Journal of Structural and Construction Engineering, 10(9), 2023, pp. 128-149

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Framework for Building Information Modeling (BIM) Adoption Based on Critical Success Factors (CSF) from Iran Public Organizations

Ali Yessari[1], Mohammad Mirhosseini[2]*, Mohammad Ehsanifar[3]

1- PH.D. student, Department of Civil Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.
3- Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.

ABSTRACT

The Architecture, Engineering, Construction, and Operations (AECO) sector is adopting Building Information Modeling (BIM) in public and private organizations worldwide. The public sector plays an essential role in inducing and encouraging the implementation of BIM in the industry. However, there is a lack of comprehensive and integrated research on the critical factors for enterprise-scale BIM adoption in government agencies. The primary purpose of this study is to provide a framework to analyze the critical success factors (CSFs) of BIM implementation in Iranian government organizations. This method includes a comprehensive literature review, an exploratory study in three Iranian government institutions, and a survey conducted with 68 Iranian experts involved in admissions to public organizations. The methods used to analyze the factors are Interpretive Structural Modeling (ISM) and the DEMATEL method used to analyze the relationships and interactions between the factors quantitatively. The results include the proposal of sixteen CSFs and a model's development. Finally, the creation of a framework for adopting BIM by government agencies according to BIM contexts prioritized CSFs and levels of analysis. The main contribution of the current research is a proposed framework for BIM adoption, which includes a comprehensive and integrated approach based on a set of CSFs from Iranian government organizations and a greater understanding of contractual, regulatory, technical, procedural, and political characteristics for the public sector.

ARTICLE INFO

Receive Date: 06 September 2022
Revise Date: 28 January 2023
Accept Date: 04 March 2023

Keywords:
Critical Success Factors (CSF)
Building Information Modeling (BIM)
Interpretive Structural Modeling (ISM)
DEMATEL method
Public sector

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2023.355242.2898

*Corresponding author: S. Mohammad Mirhosseini.
Email address: m-mirhoseini@iau-arak.ac.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir
Journal of Structural and Construction Engineering
JSCE
نشریه علمی-پژوهشی مهندسی سازه و ساخت

چارچوبی برای پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان براساس عوامل حیاتی موفقیت درسازمان‌های دولتی ایران

علی یساری[۱]، سید محمد میرحسینی[۲*]، محمد احسانی‌فر[۳]

۱- دانشجوی دکتری مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران.

۲-استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

۳-دانشیار، گروه مهندسی صنایع، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

چکیده

بخش معماری، مهندسی، ساخت و ساز و بهره برداری (AECO) در حال اتخاذ مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در سازمان‌های دولتی و خصوصی در سراسر جهان است. بخش دولتی نقش مهمی در القا و تشویق اجرای BIM در صنعت ایفا می‌کند. با این حال، فقدان تحقیقات جامع و یکپارچه در مورد عوامل حیاتی برای پذیرش BIM در مقیاس سازمانی در سازمان‌های دولتی وجود دارد. هدف اصلی این مطالعه ارائه چارچوبی به منظور تجزیه و تحلیل عوامل حیاتی موفقیت (CSFs) پیاده‌سازی BIM در سازمان‌های دولتی ایران است. این روش شامل یک بررسی جامع ادبیات، یک مطالعه اکتشافی در سه نهاد دولتی ایران و یک نظرسنجی است که با ۶۸ متخصص ایرانی که درگیر پذیرش در سازمان‌های دولتی بودند، انجام شد. روش‌های بکار رفته برای تجزیه و تحلیل عوامل مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM) است و برای تحلیل کمی روابط و تعامل روابط میان عوامل از روش دیمتل (DEMATEL) استفاده شده است. نتایج شامل پیشنهاد شانزده CSF، توسعه یک مدل و در نهایت، ایجاد چارچوبی برای پذیرش BIM توسط سازمان‌های دولتی با توجه به زمینه‌های BIM، CSFهای اولویت‌بندی شده و سطوح تجزیه و تحلیل است. سهم اصلی پژوهش حاضر، چارچوب پیشنهادی برای پذیرش BIM است، که شامل یک رویکرد جامع و یکپارچه است که مبتنی بر مجموعه‌ای از CSF از سازمان‌های دولتی ایران است و درک بیشتری از ویژگی‌های قراردادی، نظارتی، فنی، رویه‌ای و سیاسی برای بخش دولتی را دارا می‌باشد.

کلمات کلیدی: عوامل حیاتی موفقیت (CSF)، مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)، مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM)، روش دیمتل (DEMATEL)، بخش دولتی.

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:	
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	https://doi.org/10.22065/jsce.2023.355242.2898	doi:
۱۴۰۱/۰۶/۱۵	۱۴۰۱/۱۱/۰۸	۱۴۰۱/۱۲/۱۳	۱۴۰۱/۱۲/۱۳	۱۴۰۲/۰۹/۳۰	10.22065/jsce.2023.355242.2898	

نویسنده مسئول[*]: سید محمد میرحسینی.

پست الکترونیکی: m-mirhoseini@iau-arak.ac.ir

۱- مقدمه

پیشرفت روزافزون فناوری و نیاز صنعت برای استفاده از آن باعث شده است که مدلسازی اطلاعات ساختمان[1](BIM)، به‌عنوان یکی از فناوری‌های نوین در صنعت ساخت در حال رشد بوده و توجه محققین را برای استفاده و چگونگی توسعه آن جلب کرده است [۱]. مدیر پروژه برای تحویل موفق یک پروژه ساخت و ساز از ابزارهای گوناگونی جهت سهولت در اعمال مدیریت و کنترل پروژه استفاده می‌کند؛ در این راستا، BIM با به تصویر کشیدن سه بعدی طراحی‌های پروژه، کنترل تداخلات آنها و ارائه یک تصویر اجرایی از برنامه زمان‌بندی و همچنین تخمین و برآورد دقیق هزینه‌ها می‌تواند ابزاری کارآمد برای مدیران در جهت کنترل، افزایش بهره‌وری و کاهش تلفات پروژه باشد [۲]. در یک دهه اخیر، تکنولوژی BIM معرفی شده و به سرعت در حال پیشرفت بوده است. در کشور ما نیز این تکنولوژی به صورت تدریجی در حال معرفی است و انتظار می‌رود در سال‌های آینده جایگاه پر رنگی در جامعه مهندسی عمران نمایان گردد [۴]. در منابع غربی گفته شده است، تأثیری که اینترنت بر صنعت کامپیوتر دارد، BIM بر صنعت ساخت و ساز خواهد داشت. بر این اساس انتظار می‌رود انقلابی جدی در صنعت ساخت و ساز در سال‌های پیش رو رخ دهد. این انقلاب از طریق تصویب BIM رخ خواهد داد که تجزیه و تحلیل دیجیتال، ساخت مجازی و ارتباط اطلاعات پروژه با بودجه‌بندی، برنامه‌ریزی و عملیات را فراهم می‌کند که از این طریق BIM در سراسر جهان گسترش می‌یابد؛ اما تفاوت‌های قابل توجهی بین تجارب یک سازمان و مزایای آن گزارش شده است [۱]. برنستین[2] و همکاران (۲۰۱۴) بازارهای جهانی ده کشور را بررسی نمودند و دریافتند که منافع مهمی که توسط پیمانکاران درک می‌شوند عبارتند از: (۱) کاهش اشتباهات، دوباره‌کاری و مهلت؛ (۲) همکاری بهتر بین مالکان و طراحان؛ (۳) بهبود تصویر سازمانی و کاهش هزینه‌ها؛ و (۴) کنترل بهتر [۴].

