



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Evaluation of Accuracy in Image-Based Navigation

M. Ezazi, M. Shirazian*, F. Hosseinali, F. Hajmohammadtatar

Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

ABSTRACT

Received: 25 May 2023
Reviewed: 8 August 2023
Revised: 05 September 2023
Accepted: 24 October 2023

KEYWORDS:

GNSS
Image Matching
Indoor Positioning
Navigation

* Corresponding author

✉ m.shirazian@sru.ac.ir

☎ (+9821) 22970021

Background and Objectives: The field of navigation, which is widely recognized as one of the most efficient and effective means of reaching a desired destination, holds immense significance in today's society. In order to cater to the needs of users by providing them with accurate routes to their intended destinations, navigation systems rely on the determination of the mobile location and the destination on the map. At present, the majority of location-based services heavily rely on navigation systems that utilize the Global Navigation Satellite System (GNSS) for determining the mobile location. However, it is crucial to acknowledge that this method is not applicable in indoor environments due to a multitude of limitations. Consequently, in order to overcome these limitations, a plethora of technologies have been developed for indoor positioning, such as Wi-Fi, Bluetooth, Inertial Navigation System (INS), ultrasonics, and acoustic waves. The range of applications involved in location-based services varies depending on the position quality (uncertainty), ranging from prevalent navigation that requires accuracy in the tens of meters to precise automatic object location that necessitates centimeter-level accuracy. The focus of this specific study is centered upon the utilization of image-based methods as a novel approach to address the problem of indoor mobile positioning.

Methods: The implementation of the image-based navigation method presents a series of challenges that must be comprehensively addressed in order to ensure its accuracy, efficiency, and cost-effectiveness. Extensive research has been conducted to tackle these challenges, and the aim of this study is to contribute to the existing knowledge base by delving into the accuracy requirements of the image-based navigation technique. To achieve this, a meticulous 3D model of the building was meticulously created, and the position of the image focal point was determined as the mobile location through the utilization of photography and image matching techniques. It is important to highlight the fact that this particular technique capitalizes on the widespread availability of current mobile phones, which are equipped with cameras, thereby rendering it an incredibly inexpensive, rapid, efficient, and accurate solution for indoor navigation.

Findings: The primary outcome of this study revolves around the assessment of positioning accuracy using the proposed image-based navigation method. The results obtained from this research possess significant implications for the design and development of an optimal image-based navigation system. The numerical analysis showcases an impressive average planimetric accuracy of 2.5 centimeters, thereby underscoring the efficacy of the proposed method in achieving precise indoor navigation.

Conclusion: In light of the findings derived from this study, it can be conclusively affirmed that the proposed image-based navigation method possesses a level of accuracy that fulfills all indoor navigation requirements. Furthermore, the widespread adoption of smartphones among the general population ensures that the utilization of this method is highly feasible. The outcomes of this study strongly bolster the applicability of the image-based navigation method for a myriad of indoor navigation applications, as well as certain close-range outdoor applications. Thus, it is evident that this research has paved the way for the implementation of a reliable and efficient navigation solution in both indoor and outdoor environments.



NUMBER OF REFERENCES

31



NUMBER OF FIGURES

12



NUMBER OF TABLES

6

مقاله پژوهشی

ارزیابی دقت در ناوبری مبتنی بر عکس

مجید اعزازي، مسعود شیرازیان*، فرهاد حسینعلی، فرزاد حاج محمود عطار

گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: عمل ناوبری که به عنوان یکی از سودمندترین و مؤثرترین ابزارها برای رسیدن به مقصد مطلوب شناخته می‌شود، نقش بیشک و حیاتی در جامعه معاصر ایفا می‌کند. به منظور پاسخگویی به نیازهای کاربرانی که به دنبال مسیری به مقصد مورد نظر خود هستند، سامانه های ناوبری به شدت به تعیین مکان تلفن همراه و مقصد مورد نظر بر روی نقشه متکی هستند. در حال حاضر، اکثریت قابل توجهی از خدمات مبتنی بر مکان به شدت به سامانه های ناوبری متکی هستند که از سامانه ماهواره ناوبری جهانی (GNSS) برای تعیین مکان تلفن همراه استفاده می‌کنند. با این حال، بسیار مهم است که اذعان کنیم که این روش خاص به دلیل محدودیت‌های فراوان در محیط‌های داخلی قابل اجرا نیست. به منظور غلبه بر محدودیت‌های فوق‌الذکر، فناوری‌های زیادی برای موقعیت‌یابی داخلی توسعه یافته اند، که شامل Wi-Fi، بلوتوث، سامانه ناوبری اینرسی (INS)، اولتراسونیک و امواج صوتی است، اما محدود به آن‌ها نیست. بسته به کیفیت موقعیت، دامنه برنامه‌های درگیر در خدمات مبتنی بر مکان می‌تواند بسیار متفاوت باشد. این محدوده، شامل سامانه‌های ناوبری رایج است که نیاز به دقت تا ده‌ها متر دارند، و همچنین سامانه‌های دقیق مکان‌یابی خودکار شیء که نیاز به دقت در سطح سانتی‌متر دارند. در زمینه این مطالعه خاص، یک رویکرد انقلابی که از روش‌های مبتنی بر تصویر استفاده می‌کند برای مقابله با مشکل موقعیت‌یابی موبایل داخلی استفاده شده است.

روش‌ها: اجرای روش ناوبری مبتنی بر تصویر، چالش‌های بی‌شماری را به وجود می‌آورد که نیاز به بررسی و کاهش کامل به منظور اطمینان از حداکثر دقت، کارایی و مقرون به صرفه بودن دارد. تحقیقات گسترده و جامع برای رسیدگی به این چالش‌ها انجام شده است و هدف اصلی این مطالعه، کمک به پایگاه دانش موجود با بررسی نیازهای دقت تکنیک ناوبری مبتنی بر تصویر است. برای رسیدن به این هدف، یک مدل سه بعدی پیچیده و مفصل از ساختمان مورد نظر با دقت ایجاد شد و موقعیت نقطه کانونی تصویر به عنوان مکان تلفن همراه با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته عکاسی و تطبیق تصویر تعیین شد. ضروری است که برجسته و تأکید کنیم که این تکنیک خاص از حضور گسترده تلفن‌های همراه فعلی که مجهز به دوربین‌های با کیفیت بالا هستند، استفاده می‌کند و در نتیجه، آن را به یک راه حل فوق‌العاده ارزان، سریع، کارآمد و دقیق برای ناوبری داخلی تبدیل می‌کند.

یافته‌ها: نتیجه اولیه این مطالعه، حول ارزیابی جامع دقت موقعیت‌یابی حاصل از استفاده از روش ناوبری مبتنی بر تصویر پیشنهادی است. نتایج حاصل از این پژوهش، پیامدهای عمیق و اساسی برای طراحی و توسعه یک سامانه ناوبری بهینه مبتنی بر تصویر دارد. تجزیه و تحلیل عددی عمیق، دقت پلانتری متوسط فوق‌العاده ۲.۵ سانتی‌متر را نشان می‌دهد، بنابراین، اثربخشی شدید روش پیشنهادی در دستیابی به دقت بی‌نظیر در حوزه ناوبری داخلی را تأکید می‌کند.

نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌های حاصل از این مطالعه دقیق، می‌توان به‌طور قاطع و صریح نتیجه گرفت که روش ناوبری مبتنی بر تصویر پیشنهادی در واقع، دارای سطح دقت لازم برای تحقق کلیه الزامات ناوبری داخلی است. علاوه بر این، شیوع گسترده و پذیرش تلفن‌های هوشمند در میان جمعیت عمومی، استفاده از این روش نوآورانه و پیشگامانه را نه تنها بسیار امکان‌پذیر، بلکه به‌طور فزاینده‌ای عملی می‌کند. نتایج و پیامدهای این مطالعه، به‌طور قاطع و صریح از کاربرد روش ناوبری مبتنی بر تصویر در بسیاری از برنامه‌های ناوبری داخلی و همچنین برخی از برنامه‌های فضای باز با فاصله نزدیک پشتیبانی می‌کند. بنابراین، کاملاً واضح و آشکار است که این تلاش، تحقیقاتی با موفقیت، راه را برای اجرای یکپارچه و کارآمد یک راه‌حل ناوبری قابل اعتماد و قوی در محیط‌های داخلی و خارجی، هموار کرده است.

تاریخ دریافت: ۰۴ خرداد ۱۴۰۲
تاریخ داوری: ۱۷ مرداد ۱۴۰۲
تاریخ اصلاح: ۱۴ شهریور ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۰۲ آبان ۱۴۰۲

واژگان کلیدی:

انطباق تصویر
تعیین موقعیت در داخل محیط
سامانه ماهواره ناوبری جهانی
ناوبری

* نویسنده مسئول

m.shirazian@sru.ac.ir

① ۰۲۱-۲۲۹۷۰۰۲۱

مقدمه

در این تحقیق، از روش مبتنی بر تصویر برای ناوبری داخل ساختمان استفاده شده است. ابتدا، از روش نقشه‌برداری زمینی برای تعیین موقعیت دقیق نقاط کنترل عکسی استفاده شد، سپس عکس‌برداری از منطقه مورد مطالعه انجام شد و با استفاده از نرم‌افزار agisoft ایستگاه‌های برداشت شده مدل سه بعدی داخل ساختمان ساخته شد. در نهایت، برای کنترل مدل سه بعدی و عملکرد سامانه ناوبری از نقاطی با مختصات مشخص (چک پوینت)، عکس‌برداری انجام شده و با تکنیک image matching مختصات مرکز تصویر ایستگاه، محاسبه شد و با مختصات مشخص فوق (که در عملیات نقشه‌برداری به دست آمد) مقایسه و کنترل شد.

روش تحقیق

در این بخش، مبانی نظری روش‌های تعیین موقعیت در فضای بسته مبتنی بر عکس، از جمله موارد مختلفی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند، تشریح می‌شود. مطالب مورد بررسی در این بخش، تکنیک‌ها و فرآیندهای مورد نیاز نقشه‌برداری از داخل ساختمان، تشخیص ویژگی‌های عکس، تطبیق عکس و بازسازی مدل سه بعدی، بومی‌سازی ویژگی‌ها در عکس‌ها توسط آشکارسازها، توصیف و کمی‌سازی ویژگی‌های، الگوریتم‌های دسته‌بندی برای تطبیق عکس و ارزیابی آشکارسازها و توصیفگرها می‌باشد.

نقشه‌برداری از داخل ساختمان: تکنیک‌های نقشه‌برداری از داخل ساختمان: با استفاده از توتال استیشن و با استفاده از روش‌های پیمایش، ترفیع و تقاطع، موقعیت نقاط کنترل عکسی و همچنین نقاط چک به‌طور دقیق مشخص گردید.

تشخیص و تطبیق ویژگی عکس: تکنیک‌های مختلفی برای نیل به این هدف وجود دارد [۱۹]. ویژگی‌های محلی و سراسری عکس: در دید کامپیوتری، ویژگی به‌عنوان توصیفی از خصوصیات قابل اندازه‌گیری یک شیء در تصویر تعریف می‌شود. این ویژگی‌ها، می‌توانند مشخصه‌هایی از شیء مانند گوشه‌ها، رنگ، بافت و شکل باشند و برای ارزیابی و مقایسه عکس‌ها استفاده می‌شوند. ویژگی‌ها، به دو نوع تقسیم می‌شوند: عمومی (مانند رنگ و بافت) و در حوزه‌های خاص (مانند اشیاء خاص مانند اتومبیل یا صورت انسان). این ویژگی‌ها می‌توانند محلی (محدود به یک قسمت خاص از تصویر) یا سراسری (برای کل تصویر) باشند.

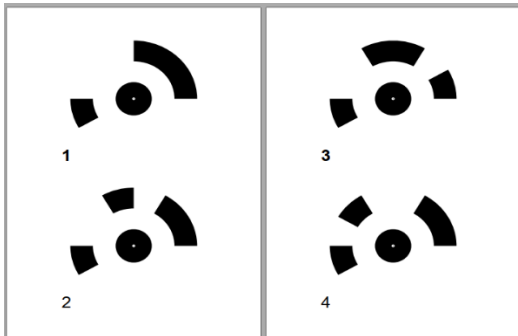
موضوعاتی در حوزه کامپیوتری وابسته به تشخیص ویژگی‌های عکس، تطبیق تصاویر و بازسازی مدل‌های سه بعدی مورد تحقیق قرار دارند. تلاش‌های اولیه در تشخیص ویژگی‌های عکس به محدودیت‌های لبه‌ها و گوشه‌ها، محدود بوده است. در حال حاضر، الگوریتم‌های تشخیصی با مقیاس واقعی برای تطبیق بافت‌ها، رنگ‌ها، شکل و بخش‌بندی توسعه یافته‌اند که یکی از مهم‌ترین چالش‌های دید کامپیوتری را معرفی می‌کنند. در سال ۲۰۰۱، لو با طراحی الگوریتم‌های تشخیص ویژگی پیشرفت کرد و ویژگی‌های ثابت‌مقیاس در عکس‌ها را به‌موقع توصیف

به‌طور معمول امروزه، از شبکه‌های ارتباطی بی‌سیم برای آگاهی از موقعیت جغرافیایی اشیاء، افراد و حیوانات استفاده می‌شود. برخورداری از دانش مکان محور از ضروریات اساسی برای ایجاد یک ساختمان هوشمند است [۱-۴]. هرچند که سامانه‌های ناوبری ماهواره‌ای جهانی (GNSS) اکثراً برای تعیین موقعیت به کار می‌روند، اما به دلیل تلفاتی که از انتشار سیگنال‌ها ناشی می‌شود، نمی‌توان آن‌ها را به‌طور مؤثر برای تشخیص موقعیت در داخل ساختمان‌ها مورد استفاده قرار داد [۵-۹]. در سال‌های اخیر، با گسترش تلفن‌های همراه هوشمند و دیگر دستگاه‌های بی‌سیم، مجموعه‌ای وسیع از خدمات از جمله موقعیت‌یابی در داخل ساختمان فراهم شده است. مکان‌یابی در داخل ساختمان، فرآیندی است که موقعیت یک دستگاه یا کاربر در محیط داخلی را مشخص می‌کند. اخیراً، موقعیت‌یابی دستگاه‌ها در صنعت و شبکه‌های حسگر بی‌سیم و روباتیک مورد بررسی قرار گرفته است [۱۰-۱۴]. موقعیت‌یابی و ردیابی این دستگاه‌ها، مترادف با موقعیت‌یابی و ردیابی کاربران است و طیف گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی و خدمات مرتبط را فعال کرده است [۱۵-۱۸]. گسترش چشمگیر بهره‌مندی از تلفن‌های همراه هوشمند، استفاده از سامانه‌های ناوبری مبتنی بر تصویر را امری ارزان و امکان‌پذیر می‌نماید.

