Journal of Structural and Construction Engineering, 10(10), 2024, pp. 49-73

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Identifying factors affecting the integration of scanning techniques for building information modeling in construction projects

Ali Parvari [1*], Seyed Hamed Ghodsnia Bafrajard [2]

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Khomein Branch, Islamic Azad University, Khomein, Iran
2- M.Sc., Department of Civil Engineering, Khomein Branch, Islamic Azad University, Khomein, Iran

ABSTRACT

Building information modeling is a digital representation of a building or infrastructure that helps architects, engineers, and construction professionals design, plan, and manage construction projects more efficiently. There is a need to integrate building information modeling techniques in construction projects to increase the efficiency of the project, in the meantime, different technologies can be used to improve the efficiency, therefore, in this research, the scanning technique for modeling is investigated. The building information is in the projects under construction. In the meantime, the qualitative part of the research, which includes studies and extraction of effective factors from previous related research, has been started, which has been completed by confirming and screening the factors using the fuzzy Delphi method and focusing on the opinion of experts in two phases. In order to calculate the adequacy of the size of the statistical population, the sphericity-Bartlett test was used and the results obtained were confirmed by experts. Based on the standard coefficients, the index of data processing collected with a coefficient of 0.94, the index of data collection with a coefficient of 0.86, the index of choosing the optimal laser scan with a coefficient of 0.79, the index of using data in modeling with a coefficient of 0.68, Results checking index with a coefficient of 0.64 and quality inspection index with a coefficient of 0.59 can be prioritized. By using factors such as preparation of a preliminary map in order to manage encounters in the process of data collection and display them in the form of geographic information system maps, and to monitor the dimensions and components of the project It is provided to design and implement the building with higher efficiency.

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

ARTICLE INFO

Receive Date: 08 December 2022
Revise Date: 16 March 2023
Accept Date: 12 April 2023

Keywords:
Building Information Modeling
Laser scan
Construction projects
Factor Analysis
Fuzzy Delphi method

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2023.368479.2963

*Corresponding author: Ali Parvari
Email address: ali.parvari@iau.ac.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

شناسایی عوامل موثر بر تلفیق تکنیک اسکن برای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در پروژه‌های ساخت

علی پروری[1*]، سید حامد قدس نیابفراجرد[2]

۱- استادیار،گروه عمران، دانشکده فنی مهندسی، واحد خمین، دانشگاه آزاد اسلامی، خمین، ایران

۲- کارشناس ارشد، گروه عمران، دانشکده فنی مهندسی، واحد خمین، دانشگاه آزاد اسلامی، خمین، ایران

چکیده

مدل سازی اطلاعات ساختمان یک نمایش دیجیتالی از یک ساختمان یا زیرساخت است که به معماران، مهندسان و متخصصان ساخت و ساز کمک می‌کند، تا پروژه‌های ساختمانی را کارآمدتر طراحی، برنامه‌ریزی و مدیریت کنند. نیاز به ادغام تکنیک‌های مدل سازی اطلاعات ساختمان در پروژه‌های ساختمانی برای بالا بردن راندمان پروژه می تواند موثر می‌باشد، که در این بین برای بهبود راندمان از فناوری‌های مختلف می‌توان استفاده نمود، از همین رو در این پژوهش اقدام به بررسی تکنیک اسکن برای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در پروژه‌های درحال ساخت شده است. در این بین ابتدا بخش کیفی پژوهش که شامل مطالعات و استخراج فاکتورهای موثر از تحقیقات مرتبط پیشین است، آغاز شده که با اقدام به تایید و غربال عوامل با استفاده از روش دلفی فازی و با محوریت نظر خبرگان در دو فاز، تکمیل گردیده است. به منظور محاسبه میزان کفایت حجم جامعه آماری از آزمون کرویت-بارتلت استفاده شده و نتایج بدست آمده توسط افراد خبره مورد تایید قرار گرفته‌اند. براساس ضرایب استاندارد که شاخص پردازش داده‌های جمع آوری شده با ضریب 0/94، شاخص جمع‌آوری داده‌ها با ضریب 0/86، شاخص انتخاب لیزر اسکن بهینه با ضریب 0/79، شاخص استفاده از داده‌ها در مدلسازی با ضریب 0/68، شاخص بررسی نتایج با ضریب 0/64 و شاخص بازرسی کیفی با ضریب 0/59 را می‌توان اولویت بندی نمود. با بکارگیری عواملی همچون تهیه نقشه ی اولیه به منظور مدیریت برخوردها در روند جمع آوری داده‌ها و نمایش آنها در قالب نقشه‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی و اقدام به مانیتورینگ دقیق از ابعاد و اجزای پروژه این امکان فراهم میشود تا طراحی و اجرای ساختمان با راندمان بالاتری انجام شود.

کلمات کلیدی: مدل سازی اطلاعات ساختمان، اسکن لیزری، پروژه های ساخت، تحلیل عاملی، روش دلفی فازی

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	https://doi.org/10.22065/jsce.2023.368479.2963
۱۴۰۱/۰۹/۱۷	۱۴۰۱/۱۲/۲۵	۱۴۰۲/۰۱/۲۳	۱۴۰۲/۰۱/۲۳	۱۴۰۲/۱۰/۳۰	doi: 10.22065/jsce.2023.368479.2963

*نویسنده مسئول: علی پروری

پست الکترونیکی: ali.parvari@iau.ac.ir

۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر، مدل سازی اطلاعات ساختمان به یکی از مهمترین فن آوری های نوظهور در صنایع معماری، مهندسی و ساخت و ساز (AEC [۱]) تبدیل شده است. کاربردهای مدل سازی اطلاعات ساختمان در زمینه‌های متعددی از جمله زیرساخت‌های حمل و نقل، مدل‌سازی سه بعدی شهری، سیستم‌های اقتصادی و زمینه‌های مکانیکی، الکتریکی و لوله‌کشی(MEP [۲]) محبوبیت پیدا نموده است، مدل سازی اطلاعات ساختمان به عنوان یک مدل سه بعدی هوشمند تعریف شده است، که اطلاعات مربوط به دارایی‌ها را در طول چرخه عمر پروژه ارائه می‌دهد، که برای برنامه‌ریزی، طراحی و بهره برداری کارآمدتر از زیرساخت‌ها و ساختمان ها مفید است [۱]. این فن آوری اندازه‌گیری‌های مستقیم از سنسور به اشیاء موجود در محیط را انجام می‌دهد و به طور گسترده در مدل سازی اطلاعات ساختمان به کار می‌روند. مدل سازی اطلاعات ساختمان با استفاده از ویژگی‌های اشیاء موجود در مدل، می‌تواند تعیین کننده میزان اهمیت آن در محیط باشد. این فرآیند کمک می‌کند، تا با اندازه‌گیری نقاط در محدوده اسکن، ابعاد هر شیء را تعیین کند. حجم گسترده داده‌های تولید شده توسط اسکنرهای لیزری سه‌بعدی باید به صورت کامل و با دقت بسیار بالا پردازش شده و به طور کارآمد منتقل شوند. بنابراین، لازم است، که درک کاملی از الگوریتم‌های پردازش ابر نقاط و استانداردهای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان داشته باشیم. در حال حاضر، فناوری Lidar [۳] به عنوان روشی قوی برای جمع آوری نقاط و اندازه‌گیری سه بعدی کارآمدتر به حساب می آید. فرآیند جمع آوری اطلاعات یک سایت فیزیکی یا فضا با استفاده از داده‌های اسکن، از هوا یا از زمین، برای تهیه یک مدل سه بعدی هوشمند با استفاده از نرم افزارهای مدل سازی اطلاعات ساختمان، به عنوان اسکن برای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان(Scan-to-BIM [۴]) شناخته می‌شود[۲].

مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) یک نمایش دیجیتالی از یک ساختمان یا زیرساخت است که به معماران، مهندسان و متخصصان ساخت و ساز کمک می کند تا پروژه‌های ساختمانی را کارآمدتر طراحی، برنامه‌ریزی و مدیریت کنند. نیاز به ادغام تکنیک‌های BIM در پروژه‌های ساختمانی به دلایل زیر در حال افزایش است.

۱-بهبود همکاری بین اجزای فعال BIM :به تیم‌های مختلف درگیر در یک پروژه ساختمانی اجازه می‌دهد، تا یکپارچه اطلاعات را با هم همکاری و به اشتراک بگذارند. این بستر را فراهم می‌کند، که همه طرفین می‌توانند به پروژه دسترسی پیدا کنند و از این طریق سوء استفاده و خطاها را کاهش دهند[۴].

۲-تجسم بهتر BIM :یک مدل سه بعدی از ساختمان یا زیرساخت ها را ارائه می‌دهد، که به تجسم طراحی و شناسایی درگیری‌های احتمالی از قبل کمک می‌کند. این امکان تصمیم‌گیری بهتر را فراهم می‌کند و خطر خطاها را در طی فرآیند ساخت کاهش می‌دهد[۳].

۳-صرفه جویی در هزینه و زمانBIM : ایجاد مدل‌های دقیق و دقیق پروژه ساخت و ساز را امکان پذیر می‌کند، که امکان تخمین دقیق تر هزینه‌ها و برنامه ها را فراهم می‌کند. این می‌تواند به کاهش هزینه‌های کلی پروژه و زمان مورد نیاز برای ساخت و ساز کمک کند[۵].

۴-ایمنی بهبود یافته BIM :امکان شناسایی خطرات ایمنی بالقوه در مرحله طراحی را فراهم می‌کند، که به توسعه اقدامات ایمنی مؤثر و کاهش خطر تصادفات در هنگام ساخت کمک می‌کند[۸].

۵-مدیریت بهتر تسهیلا BIM : امکان ایجاد یک مدل دقیق از ساختمان یا زیرساخت ها را فراهم می‌کند، که می تواند برای مدیریت تسهیلات استفاده شود. این شامل برنامه های تعمیر و نگهداری و تعمیر ، مدیریت انرژی و مدیریت دارایی است[۱۱].

ادغام تکنیک های BIM در پروژه‌های ساختمانی می‌تواند منجر به بهبود همکاری، تجسم بهتر، صرفه جویی در هزینه و زمان، بهبود ایمنی و مدیریت بهتر تسهیلات شود. در نتیجه، این امر برای متخصصان ساخت و ساز به طور فزاینده ای مهم می‌شود، که BIM را در پروژه های خود بگنجانند[۷].

---

[۲] Architecture, Engineering & Construction

[۳] Mechanical, electrical, and plumbing

[۴] لایدار یا لیدار، یکی از فناوری‌های سنجش از راه دور است که با تاباندن لیزر به هدف و تجزیه و تحلیل نور بازتاب‌شده، فاصله را اندازه می‌گیرد.

[۵] Scan-to-BIM is the process of documenting an existing building to allow for a digital planning methodology called Building Information Modeling (BIM).

بخش کیفی/تحلیل محتوا

در این بخش به منظور استخراج عوامل موثر از مطالعات پیشین با رویکرد تحلیل محتوا یا تحلیل ضمنی با توجه به هدف پژوهش مبنی بر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و استفاده از اسکنرهای لیزری شده است، که به شرح زیر است:

در پژوهشی با عنوان نظارت بر پیشرفت ساخت و ساز داخلی بر اساس مدلسازی اطلاعات ساختمان، ابرهای نقاط و عدم قطعیت تغییرات انجام شده است، بیان گردید که در صورت توجه ویژه به هندسه اسکن در هنگام جمع آوری، ابر نقاط برای تأیید مدلسازی اطلاعات یک ساختمان معین تا تعیین مشخصات سطح دقت مناسب هستند. از این روش پیشنهادی می‌توان برای مستندسازی پیشرفت ساخت و ساز، تأیید و حتی به روز رسانی وضعیت LOA [۵] یک مدل اطلاعاتی معین استفاده کرد و مدل‌های ساخته شده معتبر و سازگار با مدلسازی اطلاعات ساختمان را برای برنامه‌ریزی بیشتر و دقیق تر تأیید کرد[۳].در پژوهشی با عنوان ادغام اسکنر لیزر سه بعدی و فرآیند مدل سازی اطلاعات ساختمان برای تجسم وضعیت معیوب ساختمان انجام شده است، بیان گردید که (۱) دستیابی به داده های نیمه اتوماتیک با استفاده از اسکنر لیزر سه بعدی و اسکریپت پایتون، (۲) فرآیند اسکن به بانک اطلاعات، (۳) ادغام و تجسم داده های نقص داده ها با استفاده از دینام و این رویکرد باعث افزایش کارایی و بهره وری در ارزیابی ساختمان از طریق حذف فرایند اضافی اندازه گیری و مستندات شد[۴].

در پژوهشی با عنوان فن‌آوری‌های اسکن برای ساخت مدل سازی اطلاعات: در یک بررسی بیان گردید که روش‌های مختلفی که در پردازش ابر نقطه مانند نمونه برداری، ثبت نام و تقسیم معنایی دخیل است، به تفصیل توضیح داده شده است. علاوه بر این، استانداردهای مختلف مدلسازی اطلاعات ساختمان باز خلاصه و مقایسه می‌شوند. سرانجام، محدودیت‌های فعلی و جهت‌های آینده برای ارائه راه‌حل‌های مفید برای مدل‌های کارآمد مدل سازی اطلاعات ساختمان برجسته شده است [۵]. در پژوهشی با عنوان اعتبار سنجی ابر نقطه: در مورد تأثیر فناوری های اسکن لیزری در تقسیم معنایی برای مدل سازی و ارزیابی مدلسازی اطلاعات ساختمان انجام شده است، بیان گردید که با بررسی و استفاده از ساختار اعتبار سنجی نقاط ابری و اتوماسیون سازی آنها براساس ساختار مدل اطلاعات ساختمان می-توان در روند تجزیه و تحلیل و پردازش داده برای بالا بردن راندمان‌های ساز وکارهایی اصلاحی و بالا بردن ضریب یادگیری سیستم مدل سازی بسیار مفید باشند[۶]. در پژوهشی با عنوان شبکه های عصبی عمیق برای کمک به ایجاد مدل سازی اطلاعات ساختمان با استفاده از داده های اسکن شده: یک بررسی انجام شده است، بیان گردید که در بررسی عمیق از ظرفیت‌های DNNs [۶] در بهبود بازسازی سه بعدی، تشخیص شیء و پارامتر شدن شیء، که به عنوان مؤلفه های اصلی اسکن به مدل سازی اطلاعات ساختمان اطلاق می‌گردد[۷]. در پژوهشی با عنوان ویژگی‌های مدل سازی اطلاعات ساختمان میراث فرهنگی بر اساس داده های اسکن لیزر انجام شده است، بیان گردید که فن-آوری‌های مدل سازی اطلاعات ساختمان به تدریج در چرخه زندگی یک ساختمان یا ساختار اجباری و ضروری می‌شوند. تفاوت اصلی بین مدل سازی اطلاعات ساختمان و سایر انواع طراحی، جمع آوری و پردازش جامع کلیه اطلاعات معماری، فناوری، اقتصادی، عملیاتی و سایر اطلاعات در مورد ساختمان در یک محیط اطلاع رسانی واحد است[۸]. در پژوهشی با عنوان بررسی برنامه‌های کاربردی با اسکن لیزری سه بعدی ترکیبی در مدل سازی اطلاعات ساختمان برای چرخه زندگی ساختمان‌ها انجام شده است، بیان گردید که بین عوامل انتخاب اسکنر بهینه و تبیین پارامترهای موثر در روند بررسی نتایج، ذخیره سازی اطلاعات براساس نتایج بدست آمده از روند اندازه گیری با اسکنرهای لیزری و اندازه گیری قطعات با استفاده از اسکنرهای لیزری و تحلیل و اصلاح نتایج آنها از آن استخراج گردیده است[۹]. در پژوهشی با عنوان توسعه سیستم تعمیر و نگهداری سیستم الکترونیکی الکترونیکی با استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان انجام شده است، بیان گردید که در این بین به عواملی چون میزان قابلیت سیستم در روند تعمیرات و اصلاح تخریبات، میزان ظرفیت و توان ساختمان در پاسخگویی به پیامدهای منفی بحران، میزان عملکرد سیستم‌های اعلام حریق و کنترل دود در زمان وقوع بحران و میزان عملکرد تاسیسات مکانیکی و الکترونیکی در وقوع بحران نقش موثری دارند[۱۰].در پژوهشی با عنوان مدل های اطلاعات ساختمان آگاهانه وضعیت برای سیستم های مدیریت نسل بعدی انجام شده است، بیان گردید که شکاف بین دانش تصمیم گیری مورد نیاز و اطلاعات مفید واقعی ارائه شده توسط فن آوری های کنونی به جای قرارداد افزایش می یابد، در این بین عواملی چون میزان انطباق سیستم اطلاعات با شرایط بحرانی

