., Álvares, J. S., & Irizarry, J. (2017). Applicability of unmanned aerial system (UAS) for safety inspection on construction sites. Safety Science, 98, 174-185. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.06.008

12. Moeini, S., Oudjehane, A., Baker, T., & Hawkins, W. (2017). Application of an interrelated UAS بیم-system for construction progress monitoring, inspection and project management. PM World J. VI (VIII), 1-13 .

13. Mosly, I. (2017). Applications and issues of unmanned aerial systems in the construction industry. Safety, 21(23), 31 .

14. Pecoraro, J., Harper, C., & Wang, C. (2017). Unmanned aircraft systems in construction and agriculture: Uses, benefits, challenges, and why companies choose to invest. Journal of Construction Engineering and Project Management, 7(2), 34-44 .

15. Wells, J. L., Lovelace, B., & Kalar, T. (2017). Use of unmanned aircraft systems for bridge inspections. Transportation Research Record, 2612(1), 60-66.

16. Zhou, Z., Irizarry, J., & Lu, Y. (2018). A multidimensional framework for unmanned aerial system applications in construction project management. Journal of Management in Engineering, 34(3), 04018004.

17. Dorafshan, S., & Maguire, M. (2018). Bridge inspection: human performance, unmanned aerial systems and automation. Journal of Civil Structural Health Monitoring, 8(3), 443-476.

18. Xu, Y., & Turkan, Y. (2019). Bridge inspection using bridge information modeling (BrIM) and unmanned aerial system (UAS). In Advances in informatics and computing in civil and construction engineering (pp. 617-624). Springer.

19. Álvares, J. S., Costa, D. B., & de Melo, R. R. S. (2018). Exploratory study of using unmanned aerial system imagery for construction site 3D mapping. Construction Innovation.

20. Dorafshan, S., Thomas, R. J., & Maguire, M. (2018). Fatigue crack detection using unmanned aerial systems in fracture critical inspection of steel bridges. Journal of bridge engineering, 23(10), 04018078.

21. Seo, J., Duque, L., & Wacker, J. P. (2018). Field application of UAS-based bridge inspection. Transportation Research Record, 2672(12), 72-81.

22. Rakha, T., & Gorodetsky, A. (2018). Review of Unmanned Aerial System (UAS) applications in the built environment: Towards automated building inspection procedures using drones. Automation in Construction, 93, 252-264.

23. Yoon, H., Shin, J., & Spencer Jr, B. F. (2018). Structural displacement measurement using an unmanned aerial system. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 33(3), 183-192.

24. Gheisari, M., & Esmaeili, B. (2019). Applications and requirements of unmanned aerial systems (UASs) for construction safety. Safety Science, 118, 230-240 .

25. Li, Y., & Liu, C. (2019). Applications of multirotor drone technologies in construction management. International Journal of Construction Management, 19(5), 401-412 .

26. de Melo, R. R. S., & Costa, D. B. (2019). Integrating resilience engineering and UAS technology into construction safety planning and control. Engineering, Construction and Architectural Management .

27. Vanderhorst, H. R., Suresh, S., & Renukappa, S. (2019). Systematic literature research of the current implementation of unmanned aerial system (UAS) in the construction industry.

28. Xu, Y., & Turkan, Y. (2020). BrIM and UAS for bridge inspections and management. Engineering, Construction and Architectural Management, 27(3), 785-807.

29. Liao, Y., & Wood, R. L. (2020). Discrete and distributed error assessment of UAS-SfM point clouds of roadways. Infrastructures, 5(10), 87.

30. Kim, S., & Irizarry, J. (2020). Exploratory study of user-perceived effectiveness of unmanned aircraft system (UAS) integration in visual inspections of transportation agency. Innovative Infrastructure Solutions, 5(3), 1-17.

31. Kim, S., Irizarry, J., & Costa, D. B. (2020). Field test-based UAS operational procedures and considerations for construction safety management: a qualitative exploratory study. International Journal of Civil Engineering, 18(8), 919-933.

32. Kim, S., Irizarry, J., & Kanfer, R. (2020). Multilevel goal model for decision-making in UAS visual inspections in construction and infrastructure projects. Journal of Management in Engineering, 36(4), 04020036.

33. Achuthan, K., Hay, N., Aliyari, M., & Ayele, Y. Z. (2021). A digital information model framework for uas-enabled bridge inspection. Energies, 14(19), 6017.

34. Kim, K., Kim, S., & Shchur, D. (2021). A UAS-based work zone safety monitoring system by integrating internal traffic control plan (ITCP) and automated object detection in game engine environment. Automation in Construction, 128, 103736.

35. Kazaz, B., Poddar, S., Arabi, S., Perez, M. A., Sharma, A., & Whitman, J. B. (2021). Deep Learning-Based Object Detection for Unmanned Aerial Systems (UASs)-Based Inspections of Construction Stormwater Practices. Sensors, 21(8), 2834.

36. Chen, X., Chang-Richards, A. Y., Pelosi, A., Jia, Y., Shen, X., Siddiqui, M. K., & Yang, N. (2022). Implementation of technologies in the construction industry: a systematic review. Engineering, Construction and Architectural Management, 29(8), 3181-3209.

37. Martinez, J. G., Albeaino, G., Gheisari, M., Issa, R. R., & Alarcón, L. F. (2021). iSafeUAS: An unmanned aerial system for construction safety inspection. Automation in Construction, 125, 103595.