در همین راستا، پژوهشگران طی بررسی‌های متعدد اثبات کرده‌اند که مالکان و بخش دولتی می‌توانند بیشترین مزایای استفاده از BIM را دریافت کنند. علاوه بر مزایای مشخص شده، BIM توانایی ارائه ارزش بالاتری را دارد که در مراحل نگهداری و بهره‌برداری تحویل داده می‌شود که نتایج آن منجر به کاهش هزینه‌های عملیاتی مالکان خواهد شد [۵]. فرآیند پذیرش BIM پیچیده است و نیاز به تدوین استراتژی‌هایی دارد که بلوغ سازمان، قابلیت‌های صنعت، سیاست‌ها و مقررات منطقه‌ای و ملی، آموزش و پرورش، کسب سخت افزار و نرم افزار، تغییر در روش‌های تحویل پروژه و سایر عوامل را در نظر می‌گیرد. بدین منظور، سازمان‌ها با مالکیت دولتی نقش اساسی را در ایجاد تغییر در بخش مورد نظر را ایفا می‌کنند. به گفته برونت[3]و همکاران (۲۰۱۹)، بررسی روش‌های موثر برای ارتقاء موفقیت پذیرش BIM، همچنان یک مسئله تحقیقاتی چالش برانگیز است؛ چراکه اکثر سازمان‌ها در حال آزمایش، پیاده‌سازی و تغییر استراتژیک مدیریت می‌باشند، منتها از روش‌های اساسی برای ترویج تصویب BIM استفاده نمی‌نمایند. بدین منظور، شناسایی محرک‌های فرآیند تصویب BIM برای سیاست‌گذاران و پذیرندگان در سطح سازمانی و بازار بسیار مهم بوده است [۶]. احمد و کاسم[4] [۷]، طبقه‌بندی پذیرش BIM را در سطوح سازمان‌ها و بازارها را پیشنهاد دادند و معتقدند که مطالعات آیندگان می‌تواند تاثیر محرک‌های اصلی را بر پذیرش BIM در یک بازار و سطح سازمان مشخص نماید. همچنین، مطالعات در سطوح سازمان‌ها به طور قابل توجهی به ماهیت چند وجهی BIM (محصول، روند و جنبه‌های سیاست) که شامل مراحل مختلف پیاده‌سازی و بلوغ (مدلسازی، همکاری و یکپارچه‌سازی) نپرداخته است. بنابراین، محدودیت درک همچنان باقی می‌ماند [۸-۹]. کاسم و احمد [۹] دریافتند که این محدودیت، نیاز به بررسی چگونگی تأثیر عوامل پذیرش به طور جداگانه و مشترک، در تصمیم‌گیری‌هایی که برای سازمان‌ها ایجاد می‌کند، را خواهد داشت. علاوه بر این، لازم است که درک بهتری از چگونگی تدوین استراتژی در سطح سازمان صورت گیرد. گورویچ و ساکس[5] [۱۰] بیان نمودند اگرچه تصویب BIM تا حدی توسط دولت و سایر اختیارات آژانس‌های تدارکات دولتی یا خصوصی انجام می‌شود اما توجه کافی به تصویب مشتریان ساخت و ساز دولتی یا خصوصی نشده است چرا که با توجه به نقش آنها به عنوان تصمیم‌گیرنده با طیف گسترده‌ای از پروژه‌ها و اوراق بهادار، آنها به عنوان محرکان اصلی تصویب BIM در بازارهای ساخت و ساز هستند. در همین راستا، گورویچ و ساکس یک مطالعه مفصلی در مورد اقدامات و نتایج حاصل از

[1] . Building Information Model (BIM)
[2] . Bernstein
[3] . Brunet
[4] . Ahmed and Kassem
[5] . Gurevich and Sacks

هفده پروژه سه آژانس ساختمانی دولتی با اهمیت در انگلستان و اسرائیل انجام دادند. آنها نقشه ارتباط جدید تصویب مدلسازی اطلاعات ساختمان را برای همبستگی علت و معلولی بین تلاش‌های پیشگیرانه آژانس‌ها و تأثیرات حاصل از آن بر روی پروژه‌های موجود در اوراق بهادار خود پیشنهاد دادند. نتایج مطالعه موردی، رابطه مثبت بین سرمایه‌گذاری در BIM در سطح سازمانی و بلوغ اجرای آن را دارد. علاوه بر این، انگیزه و پشتیبانی عملی حاکم انگلستان، BIM را به طور قابل توجهی در سطح ملی یا دولتی نشان داد [۱۰]. در همین راستا، بررسی مطالعات اولاوومی و چان[۶] [۱۱]، بیان می‌دارد که پژوهش‌های پیرامون پذیرش BIM در کشورهای در حال توسعه نسبت به کشورهای پیشرفته هیچگونه پیشرفت قابل توجهی نداشته است. در مورد پذیرش BIM کاسم و احمد [۹]، مدلی را ایجاد کردند که براساس آن به شناسایی همبستگی میان یازده عامل اصلی تأثیرگذار (ویژگی‌های نوآوری و محیط‌های داخلی و خارجی)، مراحل پذیرش (آگاهی، قصد و تصمیم‌گیری) و افق زمانی (قبل، حین و بعد از ماموریت انگلستان) پرداختند. با این حال مطالعه حاضر، سطح درون سازمان در بخش معماری خصوصی انگلستان را که یک کشور پیشرفته با پذیرش مداوم BIM است؛ پوشش داد. بدین منظور با توجه به اهمیت مسئله مورد نظر طی سالیان اخیر چندین پژوهشگر، عواملی را که منجر به پذیرش موفقیت‌آمیز BIM می‌شود را شناسایی کردند. بر همین اساس پژوهشگرانی چون، وون[۷] و همکاران [۱۲]، اوزورهون و کاراهان[۸] [۱۳]، آنتوی افاری[۹] و همکاران [۱۴]، عوامل حیاتی موفقیت[۱۰] (CSFs)که منجر به پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان می‌شود را شناسایی نمودند. چین[۱۱] و همکاران [۱۵]، عوامل حیاتی موفقیت را به عنوان عوامل ریسک بحرانی و جونز و لاکیدارا - کار[۱۲] [۱۶]، به عنوان عوامل اصلی موفقیت معرفی نمودند. با این حال، کمبود مطالعات مربوط به عوامل حیاتی موفقیت برای پذیرش BIM در مقیاس سازمانی و در زمینه سازمان‌های دولتی وجود دارد. اگرچه زیرمجموعه‌ای از عواملی که در ادبیات مورد توجه قرار گرفته، مربوط به سازمان‌های دولتی است؛ اما این سازمان‌ها با عواملی دیگر که متناسب با زمینه‌های دولتی مانند ساختار نظارتی، قوانین، مسئولیت استفاده و بهره برداری، تدارکات و ساختار پرسنل روبرو می‌باشند [۲]. مطالعات قبلی موضوعاتی را مانند چارچوب‌ها و نقشه‌های راه که فقط بر بخشی از جنبه‌هایی که برای پذیرش BIM در مقیاس سازمان دولتی مرتبط می‌شوند، پیشنهاد نموده‌اند. به عنوان مثال، پوروال و هواگ[۱۳] [۱۷]، چارچوبی که بر مرحله تدارکات پروژه‌های ساخت و ساز دولتی در بخش کانادا که متکی بر توسعه تحویل پروژه مناسب برای فرآیندهای کارآمدتر و مشترک با استفاده از BIM ساختمان بود، پیشنهاد نمودند. این چارچوب زمینه اولیه را برای تدوین دستورالعمل‌های ملی برای اجرای مقیاس بزرگ BIM فراهم کرد و تحقیقات آینده در زمینه‌های مکمل مانند دستورالعمل‌های ملی، چارچوب‌های قانونی و مباحث قراردادی ویژه پروژه مورد نظر است [۱۷]. چونگ و همکاران[۱۴] [۱۸]، یک چارچوب قراردادی مقدماتی را توسعه دادند که شامل چندین مقررات مربوط به قرارداد، برای استفاده بالقوه در قراردادهای BIM بود. این چارچوب می‌تواند تجزیه و تحلیل جنبه‌های حقوقی بالقوه و مفاد قرارداد را که برای مدیریت قرارداد مبتنی بر BIM کاربردی می‌باشد را ارائه دهد. در نتیجه به مکانیسم قراردادی قوی برای پروژه‌های BIM در آینده کمک می‌نماید. با این حال، هیچ یک از مطالعات روی جنبه‌های اساسی مانند سیاست فرهنگ سازمانی، صلاحیت‌های شخصی و زیرساخت‌های فناوری متمرکز نبودند. مطالعات دیگری که در سطح اولیه تصویب BIM بر بازار محلی کشورها متمرکز بوده که شامل بهترین شیوه‌های اجرا در هنگ‌کنگ را بر اساس ابتکارات ایالات متحده [۱۹]، اجرای قانونی در ایرلند [۲۰]، موانع موجود اجرای BIM در عربستان صعودی [۲۱]، میزان تصویب در منطقه خاورمیانه [۲۲] و در نهایت سیاست‌های اجرای دولت و رویکردهای مختلف برای تایوان [۲۳] را توصیف می‌نماید. این مطالعات دامنه وسیعی از جنبه‌های قراردادی، نظارتی، فناوری، رویه‌ای و سیاسی را که برای پذیرش BIM در زمینه سازمان دولتی مرتبط تلقی می‌شوند را پوشش نمی‌دهد؛ فلذا نیاز به یک رویکرد جامع و یکپارچه را نشان می‌دهد. بنابراین هدف از این مطالعه، ایجاد چارچوبی برای پذیرش BIM بر اساس CSF از سازمان‌های دولتی ایران است بدین منظور، یک بررسی اکتشافی و نظرسنجی از چندیم متخصص ایرانی که در پذیرش BIM درگیر هستند، انجام می‌گیرد. سهم اصلی پژوهش حاضر، یک چارچوب جامع و یکپارچه برای پذیرش BIM است که بر