کاواچی و همکاران [۲] یک سامانه محلی‌سازی داخلی با استفاده از تصاویر پانوراما ارائه داده‌اند. این سامانه از دوربین همه‌جهته (omnidirection) برای عکاسی در یک موزه استفاده کرده و ویژگی‌های تصویر با PCA-SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) استخراج شده‌اند. جستجوی تصویر، با تقسیم کردن اطلاعات حساس محلی و فیلتر کردن نقاط پرت RAN-SAC انجام شده است. این سامانه با دقت بالا (۷۸٪ - ۹۱٪) و زمان پاسخ سریع (میانگین ۳/۱۱ ثانیه) موقعیت‌یابی در داخل موزه را انجام می‌دهد. با این حال، این سامانه فقط از تصاویر به‌عنوان ورودی استفاده می‌کند و نمی‌تواند برای پرس‌وجو از تصاویر، مورد استفاده قرار گیرد؛ بنابراین، کاربران نمی‌توانند از آن برای ناوبری در داخل ساختمان استفاده کنند.

چن و همکاران [۳] یک سامانه ناوبری داخلی با استفاده از بینایی پیشنهاد کردند که بر اساس تصاویر متوالی کار می‌کند. این سامانه از حرکات کاربران بر اساس تغییرات در تصاویر تشکیل شده است که توسط یک حسگر تشخیص داده می‌شوند. الگوریتم آن‌ها ابتدا خطوط را تشخیص داده و نقطه ناپدید را که خطوط همگرا می‌شوند، محاسبه می‌کند. این الگوریتم، به برنامه امکان می‌دهد حدس بزند که کاربر به کجا می‌رود، اما نیاز به ساختارهای قابل تشخیص دارد و به حسگرهای اضافی نیاز دارد. ورنر و همکاران [۴] یک برنامه ناوبری داخلی بدون حسگرهای اضافی توسعه دادند. آن‌ها، از الگوریتم SURF برای تشخیص ویژگی‌ها استفاده کرده‌اند و از روش تخمین فاصله بین ابعاد شیء در تصاویر مختلف، استفاده می‌کنند.

تعیین موقعیت اهداف کددار (نقاط کنترل عکسی) ابتدا ۳۴ عدد هدف کددار را که به صورت شکل ۳ می باشد، چاپ شد. سپس هر یک از آنها، در نقاط مختلف طبقه همکف دانشکده عمران با فاصله های مناسب مانند شکل ۴ بر روی دیوارها قرار گرفتند.



شکل ۳: اهداف کددار
Fig. 3: Coded targets



شکل ۴: هدف نصب شده بر روی دیوار
Fig. 4: Mounted target on the wall

در طبقه همکف دانشکده مهندسی عمران، یک پیمایش آنتنی بسته با ۱۴ نقطه انجام شد. از طریق یک نقطه فرضی با مختصات (۵۰۰، ۵۰۰) و مشاهدات طول و زاویه افقی از دوربین توتال استیشن، این پیمایش با دقت مسطحاتی ۴ میلی متر حل شد (شکل ۵). اکنون، تمامی این ۱۴ نقطه، دارای مختصات هستند. دوربین توتال استیشن در ایستگاه های مختلف به نحوی مستقر شد که به اهداف روی دیوار و حداقل به ۲ نقطه از نقاط پیمایش دید داشته باشد. با استفاده از ۲ نقطه از نقاط پیمایش، مختصات مرکز اهداف کددار توسط دوربین توتال استیشن توجیه شدند و ذخیره شدند.

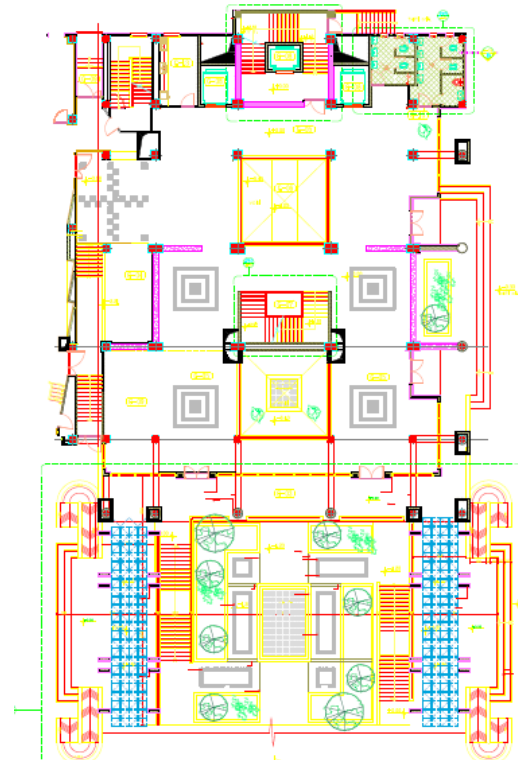


شکل ۵: استقرار بر روی نقاط عکس برداری به منظور تعیین دقت موقعیت یابی
Fig. 5: Placement on the photogrammetric points to determine the positioning accuracy

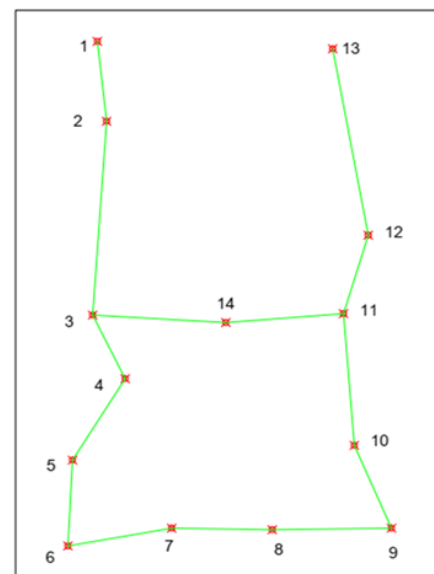
کرد. این کار، الهام بخش بوده و الگوریتم های پیشرفته تری نیز در سال های اخیر پیشنهاد شده اند.

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش، طبقه همکف دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی واقع در محله لویزان شهر تهران است که طرح نقشه طبقه همکف ساختمان عمران در شکل ۱ و نقشه پیمایش آنتنی انجام شده در شکل ۲ مشخص شده است.