[۶] Level of Accuracy (LOA)
[۷] Deep Neural Networks (DNNs)

و سیستم توزیع اطلاعات نقش موثری در این حوزه دارند[۱۱].در پژوهشی با عنوان استفاده از اسکن لیزر سه بعدی و مدل سازی اطلاعات ساختمان برای مدیریت کمیت در پروژه های ساختمانی انجام شده است، بیان گردید که اتخاذ یک مدل اطلاعاتی و اسکن لیزر سه بعدی پتانسیل بهبود صحت و کارآیی فرایند مدیریت کمیت را دارد [۱۲].

در پژوهشی با عنوان پلتفرم فیزیکی مبتنی بر مدل سازی برای ساخت و نظارت بر عملکرد انجام شده است، بیان گردید که در این بین عامل ادغام مدل سازی اطلاعات ساختمان با فناوری‌های رادارها، رادیوگرافی‌ها، بازرسی ذرات مغناطیسی، سونارها یا امواج الکترومغناطیسی استخراج شده است[۱۳].در پژوهشی با عنوان بهبود کنترل تحمل در پروژه ساخت ماژولار با اسکن لیزر سه بعدی و مدل سازی اطلاعات ساختمان: یک مطالعه موردی از پروژه سیل قابل جابجایی انجام شده است، بیان‌گردید که ادغام پیشنهادی اسکن لیزر سه بعدی مدل سازی اطلاعات ساختمان پتانسیل بسیار خوبی برای بهبود کنترل کیفیت یک پروژه ساخت و ساز ماژولار دارد[۱۴]. در پژوهشی با عنوان اسکن لیزری برای مدل سازی اطلاعات ساختمان و تجسم نتایج با استفاده از واقعیت مجازی(VR [۷]) انجام شده است، بیان گردید که اسکن لیزر برای مدل سازی اطلاعات ساختمان و نتایج تجسم با استفاده از واقعیت مجازی انجام شده است، یک ساختمان صنعتی قدیمی که برای بازسازی در آینده توسط یک اسکنر لیزری اسکن شد، یک مدل سه بعدی ایجاد شد و انواع مواد و شبکه‌های مهندسی به مدل اضافه شد تا عملکرد تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در این روند تسریع گردد[۱۵].در پژوهشی با عنوان مطالعه تجربی در مورد تشخیص ایمنی ساختاری زیرساخت های مدنی در مقیاس بزرگ با استفاده از اسکن لیزر و مدل سازی اطلاعات ساختمان انجام شده است، بیان گردید که مبنای کمی برای معرفی اسکن لیزری و فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در تشخیص ایمنی ساختاری پیری زیرساخت های مدنی در مقیاس بزرگ فراهم کند. [۱۶].در پژوهشی با عنوان روند و فرصت های ادغام مدل سازی اطلاعات ساختمان و سیستم اطلاعات جغرافیایی (BIM[۸]- GIS [۹]) در معماری، صنعت مهندسی و ساخت و ساز: بررسی از دیدگاه آماری فضایی-زمانی انجام شده است، بیان‌گردید استفاده از ادغام مدل سازی اطلاعات ساختمان و سیستم اطلاعات جغرافیایی در صنعت مهندسی ساخت نیاز به نظریه های سیستماتیک فراتر از فناوری های ادغام و برنامه های کاربردی عمیق روش های مدل سازی ریاضی، از جمله مدل سازی آماری فضایی-زمانی در شبیه سازی و مدیریت است[۱۷].

جدول۱: استخراج عوامل موثر از مطالعات پیشین(در قالب روش کیفی) (منبع: پژوهشگر)

عوامل استخراج شده/منبع	عوامل استخراج شده/منبع
تهیه نقشه های اولیه به منظور مدیریت برخوردها در روند جمع آوری داده ها[۱۷]	اندازه گیری قطعات با استفاده از اسکنرهای لیزری و تحلیل و اصلاح نتایج آنها[۱۵]
جمع آوری دیتاها در قالب نقشه‌های GIS [۱۷]	مقایسه نتایج بدست آمده از اسکن و نتایج اندازه گیری دستی برای مشخص شدن خطا[۴]
تبدیل سطوح درونی ابرنقطه‌ای به اشیاء قابل پذیرش در مدلسازی اطلاعات ساختمان[۶]	ذخیره سازی اطلاعات براساس نتایج بدست آمده از روند اندازه گیری با اسکنرهای لیزری[۹]
ثبت و ضبط اطلاعات قابل مشاهده انواع عناصر ساختمان به شکل ابر نقطه‌ای[۶]	بازرسی سایت های ساختمانی به منظور مشخص سازی وضع موجود آنها [۶]
ادغام مدلسازی اطلاعات ساختمان با فناوری‌های رادارها، رادیوگرافی‌ها، بازرسی... [۱۳]	انتخاب نوع ابزارها و کیفیت آنها در روند جمع آوری داده ها [۱۷]
جمع آوری اطلاعات اجسام نامرئی و تبدیل آن به مدل اطلاعات ساختمان[۸]	اتخاذ تصمیمات بر اساس نتایج بازرسی کیفی در روند تحویل پروژه[۱۲]
استفاده از داده های نقاط و خطوط منحنی[۴]	تعداد فاکتورها و عوامل مورد پردازش در روند پردازش اطلاعات و داده ها[۱۴]
مکانیزم اصلاحی از بروز تداخل در پروژه های بزرگ شهری[۲]	میزان دقت روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری[۱۲]
استفاده کارفرماها و سازندگان پروژه ها به منظور جلوگیری از اتلاف وقت [۴]	میزان محدوده قابل اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری[۱۲]
وجود مکانیزم هایی برای تطبیق ساختار داده ها در روند مدلسازی[۳]	جمع آوری داده‌ها از نظر کیفیت و زمان با استفاده از اسکنرهای لیزری[۵]
سازوکارهایی برای شناسایی و رفع نقص ها و بی نظمی در پروژه های ساخت[۳]	مدت زمان لازم برای اسکن و اندازه گیری[۱۴]
ایجاد همخوانی المان های مختلف با یکدیگر در روند پردازش داده ها[۱۱]	میزان هزینه های صرف شده در روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری[۸]
ابعاد و اندازه داده‌ها در روند پردازش داده های جمع آوری شده[۱۵]	ثبت دقیق هندسه فیزیکی ساختمان در قالب ابرهای نقطه‌ای با استفاده از اسکنر های لیزری[۶]

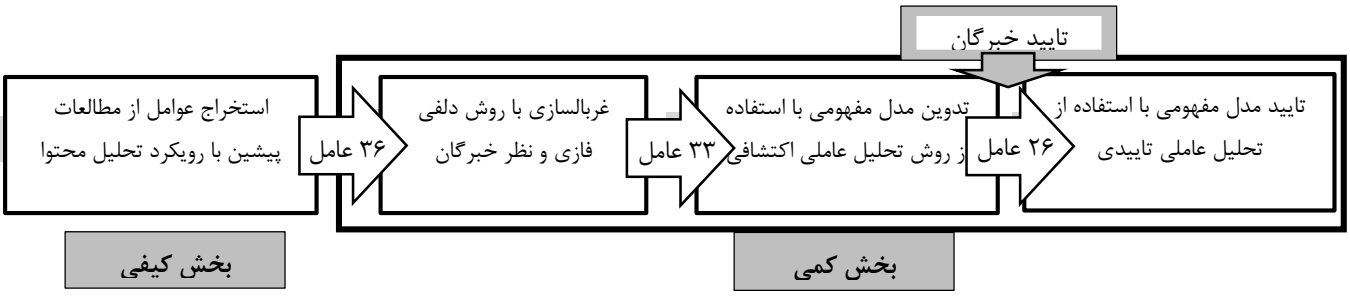
[۸] Virtual Reality (VR)
[۹] Building Information Modeling (BIM)
[۱۰] Geographic Information System

محدوده زمانی در روند پردازش داده های جمع آوری شده[۱۵]	ایجاد اطمینان از اجرا و نصب صحیح تاسیسات با استفاده از اسکنر های لیزری[۱۰]
افزودن اطلاعات المان‌های موجود در فضاهای اسکن شده [۱۶]	میزان مدت زمان لازم برای آماده سازی از اسکنرهای لیزری در روند بازرسی[۱۴]
کیفیت داده های ضبط شده در روند پردازش داده ها[۹]	سطح خطای بازرسی در روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری[۱۷]
انتخاب اسکنر بهینه و تبیین پارامترهای موثر در روند بررسی نتایج [۹]	تعیین جهت مسیر لوله های فاضلاب با استفاده از اسکنر های لیزری[۲]
اندازه گیری ابعاد و بررسی کیفیت سطحی قطعات و بررسی نتایج آنها[۱۵]	تشخیص اشیاء در روند استفاده از داده در ساختار مدل سازی[۷]

در این بخش ۳۶ عامل با رویکرد تحلیل محتوا از پژوهش‌های پیشین مرتبط با هدف پژوهش استخراج شده است، که در مراحل بعدی مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در این بین به منظور تدوین یک مدل مفهومی در روند تلفیق تکنیک اسکن برای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در پروژه‌های ساخت که به منظور ایجاد یک الگوی راهنما برای بالا بردن عملکرد روند استفاده از این تکنیک در روند مدل سازی اطلاعات ساختمان مورد استفاده قرار گیرد و از موازی‌کاری، هزینه‌های اضافی و ایجاد مشکلات و موانع در روند استفاده از همین رو جلوگیری به عمل آید.

۲- روش تحقیق

این تحقیق از نوع کاربردی و با ماهیت پیمایشی است. پس از شناسایی و استخراج عوامل موثر از مطالعات پیشین با رویکرد کیفی و تحلیل محتوا اقدام به غربالسازی عوامل با توجه به نظر ۱۶ نفر خبره و روش دلفی فازی در دو مرحله شده است .روش دلفی فازی به عنوان یک روش شناخت شده و موثر برای غربالسازی است و منطبق بر هدف و روند پژوهش می‌باشد. سپس اقدام به تهیه پرسشنامه تحلیل عاملی و اکتشافی شده است. این پرسشنامه‌ها توسط ۱۷۲ نفر از افراد کارشناس پر شده است و با استفاده از نرم‌افزار SPSS[۱۰] اقدام به تجزیه و تحلیل اطلاعات می‌شود. در نهایت توسط نظر خبرگان اقدام به تعیین نام برای شاخص‌ها باتوجه به اشتراکات تجربی بین زیرشاخص‌ها می‌شود. لازم به ذکر است، که جامعه خبرگان با استفاده از روش نمونه‌گیری گلوله برفی انتخاب شده اند و جامعه کارشناسان نیز با روش نمونه‌گیری کوکران و از بین ۳۱۲ نفر با توجه به ویژگی‌های که خبرگان برای کارشناسان تعیین کرده اند برگزیده شده اند. در این بین خبرگان دارای مدرک کارشناسی ارشد و دکتری با حداقل پنج سال سابقه کاری مرتبط هستند و همچنین کارشناسان داری مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد مرتبط و سوابق مطالعات و تخصصی در این حوزه داشته‌اند. در پرسشنامه‌های تحلیل عاملی اکتشافی و تاییدی از طیف لیکرت پنج امتیازی استفاده شده است. برای تعیین پایایی از ضریب آلفای کرونباخ بکارگرفته شده است، که روند و فرآیند روش تحقیق در شکل شماره ۱ مشخص گردید است.



شکل ۱: فرآیند انجام براساس روش تحقیق(کمی و کیفی)

۳- روش تجزیه و تحلیل داده ها

در این بخش ابتدا با استفاده از روش دلفی فازی اقدام به غرباسازی عوامل استخراج شده از مطالعات پیشین شده است و در ادامه از تحلیل عاملی اکتشافی برای تدوین مدل مفهومی با توجه به اطلاعات جمع آوری شده توسط پرسشنامه و برمبنا عوامل موثر استخراج

[۱۱] Statistical Package for the Social Sciences

شده از مطالعات پیشین استفاده شده است و پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات از روند تحلیل عاملی اکتشافی با استفاده از نرم افزار SPSS و همچنین با توجه به نظر و تایید خبرگان و نام‌گذاری گروه‌های ایجاد شده مدل مفهومی پژوهش ایجاد می‌گردد و در مرحله بعد به منظور تایید مدل اقدام به استفاده از تحلیل عاملی تاییدی برای تدوین معادلات ساختاری برای صحت سنجی مدل مفهومی ایجاد شده استفاده می‌گردد، که در این بین نیز پس از تدوین پرسشنامه براساس مدل ایجاد شده در قالب سوالات انعکاسی اقدام به جمع‌آوری اطلاعات از کارشناسان گردید و با استفاده از نرم افزار لیزرل اقدام به تحلیل مدل نهایی شده است.