[6] . Olawumi and Chan
[7] . Won
[8] . Ozorhon and Karahan.
[9] . Antwi-Afari
[10]. Critical Success Factors (CSFs)
[11] . Chien
[12] . Jones and Laquidara-Carr
[13] . Porwal and Hewage
[14] . Chong et al

اساس مجموعه‌ای از CSF از سازمان‌های دولتی ایران است که درک بیشتر و پیش‌بینی دقیق‌تر مرتبط‌ترین عوامل و ویژگی‌های بخش دولتی را ممکن می‌سازد. پیامدهای عملی آن شامل برنامه‌ریزی و اجرای استراتژی‌هایی است که می‌تواند از پذیرش موفقیت آمیز BIM در زمینه سازمان‌های دولتی کشورهای در حال توسعه حمایت کند. پژوهش حاضر، شامل ۶ بخش اصلی است: در بخش نخست بیان مسئله ارائه شده است. در بخش دوم پیشینه پژوهش، در بخش سوم روش پژوهش و در ادامه در بخش چهارم با به کارگیری روش پژوهش، چارچوب مسئله ارائه می‌شود. در بخش پنجم نتایج اجرای چارچوب پیشنهادی برای پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان براساس عوامل حیاتی موفقیت در سازمان‌های دولتی گزارش خواهد شد. در بخش آخر، نتیجه‌گیری ارائه می‌گردد.

۲- پیشینه پژوهش

اثرات اجرای BIM شامل نیاز به اصلاحات سیاسی و تغییرات سازمانی است که با هدف تغییر عمیق بخش دولتی، افزایش کارایی و بهبود ظرفیت مدیریت داخلی است. فرآیند پذیرش یک چالش پیچیده و بین رشته‌ای است که نیازمند درک سیاسی، فناوری، سازمانی و اجتماعی است. در این قسمت به بررسی مطالعات صورت گرفته پیرامون پذیرش BIM در بخش دولتی و عوامل حیاتی برای پذیرش BIM توسط سازمان های دولتی پرداخته می‌شود.

۲-۱- بررسی مطالعات صورت گرفته پیرامون پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان در بخش دولتی

بخش دولتی، نقش اصلی در هدایت صنعت به سمت پذیرش BIM دارد [۲۴]. بر اساس تحلیل مقایسه‌ای کشورهای مختلف، پژوهشگران شش نقش کلیدی دولت را شناسایی کردند [۲]: (۱) آغازگر یا هدایت کننده: تعیین اهداف، کمیته‌ها و فعالیت‌ها؛ (۲) تنظیم-کننده: پیشنهاد دستورالعمل‌ها و استانداردها؛ (۳) مربی: برنامه‌های آموزشی را توسعه دهید؛ (۴) عامل تامین مالی: ارائه پشتیبانی مالی برای اجرا؛ (۵) نمایشگر: اجرای پروژه‌های آزمایشی، طرح‌های داخلی و آزمایش فناوری؛ (۶) محقق: انجام مطالعات و پروژه‌های توسعه. به طور مشابه، تابوردا و کاچادینها[۱۵] [۲۵]، جنبه‌های سیاسی، فرهنگی، مالی، آموزشی و فنی را بررسی کردند و به عنوان محدودیت‌های اجرای BIM برای استخدام دولتی در نظر گرفتند. به گفته گورویچ[۱۶] و همکاران [۲۶]، برخلاف تخصص در انجام خدماتی که در شرکت‌های خصوصی معمول است، سازمان‌های دولتی طیف وسیعی از مسئولیت‌ها را دارند. مدیران دولتی باید پروژه‌های ایمن، مقرون‌به‌صرفه، راحت، کم‌انرژی، زیبایی‌شناختی، نورپردازی خوب و راحت از نظر صوتی را در یک بودجه محدود تضمین کنند. BIM می‌تواند به کاربران ساختمان اضافه کند، اما به انگیزه، منابع قابل توجه و هماهنگی بین سازمان‌ها، رشته‌ها و ذینفعان وابسته به یکدیگر نیاز دارد. باستان[۱۷] و همکاران [۲۷]، مدلی برای پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان در ایران توسعه دادند. نتایج مدل پیشنهادی نشان داد که حمایت دولت متشکل از مجموعه‌ای از اقدامات حاکمیتی، مهمترین راهکار توسعه پذیرش و اجرای این فناوری در کشور ایران است چرا که با در نظرگیری تخصصی بودن فناوری مدلسازی اطلاعات ساختمان می‌توان گفت در صورتی که سیاست و روشی برای پذیرش و اجرای آن وضع نشود، امکان پذیرش این فناوری کم است. تاکنون حدود یک دهه از ورود این فناوری به کشور می‌گذرد و تعداد پذیرندگان کم نشان‌دهنده آن است. سینوح[۱۸] و همکاران [۲۸]، پژوهشی را با هدف شناسایی عوامل حیاتی موفقیت در اجرای مدلسازی اطلاعات ساختمان در بین شرکت‌های معماری، مهندسی و ساخت و ساز[۱۹] (AEC) در مالزی با استفاده از روش‌های کمی آماری انجام دادند. بدین منظور، بعد از شناسایی عوامل حیاتی موفقیت با بررسی پژوهش‌های صورت گرفته، با بکارگیری مدلسازی معادلات ساختاری به بررسی روابط اساسی بین گروه‌بندی عوامل حیاتی موفقیت پرداختند و نتایج نشان داد که عوامل غیرفنی مانند مدیریت، رهبری و هماهنگی در مقایسه با عوامل فنی مانند نرم افزار و سخت افزار ارتباط بیشتری دارند. همچنین، ایوانس[۲۰] و همکاران [۲۹]، به بررسی عوامل مهم موفقیت با ادغام مدلسازی اطلاعات ساختمان و شیوه‌های ساخت و ساز ناب در پروژه‌های بزرگ ساخت و ساز انجام داد. بدین منظور، از روش دلفی[۲۱] و روشهای آماری