شکل ۱: طرح نقشه طبقه همکف دانشکده مهندسی عمران
Fig. 1: Ground floor plan of Civil Engineering Faculty



شکل ۲: پیمایش آنتنی در طبقه همکف
Fig. 2: Surveying on the ground floor

دقیق کالیبره گردد. هدف اصلی از کالیبراسیون دوربین، به دست آوردن المان‌های داخلی دوربین شامل x_p, y_p, c و یعنی خطاهای مربوط به عدسی هست. اکثر روش‌های کالیبراسیون، المان‌های توجیه خارجی دوربین را نیز به دست می‌آورند. معادلات مورد استفاده در کالیبراسیون به صورت رابطه زیر مطرح می‌شود [۲۹، ۳۰]:

$$x_o - x_p + \Delta x = -c_x \frac{m_{11}(X_j - X_{C_i}) + m_{12}(Y_j - Y_{C_i}) + m_{13}(Z_j - Z_{C_i})}{m_{31}(X_j - X_{C_i}) + m_{32}(Y_j - Y_{C_i}) + m_{33}(Z_j - Z_{C_i})} \quad (1)$$

(۲)

$$y_o - y_p + \Delta y = -c_y \frac{m_{21}(X_j - X_{C_i}) + m_{22}(Y_j - Y_{C_i}) + m_{23}(Z_j - Z_{C_i})}{m_{31}(X_j - X_{C_i}) + m_{32}(Y_j - Y_{C_i}) + m_{33}(Z_j - Z_{C_i})} \quad (3)$$

$$\Delta x = \bar{x}(k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6 + \dots) + p_1 (r^2 + 2\bar{x}^2) + 2p_2 \bar{x}\bar{y} + b_1 y \quad (4)$$

$$\Delta y = \bar{y}(k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6 + \dots) + p_2 (r^2 + 2\bar{y}^2) + 2p_2 \bar{x}\bar{y} + a_1 \bar{x} + a_2 \bar{y} + b_1 x + b_2 y \quad (5)$$

$$\bar{x} = x - x_p \quad (6)$$

$$\bar{y} = y - y_p \quad (6)$$

که c مرکز پرسپکتیو، i شماره عکس، i شماره نقطه شیء، c_x, c_y فواصل اصلی، ضرایب k_1, k_2, \dots اعوجاج شعاعی، p_1, p_2 ضرایب اعوجاج مماسی و b_1 و b_2 ضرایب اعوجاج عدم تعامد و کشیدگی تصویر می‌باشند. کالیبراسیون دوربین‌ها، مهم‌ترین پارامترها برای انجام فعالیت‌های عکاسی است. این پارامترها، شامل پارامترهای اعوجاج عدسی (شعاعی و مماسی)، کشیدگی و عدم تعامد سنجنده می‌شوند. روش‌های کالیبراسیون دوربین شامل روش‌های آزمایشگاهی، کالیبراسیون در حین کار و روش سلف کالیبراسیون می‌باشند. روش‌های آزمایشگاهی گران قیمت هستند و در شرایط خاص انجام می‌شوند. روش کالیبراسیون در حین کار، همراه با تعیین مختصات نقاط جسم، پارامترهای کالیبراسیون دوربین نیز محاسبه می‌شود. در روش سلف کالیبراسیون، معادلات شرط هم‌خطی به کار می‌روند که با اضافه کردن شرط‌های ریاضی مناسب، می‌توان خطاها و اعوجاجات موجود در تصویر را حذف کرد و کالیبراسیون دوربین را با دقت مناسب محاسبه نمود [۳۱]:

$$x - x_o = -c \frac{m_{11}(X - X_o) + m_{12}(Y - Y_o) + m_{13}(Z - Z_o)}{m_{31}(X - X_o) + m_{32}(Y - Y_o) + m_{33}(Z - Z_o)} \quad (7)$$

$$y - y_o = -c \frac{m_{21}(X - X_o) + m_{22}(Y - Y_o) + m_{23}(Z - Z_o)}{m_{31}(X - X_o) + m_{32}(Y - Y_o) + m_{33}(Z - Z_o)} \quad (8)$$

که (x, y) مختصات عکسی، (X, Y, Z) مختصات زمینی، x_o, y_o, c پارامترهای توجیه داخلی و $M_{i,j}, X_o, Y_o, Z_o$ پارامترهای توجیه خارجی هستند.

عکس‌برداری با پوشش بالا

از تمامی زوایای طبقه همکف با پوشش بسیار بالا، ۶۷۷ عکس گرفته شد. این عملیات، با استفاده از دوربین موبایل سامسونگ Galaxy A70 انجام شد. وضوح عکس‌های ورودی بر کیفیت نتایج پردازش تأثیر دارد و با افزایش وضوح، دقت نتایج افزایش می‌یابد. تصاویر به صورت افقی گرفته شدند و باید هر نقطه از فضای مورد نظر در چندین عکس دیده شود تا شرط همپوشانی تصاویر رعایت شود. تنظیم درست F-Stop (تقسیم مقدار فاصله کانونی لنز بر اندازه قطر عدسی) و نور دوربین، هنگام عکس‌برداری بسیار حائز اهمیت است؛ در صورت عدم تنظیم صحیح ممکن است به مشکلات منتهی شود. اگر نور در تصویر زیاد باشد و یا بسیار تاریک باشد، تشخیص عوارض به درستی ممکن نخواهد بود و تطبیق تصاویر با مشکل مواجه می‌شود؛ بنابراین، تنظیم نور به گونه‌ای که عوارض مورد نظر واضح دیده شوند، بسیار حائز اهمیت است؛ به علاوه، Stop و سرعت شاتر بهینه به صورت تجربی و با توجه به شرایط نوری محیط، F- باید تنظیم شوند. مشخصات دوربین مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: مشخصات دوربین رقومی غیر متریک مورد استفاده

Table 1: Specifications of the non-metric digital camera used

مدل دوربین Camera model	وضوح Resolution	فاصله کانونی (میلیمتر) Focal length (mm)	ابعاد هر پیکسل (میکرومتر) Pixel size (μm)
Samsung A70	6528 × 4896	3.92	0.8 × 0.8

نتایج و بحث

حل مسأله تعیین موقعیت مرکز تصویر یا متحرک

الگوریتم SIFT از تفاوت گاوسی به عنوان آشکارساز نقطه علاقه استفاده می‌کند و نمایش ویژگی از توزیع گرادیان برخوردار است [۲۰-۲۲]. توصیفگرهای SIFT در برابر مقیاس، چرخش، روشنایی و تاری تغییرناپذیرند و برای حفظ تغییرناپذیری در چرخش و جهت، جهت‌گیری اولیه ارزیابی می‌شود و تصویر محلی به آن جهت چرخش داده می‌شود تا توصیفگرها محاسبه شوند. اندازه توصیفگر SIFT توسط اندازه آرایه هیستوگرام جهت‌گیری $(n \times n)$ و تعداد جهت‌گیری‌ها در هر هیستوگرام (r) کنترل می‌شود؛ بنابراین اندازه $r \times n^2$ است. توصیفگر 128D مانند $n = 4$ و $r = 8$ سایر اندازه‌ها را با توجه به دقت تطبیق جدا کرد [۲۳-۲۷]. توصیفگرها، در اندازه کوچک‌تر منجر به استفاده کمتر از حافظه و داده با ابعاد کوچک‌تر می‌شوند. اما روی دقت، تأثیر منفی می‌گذارند. اکثر تحقیقات نشان داد که SIFT در مجموعه داده‌های مختلف کاملاً قوی است، اگرچه کاملاً کارآمد نیست. از نظر ترکیب آشکارساز و توصیفگر، به نظر می‌رسد بهتر است یک آشکارساز ثابت Affine به همراه توصیفگر SIFT پیاده‌سازی شود [۲۸].