۳-۱- دلفی فازی(نظر خبرگان)

در این بخش از روش تکنیک دلفی فازی برای تایید و غربالسازی عوامل استخراج شده قبل از اینکه وارد مرحله تحلیل عاملی اکتشافی بشوند استفاده شده است، که با توجه به نظر شانزده خبره پژوهش مورد تحلیل قرار خواهد گرفت، که در دو مرحله انجام می‌شود و اختلاف قدرمطلق میانگین فازی زدایی نتیجه مرحله دوم با مرحله اول مورد مقایسه قرار می‌گیرد، که اگر این مقدار کمتر از ۰/۲ باشد. قابل قبول و در غیر این صورت برای بار سوم نیز عامل‌هایی که دارای چنین شرطی هستند، روند برای آنان تکرار خواهد شد. در این بین عامل‌هایی که میانگین فازی زدایی آنان بزرگتر و مساوی ۰/۷ محاسبه میشود قبول و در غیر این صورت رد می‌گردند. پرسشنامه تکنیک دلفی فازی دارای ساختار امتیازی پنج بازه‌ای که از متغیرهای کلامی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد میزان اهمیت هر یک از مراحل شناسایی شده را مشخص می‌کنند.

جدول۲: غربالسازی با روش دلفی فازی در مرحله اول

شماره	رشته	سابقه کاری	مهارت-تخصص	تحصیلات
۱	حوزه مهندس عمران	۸سال	Autodesk Certified Professional	دکتری
۲	حوزه مهندس معماری	۵ سال	گواهینامه در مدل سازی اطلاعات ساختمان	کارشناسی ارشد
۳	حوزه مهندس عمران	۵ سال	طراح	کارشناسی ارشد
۴	حوزه مهندس عمران	۶ سال	مهندسی و ساخت و ساز	کارشناسی ارشد
۵	حوزه مهندس معماری	۹ سال	--	کارشناسی ارشد
۶	حوزه مهندس معماری	۶ سال	Navisworks	دکتری
۷	حوزه مهندس معماری	۵ سال	شبیه سازی -دیجیتال	دکتری
۸	حوزه مهندس معماری	۱۸ سال	سازنده	کارشناسی ارشد
۹	حوزه مهندس عمران	۱۰ سال	فناوری های مرتبط باBIM	کارشناسی ارشد
۱۰	حوزه مهندس عمران	۱۱ سال	اداغام فناوری مرتبط باBIM	کارشناسی ارشد
۱۱	حوزه مهندس معماری	۱۲ سال	اداغام فناوری مرتبط باBIM	دکتری

الف)مرحله اول دلفی فازی

در این مرحله از خبرگان اقدام به جمع آوری اطلاعات شده است و پس از محاسبه تبدیل مقادیر کلامی به مقادیر فازی و محاسبه میزان میانگین فازی زدایی اقدام نتایج در جدول ۳ قابل مشاهده است.

جدول۳: غربالسازی با روش دلفی فازی در مرحله اول

شماره	معیارهای اهداف پیام‌های رسانه‌ها از خلق آن	آستانه پذیرش ۰/۷			میانگین فازی زدایی
		میانگین فازی			
		L	M	U	
۱	تهیه نقشه های اولیه به منظور مدیریت برخوردها در روند جمع آوری داده ها	۰/۶۵۶	۰/۸۳۴	۰/۹۵۵	۰/۸۲۰
۲	GISجمع آوری دیتاها در قالب نقشه‌های	۰/۷۵۷	۰/۹۲۵	۰/۹۸۵	۰۰/۸۹۸
۳	تبدیل سطوح درونی ابرنقطه‌ای به اشیاء قابل پذیرش در مدلسازی اطلاعات ساختمان	۰/۶۵۶	۰/۸۳۴	۰/۹۵۵	۰/۸۲۰
۴	ثبت و ضبط اطلاعات قابل مشاهده انواع عناصر ساختمان به شکل ابر نقطه‌ای	۰/۶۱۵	۰/۷۷۴	۰/۹۱۵	۰/۷۶۹
۵	ادغام مدلسازی اطلاعات ساختمان با فناوری‌های رادارها، رادیوگرافی‌ها، بازرسی ذرات مغناطیسی، سونارها یا امواج الکترومغناطیسی	۰/۷۰۶	۰/۸۷۴	۰/۹۹۵	۰/۸۶۲
۶	جمع آوری اطلاعات اجسام نامرئی و تبدیل آن به مدل اطلاعات ساختمان	۰/۷۰۶	۰/۸۷۴	۰/۹۹۵	۰/۸۶۲
۷	استفاده از داده های نقاط و خطوط منحنی	۰/۶۵۶	۰/۸۳۴	۰/۹۹۵	۰/۸۲۰
۸	مکانیزم اصلاحی از بروز تداخل در پروژه های بزرگ شهری	۰/۶۱۵	۰/۷۷۴	۰/۹۱۵	۰/۷۶۹
۹	استفاده کارفرماها و سازندگان پروژه ها به منظور جلوگیری از اتلاف وقت و دوباره کاری	۰/۶۵۶	۰/۸۳۴	۰/۹۵۵	۰/۸۲۰
۱۰	وجود مکانیزم هایی برای تطبیق ساختار داده ها در روند مدلسازی	۰/۷۰۶	۰/۸۷۴	۰/۹۹۵	۰/۸۶۲
۱۱	سازوکارهایی برای شناسایی و رفع نقص ها و بی نظمی در پروژه های ساخت	۰/۶۵۶	۰/۸۳۴	۰/۹۵۵	۰/۸۲۰
۱۲	ایجاد همخوانی المان های مختلف با یکدیگر در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۶۵۶	۰/۸۳۴	۰/۹۵۵	۰/۸۲۰
۱۳	ابعاد و اندازه داده‌ها در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۶۵۶	۰/۸۳۴	۰/۹۵۵	۰/۸۲۰
۱۴	محدوده زمانی در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۶۸۶	۰/۸۵۴	۰/۹۸۵	۰/۸۴۵
۱۵	افزودن اطلاعات المان‌های موجود در فضاهای اسکن شده به مدل اطلاعات ساختمان	۰/۶۵۶	۰/۸۳۴	۰/۹۵۵	۰/۸۲۰
۱۶	کیفیت داده های ضبط شده در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۶۵۶	۰/۸۳۴	۰/۹۵۵	۰/۸۲۰
۱۷	انتخاب اسکنر بهینه و تبیین پارامترهای موثر در روند بررسی نتایج	۰/۷۵۷	۰/۹۲۵	۰/۹۸۵	۰/۸۹۸
۱۸	اندازه گیری ابعاد و بررسی کیفیت سطحی قطعات و بررسی نتایج آنها	۰/۵۲۵	۰/۶۹۳	۰/۸۲۴	۰/۶۸۴
۱۹	اندازه گیری قطعات با استفاده از اسکنرهای لیزری و تحلیل و اصلاح نتایج آنها	۰/۶۵۶	۰/۸۳۴	۰/۹۵۵	۰/۸۲۰
۲۰	مقایسه نتایج بدست آمده از اسکن و نتایج اندازه گیری دستی برای مشخص شدن میزان خطاها	۰/۶۳۶	۰/۸۰۴	۰/۹۳۵	۰/۷۹۵
۲۱	ذخیره سازی اطلاعات براساس نتایج بدست آمده از روند اندازه گیری با اسکنرهای لیزری	۰/۶۰۵	۰/۷۷۴	۰/۹۰۵	۰/۷۶۴
۲۲	بازرسی سایت های ساختمانی به منظور مشخص سازی وضع موجود آنها	۰/۶۵۶	۰/۸۳۴	۰/۹۵۵	۰/۸۲۰
۲۳	انتخاب نوع ابزارها و کیفیت آنها در روند جمع آوری داده ها	۰/۵۲۵	۰/۶۹۳	۰/۸۲۴	۰/۶۸۴
۲۴	اتخاذ تصمیمات بر اساس نتایج بازرسی کیفی در روند تحویل پروژه	۰/۷۰۶	۰/۸۷۴	۰/۹۹۵	۰/۸۶۲
۲۵	تعداد فاکتورها و عوامل مورد پردازش در روند پردازش اطلاعات و داده ها	۰/۷۰۶	۰/۸۷۴	۰/۹۹۵	۰/۸۶۲
۲۶	میزان دقت روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۷۰۶	۰/۸۷۴	۰/۹۹۵	۰/۸۶۲
۲۷	میزان محدوده قابل اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۷۰۶	۰/۸۷۴	۰/۹۹۵	۰/۸۶۲
۲۸	جمع آوری داده‌ها از نظر کیفیت و زمان با استفاده از اسکنرهای لیزری	۰/۵۲۵	۰/۶۹۳	۰/۸۲۴	۰/۶۸۴
۲۹	مدت زمان لازم برای اسکن و اندازه گیری	۰/۷۰۶	۰/۸۷۴	۰/۹۹۵	۰/۸۶۲
۳۰	میزان هزینه های صرف شده در روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۶۱۵	۰/۷۷۴	۰/۹۱۵	۰/۷۶۹
۳۱	ثبت دقیق هندسه فیزیکی ساختمان در قالب ابرهای نقطه‌ای با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۶۵۶	۰/۸۳۴	۰/۹۵۵	۰/۸۲۰
۳۲	ایجاد اطمینان از اجرا و نصب صحیح تاسیسات با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۷۰۶	۰/۸۷۴	۰/۹۹۵	۰/۸۶۲
۳۳	میزان مدت زمان لازم برای آماده سازی از اسکنرهای لیزری در روند بازرسی کیفی	۰/۶۵۶	۰/۹۲۵	۰/۹۸۵	۰/۸۹۸
۳۴	سطح خطای بازرسی در روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۶۵۶	۰/۸۳۴	۰/۹۵۵	۰/۸۲۰
۳۵	تعیین جهت مسیر لوله های فاضلاب با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۶۸۶	۰/۸۵۴	۰/۹۸۵	۰/۸۴۵
۳۶	تشخیص اشیاء در روند استفاده از داده در ساختار مدل سازی	۰/۶۵۶	۰/۸۳۴	۰/۹۵۵	۰/۸۲۰

ب)مرحله دوم دلفی فازی

در این مرحله، میزان اختلاف نظر هر خبره با میانگین نظرات اعضاء پانل خبرگان محاسبه گردیده و سپس پرسشنامه دیگری به همراه نظر قبلی هر خبره و میزان اختلاف نظر وی با میانگین نظرات اعضاء پانل در اختیار آنها قرار گرفت. با توجه به نظرات ارایه شده در مرحله اول و در مقایسه آن با نتایج مرحله دوم، چنانچه اختلاف نظر خبرگان در دو مرحله از حد آستانه ۰/۲ کمتر باشد، فرآیند نظرسنجی متوقف می‌شود. با توجه به این که میزان اختلاف نظر خبرگان بین دو مرحله اول و دوم اجرای دلفی کمتر از حد آستانه خیلی کم ۰/۲ بدست آمد، نظرسنجی در مرحله دوم متوقف می‌گردد.

جدول۴: فرآیند غربالسازی عامل های استخراج شده از بخش کیفی باتوجه به نظر خبرگان در مرحله دوم دلفی فازی

ش	عامل‌ها	*میزان سطح قابل قبول هر یک از عامل ها بزرگتر مساوی (۰/۷)*			***میانگین فازی زادیی***	***میزان تفاضل قدرمطلق دو مرحله***	***نتیجه پایایی***	***نتیجه***
		مقادیر مثلثی فازی						
		L	**M**	**U**				
۱	تهیه نقشه های اولیه به منظور مدیریت برخوردها در روند جمع آوری داده ها	۰/۶۸۵	۰/۸۷۷	۰/۹۲۷	۰/۸۴۲	۰/۰۲۲۰	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۲	جمع آوری دیتاها در قالب نقشه‌های **GIS**	۰/۷۱۶	۰/۹۱۷	۰/۹۹۸	۰/۸۸۷	۰/۰۱۰۷	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۳	تبدیل سطوح درونی ابرنقطه‌ای به اشیاء قابل پذیرش در مدلسازی اطلاعات ساختمان	۰/۷۳۶	۰/۸۶۷	۰/۹۸۸	۰/۸۶۴	۰/۰۴۴۶	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۴	ثبت و ضبط اطلاعات قابل مشاهده انواع عناصر ساختمان به شکل ابر نقطه‌ای	۰/۶۲۵	۰/۸۲۷	۰/۹۳۷	۰/۸۰۴	۰/۰۳۴۴	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۵	ادغام مدلسازی اطلاعات ساختمان با فناوری‌های رادارها، رادیوگرافی‌ها، بازرسی ذرات مغناطیسی، سونارها یا امواج الکترومغناطیسی	۰/۹۴۵	۰/۸۶۷	۰/۹۴۸	۰/۸۳۲	۰/۰۳۰۹	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۶	جمع آوری اطلاعات اجسام نامرئی و تبدیل آن به مدل اطلاعات ساختمان	۰/۶۲۵	۰/۸۱۶	۰/۹۳۷	۰/۷۹۹	۰/۰۶۳۶	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۷	استفاده از داده های نقاط و خطوط منحنی	۰/۶۹۶	۰/۸۵۷	۰/۹۱۷	۰/۸۳۲	۰/۰۱۱۹	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۸	مکانیزم اصلاحی از بروز تداخل در پروژه های بزرگ شهری	۰/۶۷۵	۰/۸۴۷	۰/۹۸۸	۰/۸۳۹	۰/۰۶۹۷	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۹	استفاده کارفرماها و سازندگان پروژه ها به منظور جلوگیری از اتلاف وقت و دوباره کاری	۰/۷۲۶	۰/۸۶۷	۰/۹۹۸	۰/۸۶۴	۰/۰۴۴۶	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۱۰	وجود مکانیزم هایی برای تطبیق ساختار داده ها در روند مدلسازی	۰/۷۲۶	۰/۸۲۷	۰/۹۷۸	۰/۸۳۹	۰/۰۲۳۳	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۱۱	سازوکارهایی برای شناسایی و رفع نقص ها و بی نظمی در پروژه های ساخت	۰/۶۷۵	۰/۸۵۷	۰/۹۸۸	۰/۸۴۴	۰/۰۲۴۵	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۱۲	ایجاد همخوانی المان های مختلف با یکدیگر در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۶۱۵	۰/۸۵۷	۰/۹۷۸	۰/۸۲۷	۰/۰۰۶۸	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۱۳	ابعاد و اندازه داده‌ها در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۶۳۵	۰/۸۱۶	۰/۹۱۷	۰/۷۶۹	۰/۰۲۳۴	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۱۴	محدوده زمانی در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۶۸۵	۰/۸۸۷	۰/۹۶۸	۰/۸۵۷	۰/۰۱۱۹	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۱۵	افزودن اطلاعات المان‌های موجود در فضاهای اسکن شده به مدل اطلاعات ساختمان	۰/۶۳۵	۰/۸۶۷	۰/۹۷۸	۰/۸۳۷	۰/۰۱۶۹	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۱۶	کیفیت داده های ضبط شده در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۶۷۵	۰/۸۳۷	۰/۹۸۸	۰/۸۳۴	۰/۰۱۴۴	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۱۷	انتخاب اسکنر بهینه و تبیین پارامترهای موثر در روند بررسی نتایج	۰/۷۱۶	۰/۸۹۷	۰/۹۵۸	۰/۸۶۷	۰/۰۳۰۸	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۱۸	اندازه گیری ابعاد و بررسی کیفیت سطحی قطعات و بررسی نتایج آنها	۰/۵۱۴	۰/۶۳۵	۰/۸۳۷	۰/۶۵۵	۰/۰۲۸۷	دارای پایایی	*مورد تایید نیست*
۱۹	اندازه گیری قطعات با استفاده از اسکنرهای لیزری و تحلیل و اصلاح نتایج آنها	۰/۶۵۵	۰/۸۳۷	۰/۹۷۸	۰/۸۲۷	۰/۰۰۶۸	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۲۰	مقایسه نتایج بدست آمده از اسکن و نتایج اندازه گیری دستی برای مشخص شدن میزان خطاها	۰/۶۷۵	۰/۸۳۷	۰/۹۴۸	۰/۸۲۴	۰/۰۲۹۵	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۲۱	ذخیره سازی اطلاعات براساس نتایج بدست آمده از روند اندازه گیری با اسکنرهای لیزری	۰/۶۳۵	۰/۷۹۶	۰/۸۹۷	۰/۷۸۱	۰/۰۱۶۸	دارای پایایی	*مورد تایید است*