[15] . Taborda and Cachadinha
[16] . Gurevich
[17] . Bastan
[18] . Sinoh
[19] . Architectural, engineering and construction (AEC)
[20] . Evans
[21] . Delphi

استنباطی و توصیفی برای سنجش نظرات گروه متخصصین استفاده نمودند. نتایج بررسی حاکی از همکاری در طراحی کارهای ساختمانی و مدیریت مهندسی بود. همچنین یافته‌های پژوهش برای ذینفعان پروژه، سازمان ها، پیمانکاران، مهندسان و مقامات دولتی که هم‌افزایی مدلسازی اطلاعات ساختمان و شیوه‌های ساخت و ساز ناب را در پروژه‌های بزرگ ساختمانی اجرا می‌کنند از اهمیت خاصی برخوردار بوده است. فانگ[۲۲]و همکاران [۳۰]، به ارائه مدلی جدید برای شناسایی عوامل موفقیت حیاتی موثر بر پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان از نظر تولیدکنندگان بتن پیش ساخته پرداختند و بیان داشتند که صنعت ساخت و ساز در حال پذیرش تحول دیجیتالی برای ساده‌سازی فرآیند از طراحی تا ساخت است. با این حال، در مقایسه با شرکت‌های طراحی، شرکت‌های بتن پیش ساخته[۲۳] (PC) هم در حال اتخاذ مدلسازی اطلاعات ساختمان هستند. بدین منظور، فانگ و همکاران در پژوهششان سعی بر شناسایی عوامل حیاتی موفقیت در پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان نمودند. در همین راستا، با انجام یک نظرسنجی در بین شرکت‌های رایانه‌ای، مدلی برای شناسایی عوامل مهم موفقیت تأثیرگذار بر پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان ایجاد نمودند. نتایج بررسی منجر به ارائه یک مدل جدید پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان شد که ترکیبی از یک مدل بلوغ مدلسازی اطلاعات ساختمان و یک مدل پذیرنده مدلسازی اطلاعات ساختمان شد. هم چنین از دیگر نتایج مهم، ارائه چارچوبی جدید متشکل از نیروهای محرک از شش منطقه: دولت، اکوسیستم، شرکت، تیم، فرآیند و ابزار نرم افزار مدلسازی اطلاعات ساختمان و رویکردی جدید برای رتبه‌بندی اهمیت عوامل شد. در ادامه، چان[۲۴] و همکاران (۲۰۱۹)، پژوهشی تحت عنوان «عوامل حیاتی موفقیت برای پیاده‌سازی مدلسازی اطلاعات (BIM) در هنگ کنگ» را با هدف کشف عوامل حیاتی موفقیت در اجرای مدلسازی اطلاعات ساختمان در صنعت معماری، مهندسی، ساخت و ساز در هنگ کنگ از طریق یک روش تحقیق مختلط (نظرسنجی ساختاری از پرسشنامه تجربی و مصاحبه‌های تخصصی) پیشنهاد و اجرا نمودند. یافته‌ها حاکی از آنست که تأثیرگذارترین عامل موفقیت مربوط به پذیرش مشتری با پروژه های مدلسازی اطلاعات ساختمان، ساختار سازمانی مناسب برای پشتیبانی از سیستم در شرکت و کمک مالی از دولت برای راه اندازی مدلسازی اطلاعات ساختمان است. همچنین، مصاحبه‌شوندگان متخصص، به تمایل کارکنان پروژه برای یادگیری و استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان در سازمان تأکید نمودند.

۲-۲- عوامل حیاتی برای پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان توسط سازمان‌های دولتی

پروژه دارای ویژگی‌های منحصر به فردی است که باعث می‌شود دستیابی به اهداف پروژه و در نهایت ایجاد یک پروژه موفق تحت تاثیر عوامل مختلفی باشد. عوامل حیاتی موفقیت (CSF) شرایط، ویژگی‌ها یا متغییرهایی هستند که وقتی به درستی پرورش، پایدار، حفظ و یا مدیریت شوند می‌توانند تاثیر قابل توجهی بر موفقیت یک شرکت یا تلاش آن داشته باشند [۳۱]. عوامل حیاتی موفقیت مفهومی است که توسط دانیل[۲۵] (۱۹۶۱)، روکارت[۲۶] (۱۹۷۹) و دینتر[۲۷] (۲۰۱۳) پیشنهاد شده است. طبق نظر روکات (۱۹۷۹)، CSFها حوزه‌ها یا فعالیت‌هایی هستند که باید توجه مستمر و دقیق مدیریت را دریافت کنند [۳۱] که نتایج رضایت‌بخش عملکرد رقابتی موفق را برای یک سازمان تضمین کنند. تعریف ایشان شامل شرایط یا متغیرهایی است که وقتی به درستی حفظ یا به درستی مدیریت شوند، توانسته به طور قابل توجهی بر موفقیت سازمانی در یک صنعت تأثیر بگذارند. بنابراین، CSFها در مدیریت و اجرای فناوری جدید ضروری هستند و سازمان‌ها را قادر می‌سازند تا با شناسایی جنبه‌های مشکل ساز و اقدامات اصلاحی لازم، تلاش‌ها و منابع خود را در مناطق بحرانی متمرکز کنند [۲]. پذیرش BIM شامل موانعی است که در صورت بروز، سیستم دچار اختلال می‌شود. مطالعات چین و همکاران [۲]، موانع را در فرآیند پذیرش BIM شناسایی نموده‌اند. به‌عنوان مثال، بی‌میلی برای شروع جریان‌های کاری جدید یا آموزش کارکنان، هزینه‌های پیاده‌سازی، محسوس نبودن مزایای کافی برای تضمین استفاده، کمبود منابع برای سرمایه‌گذاری در سخت‌افزار و نرم‌افزار و کمبود تقاضا. پژوهشگران مختلف موانع مهمی را که به سازمان‌ها و افراد مربوط می‌شود را در نظر گرفته‌اند. لی و همکاران [۳۲]، یک مدل پذیرش BIM را پیشنهاد نمودند که از مجموعه‌ای از عوامل تشکیل شده است که به تمایل سازمانی و مشارکت متخصصان در یک سیستم همکاری