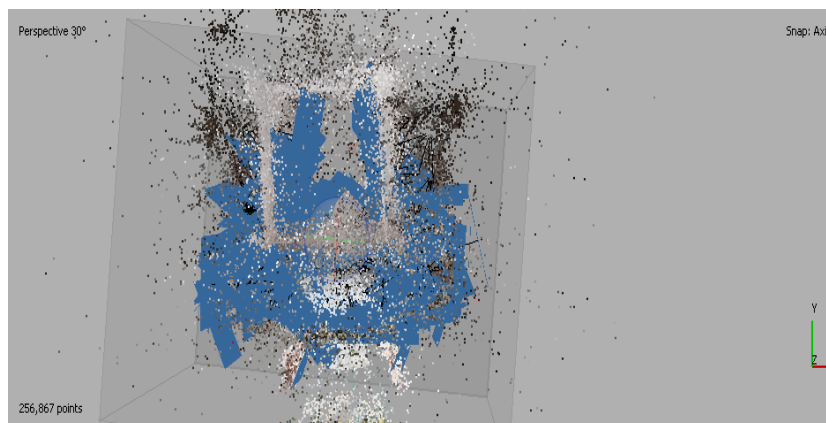
جهت دسترسی به دقت مناسب، می‌بایست برآورد صحیحی از پارامترهای دوربین داشت؛ در نتیجه باید دوربین مورد استفاده به طور

کالیبراسیون انجام گرفت. پس از سلف کالیبراسیون، ضرایب برای دوربین تلفن همراه Galaxy A70 به دست آمد که در جدول ۲ آمده است. نتایج پیاده سازی در شکل‌های ۶ الی ۹ آمده است.

در این پژوهش، به دلیل این که از دوربین غیر متریک تلفن همراه استفاده شد و هزینه انجام روش‌های آزمایشگاهی برای کالیبراسیون این دوربین بسیار زیاد بود، عملیات کالیبراسیون در نرم‌افزار به وسیله روش سلف

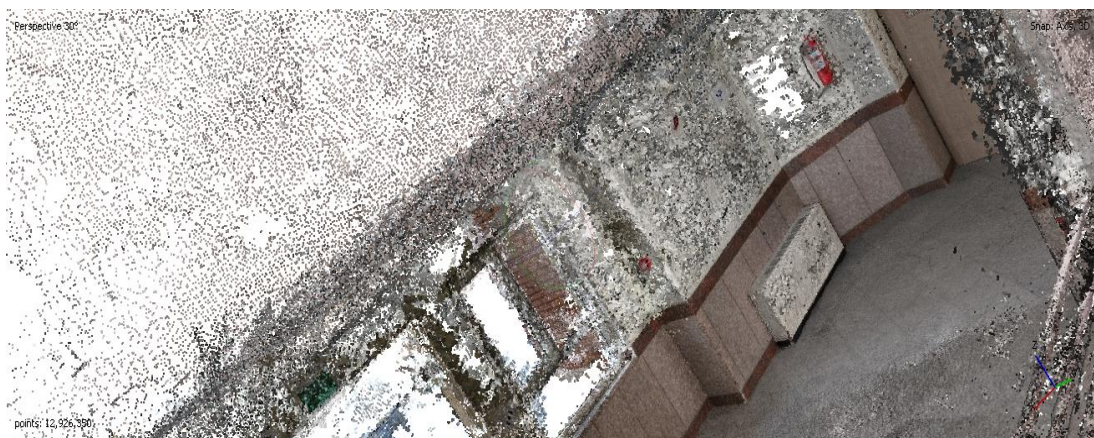
جدول ۲: ضرایب کالیبراسیون و ماتریس همبستگی
Table 2: Calibration coefficients and correlation matrix

پارامتر Parameter	مقدار Value	RMSE	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	499.33	0.04	۱	0.02	-0.4	-0.4	0.37	-0.33	0.04	-0.16
Cx	44.75	0.08		1	0	-0	0.05	-0.05	0.95	0.01
Cy	-1.24107	0.086			1	0.05	-0.1	0.13	0.01	0.86
K1	0.149602	0.000053				1	-1	0.91	-0.04	0.03
K2	0.469941	0.00021					1	-0.98	0.05	-0.11
K3	0.412931	0.00024						1	-0.05	0.11
P1	0.00000424643	4.9E-06							1	0.00
P2	-0.000329377	4.5E-06								1



شکل ۶: خروجی مرحله توجیه نسبی تصاویر و ابر نقاط پراکنده

Fig. 6: The output of the relative orientation level of images and scattered point clouds



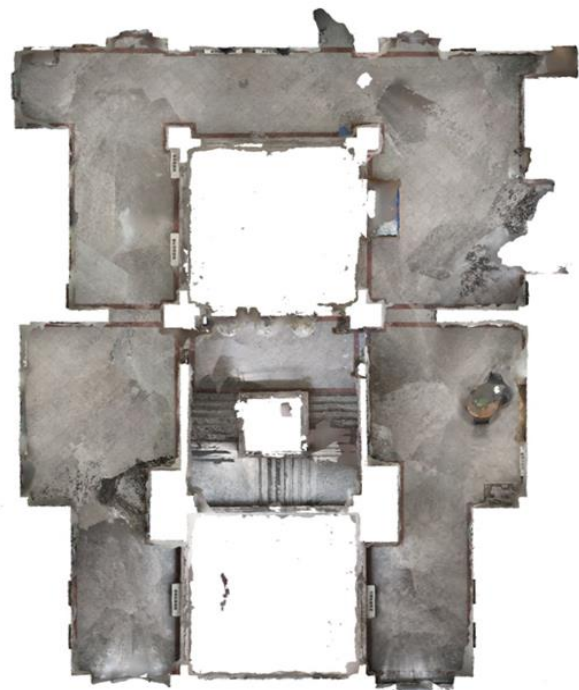
شکل ۷: ابر نقطه متراکم سه بعدی پس از بزرگ‌نمایی

Fig. 7: 3D dense point cloud after zoom in

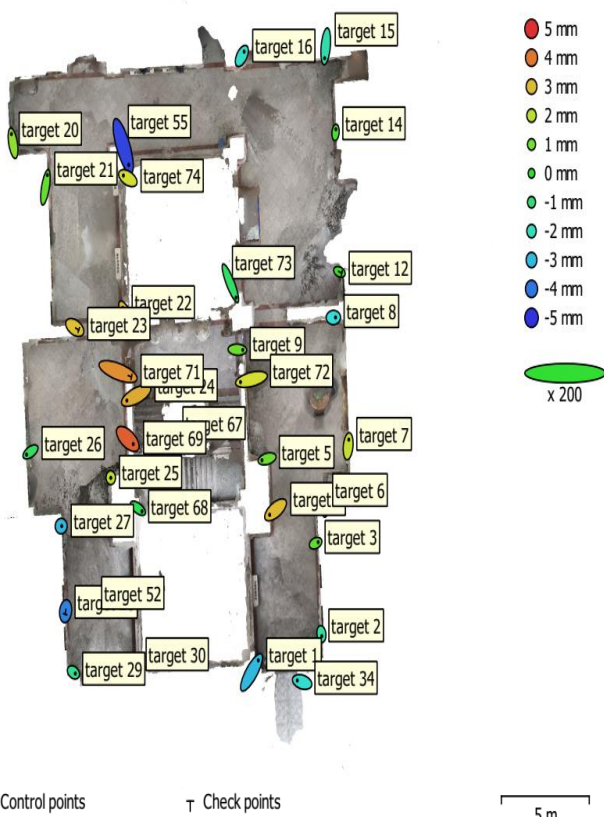


شکل ۸: نتایج حاصل از افزودن بافت تصویر به مدل سه بعدی ساختمان
Fig. 8: The results of adding image texture to the building 3D model

عددی خطای هر کدام از نقاط کنترل آمده‌اند؛ بنابراین خطای نقاط کنترل در راستای محور X $2/5$ میلی‌متر، خطای نقاط کنترل در راستای محور Y $2/8$ میلی‌متر و خطای مجموعی $4/4$ میلی‌متر بوده و همچنین خطای عکسی نقاط کنترل به مجموع $1/14$ پیکسل برآورد شده است. همچنین، خطای نقاط چک در راستای محور X $3/6$ میلی‌متر، خطای نقاط چک در راستای محور Y $2/04$ میلی‌متر و خطای مجموع $5/00$ میلی‌متر بوده و همچنین خطای عکسی نقاط چک به مجموع $1/27$ پیکسل برآورد شده است. کلیه اعداد فوق در سطح اطمینان 95% ارائه شده است.