۲۲	بازرسی سایت های ساختمانی به منظور مشخص سازی وضع موجود آنها	۰/۷۴۶	۰/۹۲۷	۰/۹۹۸	۰/۹۰۰	۰/۰۷۹۹	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۲۳	انتخاب نوع ابزارها و کیفیت آنها در روند جمع آوری داده ها	۰/۵۷۵	۰/۶۸۵	۰/۸۴۷	۰/۶۹۸	۰/۰۱۴۱	دارای پایایی	*مورد تایید نیست*
۲۴	اتخاذ تصمیمات بر اساس نتایج بازرسی کیفی در روند تحویل پروژه	۰/۷۴۶	۰/۸۹۷	۰/۹۷۸	۰/۸۷۹	۰/۰۱۷۰	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۲۵	تعداد فاکتورها و عوامل مورد پردازش در روند پردازش اطلاعات و داده ها	۰/۷۳۶	۰/۸۶۷	۰/۹۷۸	۰/۸۶۲	۰/۰۰۰۶	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۲۶	میزان دقت روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۷۱۶	۰/۸۵۷	۰/۹۴۸	۰/۸۴۴	۰/۰۱۸۳	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۲۷	میزان محدوده قابل اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۷۳۶	۰/۸۹۷	۰/۹۵۸	۰/۸۷۲	۰/۰۰۹۴	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۲۸	جمع آوری داده‌ها از نظر کیفیت و زمان با استفاده از اسکنرهای لیزری	۰/۴۸۴	۰/۷۱۶	۰/۸۷۷	۰/۶۹۸	۰/۰۱۴۱	دارای پایایی	*مورد تایید نیست*
۲۹	مدت زمان لازم برای اسکن و اندازه گیری	۰/۷۶۶	۰/۹۲۷	۰/۹۷۸	۰/۹۰۰	۰/۰۳۷۲	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۳۰	میزان هزینه های صرف شده در روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۶۷۵	۰/۷۸۶	۰/۹۴۸	۰/۷۹۹	۰/۰۲۹٤	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۳۱	ثبت دقیق هندسه فیزیکی ساختمان در قالب ابرهای نقطه‌ای با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۷۴۶	۰/۸۸۷	۰/۹۸۸	۰/۸۷۷	۰/۰۵۷۲	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۳۲	ایجاد اطمینان از اجرا و نصب صحیح تاسیسات با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۷۳۶	۰/۸۷۷	۰/۹۹۵	۰/۸۷۱	۰/۰۰۸۷	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۳۳	میزان مدت زمان لازم برای آماده سازی از اسکنرهای لیزری در روند بازرسی کیفی	۰/۷۶۶	۰/۸۹۷	۰/۹۹۵	۰/۸۸۹	۰/۰۰۸۹	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۳۴	سطح خطای بازرسی در روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۷۲۶	۰/۸۹۷	۰/۹۶۸	۰/۸۷۲	۰/۰۵۲۲	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۳۵	تعیین جهت مسیر لوله های فاضلاب با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۶۹۶	۰/۸۵۷	۰/۹۷۸	۰/۸٤۷	۰/۰۰۱۸	دارای پایایی	*مورد تایید است*
۳۶	تشخیص اشیاء در روند استفاده از داده در ساختار مدل سازی	۰/۷۱۶	۰/۸۶۷	۰/۹۶۸	۰/۸۵٤	۰/۰۳٤۶	دارای پایایی	*مورد تایید است*

جدول۵: جمع بندی خروجی دلفی فازی

شماره	*عامل‌ها*	*امتیاز فازی*	*نتیجه*
۱	تهیه نقشه های اولیه به منظور مدیریت برخوردها در روند جمع آوری داده ها	۰/۸۴۲۰	*مورد تایید است*
۲	**GIS** جمع آوری دیتاها در قالب نقشه‌های	۰/۸۸۷۰	*مورد تایید است*
۳	تبدیل سطوح درونی ابرنقطه‌ای به اشیاء قابل پذیرش در مدلسازی اطلاعات ساختمان	۰/۸۶۴۰	*مورد تایید است*
۴	ثبت و ضبط اطلاعات قابل مشاهده انواع عناصر ساختمان به شکل ابر نقطه‌ای	۰/۸۰۴۰	*مورد تایید است*
۵	ادغام مدلسازی اطلاعات ساختمان با فناوری‌های رادارها، رادیوگرافی‌ها، بازرسی ذرات مغناطیسی، سونارها یا امواج الکترومغناطیسی	۰/۸۳۲۰	*مورد تایید است*
۶	جمع آوری اطلاعات اجسام نامرئی و تبدیل آن به مدل اطلاعات ساختمان	۰/۷۹۹۰	*مورد تایید است*
۷	استفاده از داده های نقاط و خطوط منحنی	۰/۸۳۲۰	*مورد تایید است*
۸	مکانیزم اصلاحی از بروز تداخل در پروژه های بزرگ شهری	۰/۸۳۹۰	*مورد تایید است*
۹	استفاده کارفرماها و سازندگان پروژه ها به منظور جلوگیری از اتلاف وقت و دوباره کاری	۰/۸۶۴۰	*مورد تایید است*
۱۰	وجود مکانیزم هایی برای تطبیق ساختار داده ها در روند مدلسازی	۰/۸۳۹۰	*مورد تایید است*
۱۱	سازوکارهایی برای شناسایی و رفع نقص ها و بی نظمی در پروژه های ساخت	۰/۸۴۴۰	*مورد تایید است*
۱۲	ایجاد همخوانی المان های مختلف با یکدیگر در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۸۲۷۰	*مورد تایید است*
۱۳	ابعاد و اندازه داده‌ها در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۷۹۶۰	*مورد تایید است*
۱۴	محدوده زمانی در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۸۵۷۰	*مورد تایید است*
۱۵	افزودن اطلاعات المان‌های موجود در فضاهای اسکن شده به مدل اطلاعات ساختمان	۰/۸۳۷۰	*مورد تایید است*
۱۶	کیفیت داده های ضبط شده در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۸۳۴۰	*مورد تایید است*
۱۷	انتخاب اسکنر بهینه و تبیین پارامترهای موثر در روند بررسی نتایج	۰/۸۶۷۰	*مورد تایید است*
۱۸	اندازه گیری قطعات با استفاده از اسکنرهای لیزری و تحلیل و اصلاح نتایج آنها	۰/۸۲۷۰	*مورد تایید است*
۱۹	مقایسه نتایج بدست آمده از اسکن و نتایج اندازه گیری دستی برای مشخص شدن میزان خطاها	۰/۸۲۴۰	*مورد تایید است*

۲۰	ذخیره سازی اطلاعات براساس نتایج بدست آمده از روند اندازه گیری با اسکنرهای لیزری	۰/۷۸۱۰	*مورد تایید است*
۲۱	بازرسی سایت های ساختمانی به منظور مشخص سازی وضع موجود آنها	۰/۹۰۰۰	*مورد تایید است*
۲۲	اتخاذ تصمیمات بر اساس نتایج بازرسی کیفی در روند تحویل پروژه	۰/۸۷۹۰	*مورد تایید است*
۲۳	تعداد فاکتورها و عوامل مورد پردازش در روند پردازش اطلاعات و داده ها	۰/۸۶۲۰	*مورد تایید است*
۲۴	میزان دقت روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۸۴۴۰	*مورد تایید است*
۲۵	میزان محدوده قابل اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۸۷۲۰	*مورد تایید است*
۲۶	مدت زمان لازم برای اسکن و اندازه گیری	۰/۹۰۰۰	*مورد تایید است*
۲۷	میزان هزینه های صرف شده در روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۷۹۹۰	*مورد تایید است*
۲۸	ثبت دقیق هندسه فیزیکی ساختمان در قالب ابرهای نقطه‌ای با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۸۷۷۰	*مورد تایید است*
۲۹	ایجاد اطمینان از اجرا و نصب صحیح تاسیسات با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۸۷۱۰	*مورد تایید است*
۳۰	میزان مدت زمان لازم برای آماده سازی از اسکنرهای لیزری در روند بازرسی کیفی	۰/۸۸۹۰	*مورد تایید است*
۳۱	سطح خطای بازرسی در روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۸۷۲۰	*مورد تایید است*
۳۲	تعیین جهت مسیر لوله های فاضلاب با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۸۴۷۰	*مورد تایید است*
۳۳	تشخیص اشیاء در روند استفاده از داده در ساختار مدل سازی	۰/۸۵۴۰	*مورد تایید است*

۳-۲-تحلیل عاملی اکتشاف

به منظور شناسایی و کشف ابعاد یا سازه های اصلی داده‌های تحقیق برای شناسایی عوامل موثر و تبیین سهم واریانس توسط این عامل‌ها و نیز اولویت آن‌ها در زمینه عوامل موثر از روش تحلیل عاملی اکتشافی استفاده شده است، در این بین با توجه به ضریب آلفای کرونباخ که ۰/۷۳۹ محاسبه شده است، می‌توان نتیجه گرفت که پایایی پرسشنامه مناسب است.

جدول۶: توصیف چولگی و کشیدکی در روابط بین متغیرها

ردیف	عامل ها پژوهش	کمیت	چولگی		کشیدگی	
			میزان	انحراف معیار	میزان	انحراف معیار
۱	جمع آوری دیتاها در قالب نقشه‌های GIS	۱۷۲	-۰/۳۳۱۶	۰/۲۵۹	۰/٤۲۸۳	۰/۳۲۸
۲	تبدیل سطوح درونی ابرنقطه‌ای به اشیاء قابل پذیرش در مدلسازی اطلاعات ساختمان	۱۷۲	۰/۱۱۷۷	۰/۲۵۹	-۱/۱۱٦۹	۰/۳۲۸
۳	استفاده از داده های نقاط و خطوط منحنی	۱۷۲	۰/٥٤٥٤	۰/۲۵۹	-۱/۰۱٥۱	۰/۳۲۸
۴	میزان هزینه های صرف شده در روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۱۷۲	۰/۳۱۰۰	۰/۲۵۹	-۱/۲۲۳۷	۰/۳۲۸
۵	بازرسی سایت های ساختمانی به منظور مشخص سازی وضع موجود آنها	۱۷۲	-۰/۸٥۱۷	۰/۲۵۹	-۱/۳٥٤۸	۰/۳۲۸
۶	ابعاد و اندازه داده‌ها در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۱۷۲	۰/۱۸۰٤	۰/۲۵۹	-۱/۲٤۸۹	۰/۳۲۸
۷	جمع آوری اطلاعات اجسام نامرئی و تبدیل آن به مدل اطلاعات ساختمان	۱۷۲	-۰/۹۹٤۷	۰/۲۵۹	-۱/۲٦۷۱	۰/۳۲۸
۸	ثبت دقیق هندسه فیزیکی ساختمان در قالب ابرهای نقطه‌ای با استفاده از اسکنر های لیزری	۱۷۲	۰/٦۲٥٤	۰/۲۵۹	۰/۹۹٥۷	۰/۳۲۸
۹	ایجاد اطمینان از اجرا و نصب صحیح تاسیسات با استفاده از اسکنر های لیزری	۱۷۲	-۱/٦۰۳۸	۰/۲۵۹	۰/۰۹۹۷	۰/۳۲۸
۱۰	میزان دقت روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۱۷۲	۰/۱۹۸۷	۰/۲۵۹	-۰/۹۷۳۷	۰/۳۲۸
۱۱	ثبت و ضبط اطلاعات قابل مشاهده انواع عناصر ساختمان به شکل ابر نقطه‌ای	۱۷۲	۰/۲۱۱۷	۰/۲۵۹	-۰/۸۳۷٦	۰/۳۲۸
۱۲	مکانیزم اصلاحی از بروز تداخل در پروژه های بزرگ شهری	۱۷۲	۰/٥۰۳۳	۰/۲۵۹	-۰/٦٥۲۲	۰/۳۲۸
۱۳	انتخاب اسکنر بهینه و تبیین پارامترهای موثر در روند بررسی نتایج	۱۷۲	۰/۱۱۳٤	۰/۲۵۹	-۱/۰٥۹٤	۰/۳۲۸
۱۴	میزان مدت زمان لازم برای آماده سازی از اسکنرهای لیزری در روند بازرسی کیفی	۱۷۲	-۰/۱۸۲٥	۰/۲۵۹	-۱/۱۷۸٤	۰/۳۲۸
۱۵	ادغام مدلسازی اطلاعات ساختمان با فناوری‌های رادارها، رادیوگرافی‌ها، بازرسی ذرات مغناطیسی، سونارها یا امواج الکترومغناطیسی	۱۷۲	۰/۰۷۱۳	۰/۲۵۹	-۰/۹۸٥۸	۰/۳۲۸
۱۶	ایجاد همخوانی المان های مختلف با یکدیگر در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۱۷۲	۰/۲۳۱۱	۰/۲۵۹	-۱/۱۰۳۸	۰/۳۲۸
۱۷	مدت زمان لازم برای اسکن و اندازه گیری	۱۷۲	۰/۳٦۸۳	۰/۲۵۹	۱/٦۱۳۸	۰/۳۲۸
۱۸	مقایسه نتایج بدست آمده از اسکن و نتایج اندازه گیری دستی برای مشخص شدن میزان خطاها	۱۷۲	۰/۳۰٥٦	۰/۲۵۹	-۰/۳۷۳۰	۰/۳۲۸
۱۹	اتخاذ تصمیمات بر اساس نتایج بازرسی کیفی در روند تحویل پروژه	۱۷۲	۰/٥۰۳۳	۰/۲۵۹	-۰/۷٤۷۹	۰/۳۲۸
۲۰	سطح خطای بازرسی در روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۱۷۲	-۱/٤٥۹۱	۰/۲۵۹	-۰/۸۲۳٥	۰/۳۲۸
۲۱	اندازه گیری قطعات با استفاده از اسکنرهای لیزری و تحلیل و اصلاح نتایج آنها	۱۷۲	۰/۷۲۹۰	۰/۲۵۹	۳/۹۳۷۲	۰/۳۲۸