[22] . Phang
[23] . Precast Concrete (PC)
[24] . Chan
[25] . Daniel
[26] . Rokart
[27] . Dinter

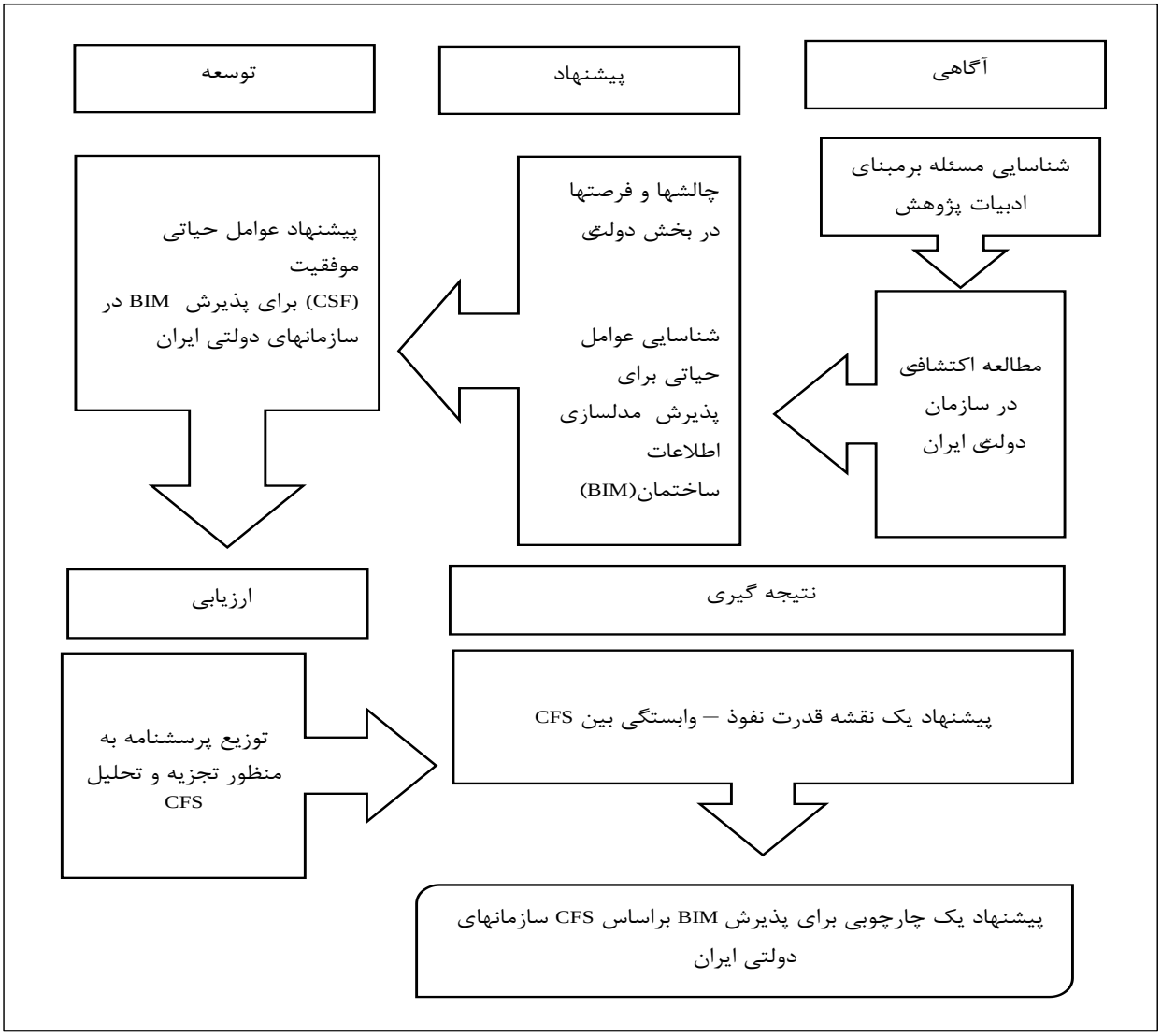
بستگی دارد. باستان و همکاران [۲۷]، مدلی برای پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان در ایران توسعه دادند. نتایج مدل پیشنهادی نشان داد که حمایت دولت متشکل از مجموعه‌ای از اقدامات حاکمیتی، مهمترین راهکار توسعه پذیرش و اجرای این فناوری در کشور ایران شد. روحانی و بنی‌هاشمی [۳۳]، به اولویت‌بندی موانع پیاده‌سازی BIM در صنعت ساخت ایران پرداختند. فقدان سیاستگذاری و نقشه راه در سازمان، عدم آگاهی و حمایت مدیریت ارشد از BIM، آماده نبودن صنعت ساخت، فقدان توجه به جنبه‌های مختلف BIM در قراردادهای کنونی و فقدان راهنماها و استانداردهای کاربردی. همچنین، متولیان رفع این موانع و چالش‌ها در چهار سطح تصمیم‌گیری: ۱) دولت؛ ۲) انجمن‌ها و اصناف؛ ۳) سازمان؛ و ۴) بین سازمانی شناسایی نمودند. بر این اساس مهمترین موانع پیاده‌سازی BIM در تغییر در رویه‌های قانونی، فقدان راهنماها و استانداردهای کاربردی، عدم آگاهی و حمایت مدیریت ارشد و مشارکت ضعیف بین مشاور و پیمانکار را به ترتیب پر اهمیت‌ترین موانع در سطوح دولت، انجمن‌ها و اصناف، سازمان و بین‌سازمانی معرفی نمودند. خسروشاهی و همکاران [۳۴]، اثرات ابعاد سازمانی، فناوری و نگرش را شناسایی نمودند که سودمندی درک شده و سهولت استفاده برای انتشار در مقیاس بزرگ تعیین کننده است. تولید اطلاعات حیاتی برای تجزیه و تحلیل راه حل که توسط BIM، در زمان و مکان مناسب در طول چرخه عمر دارایی پشتیبانی می‌شود برای تصمیم‌گیری بسیار مرتبط است. هنگام پذیرش فناوری‌های جدید، بسیاری از شرکت‌ها تمایل دارند از آن‌ها در فرآیندهای قدیمی استفاده کنند، در نتیجه با در نظر نگرفتن پیامدهای ابزارهای جدید بر فرآیندها و جریان‌های کاری،اختلال ایجاد می‌کنند. اجرای موفقیت‌آمیز BIM مستلزم در نظر گرفتن عوامل مرتبط با فرآیندها، فناوری‌ها و رفتارهایی است که در حین استفاده نیاز به یکپارچگی دارند.برهمین اساس، سوکار[۲۸] [۳۵]، یک چارچوب BIM را پیشنهاد کرد که یک ساختار چند بعدی که توسط یک مدل دانش سه محوری که از سه زمینه تشکیل شده است نشان داده می شود: فرآیندها، فناوری و خط مشی. آنتوی آفاری[۲۹] و همکاران [۳۶]، یک مرور ادبیات جامع از مطالعات روی CSFها برای اندازه‌گیری اجرای موفق BIM انجام داد و مجموعه مشابهی از پنج CSF کلیدی را شناسایی کرد. این مطالعه شناسایی CSFها در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته را برای درک رویکردهای اصلی که در اجرای BIM در نظر گرفته شده است، توصیه می‌کند. به گفته آنها، این انتظار وجود دارد که کشورهای در حال توسعه مانند هند، چین و مالزی تلاش خود را برای اجرای موفق BIM افزایش دهند. در میان مطالعاتی که بر شناسایی عوامل حیاتی تمرکز داشتند. وون و همکاران [۳۷]، CSFها را برای پذیرش BIM در یک شرکت، انتخاب پروژه‌هایی که در آن BIM استقرار می‌دهند و انتخاب خدمات BIM بررسی کردند. بریتو و همکاران [۲]، برای اجرای BIM در بخش معماری، مهندسی، ساخت‌وساز و بهره‌برداری[۳۰] (AECO) برزیل، که یک بازار کشور در حال توسعه است، عوامل حیاتی موفقیت را شناسایی کردند. اما عامل دیگری که مرتبط با ا پیاده‌سازی BIM تلقی می‌شود، نیاز به تمرکز بر دستورالعمل‌های استراتژیک در مورد پذیرش BIM است که برای مدیریت فرآیندهای پیاده‌سازی نهادهای دولتی برای به دست آوردن نتایج بهتر ضروری است. اگرچه بسیاری از آژانس‌ها راهنمای BIM را برای ارائه وضوح بیشتر به کارکنان و تامین‌کنندگان خود منتشر کرده‌اند، اما این اسناد دستورالعمل‌های تاکتیکی در مورد استفاده از BIM در پروژه‌ها را در اولویت قرار می‌دهند [۲۶]. برنامه‌ریزی برای پیاده‌سازی BIM شامل توسعه یک برنامه اجرای BIM توسط مالک برای توضیح نحوه انجام مدلسازی اطلاعات پروژه است [۲۷]. ساکس[۳۱] و همکاران [۵]، توسعه دستورالعمل‌های مناسب در مورد استفاده از BIM برای ارائه ارزش به الزامات قرارداد را به عنوان یکی از گام‌های حیاتی که می‌تواند توسط مشتریان بزرگ ساخت‌وساز (شرکت‌ها، مقامات دولتی و بخش‌ها) برای اجرای هدایت‌شده و سیستماتیک برداشته شود، شناسایی کردند. فاریا و همکاران [۳۹]، دستورات کشورهای دارای پذیرش پیشرفته مانند ایالات متحده، انگلستان و فنلاند را تجزیه و تحلیل نمودند. بر اساس بررسی ادبیات، این مطالعه مفهوم CSFs را پذیرفته و تضمین عملکرد موفق یک سازمان را از طریق مدیریت کافی مناطق حیاتی که تأثیرات قابل توجهی بر اهداف مورد انتظار دارند، همانطور که توسط لایدکر و برونو[۳۲] (۱۹۸۴) و روکارت (۱۹۷۹) پیشنهاد شده است، ممکن می‌داند. اگرچه مطالعات اخیر در مورد پیاده‌سازی BIM این رویکرد را اتخاذ کرده‌اند، کمبود مطالعات مرتبط با CSFs برای پذیرش BIM در مقیاس سازمانی و در چارچوب سازمان‌های دولتی، که تمرکز این مطالعه است، همچنان پابرجاست. بدین منظور با توجه شکاف مطالعاتی پی برده شده، هدف اصلی پژوهش حاضر، ارائه یک چارچوب جامع و یکپارچه برای پذیرش BIM است که بر اساس مجموعه‌ای از