شکل ۹: مدل سه بعدی طبقه همکف دانشکده عمران از نمای بالا
Fig. 9. 3D model of the ground floor of the Faculty of Civil Engineering from the top view



شکل ۱۰: موقعیت نقاط کنترل و خطای برآورد شده
Fig. 10: Position of control points and calculated error

ارزیابی دقت ساخت مدل سه بعدی

بعد از ساخت مدل سه بعدی، در این مرحله به ارزیابی دقت مدل سه بعدی با استفاده از نقاط کنترل زمینی پرداخته‌ایم. در این تحقیق، نقاط کنترل به تعداد ۲۹ هدف انتخاب شده‌اند و ۵ هدف نیز به عنوان نقاط چک مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مقادیر خطای جذر میانگین مربعات (RMS) برای نقاط کنترل و نقاط چک به ترتیب $3/8$ و $4/2$ میلی‌متر بود. در شکل ۱۰، مکان و خطاهای هر یک از نقاط کنترل زمینی نشان داده شده‌اند. خطاهای مسطحاتی با شکل بیضی نمایش داده شده‌اند و موقعیت تخمینی نقاط کنترل با یک نقطه و نقاط چک با شکل صلیب مشخص شده‌اند. رنگ بیضی‌ها، نشان‌دهنده میزان خطا است. در جدول ۳، مقادیر عددی خطای هر یک از نقاط چک و در جدول ۴، مقادیر

جدول ۳: خطای نقاط چک

Table 3: Check points error

برچسب Label	خطای محور X (میلی متر) X error (mm)	خطای محور Y (میلی متر) Y error (mm)	خطای مجموع (میلی متر) Total error (mm)	خطای عکسی Image error (pixel)
target 12	1.35915	-0.448079	1.43743	0.660 (12)
target 23	2.25752	-1.02472	3.81801	0.937 (22)
target 28	-0.280845	-1.20651	4.019	1.142 (31)
target 67	-1.51188	-3.70051	4.07518	2.179 (11)
target 71	7.61051	-2.1114	8.69516	1.358 (33)
مجموع Total	3.66683	2.04246	5.00017	1.278

جدول ۴: خطای نقاط کنترل

Table 4: Control points error

برچسب Label	خطای محور X (میلی متر) X error (mm)	خطای محور Y (میلی متر) Y error (mm)	خطای مجموع (میلی متر) Total error (mm)	خطای عکسی Image error (pixel)
target 1	3.8	4.8	6.9	1.203 (25)
target 2	0.2	-0.9	1.8	1.044 (26)
target 3	1.5	0.4	1.7	1.238 (18)
target 4	-3.4	-2.0	4.9	0.925 (4)
target 5	-2.9	-0.6	3.1	1.376 (11)
target 6	0.1	3.2	3.3	1.511 (12)
target 7	0.4	2.7	3.4	1.950 (19)
target 8	1.2	0.0	2.7	1.134 (35)
target 9	3.1	-0.1	3.2	1.433 (14)
target 14	0.2	1.3	1.3	0.785 (11)
target 15	-0.6	-4.7	5.1	0.777 (19)
target 16	1.3	1.7	3.1	0.870 (17)
target 20	-0.9	3.7	4.0	0.776 (20)
target 21	1.2	4.9	5.1	0.986 (12)
target 22	-3.0	4.9	6.5	0.837 (3)
target 24	-5.3	-1.9	6.5	0.789 (7)
target 25	0.0	-0.1	2.0	0.696 (11)
target 26	-2.2	-1.1	2.6	1.361 (10)
target 27	0.3	0.0	3.1	0.563 (8)
target 29	1.1	-0.5	1.8	0.586 (18)
target 30	0.6	0.6	1.0	1.160 (23)
target 34	-2.8	0.6	3.6	0.494 (3)
target 52	3.0	-0.5	4.4	0.926 (9)
target 55	3.1	-7.5	9.4	1.134 (4)
target 68	2.3	-1.2	2.7	1.489 (29)
target 69	3.1	-2.1	5.7	1.034 (17)
target 72	-6.2	-1.1	6.8	1.423 (12)
target 73	3.2	-5.7	6.6	0.728 (12)
target 74	-2.5	1.1	3.6	0.949 (16)
مجموع Total	2.6	2.9	4.5	1.143

ارزیابی دقت تعیین موقعیت متحرک

برای ارزیابی دقت تعیین موقعیت متحرک، نقاطی روی مدل انتخاب و مختصات آن نقاط در مدل یافته می‌شود. در ساختمان، ژالن و سه پایه روی نقاط انتخابی تراز و سانتراژ شده و تلفن همراه روی رأس ژالن قرار داده و عکس برداری انجام می‌شود. عکس‌های اخذ شده وارد مدل سه بعدی شده و با استفاده از تطبیق تصاویر و توصیفگر SIFT، موقعیت مورد نظر تعیین می‌شود. مختصات مرکز تصویر دوربین تلفن همراه بدین شکل مشخص می‌شود. سپس با مقایسه این مختصات با مختصات مرکز تصویر دوربین قبل از عکس برداری، خطای تعیین موقعیت مدل محاسبه می‌شود. این عملیات عکس برداری برای ۷ نقطه از محل‌های گوناگون طبقه همکف انجام شد و مختصات به دست آمده از تطبیق تصاویر با مختصات مدل مقایسه شده و خطای تعیین موقعیت در راستای محور X و محور Y محاسبه شده و در جدول ۵ آمده است. موقعیت ۷ نقطه تعیین موقعیت در طبقه همکف به همراه عکس اخذ شده توسط دوربین از محل نقطه Q2 در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ مشاهده می‌شود.