ردیف	عامل ها پژوهش	کمیت	چولگی		کشیدگی	
			میزان	انحراف معیار	میزان	انحراف معیار
۲۲	میزان محدوده قابل اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۱۷۲	-۰/۷۰۹۶	۰/۲۵۹	۲/۹۲۶۲	۰/۳۲۸
۲۳	استفاده کارفرماها و سازندگان پروژه ها به منظور جلوگیری از اتلاف وقت و دوباره کاری	۱۷۲	۰/۲۶۶۸	۰/۲۵۹	-۱/۲۱۲۶	۰/۳۲۸
۲۴	ذخیره سازی اطلاعات براساس نتایج بدست آمده از روند اندازه گیری با اسکنرهای لیزری	۱۷۲	-۰/۸۷۲۶	۰/۲۵۹	-۰/۸۱۶۵	۰/۳۲۸
۲۵	کیفیت داده های ضبط شده در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۱۷۲	۰/۳۱۹۷	۰/۲۵۹	۰/۱۷۶٤	۰/۳۲۸
۲۶	تهیه نقشه های اولیه به منظور مدیریت برخوردها در روند جمع آوری داده ها	۱۷۲	۰/۵۸۱۰	۰/۲۵۹	-۰/٦٦۹۳	۰/۳۲۸
۲۷	تعیین جهت مسیر لوله های فاضلاب با استفاده از اسکنر های لیزری	۱۷۲	۰۱/۹٦۲٤	۰/۲۵۹	٤/۰۲۰۹	۰/۳۲۸
۲۸	سازوکارهایی برای شناسایی و رفع نقص ها و بی نظمی در پروژه های ساخت	۱۷۲	-۰/۸٦۷۲	۰/۲۵۹	-۰/۲۱۸۷	۰/۳۲۸
۲۹	تشخیص اشیاء در روند استفاده از داده در ساختار مدل سازی	۱۷۲	۱/٦۲۹۷	۰/۲۵۹	-۰/۷۳۷۹	۰/۳۲۸
۳۰	وجود مکانیزم هایی برای تطبیق ساختار داده ها در روند مدلسازی	۱۷۲	-۰/۷۵۰٦	۰/۲۵۹	۳/۹۸۹۷	۰/۳۲۸
۳۱	محدوده زمانی در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۱۷۲	۰/۷۰۹٦	۰/۲۵۹	۲/۹۸۸۷	۰/۳۲۸
۳۲	افزودن اطلاعات المان‌های موجود در فضاهای اسکن شده به مدل اطلاعات ساختمان	۱۷۲	-۰/۲٦٦۸	۰/۲۵۹	-۱/٤۰۰۱	۰/۳۲۸
۳۳	تعداد فاکتورها و عوامل مورد پردازش در روند پردازش اطلاعات و داده ها	۱۷۲	۰/٦۹۳٤	۰/۲۵۹	-۰/۵۸۰٦	۰/۳۲۸

بنابر نتایج جدول ۶ شش عامل(۴)،(۸)،(۹)،(۲۰)،(۲۷) و (۲۹) به دلیل عدم تقارن و برخورداری از توزیعی غیر نرمال باید حذف شوند. پس از حذف عواملی که به دلیل عدم تقارن و برخورداری از توزیعی غیر نرمال تبعیت می‌کردند، اقدام به محاسبه ضریب آلفای کرونباخ شده است، تا پایایی پرسشنامه تحلیل عاملی اکتشافی محاسبه شود. در مرحله اول شاخص KMO[۱۱] محاسبه شده است. شاخص KMO هرچه به یک نزدیکتر باشد بهتر است. طبق آزمون کرویت بارتلت چون مقدار آن (Sig [۱۲] =۰/۰۳۷) در جدول ۷ کوچکتر از ۵ درصد است، توانایی عاملی شدن داده‌ها تأیید می‌شود.

جدول۷: ضریب آلفای کرونباخ/نتایج آزمون کرویت بارتلت

ضریب آلفای کرونباخ	تعداد گویه ها	
۰/۸۴۷	۲۷	
اندازه کفایت نمونه گیریKMO	۰/۷۳۸	
آزمون کرویت بارتلت	مجذور χ	۱۶۹/۲۰۷۴
	درجه آزادی	۹۶
	سطح معنی داری	۰/۰۳۷

در گام بعدی میزان اشتراکات استخراجی عامل‌ها، به منظور ارزیابی ارتباط عامل‌ها با مدل تدوین شده محاسبه شده است، که اگر عاملی، مقادیر اشتراکات استخراجی آنان کمتر از ۰/۵ محاسبه گردد، حذف و در غیر این صورت قابل قبول هستند.

جدول۸: اشتراکات در آزمودنی های پژوهش

شماره	عوامل پژوهش	اشتراکات استخراجی
۱	جمع آوری دیتاها در قالب نقشه‌های **GIS**	۰/۷۷۴۹
۲	تبدیل سطوح درونی ابرنقطه‌ای به اشیاء قابل پذیرش در مدلسازی اطلاعات ساختمان	۰/٦۸۲۵
۳	استفاده از داده های نقاط و خطوط منحنی	۰/٦۷۸۳
۴	بازرسی سایت های ساختمانی به منظور مشخص سازی وضع موجود آنها	۰/۸۰۷۵
۵	ابعاد و اندازه داده‌ها در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/٦۲۷۹

[۱۲] Kaiser-Meyer-Olkin Measure of sampling adequancy (KMO)
[۱۳] Significant

۶	جمع آوری اطلاعات اجسام نامرئی و تبدیل آن به مدل اطلاعات ساختمان	۰/۷۹۳۸
۷	میزان دقت روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۸۱٤۸
۸	ثبت و ضبط اطلاعات قابل مشاهده انواع عناصر ساختمان به شکل ابر نقطه‌ای	۰/۸٥۳۷
۹	مکانیزم اصلاحی از بروز تداخل در پروژه های بزرگ شهری	۰/۷۱٦۱
۱۰	انتخاب اسکنر بهینه و تبیین پارامترهای موثر در روند بررسی نتایج	۰/٦۷۳۱
۱۱	میزان مدت زمان لازم برای آماده سازی از اسکنرهای لیزری در روند بازرسی کیفی	۰/۸۱۳۸
۱۲	ادغام مدلسازی اطلاعات ساختمان با فناوری‌های رادارها، رادیوگرافی‌ها، بازرسی ذرات مغناطیسی، سونارها یا امواج الکترومغناطیسی	۰/۷٦٥٥
۱۳	ایجاد همخوانی المان های مختلف با یکدیگر در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/٦۲٥۸
۱۴	مدت زمان لازم برای اسکن و اندازه گیری	۰/٦٥٦۳
۱۵	مقایسه نتایج بدست آمده از اسکن و نتایج اندازه گیری دستی برای مشخص شدن میزان خطاها	۰/٦۸٥۷
۱۶	اتخاذ تصمیمات بر اساس نتایج بازرسی کیفی در روند تحویل پروژه	۰/۷۸٦٥
۱۷	اندازه گیری قطعات با استفاده از اسکنرهای لیزری و تحلیل و اصلاح نتایج آنها	۰/٥٤۷۱
۱۸	میزان محدوده قابل اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/٦۹۷۲
۱۹	استفاده کارفرماها و سازندگان پروژه ها به منظور جلوگیری از اتلاف وقت و دوباره کاری	۰/٥۹۷٥
۲۰	ذخیره سازی اطلاعات براساس نتایج بدست آمده از روند اندازه گیری با اسکنرهای لیزری	۰/۸٤۱۱
۲۱	کیفیت داده های ضبط شده در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/٦۹۷۲
۲۲	تهیه نقشه های اولیه به منظور مدیریت برخوردها در روند جمع آوری داده ها	۰/٥۹۷٥
۲۳	سازوکارهایی برای شناسایی و رفع نقص ها و بی نظمی در پروژه های ساخت	۰/۸٤۱۱
۲۴	وجود مکانیزم هایی برای تطبیق ساختار داده ها در روند مدلسازی	۰/۸٤۱۱
۲۵	محدوده زمانی در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/٥۷۱۲
۲۶	افزودن اطلاعات المان‌های موجود در فضاهای اسکن شده به مدل اطلاعات ساختمان	۰/٦۹۷۲
۲۷	تعداد فاکتورها و عوامل مورد پردازش در روند پردازش اطلاعات و داده ها	۰/٥۹۷٥

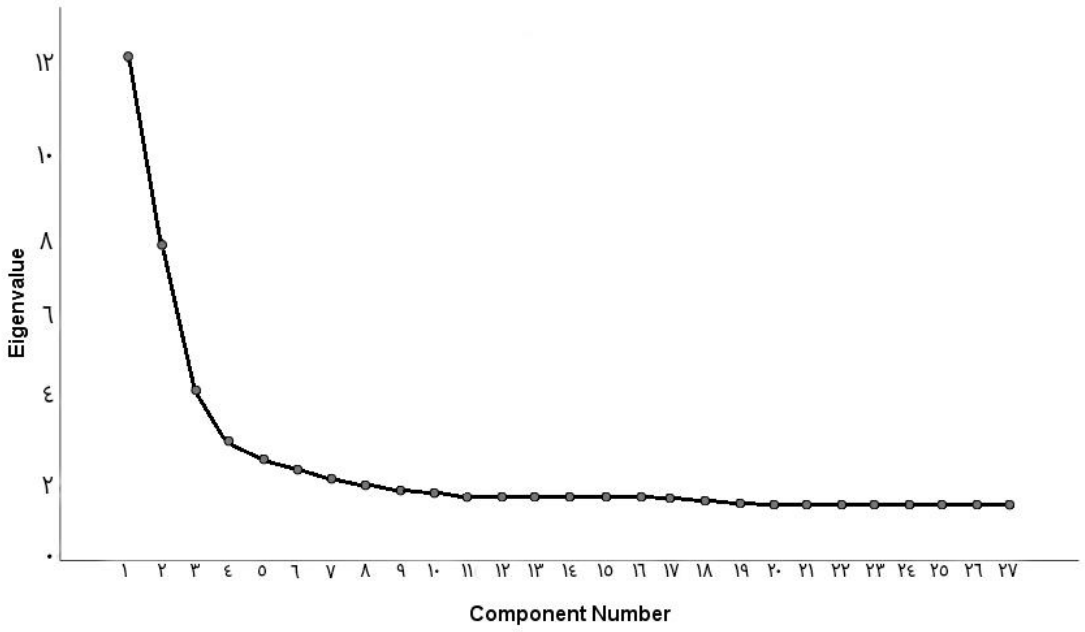
در گام بعد اقدام به محاسبه میزان مقادیر ویژه اولیه، مقادیر استخراج و مقادیر عوامل استخراج بعد از انجام چرخش برای مشخص نمودن تعداد گروه های لازم برای طبقه بندی عوامل موجود در آنها می‌شود، روند این مرحله به این صورت است، که ابتدا باید تمامی عوامل به صورت ستونی مقادیر ویژه اولیه محاسبه شوند و در قسمتی از عوامل که مقادیر استخراج و مقادیر عوامل استخراج بعد از انجام چرخش فاقد عدد باشند، می توان نتیجه گرفت که عامل های مربوط باید در آن تعداد طبقه بندی گردند، که در جدول ۹ نتایج کل واریانس تبیین شده به وسیله راه حل تحلیل عاملی قابل مشاهده است و در این بین (کل واریانس/ درصد واریانس و درصد تراکمی واریانس) برای هریک از دسته‌ها محاسبه شده است، که در جدول ۹ قابل مشاهده است:

جدول۹: کل واریانس تبیین شده به وسیله راه حل تحلیل عاملی در آزمودنی های پژوهش

عوامل	مقادیر ویژه اولیه			مقادیر استخراج			مقادیر عوامل استخراج بعد از انجام چرخش		
	کل واریانس	درصد واریانس	درصد تراکمی واریانس	کل واریانس	درصد واریانس	درصد تراکمی واریانس	کل واریانس	درصد واریانس	درصد تراکمی واریانس
۱	۱۲/۲۷۱٥	۳۳/۳۲٥۱	۳۳/۳۲٥۱	۱۲/۲۷۱٥	۳۳/۳۲٥۱	۳۳/۳۲٥۱	۹/٦۸۳٥	۲۱/۹۱۳۷	۲۱/۹۱۳۷
۲	۷/٤٦۹٥	۹/۸۲۹۲	٤۳/۱٥٤۳	۷/٤٦۹٥	۹/۸۲۹۲	٤۳/۱٥٤۳	۷/۸۸۲۸	۱٥/۹٥٥٦	۳۷/۸٦۹۲
۳	۳/٥٦٦۰	۷/۸٤۱٥	٥۰/۹۹٦۸	۳/٥٦٦۰	۷/۸٤۱٥	٥۰/۹۹٦۸	٤/٤۳۹۸	۱۲/۳٤۰۳	٥۰/۲۰۹٦
۴	۲/٦۷٤٥	٦/٦۳۲۲	٥۷/٦۲۸۹	۲/٦۷٤٥	٦/٦۳۲۲	٥۷/٦۲۸۹	۳/٦۳٦۹	۹/۹۹۱٥	٦۰/۲۰۱۱
۵	۱/۹٦۰۱	٥/٤۰٤۱	٦۳/۰۳۲۱	۱/۹٦۰۱	٥/٤۰٤۱	٦۳/۰۳۲۱	۲/٦٤۷۹	٦/۳٥۳۷	٦٦/٥٥٤۸
۶	۱/۳۳۹۲	٤/۸۸۹٥	٦۷/۹۲۱٦	۱/۳۳۹۲	٤/۸۸۹٥	٦۷/۹۲۱٦	۱/٦۷۳۸	۳/٦۳۰۰	۷۰/۱۸٤۸
۷	۰/۸۹۷٤	۳/٤٥۹۷	۷۱/۳۸۱۳	۰/۸۹۷٤	۳/٤٥۹۷	۷۱/۳۸۱۳	۱/۱٥۲۳	۱/۱۹٦٥	۷۱/۳۸۱۳
۸	۰/٥۹٥۳	۳/۱٦۷٥	۷٤/٥٤۸۸						
۹	۰/٥۰٤۸	۲/٦۷۷٥	۷۷/۲۲٦۳						
۱۰	۰/٤۸۹۰	۲/٥۷۲۲	۷۹/۷۹۸٥						