[28] . Succar
[29] . Antwi-Afari
[30] . The architecture, engineering, construction, and operation (AECO)
[31] . Sacks
[32] . Leidecker and Bruno

CSF از سازمان‌های دولتی ایران است که درک بیشتر و پیش‌بینی دقیق‌تر مرتبط‌ترین عوامل و ویژگی‌های بخش دولتی را ممکن می‌سازد. پیامدهای عملی آن شامل برنامه‌ریزی و اجرای استراتژی‌هایی است که می‌تواند از پذیرش موفقیت آمیز BIM در زمینه سازمان‌های دولتی کشورهای در حال توسعه حمایت کند.

۳- روش پژوهش

هدف اصلی پژوهش حاضر، ارائه چارچوبی برای پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان براساس عوامل حیاتی موفقیت در سازمان-های دولتی ایران می‌باشد و از روش پژوهش علم طراحی[۳۳](DSR) استفاده می‌کند. مبنای فلسفی علم طراحی، اصالت عمل است واز روش آمیخته بهره می‌برد [۴۰]. این مطالعه شامل مراحل زیر است که توسط ون آکن[۳۴] و همکاران (۲۰۱۲) پیشنهاد شده است: آگاهی، پیشنهاد، پیشنهاد، توسعه، ارزیابی و نتیجه‌گیری. ساختاری که در این مطالعه پیشنهاد شد چارچوبی است که مجموعه‌ای از عوامل حیاتی موفقیت (CFS)، اولویت‌دار تشکیل شده است. شکل۱، مراحل روش تحقیق اتخاذ شده را نشان می‌دهد.