38. Cho, J.-W., Lee, J.-K., & Park, J. (2021). Large-Scale Earthwork Progress Digitalization Practices Using Series of 3D Models Generated from UAS Images. Drones, 5(4), 147.

39. Albeaino, G., & Gheisari, M. (2021). Trends, benefits, and barriers of unmanned aerial systems in the construction industry: a survey study in the United States. J. Inf. Technol. Constr., 26, 84-111.

40. Guan, S., Huang, Y., Wang, G., Sirianni, H., & Zhu, Z. (2022). An Error Prediction Model for Construction Bulk Measurements Using a Customized Low-Cost UAS-LIDAR System. Drones, 6(7), 178.

41. Liu, Y., Han, K., & Rasdorf, W. (2022). Assessment and Prediction of Impact of Flight Configuration Factors on UAS-Based Photogrammetric Survey Accuracy. Remote sensing, 14(16), 4119.

42. Vanderhorst, H. D. R., Heesom, D., Suresh, S., Renukappa, S., & Burnham, K. (2022). Barriers and cost model of implementing unmanned aerial system (UAS) services in a decentralised system: case of the Dominican Republic. Construction Innovation(ahead-of-print).

43. Santos, R., Ribeiro, D., Lopes, P., Cabral, R., & Calçada, R. (2022). Detection of exposed steel rebars based on deep-learning techniques and unmanned aerial vehicles. Automation in Construction, 139, 104324.

44. Gonçalves, D., Gonçalves, G., Pérez-Alvávez, J. A., & Andriolo, U. (2022). On the 3D Reconstruction of Coastal Structures by Unmanned Aerial Systems with Onboard Global Navigation Satellite System and Real-Time Kinematics and Terrestrial Laser Scanning. Remote sensing, 14(6), 1485.

45. Li, H., Chen, Y., Liu, J., Zhang, Z., & Zhu, H. (2022). Unmanned Aircraft System Applications in Damage Detection and Service Life Prediction for Bridges: A Review. Remote sensing, 14(17), 4210.

46. Rodriguez-Gonzalvez, P., Gonzalez-Aguilera, D., Lopez-Jimenez, G., & Picon-Cabrera, I. (2014). Image-based modeling of built environment from an unmanned aerial system. Automation in Construction, 48, 44-52.

47. Wang, X., Al-Shabbani, Z., Sturgill, R., Kirk, A., & Dadi, G. B. (2017). Estimating earthwork volumes through use of unmanned aerial systems. Transportation Research Record, 2630(1), 1-8.

48. Jalinoos, F., Amjadian, M., Agrawal, A. K., Brooks, C., & Banach, D. (2020). Experimental evaluation of unmanned aerial system for measuring bridge movement. J. Bridge Eng, 25(1), 04019132.

49. Sellevold, E., May, T., Gangi, S., Kulakowski, J., McDonnell, I., Hill, D., & Grabowski, M. (2020). Asset tracking, condition visibility and sustainability using unmanned aerial systems in global logistics. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 8, 100234.

50. Rahnamayiezekavat, P., Mourad, M., Mostafa, S., Moon, S., & Senaratne, S. (2022). Enriching BIM with Unmanned Aerial Systems Data for Enhancing Construction Management Operations. Sustainability, 14(18), 11362.

51. Rey, R. O., de Melo, R. R. S., & Costa, D. B. (2021). Design and implementation of a computerized safety inspection system for construction sites using UAS and digital checklists – Smart Inspecs. Safety Science, 143, 105430.

52. Ajayi, O. G., Oyeboade, T. O., Samaila-Ija, H. A., & Adewale, T. J. (2020). Development of a UAV-based system for the semi-automatic estimation of the volume of earthworks. Reports on Geodesy and Geoinformatics, 110(1), 21-28.

53. Wang, G., Hollar, D., Sayger, S., Zhu, Z., Buckeridge, J., Li, J., Chong, J., Duffield, C., Ryu, D., & Hu, W. (2016). Risk considerations in the use of unmanned aerial vehicles in the construction industry. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 6(4).

54. Dorafshan, S., Thomas, R. J., Coopmans, C., & Maguire, M. (2019). A practitioner's guide to small unmanned aerial systems for bridge inspection. Infrastructures, 4(4), 72.

55. Kielhauser, C., Renteria Manzano, R., Hoffman, J. J., & Adey, B. T. (2020). Automated construction progress and quality monitoring for commercial buildings with unmanned aerial systems: An application study from Switzerland. Infrastructures, 5(11), 98.

56. Benz, A., Taraben, J., Debus, P., Habte, B., Oppermann, L., Hallermann, N., Voelker, C., Rodehorst, V., & Morgenthal, G. (2021). Framework for a UAS-based assessment of energy performance of buildings. Energy and Buildings, 250, 111266.

57. Hubbard, B., & Hubbard, S. (2021). Utilization of UAS data by transportation agencies: building on the experience of construction contractors. International Journal of Construction Management, 1-13.

58. Hubbard, S., & Hubbard, B. (2020). A method for selecting strategic deployment opportunities for Unmanned aircraft systems (UAS) for transportation agencies. Drones, 4(3), 29.

59. Cohn, P., Green, A., Langstaff, M., & Roller, M. (2017). Commercial drones are here: The future of unmanned aerial systems. McKinsey & Company.