عوامل	مقادیر ویژه اولیه			مقادیر استخراج			مقادیر عوامل استخراج بعد از انجام چرخش		
	کل واریانس	درصد واریانس	درصد تراکمی واریانس	کل واریانس	درصد واریانس	درصد تراکمی واریانس	کل واریانس	درصد واریانس	درصد تراکمی واریانس
۱۱	۰/۴۰۹۳	۲/۴۱۸۷	۸۲/۲۱۷۱						
۱۲	۰/۳۸۷۷	۲/۲۱۰۱	۸۴/۴۲۷۲						
۱۳	۰/۲۵۴۹	۲/۰۶۸۴	۸۶/۴۹۵۶						
۱۴	۰/۲۴۹۰	۱/۵۸۸۲	۸۸/۰۸۳۷						
۱۵	۰/۲۴۴۰	۱/۳۶۲۸	۸۹/۴۴۶۶						
۱۶	۰/۲۳۷۱	۱/۲۱۰۳	۹۰/۶۵۶۹						
۱۷	۰/۲۳۲۲	۰۱/۰۰۸۶	۹۱/۶۶۵۵						
۱۸	۰/۲۲۷۳	۰/۹۸۸۹	۹۲/۶۵۴۴						
۱۹	۰/۲۲۰۴	۰/۸۸۸۶	۹۳/۵۴۳۰						
۲۰	۰/۱۸۱۱	۰/۸۱۷۷	۹۴/۳۶۰۷						
۲۱	۰/۱۵۸۴	۰/۷۷۱۵	۹۵/۱۳۲۱						
۲۲	۰/۱۴۹۶	۰/۷۲۵۲	۹۵/۸۵۷۳						
۲۳	۰/۱۰۵۳	۰/۶۷۴۰	۹۶/۵۳۱۴						
۲۴	۰/۰۸۳۶	۰/۶۱۸۰	۹۷/۱۴۹۳						
۲۵	۰/۰۶۰۰	۰/۴۸۹۰	۹۷/۶۳۸۴						
۲۶	۰/۰۳۴۴	۰/۴۲۳۱	۹۸/۰۶۱۵						
۲۷	۰/۰۰۲۶۸	۰/۳۹۵۱	۱۰۰						

در گام بعدی اقدام به تدوین نمودار سنگریزه به منظور ارزیابی و اندازه‌گیری تعداد گروه‌های لازم برای طبقه بندی عوامل در آنها شده است، به طوریکه در نقطه ای که شیب نمودار ثابت و فلات نمودار شکسته شده است، می‌توان نتیجه گرفت که تعداد گروه‌های مورد نیاز برای طبقه بندی عوامل شامل می‌گردد، که در شکل شماره ۲ قابل مشاهده است:



شکل ۲: نمودار سنگریزه

در شکل ۲ نمودار سنگریزه مشخص می‌شود که تعداد گروه‌های لازم برای طبقه بندی عوامل باید در هفت گروه باشد، باتوجه به اینکه شیب نمودار سنگریزه در این منطقه ثابت شده است. در ادامه باتوجه به نتایج بدست آمده، اقدام به محاسبه بارهای عاملی و انجام چرخش‌های متعدد می‌گردد و عامل‌ها در هریک از گروه ایجاد شده براساس شدت بارعاملی آنها قرار می‌گیرند. لازم به ذکر است، که اگر عاملی در دو گروه دارای بارعاملی باشد، در گروهی قرار می‌گیرد که بار عاملی بیشتری داشته باشد.

جدول۱۰: بار عاملی پس از چرخش در آزمودنی‌های پژوهش

ش	عامل های پژوهش	گروه/شاخص/مولفه						
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
S۱۴	میزان مدت زمان لازم برای آماده سازی از اسکنرهای لیزری در روند بازرسی کیفی							۰/٤۳۹
S۱۵	ادغام مدلسازی اطلاعات ساختمان با فناوری‌های رادارها، رادیوگرافی‌ها، بازرسی ذرات مغناطیسی، سونارها یا امواج الکترومغناطیسی	۰/۷٦۹						
S۲۳	استفاده کارفرماها و سازندگان پروژه ها به منظور جلوگیری از اتلاف وقت و دوباره کاری			۰/٥۹۱			۰/۳٤۳	
S۲۴	ذخیره سازی اطلاعات براساس نتایج بدست آمده از روند اندازه گیری با اسکنرهای لیزری						۰/۸۲۸	
S۲۵	کیفیت داده های ضبط شده در روند پردازش داده های جمع آوری شده						۰/٦۱۸	
S۱۰	میزان دقت روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری				۰/٦۲٥			
S۱۱	ثبت و ضبط اطلاعات قابل مشاهده انواع عناصر ساختمان به شکل ابر نقطه‌ای	۰/٦۸٦						
S۱۲	مکانیزم اصلاحی از بروز تداخل در پروژه های بزرگ شهری			۰/۷۷۹				
S۱۳	انتخاب اسکنر بهینه و تبیین پارامترهای موثر در روند بررسی نتایج					۰/٥۹۱		
S۲۱	اندازه گیری قطعات با استفاده از اسکنرهای لیزری و تحلیل و اصلاح نتایج آنها					۰/٦٤٥		
S۲۲	میزان محدوده قابل اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری				۰/۷۲۲			
S۱۶	ایجاد همخوانی المان های مختلف با یکدیگر در روند پردازش داده های جمع آوری شده						۰/٤۲۰	
S۱۷	مدت زمان لازم برای اسکن و اندازه گیری				۰/٦۲۱			
S۱۸	مقایسه نتایج بدست آمده از اسکن و نتایج اندازه گیری دستی برای مشخص شدن میزان خطاها					۰/۷٤٥		
S۱۹	اتخاذ تصمیمات بر اساس نتایج بازرسی کیفی در روند تحویل پروژه		۰/٦۱۸					
S۲۶	تهیه نقشه های اولیه به منظور مدیریت برخوردها در روند جمع آوری داده ها	۰/٦٤۱						
S۱	جمع آوری دیتاها در قالب نقشه‌های GIS	۰/٥۸۰						
S۲	تبدیل سطوح درونی ابرنقطه‌ای به اشیاء قابل پذیرش در مدلسازی اطلاعات ساختمان	۰/٥۱۰					۰/۲٥٥	
S۳	استفاده از داده های نقاط و خطوط منحنی			۰/٦۲۷				

S۵	بازرسی سایت های ساختمانی به منظور مشخص سازی وضع موجود آنها		۰/۸۱۳			۰/٦۰۸		
S۶	ابعاد و اندازه داده‌ها در روند پردازش داده های جمع آوری شده						۰/۵۸۷	
S۷	جمع آوری اطلاعات اجسام نامرئی و تبدیل آن به مدل اطلاعات ساختمان						۰/٦۲۱	
S۳۰	وجود مکانیزم هایی برای تطبیق ساختار داده ها در روند مدلسازی			۰/۷٦۲			۰/٤۸۳	
S۳۱	محدوده زمانی در روند پردازش داده های جمع آوری شده				۰/۵٤۳		۰/۷۷۵	
S۳۲	افزودن اطلاعات المان‌های موجود در فضاهای اسکن شده به مدل اطلاعات ساختمان						۰/۷٤٦	
S۳۳	تعداد فاکتورها و عوامل مورد پردازش در روند پردازش اطلاعات و داده ها		۰/۵۷۰				۰/۳۳۲	
S۲۸	سازوکارهایی برای شناسایی و رفع نقص ها و بی نظمی در پروژه های ساخت			۰/۵۹۱				

در این بین S۱۴ به دلیل اینکه در یک گروه قرار گرفته است، عامل و گروه حذف و تغییرات جدید در جدول ۱۱ قابل مشاهده است.

جدول۱۱: ماتریس ساختار عامل چرخش یافته با شش عامل

ش	عامل های پژوهش	گروه/شاخص/مولفه					
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
S۲۶	تهیه نقشه های اولیه به منظور مدیریت برخوردها در روند جمع آوری داده ها	۰/۵۹۹					
S۱	جمع آوری دیتاها در قالب نقشه‌های **GIS**	۰/۵۳۱					
S۲	تبدیل سطوح درونی ابرنقطه‌ای به اشیاء قابل پذیرش در مدلسازی اطلاعات ساختمان	۰/٤۷٦					۰/۲٦۱
S۳	استفاده از داده های نقاط و خطوط منحنی			۰/۵۸۷			
S۵	بازرسی سایت های ساختمانی به منظور مشخص سازی وضع موجود آنها		۰/۷۵۸			۰/۵۲٦	
S۱۰	میزان دقت روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری				۰/۵۹٤		
S۱۱	ثبت و ضبط اطلاعات قابل مشاهده انواع عناصر ساختمان به شکل ابر نقطه‌ای	۰/٦۵۲					
S۱۲	مکانیزم اصلاحی از بروز تداخل در پروژه های بزرگ شهری			۰/۷۱۸			
S۱۳	انتخاب اسکنر بهینه و تبیین پارامترهای موثر در روند بررسی نتایج					۰/۵۱۰	
S۲۱	اندازه گیری قطعات با استفاده از اسکنرهای لیزری و تحلیل و اصلاح نتایج آنها					۰/۵۹۷	
S۲۲	میزان محدوده قابل اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری				۰/۷۰۰		
S۱۶	ایجاد همخوانی المان های مختلف با یکدیگر در روند پردازش داده های جمع آوری شده						۰/۳۷۷
S۱۷	مدت زمان لازم برای اسکن و اندازه گیری				۰/۵۷۲		
S۱۸	مقایسه نتایج بدست آمده از اسکن و نتایج اندازه گیری دستی برای مشخص شدن میزان خطاها					۰/۷۱۹	
S۱۹	اتخاذ تصمیمات بر اساس نتایج بازرسی کیفی در روند تحویل پروژه		۰/۵۵۱				
S۱۵	ادغام مدلسازی اطلاعات ساختمان با فناوری‌های رادارها، رادیوگرافی‌ها	۰/۷۰۷					

S۲۳	استفاده کارفرماها و سازندگان پروژه ها به منظور جلوگیری از اتلاف وقت و دوباره کاری		۰/۵٤۱				۰/۳۸٤
S۲۴	ذخیره سازی اطلاعات براساس نتایج بدست آمده از روند اندازه گیری با اسکنرهای لیزری					۰/۷٦٥	
S۷	جمع آوری اطلاعات اجسام نامرئی و تبدیل آن به مدل اطلاعات ساختمان	۰/۵۳۸					۰/۲٦۷
S۶	ابعاد و اندازه داده‌ها در روند پردازش داده های جمع آوری شده						۰/۵٦۱
S۳۱	محدوده زمانی در روند پردازش داده های جمع آوری شده						۰/۷۱۸
S۳۰	وجود مکانیزم هایی برای تطبیق ساختار داده ها در روند مدلسازی		۰/٦٦٤				۰/۳۲٤
S۳۳	تعداد فاکتورها و عوامل مورد پردازش در روند پردازش اطلاعات و داده ها			۰/٤۳۷			۰/۲٦۰
S۳۲	افزودن اطلاعات المان‌های موجود در فضاهای اسکن شده به مدل اطلاعات ساختمان						۰/٦٦۳
S۲۸	سازوکارهایی برای شناسایی و رفع نقص ها و بی نظمی در پروژه های ساخت		۰/٤۸۲				
S۲۵	کیفیت داده های ضبط شده در روند پردازش داده های جمع آوری شده						۰/۵۰۷

پس از مشخص شدن گروه‌ها، عوامل براساس نتایج بدست آمده از تحلیل عاملی اکتشافی، با نظر خبرگان پژوهش و براساس اشتراک تجربی بین عوامل موجود در هر گروه ایجاد شده و از برآیند نتایج بدست آمده اقدام به نام گذاری گروه‌ها شده است. که نتایج آن در جدول ۱۲ قابل مشاهده است.

جدول۱۲: نام‌گذاری مولفه‌ها براساس نظر خبرگان پژوهش و تدوین مدل نهایی

شماره	مولفه ها	کد عامل	نام عامل ها	بار عاملی
۱	شاخص جمع آوری داده ها	S۲۶	تهیه نقشه های اولیه به منظور مدیریت برخوردها در روند جمع آوری داده ها	۰/۵۹۹
۲		S۱	جمع آوری دیتاها در قالب نقشه‌های GIS	۰/۵۳۱
۳		S۲	تبدیل سطوح درونی ابرنقطه‌ای به اشیاء قابل پذیرش در مدلسازی اطلاعات ساختمان	۰/۴۷۶
۴		S۱۱	ثبت و ضبط اطلاعات قابل مشاهده انواع عناصر ساختمان به شکل ابر نقطه‌ای	۰/۶۵۲
۵		S۱۵	ادغام مدلسازی اطلاعات ساختمان با فناوری‌های رادارها، رادیوگرافی‌ها، بازرسی ذرات مغناطیسی، سونارها یا امواج الکترومغناطیسی	۰/۷۰۷
۶		S۷	جمع آوری اطلاعات اجسام نامرئی و تبدیل آن به مدل اطلاعات ساختمان	۰/۵۳۸
۷	شاخص بازرسی کیفی	S۵	بازرسی سایت های ساختمانی به منظور مشخص سازی وضع موجود آنها	۰/۷۵۸
۸		S۱۹	اتخاذ تصمیمات بر اساس نتایج بازرسی کیفی در روند تحویل پروژه	۰/۵۵۱
۹		S۳۳	میزان استفاده موثر از اسکنرهای لیزری در روند انجام بازرسی های کیفی پروژه	۰/۴۳۷
۱۰	شاخص استفاده از داده‌ها در مدلسازی	S۳	استفاده از داده های نقاط و خطوط منحنی	۰/۵۸۷
۱۱		S۱۲	مکانیزم اصلاحی از بروز تداخل در پروژه های بزرگ شهری	۰/۷۱۸
۱۲		S۲۳	استفاده کارفرماها و سازندگان پروژه ها به منظور جلوگیری از اتلاف وقت و دوباره کاری	۰/۵۴۱
۱۳		S۳۰	وجود مکانیزم هایی برای تطبیق ساختار داده ها در روند مدلسازی	۰/۶۶۴
۱۴		S۲۸	سازوکارهایی برای شناسایی و رفع نقص ها و بی نظمی در پروژه های ساخت	۰/۴۸۲
۱۵	شاخص انتخاب لیزر اسکن بهینه	S۱۰	میزان دقت روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۵۹۴
۱۶		S۲۲	میزان محدوده قابل اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۷۰۰
۱۷		S۱۷	مدت زمان لازم برای اسکن و اندازه گیری	۰/۵۷۲

۱۸	شاخص بررسی نتایج	S۱۳	انتخاب اسکنر بهینه و تبیین پارامترهای موثر در روند بررسی نتایج	۰/۵۱۰
۱۹		S۲۱	اندازه گیری قطعات با استفاده از اسکنرهای لیزری و تحلیل و اصلاح نتایج آنها	۰/۵۹۷
۲۰		S۱۸	مقایسه نتایج بدست آمده از اسکن و نتایج اندازه گیری دستی برای مشخص شدن میزان خطاها	۰/۷۱۹
۲۱		S۲۴	ذخیره سازی اطلاعات براساس نتایج بدست آمده از روند اندازه گیری با اسکنرهای لیزری	۰/۷۶۵
۲۲	شاخص	S۱۶	ایجاد همخوانی المان های مختلف با یکدیگر در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۳۷۷
۲۳	پردازش	S۶	ابعاد و اندازه داده‌ها در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۵۶۱
۲۴	داده‌های	S۳۱	محدوده زمانی در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۷۱۸
۲۵	جمع آوری	S۳۲	افزودن اطلاعات المان‌های موجود در فضاهای اسکن شده به مدل اطلاعات ساختمان	۰/۶۶۳
۲۶	شده	S۲۵	کیفیت داده های ضبط شده در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۵۰۷

۳-۳-تحلیل عاملی تاییدی

در تحقیق تحلیلی محقق به بررسی، بحث و اظهار نظر در مورد چرایی امور می‌پردازد و با استفاده از استدلال و برهان، تجزیه و ترکیب و روش مقایسه‌ای به اثبات یا رد نظریه‌ای اقدام می‌کند و جوانب و ابعاد قضیه ای را از استدلال و با بکارگیری منطق روشن می‌نماید. از جمله آمار پارامتری و ناپارامتری برای تایید یا رد فرضیات تحقیق با عنوان آمار تحلیل یا آمار استنباطی برای همین حوزه از ارائه نتایج کاربرد دارد.