شکل۱ : طرح کلی روش تحقیق اتخاذ شده

[33]. Design Science Research (DSR)
[34] . Van Aken

مرحله آگاهی شامل شناسایی طیف وسیعی از عوامل حیاتی موفقیت تاثیرگذار در پیاده‌سازی مدلسازی اطلاعات ساختمان در سازمان‌های دولتی می‌باشد که به صورت کیفی و از طریق بررسی و مرور منسجم ادبیات پژوهش مشخص می‌گردند. علاوه بر این، این مرحله همچنین شامل یک مطالعه اکتشافی[35] است که در آن مرتبط‌ترین جنبه‌هایی که بر پذیرش BIM تأثیر می‌گذارند، تجزیه و تحلیل شدند و چالش‌ها و فرصت‌هایی که توسط سازمان‌های دولتی ایران در مرحله پیشنهاد تجربه شده بود، شناسایی شدند. سپس در مرحله پیشنهاد، طی یکسری مصاحبات نیمه ساختاریافته با متخصصینی که مسئول اجرای پیشگام BIM در بخش دولتی ایران بودند، انجام شد. نتایج منجر به شناسایی ۱۶ عوامل حیاتی موفقیت (CFS) گردید که با پذیرش سازمان‌های دولتی بر اساس بررسی ادبیات و عوامل مرتبط در یک مطالعه اکتشافی که در ایران انجام شد، مرتبط بودند. CSFها بر اساس دیدگاه‌های BIM که در چارچوب پیاده‌سازی پیشنهاد شده توسط جونگ و جو[36] [۴۱] طبقه‌بندی شدند که در آن سه سطح تحلیل وجود دارد: صنعت، سازمان و پروژه. در این مطالعه، سطوح تجزیه و تحلیل در نظر گرفته شده، بخش در سطح کلان، سازمان‌های عمومی که BIM را در سطح متوسط اتخاذ می‌کنند و پروژه‌های آنها در سطح خرد بودند. بعد از اتمام مرحله توسعه، پژوهش وارد مرحله بعدی (مرحله ارزیابی) می‌شود. در مرحله ارزیابی، CSFهایی را که از طریق یک نظرسنجی پیشنهاد شده بودند، ارزیابی کرد، که با استفاده از یک پرسشنامه دیجیتالی[37] که در فرم‌های گوگل[38] ساخته شده و از طریق پست الکترونیکی ارسال شده بود، انجام شد. پرسشنامه شامل دو جلسه بود. جلسه اول اطلاعاتی را در مورد پروفایل‌های حرفه‌ای به دست آورد و جلسه دوم تجزیه و تحلیل CSF بود. در تجزیه و تحلیل، به هر عامل درجه‌ای از اهمیت در مقیاس لیکرت پنج سطحی (۱=اهمیت خیلی کم، ۲= اهمیت کم، ۳= اهمیت متوسط، ۴=اهمیت زیاد، ۵= اهمیت خیلی زیاد) اختصاص داده شد. در ادامه، از ضریب آلفای کرونباخ[39] برای ارزیابی همسانی درونی پرسشنامه بر اساس سؤالاتی که با مقیاس لیکرت برای ارزیابی CSFها، مشابه سایر مطالعات مطرح شده بود، استفاده شد. این ضریب ممکن است بین صفر تا یک متغیر باشد و مقادیر بالای ۰/۷در ادبیات قابل قبول در نظر گرفته شود. مقداری که برای بخش ارزیابی CSF به دست آمد ۰/۹۱ بود. از این رو، پرسشنامه سازگار در نظر گرفته شد. دو متخصص پیاده‌سازی BIM قبلاً پرسشنامه را ارزیابی کرده بودند. یکی از آنها متعلق به یک سازمان دولتی بود که پیشگام در پذیرش BIM به حساب می‌آید و دیگری یک دانشگاهی و مشاور بود. سپس، ۳۰۰ متخصص ایرانی که درگیر پذیرش BIM در سازمان‌های دولتی که شامل مدیران دولتی، دانشگاهیان و متخصصان بودند، پرسشنامه را دریافت کردند. پروتکل مطالعه شامل ارسال یک دعوت‌نامه یادآوری از طریق ایمیل دوم برای متخصصانی بود که در سه هفته اول به نظرسنجی پاسخ ندادند. نمونه نهایی شامل ۶۸ متخصص ایرانی بود که به پرسشنامه‌ها پاسخ دادند که با نرخ پاسخ ۲۳ درصد مطابقت دارد. توصیف نمونه شامل شناسایی گروه سنی، جنسیت، سطح تحصیلات، زمینه‌های فعالیت در صنعت معماری، مهندسی، ساخت و ساز و بهره برداری (AECO) و زمان تجربه شخصی با BIM بود. نزدیک به ۸۰ درصد مرد و ۴۰ درصد بین ۳۵ تا ۴۴ سال سن داشتند. تقریباً نیمی از متخصصان دارای مدرک معماری یا شهرسازی بودند، ۳۹/۷۱ درصد مهندس عمران و ۱۳/۲۴ درصد سایر مهندسان بودند. تقریباً ۴۳ درصد از پاسخ دهندگان دارای مدرک کارشناسی ارشد ۲۵ درصد بودند، در حالی که ۱۶/۱۷ درصد دارای مدرک دکترا یا فوق دکترا بودند. تقریباً ۶۵ درصد از پاسخ دهندگان حداقل پنج سال تجربه شخصی با BIM داشتند و ۴۸/۵۳درصد هشت سال یا بیشتر در بین مطالعات و برنامه های کاربردی تجربه داشتند. تنها ۱۶/۱۸ درصد از نمونه کمتر از دو سال تجربه در این موضوع داشتند. در ادامه به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از تکنیک ترکیبی دیمتل (DEMATEL) – مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM) و ایجاد چارچوبی برای پذیرش BIM توسط سازمان های دولتی ایران استفاده شد.

۴- بکارگیری روش پژوهش پیشنهادی در ارزیابی عوامل حیاتی موفقیت و پیشنهاد چارچوبی برای پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان

در این قسمت ابتدا به ارزیابی CSF و پیشنهاد چارچوبی برای پذیرش BIM در سازمان‌های دولتی ایران پرداخته می‌شود.

[35]. Exploratory
[36] . Jung and Joo
[37]. Digital
[38] . Google
[39].Cronbach's alpha

۴-۱- شناسایی عوامل حیاتی موفقیت برای پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان

این مطالعه اکتشافی مرتبط‌ترین جنبه‌هایی را که بر پذیرش BIM تأثیر می‌گذارد، تحلیل نمود و چالش‌ها و فرصت‌های سازمان‌های دولتی را شناسایی کرد. نتیجه اصلی، بر اساس بررسی ادبیات و مطالعه اکتشافی، ۱۶ CSF برای پذیرش BIM توسط سازمان‌های دولتی پیشنهاد و به سه سطح تجزیه و تحلیل یا دیدگاه، یعنی صنعت (I)، سازمان (O) و پروژه (P) تقسیم شدند که در جدول ۱ ارائه شده است. از دیدگاه کلان صنعت AECO، چهار CSF (I-01 تا I-04) بر اساس ارتباط آنها با نقش‌های دولتی رهبری، تنظیم مقررات، و ایجاد قانون مناسب، قابلیت همکاری و جریان مشارکتی در میان زنجیره بخش با هم گروه‌بندی شدند. نیمی از CSFها (O-01 تا O-08) در سطح سازمان دولتی گروه‌بندی شدند که جنبه‌هایی را پوشش می‌داد که به در دسترس بودن کارکنان، زیرساخت ها و منابع، فرهنگ، سطح تجربه، خط مشی پذیرش سازمان، تولید اطلاعات حیاتی، و نیازهای مشتری یا مالک CSFهای باقی مانده (P-01 تا P-04) با دیدگاه پروژه تحت مسئولیت سازمان‌های عمومی مرتبط بودند که شامل روش تحویل، الزامات دریافت قابل تحویل، مشارکت تیم، سودمندی درک شده و سهولت استفاده است.

جدول۱ : عوامل حیاتی موفقیت برای پذیرش BIM در بخش دولتی.