شکل ۱۱: موقعیت ۷ نقطه تعیین موقعیت در طبقه همکف

Fig. 11: Location of seven positioning points on the ground floor



شکل ۱۲: عکس اخذ شده توسط دوربین از محل نقطه Q2

Fig. 12. The photo taken by the camera from the location of point Q2

جدول ۵: محاسبه خطای تعیین موقعیت

Table 5: Calculation of positioning error

نقطه Point	X(Model)	Y(Model)	X(Aligned)	Y(Aligned)	خطای محور X (میلی‌متر) X error (mm)	خطای محور Y (میلی‌متر) Y error (mm)
Q1	490.40	518.17	490.37	518.16	2.32	0.64
Q2	490.64	510.14	490.63	510.19	1.25	-5.15
Q3	488.01	503.54	488.03	503.56	-1.67	-2.87
Q4	499.22	514.14	499.21	514.22	1.10	-7.51
Q5	497.05	521.00	497.03	521.00	2.17	-0.21
Q6	498.87	510.59	498.89	510.60	-1.57	-0.66
Q7	499.02	499.70	499.01	499.74	0.43	-3.71

جدول ۶: مقایسه مدل با حجم عکس‌های متفاوت

Table 6: Comparison of models with different photo sizes

ابعاد پیکسل (میکرومتر) Pixel size (μm)	رزولوشن Resolution	دقت مسطحاتی مدل (متر) Accuracy of planimetric model	تعداد تصاویر تراز شده از ۷۱۲ عکس Number of aligned images from 712 images	حجم متوسط عکس‌ها (مگابایت) Average size of images (MB)
0.8 × 0.8	6528 × 4896	0.0038	708	(Original) 6.5
0.8 × 0.8	1265 × 947	0.0059	696	2
0.8 × 0.8	1024 × 512	0.0155	684	1
0.8 × 0.8	667 × 500	0.926	363	0.5

منابع و مأخذ

- [1] Zafari, F., A. Gkelias, and K.K. Leung, A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2019. 21(3): p. 2568-2599. Doi: 10.1109/COMST.2019.2911558
- [2] Kawaji, H., et al., Image-based indoor positioning system: Fast image matching using omnidirectional panoramic images. 2010. <https://doi.org/10.1145/1878039.1878041>
- [3] Chen SE. Quicktime VR: An image-based approach to virtual environment navigation. In: *Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques*; September 1995; pp. 29-38. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/218380.218395>
- [4] Werner, M., M. Kessel, and C. Marouane. Indoor positioning using smartphone camera. in *2011 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*. 2011 <https://10.1109/IPIN.2011.6071954>
- [5] Uribeetxebarria A, Castellón A, Aizpurua A. A First Approach to Determine if It Is Possible to Delineate In-Season N Fertilization Maps for Wheat Using NDVI Derived from Sentinel-2. *Remote Sens (Basel)* 2022;14(12):2872. <https://doi.org/10.3390/RS14122872>.
- [6] Ishihara Y, Takahashi M. Image-based robot navigation with task achievability. *Front Robot AI*. 2023;10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2023.944375/full>
- [7] Liang, J.Z., et al. Image Based Localization in Indoor Environments. in *2013 Fourth International Conference on Computing for Geospatial Research and Application*. 2013 . <https://10.1109/COMGEO.2013.11>

[8] Thomas DR. Interpreting discriminant functions: A data analytic approach. *Multivariate Behavioral Research*. 1992 Jul 1;27(3):335-62. https://10.1207/s15327906mbr2703_3

[9] Chaurasia, Gaurav and Duchene, Sacha and Sorkine-Hornung, Olga and Drettakis, George. Depth Synthesis and Local Warps for Plausible Image-Based Navigation. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*. 32.3.1–12. 2013 <https://doi.org/10.1145/2487228.2487238>

[10] Bradley D, Brunton A, Fiala M, Roth G. Image-Based Navigation in Real Environments Using Panoramas. In: *IEEE International Workshop on Haptic Audio-Visual Environments and their Applications*; October 2005.

نتیجه‌گیری

یکی از اصلی‌ترین نتایج این پژوهش، نوابری مبتنی بر عکس با دقت ۲ الی ۳ سانتی‌متر بود. همچنین، با توجه به نتایج آورده شده در جدول ۶ می‌توان دریافت که با ورود عکس‌ها با حجم متوسط کمتر، نه تنها می‌توان به دقت بهتر از ۲ سانتی‌متر رسید، بلکه می‌توان مدل سه بعدی با سرعت بالاتری ساخت که این امر، باعث کارایی بهتر روش مورد استفاده می‌شود. یکی دیگر از نکات این روش، استفاده از دوربین تلفن همراه برای عکس‌برداری بود که برخلاف برخی روش‌های تعیین موقعیت مبتنی بر عکس نیاز به تجهیزات گران‌قیمت همچون لیزر اسکنر و دوربین پانورامیک و... نبود. پیشنهاد نرم‌افزاری متمرکز بر تغییر نقطه مرکزی از سرور به کاربر را دارم. این نرم‌افزار، قابلیت اجرای عملیات و انجام وظایف مختلف را از سمت کاربر به سرور انتقال داده و از این طریق، مزایای زیر را فراهم می‌کند: (۱) افزایش سرعت: با انتقال عملیات به سمت کاربر، زمان پاسخ‌دهی و انجام وظایف به طرز چشم‌گیری کاهش می‌یابد؛ (۲) حفاظت از حریم خصوصی اطلاعات حساس کاربران در دسترس کاربر خود قرار دارد و از نقل‌وانتقال اطلاعات حساس به سرور جلوگیری می‌شود؛ (۳) افزایش کارایی: کاربران قادرند وظایف مورد نظر خود را در زمان و مکان دلخواه انجام دهند که افزایش کارایی و انعطاف‌پذیری را به ارمغان می‌آورد؛ (۴) کاهش هزینه: انتقال بار محاسباتی از سمت سرور به دستگاه کاربران، هزینه‌های مربوط به زیرساخت سرور را کاهش می‌دهد. با استفاده از این نرم‌افزار، کاربران می‌توانند به صورت مستقیم و بدون واسطه به وظایف مورد نظر خود دسترسی داشته باشند و بهره‌وری و راحتی خود را افزایش دهند.

مشارکت نویسندگان

در این مقاله، نویسندگان به نسبت برابر مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از همکاری مسئولین دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی که برای جمع‌آوری داده‌های این تحقیق همکاری لازم را داشته‌اند، تشکر می‌کنند.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