۱-۳-۳-آزمون کولموگروف-اسمیرنف (KS [۱۳])

برای انتخاب آزمون آماری درست برای تحلیل داده‌ها، ابتدا باید از توزیع آماری متغیرهایی که مورد آزمون قرار می‌گیرند، اطمینان حاصل کرد. برای نمونه، پیش‌نیاز انجام آزمون‌های پارامتری، نرمال‌بودن توزیع آماری داده هاست.در این تحقیق به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنف استفاده شده است. نتایج حاصل از به کارگیری این آزمون در جدول ۱۳ ارائه شده است:

جدول۱۳: آزمون نرمال بودن جامعه آماری با استفاده از کولموگروف – اسمیرنف

شماره	شاخص ها و زیرشاخص‌ها پژوهش	K-S	سطح معناداری	نتیجه آزمون
۱	شاخص جمع آوری داده ها	۰/۰۷۵	۰/۳۰۵	قابل قبول
۲	شاخص بازرسی کیفی	۰/۰۶۹	۰/۱۵۹	قابل قبول
۳	شاخص استفاده از داده‌ها در مدلسازی	۰/۰۸۱	۰/۲۷۲	قابل قبول
۴	شاخص انتخاب لیزر اسکن بهینه	۰/۰۷۳	۰/۴۲۹	قابل قبول
۵	شاخص بررسی نتایج	۰/۰۸۹	۰/۳۷۶	قابل قبول
۶	شاخص پردازش داده‌های جمع آوری شده	۰/۱۰۵	۰/۲۹۶	قابل قبول
۷	مدلی کلی پژوهش	۰/۰۶۳	۰/۳۰۶	قابل قبول

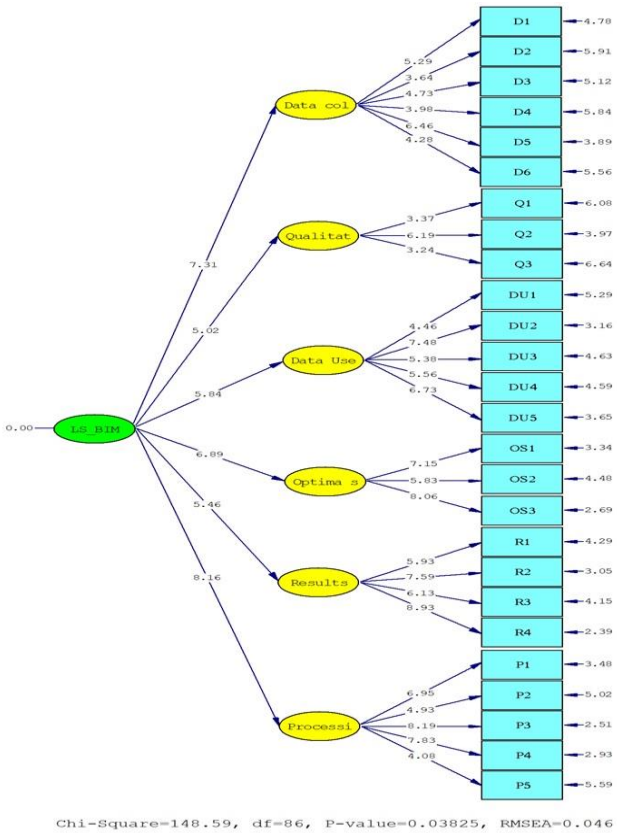
چون سطح معناداری آزمون کولموگروف-اسمیرنف برای تمام متغیرها بیشتر از ۰/۰۵ است، توزیع تمام متغیرهای مورد مطالعه نرمال می‌باشد. با استفاده از ضریب آلفای‌کرونباخ اقدام به محاسبه میزان پایایی هریک از مولفه‌ها و مدل نهایی به صورت جداگانه و با استفاده از نرم افزار SPSS شده است.

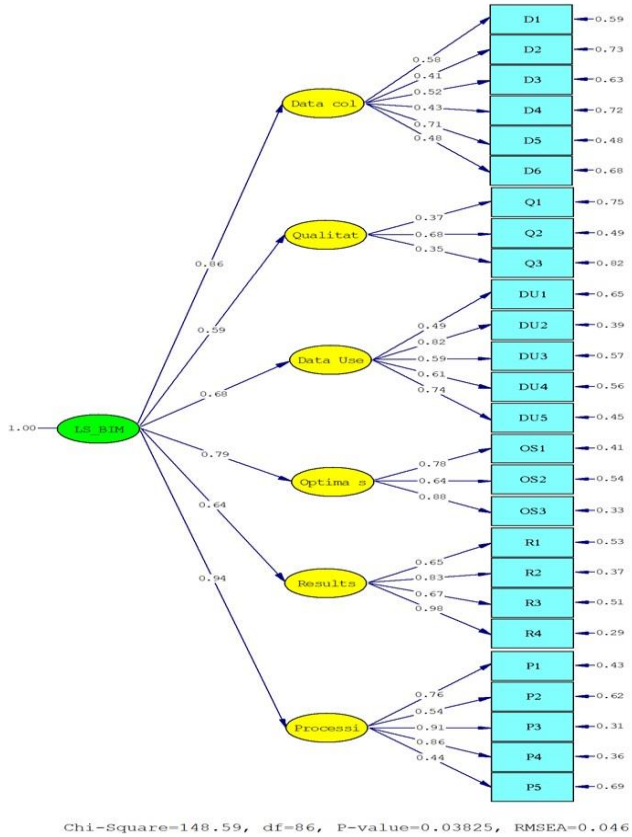
[۱۴] Kolmogorov–Smirnov test

جدول۱۴: مقدار آلفای کرونباخ برای ابعاد تحقیق

شاخص ها و زیرشاخص‌ها پژوهش	ضریب آلفای کرونباخ	نتیجه آزمون
شاخص جمع آوری داده ها	۰/۸۱۳	قابل قبول
شاخص بازرسی کیفی	۰/۸۶۹	قابل قبول
شاخص استفاده از داده‌ها در مدلسازی	۰/۸۹۶	قابل قبول
شاخص انتخاب لیزر اسکن بهینه	۰/۹۴۷	قابل قبول
شاخص بررسی نتایج	۰/۷۸۵	قابل قبول
شاخص پردازش داده‌های جمع آوری شده	۰/۷۹۶	قابل قبول
الگوی کلی مدل	۰/۷۳۳	قابل قبول

در این بخش نتایج تحلیل عاملی تاییدی برای سازه"مدل مفهومی تدوین شده" از بعد عوامل مدل تحقیق شکل ۲ ارائه می‌گردد. در پیمایش انجام شده ۲۶ سوال به این سازه اختصاص داشت. شکل ۲ نتایج نمودار مسیر را برای سازه فوق نشان می‌دهد. همان طور که در این شکل مشخص است، مقادیر **t** برای همه سنجه‌های این سازه بزرگتر از ۱/۹۶ می‌باشد. لذا همه مسیرها معنادار بوده، نیازی به حذف هیچ یک از مولفه‌ها از مدل نیست. جدول ۱۵ خروجی نرم‌افزار برای شاخص‌های نیکویی برازش مدل مربوط به"مدل مفهومی تدوین شده" را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، همه شاخص‌های ذکر شده در سطح قابل قبولی قرار دارند و لذا مدل از برازش مناسبی برخوردار است. شکل شماره ۳ ضرایب استاندارد را برای سازه مدل نشان می‌دهد.





شکل۳: ضرایب استاندارد مدل برای سازه (سمت راست) و مقادیر t و معناداری روابط در سازه (سمت چپ)

همانطور که در شکل ۳ قابل مشاهده هست، هر دو سازه مقادیر تی که نشان از معناداری بین شاخص و زیرشاخص در مدل می-باشد، مورد تایید بوده و همچنین با توجه به مقادیر ضرایب استاندارد نیز میزان همبستگی بین عوامل قابل ملاحظه می‌باشد، که در ادامه نیز در جدول‌های ۱۵ و ۱۶ نتایج آنها مورد بررسی قرار گرفته و سایر آماره‌های نیکویی برازش مدل معادلات ساختاری پرداخته شده است.

جدول۱۵: شاخص های نیکویی برازش سازه

عنوان شاخص	مقدار محاسبه شده	حد قبولی	نتیجه
X^2 / df	۱/۷۲۷۷۹	کمتر از ۲	مورد قبول است
RMSEA	۰/۰۴۶	کوچکتر از ۰/۰۷	مورد قبول است
RMR	۰/۰۴۳	کوچکتر از ۰/۰۷	مورد قبول است
NFI	۰/۹۸	بالاتر از ۰/۹	مورد قبول است
AGFI	۰/۹۶	بالاتر از ۰/۹	مورد قبول است
GFI	۰/۹۸	بالاتر از ۰/۹	مورد قبول است
CFI	۰/۹۹	بالاتر از ۰/۹	مورد قبول است
NNFI	۰/۹۸	بالاتر از ۰/۹	مورد قبول است

جدول۱۶: جمع بندی نتایج معادلات ساختاری

شماره	فرضیه	مولفه/ شاخص	مقادیر T	ضرایب استاندارد	نتیجه آزمون
۱	**اول**	شاخص جمع آوری داده ها	۷/۳۱	۰/۸۶	فرضیه قبول است
۲	**دوم**	شاخص بازرسی کیفی	۵/۰۲	۰/۵۹	فرضیه قبول است
۳	**سوم**	شاخص استفاده از داده‌ها در مدلسازی	۵/۸۴	۰/۶۸	فرضیه قبول است
۴	**چهارم**	شاخص انتخاب لیزر اسکن بهینه	۶/۸۹	۰/۷۹	فرضیه قبول است
۵	**پنجم**	شاخص بررسی نتایج	۵/۴۶	۰/۶۴	فرضیه قبول است
۶	**ششم**	شاخص پردازش داده‌های جمع آوری	۸/۱۶	۰/۹۴	فرضیه قبول است

۳-۴-شاخص های صحت سنجی مدل تدوین شده از معادلات ساختاری

۳-۴-۱-روایی همگرا

هرگاه یک یا چند خصیصه از طریق دو یا چند روش اندازه گیری شوند، همبستگی بین این اندازه‌گیری‌ها دو شاخص مهم اعتبار را فراهم می‌سازد. اگر همبستگی بین نمرات آزمون‌هایی که خصیصه‌ی واحدی را اندازه گیری می‌کند بالا باشد، پرسشنامه دارای اعتبار همگرا می‌باشد. وجود این همبستگی برای اطمینان از سنجش نتیجه آزمون با محوریت هدف آن از سنجش، ضروری است. برای روایی همگرا باید روابط ۱ و ۲ بر قرار باشد:

جدول۱۷: شاخص میانگین پایایی مرکب(CR)

متغیرها	میانگین واریانس استخراجی(AVE>۰/۵)	نتیجه
شاخص جمع آوری داده ها	۰/۸۹۳	مطلوب
شاخص بازرسی کیفی	۰/۶۳۹	مطلوب
شاخص استفاده از داده‌ها در مدلسازی	۰/۶۷۲	مطلوب
شاخص انتخاب لیزر اسکن بهینه	۰/۷۳۵	مطلوب
شاخص بررسی نتایج	۰/۸۱۶	مطلوب
شاخص پردازش داده‌های جمع آوری شده	۰/۸۴۱	مطلوب

۳-۴-۲-روایی همگرا [۱۴] (AVE)

منظور از روایی همگرا سنجش میزان تبیین متغیر مکنون توسط متغیرهای مشاهده پذیر است، که با معیار میانگین واریانس استخراج شده (AVE) سنجیده می‌شود. به عبارتی دیگر این شاخص میزان همبستگی یک سازه را با گویه های نشان‌دهنده خود نشان می‌دهد. برای این شاخص حداقل مقدار **۰/۵** در نظر گرفته می‌شود.

جدول۱۸: شاخص میانگین واریانس استخراجی (AVE)

متغیرها	میانگین واریانس استخراجی(AVE>۰/۵)	نتیجه
شاخص جمع آوری داده ها	۰/۷۵۹	مطلوب
شاخص بازرسی کیفی	۰/۵۵۱	مطلوب
شاخص استفاده از داده‌ها در مدلسازی	۰/۵۷۴	مطلوب
شاخص انتخاب لیزر اسکن بهینه	۰/۵۹۶	مطلوب
شاخص بررسی نتایج	۰/۷۳۷	مطلوب
شاخص پردازش داده‌های جمع آوری شده	۰/۷۵۲	مطلوب

همانطور که در جدول ۱۸ مشاهده می شود، میانگین واریانس استخراج شده متغیرها بیشتر از ۰/۵ بدست آمده و مناسب بودن روایی همگرا با این شاخص تایید می‌شود.

[۱۵] Average Variance Extracted

۳-۴-۳-شاخص نیکویی برازش GOF [۱۵]

شاخص GOF برازش بخش ساختاری و اندازه‌گیری را به صورت همزمان محاسبه می‌کند. این شاخص با استفاده از میانگین هندسی شاخص R^2 و میانگین شاخص‌های اشتراکی قابل محاسبه است. معیار GOF توسط تننهاوس و همکاران (۲۰۰۴) ابداع گردید و طبق رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$GOF = \sqrt{Average(Commonlity) \times Average(R^۲)}$$ رابطه ۱

از آنجا که در حداقل مربعات جزئی مقدار Commonality [۱۶] با AVE [۱۷] برابر است وتزلس و همکاران (۲۰۰۹) رابطه ۲ را ارائه کرده‌اند:

$$GOF = \sqrt{Average(AVE) \times Average(R^۲)}$$ رابطه ۲

وتزلس و همکاران (۲۰۰۹) سه مقدار برای ارزیابی شاخص GOF در نظر گرفته‌اند:

*ضعیف: اگر بین ۰/۱ تا ۰/۲۵ باشد.

*متوسط اگر بین ۰/۲۵ تا ۰/۳۶ باشد.

*قوی: اگر از ۰/۳۶ بیشتر باشد.