- [21] Yagi Y, Nishizawa Y, Yachida M. Map-based navigation for a mobile robot with omnidirectional image sensor COPIS. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*. 1995;11(5):634-648. <https://doi.org/10.1109/70.466602>
- [22] Sala, P., Sim, R., Shokoufandeh, A., & Dickinson, S. (2006). Landmark selection for vision-based navigation. *IEEE Transactions on robotics*, 22(2), 334-349. <https://doi.org/10.1109/TRO.2005.861480>
- [23] Roumeliotis, S. I., Johnson, A. E., & Montgomery, J. F. (2002, May). Augmenting inertial navigation with image-based motion estimation. In *Proceedings 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No. 02Ch37292)* (Vol. 4, pp. 4326-4333). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2002.1014441>
- [24] Yu SE, Kim D. Image-based homing navigation with landmark arrangement matching. *Information Sciences*. 2011;181(16):3427-3442. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2011.04.015>
- [25] Badrloo S, Varshosaz M, Pirasteh S, Li J. Image-based obstacle detection methods for the safe navigation of unmanned vehicles: A review. *Remote Sensing*. 2022;14(15):3824. <https://doi.org/10.3390/rs14153824>
- [26] Čížek P, Faigl J, Masri D. Low-latency image processing for vision-based navigation systems. In: 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA); May 2016; pp. 781-786. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2016.7487207>
- [27] Sridhar B, Phatak AV. Analysis of image-based navigation system for rotorcraft low-altitude flight. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 1992;22(2):290-299. <https://doi.org/10.1109/21.148431>
- [28] Hager GD, Kriegman D, Teh E, Rasmussen C. Image-based prediction of landmark features for mobile robot navigation. In: *Proceedings of International Conference on Robotics and Automation*; April 1997; Vol. 2; pp. 1040-1046. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.1997.614272>
- [29] Othman Z, Yaakub AR, Zulkifli AN. Virtual environment navigation using an image-based approach. In: *Student Conference on Research and Development*; July 2002; pp. 364-367. IEEE. <https://doi.org/10.1109/SCORED.2002.1033133>
- [30] Basri R, Rivlin E, Shimshoni I. Image-based robot navigation under the perspective model. In: *Proceedings 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No. 99CH36288C)*; May 1999; Vol. 4; pp. 2578-2583. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.1999.773985>
- [31] Fu Z, Jiang J, Gao Y, Krienke B, Wang M, Zhong K, Cao Q, Tian Y, Zhu Y, Cao W, Liu X. Wheat growth monitoring and yield estimation based on multi-rotor unmanned aerial vehicle. *Remote Sensing*. 2020 Feb 5;12(3):508. <https://doi.org/10.3390/rs12030508>
- <https://10.1109/HAVE.2005.1545652>
- [11] Thoma J, Paudel DP, Chhatkuli A, Probst T, Gool LV. Mapping, localization and path planning for image-based navigation using visual features and map. In: *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2019. p. 7383-7391. https://openaccess.thecvf.com/content_CVPR_2019/html/Thoma_Mapping_Localization_and_Path_Planning_for_Image-Based_Navigation_Using_Visual_CVPR_2019_paper.html
- [12] Remazeilles A, Chaumette F. Image-based robot navigation from an image memory. *Robotics and Autonomous Systems*. 2007;55(4):345-356. <https://10.1016/j.robot.2006.10.002>
- [13] Robertson DP, Cipolla R. An Image-Based System for Urban Navigation. In: *Bmvc* (Vol. 19, No. 51); September 2004; p. 165. https://mi.eng.cam.ac.uk/reports/svr-ftp/cipolla_bmvc04.pdf
- [14] Yandell BS, Anselin L. Spatial Econometrics: Methods and Models. *J Am Stat Assoc*. 1990;85(411):905. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=3dPIXClv4YYC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Anselin+L.+Spatial+Econometrics:+Methods+and+Models+1988%3B4.+https://doi.org/10.1007/978-94-015-7799-1.&ots=gXGBA30pGW&sig=oK9za87VOtU_BvH4woLNHfWR194#v=onepage&q&f=false
- [15] Courbon J, Mezouar Y, Guénard N, Martinet P. Vision-based navigation of unmanned aerial vehicles. *Control Engineering Practice*. 2010;18(7):789-799. <https://10.1016/j.conengprac.2010.03.004>
- [16] Menegatti E, Maeda T, Ishiguro H. Image-based memory for robot navigation using properties of omnidirectional images. *Robotics and Autonomous Systems*. 2004;47(4):251-267. <https://10.1016/j.robot.2004.03.014>
- [17] Lu YH, Delp III EJ. An overview of problems in image-based location awareness and navigation. *Visual Communications and Image Processing 2004*. 2004;5308:102-109. <https://10.1117/12.538246>
- [18] Dong J, Xiao Y, Noreikis M, Ou Z, Ylä-Jääski A. iMoon: Using smartphones for image-based indoor navigation. <https://doi.org/10.1145/2809695.2809722>
- [19] Larson CD. An integrity framework for image-based navigation systems. 2010. <https://scholar.afit.edu/etd/1967>
- [20] Wang E, Yan W. iNavigation: An image-based indoor navigation system. *Multimedia Tools and Applications*. 2014;73:1597-1615. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-013-1656-9>

معرفی نویسندگان



فرهاد حسینعلی دارای مدرک کارشناسی ارشد مهندسی نقشه برداری (گرایش سامانه اطلاعات مکانی) از دانشگاه تهران و دکتری تخصصی همین رشته از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی تهران می باشد. وی، هم‌اکنون عضو هیأت علمی گروه

مهندسی نقشه برداری دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی تهران است و در زمینه‌های متنوع مرتبط با اطلاعات مکانی از جمله هوش مصنوعی، تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی، تحلیل مدل‌های شهری، مدلسازی عامل-مبنا و غیره به فعالیت مشغول می‌باشد. حاصل این تلاش تا کنون بیش از ۴۰ مقاله چاپ شده در مجلات علمی گوناگون داخلی و خارجی بوده است.

Hosseinali, F. Assistant Professor at the Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

✉ f.hosseinali@sru.ac.ir



فرزاد حاج محمود عطار دارای مدرک کارشناسی ارشد مهندسی عمران (گرایش سنجش از دور) از دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی تهران می‌باشد. پس از ۵ سال فعالیت در صنعت، از سال ۱۴۰۰ تاکنون به عنوان کارشناس GIS در شرکت تأمین و تصفیه شهر تهران مشغول به کار

هستند. ایشان تاکنون موفق به چاپ دو مقاله در مجلات و کنفرانس‌های معتبر داخلی شده‌اند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: مهندسی نقشه برداری، پردازش تصویر، تصویربرداری با پهپاد، و سنجش از دور.

Hajmohammadtatar, F. Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

✉ farzad.attar@yahoo.com

AUTHOR(S) BIOSKETCHES



مجید اعزازی دارای مدرک کارشناسی ارشد مهندسی سامانه‌های اطلاعات مکانی از دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی تهران می‌باشد. همچنین مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی عمران - نقشه برداری از دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی در سال ۱۳۹۶ اخذ نموده بود.

ایشان از سال ۱۳۹۷ تاکنون به عنوان هنرآموز رشته ساختمان و کامپیوتر در آموزش و پرورش تهران مشغول به فعالیت می‌باشد. ایشان موفق به چاپ مقاله‌ای در دومین کنفرانس بین‌المللی معماری، عمران، شهرسازی و محیط زیست دانشگاه هنر اسلامی تبریز شده‌اند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: سامانه‌های اطلاعات مکانی و تحلیل‌های مکانی، فتوگرامتری برد کوتاه، تعیین موقعیت داخل ساختمان، تهیه مدل سه بعدی با استفاده از عکس.

Ezazi, M. Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

✉ majid.ezazi201@gmail.com



مسعود شیرازیان دارای مدرک دکتری تخصصی مهندسی نقشه برداری (گرایش ژئودزی - GNSS) از انستیتو تکنولوژی سلطنتی (KTH) استکهلم کشور سوئد می‌باشد. از سال ۱۳۹۵ به عنوان استادیار در گروه مهندسی نقشه برداری دانشگاه دبیر شهید رجائی تهران مشغول به

فعالیت بوده‌اند. ایشان تاکنون موفق به چاپ بیش از ۱۵ مقاله در مجلات و کنفرانس‌های معتبر بین‌المللی شده‌اند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: ژئودزی هندسی، GNSS، هواشناسی مبتنی بر GNSS، آنالیز تغییر شکل سازه‌های بزرگ.

Shirazian, M. Assistant Professor at the Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

✉ m.shirazian@sru.ac.ir

Citation (Vancouver): Ezazi M, Shirazian M, Hosseinali F, Hajmohammadtatar F. [Evaluation of Accuracy in Image-Based Navigation]. *J. RS. GEOINF. RES.* 2023; 1(2): 227-238

doi <https://doi.org/10.22061/jrsg.2023.2019>



COPYRIGHTS

© 2023 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)