جدول۱۹:نتایج شاخص نیکویی برازش GOF

متغیرها	میانگین واریانس استخراجی(AVE>۰/۵)	$R^۲$
شاخص جمع آوری داده ها	۰/۷۵۹	۰/۷٤
شاخص بازرسی کیفی	۰/۵۵۱	۰/۳٥
شاخص استفاده از داده‌ها در مدلسازی	۰/۵۷۴	۰/٤٦
شاخص انتخاب لیزر اسکن بهینه	۰/٥۹٦	۰/٦۲
شاخص بررسی نتایج	۰/۷۳۷	۰/٤۱
شاخص پردازش داده‌های جمع آوری شده	۰/۷٥۲	۰/۸۸

$$GOF = \sqrt{۰/۶۶ \times Average(R^۲)}$$

$$GOF = \sqrt{۰/۶۶ \times ۰/۵۷۶} = ۰/۶۱۷$$

با توجه به نتیجه بدست آمده شاخص نیکویی برازش (GOF) که بالاتر از ۰/۳۶ است، بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که میزان قابل قبول و قوی‌ای از نیکویی برازش برای مدل معادلات ساختاری ایجاد شده است.

جدول۲۰ : درصد تاثیر گذاری شاخص ها و زیرشاخص ها

ردیف	شاخص- مولفه	زیر شاخص – زیر مولفه(عامل)	درصد تاثیرگذاری
۱	شاخص جمع آوری داده ها	تهیه نقشه های اولیه به منظور مدیریت برخوردها در روند جمع آوری داده ها	۰/۵۸
۲		**GIS**جمع آوری دیتاها در قالب نقشه‌های	۰/۴۱
۳		تبدیل سطوح درونی ابرنقطه‌ای به اشیاء قابل پذیرش در مدلسازی اطلاعات ساختمان	۰/۵۲

[۱۶] Goodness Of Fit index (GOF)

[۱۷] شاخص‌های افزونگی (Communality)

[۱۸] Average variance extracted

ردیف	شاخص- مولفه	زیر شاخص – زیر مولفه(عامل)	درصد تاثیرگذاری
۴	درصد ۰/۸۶	ثبت و ضبط اطلاعات قابل مشاهده انواع عناصر ساختمان به شکل ابر نقطه‌ای	۰/۴۳
۵		ادغام مدلسازی اطلاعات ساختمان با فناوری‌های رادارها، رادیوگرافی‌ها، بازرسی ذرات مغناطیسی	۰/۷۱
۶		جمع آوری اطلاعات اجسام نامرئی و تبدیل آن به مدل اطلاعات ساختمان	۰/۴۸
۷	**شاخص بازرسی**	بازرسی سایت های ساختمانی به منظور مشخص سازی وضع موجود آنها	۰/۳۷
۸	**کیفی**	اتخاذ تصمیمات بر اساس نتایج بازرسی کیفی در روند تحویل پروژه	۰/۶۸
۹	**درصد ۰/۵۹**	میزان استفاده موثر از اسکنرهای لیزری در روند انجام بازرسی های کیفی پروژه	۰/۳۵
۱۰	**شاخص استفاده از**	استفاده از داده های نقاط و خطوط منحنی	۰/۴۹
۱۱	**داده‌ها در**	مکانیزم اصلاحی از بروز تداخل در پروژه های بزرگ شهری	۰/۸۲
۱۲	**مدلسازی**	استفاده کارفرماها و سازندگان پروژه ها به منظور جلوگیری از اتلاف وقت و دوباره کاری	۰/۵۹
۱۳	درصد ۰/۶۸	وجود مکانیزم هایی برای تطبیق ساختار داده ها در روند مدلسازی	۰/۶۱
۱۴		سازوکارهایی برای شناسایی و رفع نقص ها و بی نظمی در پروژه های ساخت	۰/۷۴
۱۵	**شاخص انتخاب**	میزان دقت روند اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۷۸
۱۶	**لیزر اسکن بهینه**	میزان محدوده قابل اندازه گیری با استفاده از اسکنر های لیزری	۰/۶۴
۱۷	**درصد ۰/۷۹**	مدت زمان لازم برای اسکن و اندازه گیری	۰/۸۸
۱۸	**شاخص بررسی**	انتخاب اسکنر بهینه و تبیین پارامترهای موثر در روند بررسی نتایج	۰/۶۵
۱۹	**نتایج**	اندازه گیری قطعات با استفاده از اسکنرهای لیزری و تحلیل و اصلاح نتایج آنها	۰/۸۳
۲۰	درصد ۰/۶۴	مقایسه نتایج بدست آمده از اسکن و نتایج اندازه گیری دستی برای مشخص شدن میزان خطاها	۰/۶۷
۲۱		ذخیره سازی اطلاعات براساس نتایج بدست آمده از روند اندازه گیری با اسکنرهای لیزری	۰/۹۸
۲۲	**شاخص پردازش**	ایجاد همخوانی المان های مختلف با یکدیگر در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۷۶
۲۳	**داده‌های جمع**	ابعاد و اندازه داده‌ها در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۵۴
۲۴	**آوری شده**	محدوده زمانی در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۹۱
۲۵	درصد ۰/۹۴	افزودن اطلاعات المان‌های موجود در فضاهای اسکن شده به مدل اطلاعات ساختمان	۰/۸۶
۲۶		کیفیت داده های ضبط شده در روند پردازش داده های جمع آوری شده	۰/۴۴

۴- نتیجه گیری

با توجه به اهمیت و نقش شاخص جمع‌آوری داده ها در روند تلفیق تکنیک اسکن برای مدل سازی اطلاعات ساختمان در پروژه های ساخت نتایج به شرح ذیل ارائه می گردد:

معیارها به ترتیب اولویت شامل: پیشگیری از خطاهای اجرائی، مدیریت برخوردها، مدیریت زمان و مدیریت منابع مالی می‌باشند. که از نظر خبرگان پیشگیری از خطاهای اجرائی و مدیریت زمان در پروژه ها دو معیار مهم‌تر در کاهش بحران‌های احتمالی و هدررفت منابع پروژه ها هستند که درفاز طراحی با استفاده از تلفیق تکنیک اسکن برای مدل سازی اطلاعات ساختمان می‌توانند به خوبی لحاظ بشوند.

عوامل برتری طراحی و ساخت بر اساس تلفیق تکنیک اسکن برای مدل سازی اطلاعات ساختمان نسبت به روش سنتی با تأکید بر کاهش بحران به ترتیب اولویت شامل:

۱- تهیه نقشه های اولیه به منظور مدیریت برخوردها در روند جمع آوری داده‌ها

۲- جمع‌آوری اطلاعات و نمایش آنها در قالب نقشه‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و اقدام به مانیتورینگ دقیق از تمامی ابعاد و اجزای دخیل در روند تکمیل پروژه

۳- تشخیص و اصلاح میزان خطاها و انحرافات ایجاد شده در روند تکمیل پروژه با استفاده موثر و صحیح از اسکنرهای لیزری
۴- تسریع روند جمع‌آوری داده ها با استفاده از ادغام مدل سازی اطلاعات ساختمان با فناوری‌هایی همچون رادارها، رادیوگرافی‌ها، بازرسی ذرات مغناطیسی، سونارها یا امواج الکترومغناطیسی
۵- تدوین مکانیزم‌هایی برای تبدیل سطوح درونی ابرنقطه‌ای به اشیاء قابل پذیرش در مدل سازی اطلاعات ساختمان به صورت دقیق
۶- استفاده موثر از داده های نقاط و خطوط منحنی به منظور بهبود عملکرد در استفاده از داده ها در روند مدل‌سازی و بالا بردن سطح دقت و عملکردها
۷- بازرسی سایت های ساختمانی به منظور مشخص سازی وضع موجود آنها به صورت جامع و اثربخش
۸- جلوگیری از بروز تداخل و موازی کاری در روند تکمیل مراحل پروژه‌های بزرگ شهری و بهبود عملکرد فرآیندها و مدیران پروژه در اتخاذ تصمیمات اجرایی
۹- جلوگیری از اتلاف زمان ساخت و دوباره کاری‌ها با ایجاد مکانیزم هایی موثر و اثربخش برای تطبیق ساختار داده ها در روند مدل سازی
۱۰- تدوین ساز وکارهایی برای شناسایی و رفع نقص‌ها و بی نظمی‌ها در پروژه‌های ساخت
۱۱- انطباق دهی و کالیبراسیون داده‌ها با ماهیت ساختاری مدل سازی اطلاعات ساختمان و واقعیت اجرایی پروژه
۱۲- بهبود دقت روند اندازه گیری‌های صورت گرفته با استفاده از ابزار مناسب مانند اسکنرهای لیزری و انطباق آن با ساختار، نیازها و رویکردهای اجرایی در روند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان
۱۳- ذخیره سازی هوشمند اطلاعات در یک بانک اطلاعاتی مناسب براساس نتایج بدست آمده از روند جمع آوری اطلاعات با اسکنرهای لیزری و بهبود نتایج و بالا بردن ظرفیت عملیاتی سیستم
۱۴- به اشتراک گذاری اطلاعات برای گروه‌های اجرایی مختلف فعال در پروژه
۱۵- بالا بردن سطح همخوانی المان‌های مختلف با یکدیگر در روند پردازش داده های جمع آوری شده به منظور استاندارد سازی عملکرد سیستم در روند پردازش داده ها
۱۶- ایجاد چهارچوب هوشمند برای وارد کردن ابعاد و اندازه داده‌ها به نحو صحیح در روند پردازش داده های جمع آوری شده با هدف بالا بردن سطح کیفی خروجی پردازش داده ها
۱۷- اتخاذ تصمیمات بر اساس نتایج بازرسی کیفی در روند تحویل پروژه

با بکارگیری عوامل فوق و نیز با اعمال محدوده زمانی مناسب در روند پردازش داده های جمع آوری شده و تعریف صحیح فازها این امکان فراهم گردید تا بتوانیم با اعمال محدوده زمانی مناسب در پردازش داده های جمع آوری شده این امکان فراهم گردد تا طراحی و اجرای ساختمان با راندمان بالاتری انجام شود.

۵- پیشنهادات

۱- شناسایی و اولویت بندی آسیب‌ها و موانع موجود در روند پیاده سازی موفق ابزارهای های هوشمند در روند اندازه گیری و جمع‌آوری داده‌ها در مدلسازی اطلاعات ساختمان موضوع خوبی برای پژوهشگران علاقمند در این حوزه می باشد.
۲- ارائه مدلی به منظور بهینه سازی عملکرد روند تجزیه و تحلیل داده در روند مدلسازی اطلاعات ساختمان موضوع خوبی برای پژوهشگران علاقمند در این حوزه می باشد.

۶- مراجع

[۱] Biancardo, S.A.; Capano, A.; de Oliveira, S.G.; Tibaut, A. Integration of BIM and Procedural Modeling Tools for Road Design. Infrastructures ۲۰۲۰, ۵, ۳۷.
[۲]Kurwi, S.; Demian, P.; Blay, K.B.; Hassan, T.M. Collaboration through Integrated BIM and GIS for the Design Process in Rail Projects: Formalising the Requirements. Infrastructures ۲۰۲۱, ٦, ٥٢.

[۳]Meyer, T., Brunn, A., & Stilla, U. (۲۰۲۲). Change detection for indoor construction progress monitoring based on BIM, point clouds and uncertainties. Automation in Construction, ۱٤۱, ۱۰٤٤٤۲.
[٤]Choi, M., Kim, S., & Kim, S. (۲۰۲۲). Integration of 3D Laser Scanner and BIM Process for Visualization of Building Defective Condition. Journal of the Korea Institute of Building Construction, ۲۲(۲), ۱۷۱-۱۸۲.
[٥]Rashdi, R., Martínez-Sánchez, J., Arias, P., & Qiu, Z. (۲۰۲۲). Scanning Technologies to Building Information Modelling: A Review. Infrastructures, ۷(٤), ٤۹.
[٦]De Geyter, S., Vermandere, J., De Winter, H., Bassier, M., & Vergauwen, M. (۲۰۲۲). Point Cloud Validation: On the Impact of Laser Scanning Technologies on the Semantic Segmentation for BIM Modeling and Evaluation. Remote Sensing, ۱٤(۳), ٥۸۲.
[۷]Seydgar, M., Motamedi, A., & Poirier, E. (۲۰۲۲). Deep Neural Networks to Assist in BIM Creation Using Scanned Data: A Review. Transforming Construction with Reality Capture Technologies.
[۸]Gorkovchuk, J., & Gorkovchuk, D. (۲۰۲۲). Features of Heritage Bim Modeling Based on Laser Scanning Data. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ٤٦, ۱۲۳-۱۲۸.
[۹]Liu, J., Xu, D., Hyyppä, J., & Liang, Y. (۲۰۲۱). A survey of applications with combined BIM and 3D laser scanning in the life cycle of buildings. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, ۱٤, ٥٦۲۷-٥٦۳۷.
[۱۰]Suofian, F. M., Abdullah, M. S., & Mohamed, J. (۲۰۲۱). Development of Building Maintenance E-Report System Using Building Information Modeling. Progress in Engineering Application and Technology, ۲(۱), ۱۸۳-۱۹٥.
[۱۱]Noran, O., Bernus, P., & Caluianu, S. (۲۰۲۰, May). Situation-aware Building Information Models for Next Generation Building Management Systems. In ICEIS (۱) (pp. ۷٥-۸۲).
[۱۲]Nguyen, T. A., Nguyen, P. T., & Do, S. T. (۲۰۲۰). Application of BIM and 3D laser scanning for quantity management in construction projects. Advances in Civil Engineering, ۲۰۲۰.
[۱۳]Zhang, Y. Y., Kang, K., Lin, J. R., Zhang, J. P., & Zhang, Y. (۲۰۲۰). Building information modeling–based cyber-physical platform for building performance monitoring. International Journal of Distributed Sensor Networks, ۱٦(۲), ۱٥٥۰۱٤۷۷۲۰۹۰۸۱۷۰.
[۱٤]Li, H., Zhang, C., Song, S., Demirkesen, S., & Chang, R. (۲۰۲۰). Improving tolerance control on modular construction project with 3D laser scanning and BIM: A case study of removable floodwall project. Applied Sciences, ۱۰(۲۳), ۸٦۸۰.
[۱٥]Pavelka Jr, K., & Michalík, B. (۲۰۱۹). Laser scanning for BIM and results visualization using VR. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ٤۲, ٤۹-٥۲.
[۱٦]Ham, N., & Lee, S. H. (۲۰۱۸). Empirical study on structural safety diagnosis of large-scale civil infrastructure using laser scanning and BIM. Sustainability, ۱۰(۱۱), ٤۰۲٤.
[۱۷]Song, Y., Wang, X., Tan, Y., Wu, P., Sutrisna, M., Cheng, J., & Hampson, K. (۲۰۱۷). Trends and opportunities of BIM-GIS integration in the architecture, engineering and construction industry: a review from a spatio-temporal statistical perspective. ISPRS International Journal of Geo-Information, ٦(۱۲), ۳۹۷.