سطح تحلیل	عامل موفقیت حیاتی(CSF)	کد CSF	منابع
صنعت	جریان فرآیند مشارکتی بین ذینفعان	C1	[۳،۱۴،۱۶،۱۷،۲۶]
	مقررات و قوانین دولتی	C2	[۱۳ ،۲۶]
	قابلیت همکاری در تبادل اطلاعات مربوطه	C3	[۱۵ ،۱۶ ،۲۴]
	رهبری و تشویق دولت	C4	[۲۴ ،۲۶]
سازمان	در دسترس بودن کارکنان واجد شرایط	C5	[۲۶]
	نیازهای مشتریان و مالکان	C6	[۱۶-۱۷]
	توانایی تولید اطلاعات حیاتی برای تجزیه و تحلیل	C7	[۱۶-۱۷ ،۲۶ ،۳۶]
	فرهنگ سازمانی مطلوب	C8	[۱۳ ،۲۶]
	سیاست پذیرش سازمانی موثر	C9	[۶ ،۱۳]
	سطح تجربه در نهاد	C10	[۱۳ ،۲۴]
	در دسترس بودن منابع مالی	C11	[۱۳ ،۲۴-۲۵]
	در دسترس بودن زیرساخت های تکنولوژیکی	C12	[۱۳]
پروژه	روش تحویل پروژه مناسب	C13	[۱،۳،۱۷]
	مشارکت کافی کارکنان	C14	[۱۶ ،۲۶]
	سودمندی و سهولت استفاده درک شده	C15	[۳۹]
	الزامات و دستورالعمل ها برای رسید تحویلی	C16	[۱ ،۱۳ ،۱۶ ،۲۶]

۴-۲- پیشنهاد چارچوبی برای پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان در سازمان‌های دولتی ایران

در این قسمت به ارائه چارچوب پیشنهادی برای پذیرش BIM در سازمان‌های دولتی ایران پرداخته می‌شود. به منظور دستیابی به هدف اصلی ابتدا، تکنیک ترکیبی روش دیمتل(DEMATEL) و مدلسازی ساختاری-تفسیری[۴۰](ISM) در جهت تجزیه و تحلیل CSFs بکارگرفته می‌شود. سپس نتایج رویکرد ترکیبی منجر به ارائه چارچوب پیشنهادی می‌گردد. روش ترکیبی ISM-DEMATEL رویکردی نظام‌مند و علمی است که برای طراحی الگوهای اکتشافی در مدیریت و علوم اجتماعی مناسب است. این روش مبتنی بر پارادایم تفسیری و تحقیق در عملیات نرم است؛ لذا در مطالعات مدیریت کارایی بالایی دارد. در این روش می‌توان به طور همزمان از مزایای روش دیمتل (DEMATEL) و مدلسازی ساختاری-تفسیری (ISM) استفاده کرد. ترکیب این دو روش نخستین بار توسط ژو در سال ۲۰۰۴ معرفی گردید و خیلی زود مورد استقبال پژوهشگران قرار گرفت. ISM در واقع، یک رابطهٔ علت و معلولی را بین عوامل در نظر می گیرد و

[40] . Interpretive Structural Modelling

DEMATEL تفاوت این عوامل علت و معلولی را به صورت کمی مشخص می‌کند و شدت تعامل و اثرگذاری میان عوامل و شدت و قوت روابط را به دست می‌آورد. اگر فقط به رابطهٔ علت و معلولی توجه شود، اهمیت عوامل و سطوح مختلف از عوامل واقعی نادیده گرفته می شود و اگر فقط به مهم بودن عوامل دقت شود، ممکن است به طور نادرست عوامل مهم از اهمیت مساوی برخوردار شوند. در واقع ISM و دیمتل یک فرآیند استدلال منطقی و منسجم برای تعیین علیت است. در ادامه گام‌های روش ترکیبی به صورت کامل ارائه شده است [۴۳]:

۱) **شناسایی شاخص‌های پژوهش**: ابتدا براساس ادبیات پژوهش یا روش‌های پژوهش کیفی، شاخص‌های متغیر مورد مطالعه را شناسایی می‌نمائیم.

۲) **شناسایی الگوی روابط علی**: با استفاده از روش دیمتل الگوی روابط علی میان متغیرها را شناسایی و در نهایت نقشه روابط معنادار را با محاسبه آستانه تحمل ترسیم نموده. برای محاسبه آستانه تحمل، میانگین مقادیر ماتریس ارتباط کامل را حساب می‌کنیم. این گام کلید روش ترکیبی ISM-DEMATEL است.

۳) **سطح بندی شاخص‌های پژوهش**: در ماتریس ارتباط کامل خروجی دیمتل هر شاخصی که امتیازی کوچکتر یا مساوی آستانه تحمل دارد را صفر و مقادیر بزرگتر را یک در نظر می‌گیریم. از این ماتریس به عنوان ماتریس دستیابی در مدلسازی ساختاری-تفسیری استفاده و ماتریس دستیابی را سازگار کرده و مساله را به روش ISM حل نموده.

۴) **ارائه چارچوب نهایی**: در نهایت براساس سطح‌بندی روش ISM و الگوی روابط علی شناسایی شده، به سادگی چارچوب پژوهش را ترسیم می‌گردد.

۵- نتایج اجرای چارچوب پیشنهادی برای پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان براساس عوامل حیاتی موفقیت در سازمان‌های دولتی ایران

در این بخش نتایج اجرای چارچوب پیشنهادی برای پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان براساس عوامل حیاتی موفقیت در سازمان‌های دولتی ایران به صورت کامل ارائه می‌گردد. بدین منظور، به پیاده‌سازی رویکرد ترکیبی و ارائه چارچوب نهایی به صورت مرحله به مرحله پرداخته می‌شود.

مرحله ۱) شناسایی شاخص‌های پژوهش: ابتدا براساس ادبیات پژوهش یا روش‌های پژوهش کیفی، شاخص‌های متغیر مورد مطالعه را شناسایی نمودیم و نتایج منجر به جدول ۱ گردید.

مرحله ۲) شناسایی الگوی روابط علی: با استفاده از روش دیمتل الگوی روابط علی میان متغیرها را شناسایی و در نهایت نقشه روابط معنادار را با محاسبه آستانه تحمل ترسیم نموده. بدین منظور برای اجرای مرحله دوم پژوهش، مراحل زیر به صورت گام به گام اجرا و پیاده‌سازی می‌گردد:

۱) تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم و نرمال کردن: در این بخش ابتدا از خبرگان پژوهش خواسته شد بر اساس طیف ۰ تا ۴ میزان تاثیرگذاری هر معیار بر دیگر معیارها را مشخص کنند بعد از پاسخگویی همه خبره‌ها، نظرات با روش میانگین حسابی ادغام شد. سپس، ماتریس مورد نظر نرمالیزه و نتایج در جدول۲ آورده شده است.

جدول۲ : ماتریس نرمالیزه شده روش دیمتل.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
C1	۰/۰۰۰	۰/۰۵۲	۰/۰۴۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۲	۰/۰۴۶	۰/۰۴۵	۰/۰۴۱	۰/۰۳۴	۰/۰۳۹	۰/۰۴۰	۰/۰۲۷	۰/۰۳۳	۰/۰۳۹	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷
C2	۰/۰۴۴	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۵۷	۰/۰۴۲	۰/۰۵۴	۰/۰۴۱	۰/۰۳۷	۰/۰۴۵	۰/۰۷۷	۰/۰۳۶	۰/۰۳۴	۰/۰۵۰	۰/۰۳۴	۰/۰۳۴
C3	۰/۰۶۸	۰/۰۷۳	۰/۰۰۰	۰/۰۷۱	۰/۰۷۰	۰/۰۶۹	۰/۰۶۸	۰/۰۷۱	۰/۰۷۰	۰/۰۷۱	۰/۰۷۳	۰/۰۵۷	۰/۰۵۷	۰/۰۵۷	۰/۰۶۱	۰/۰۷۰
C4	۰/۰۷۱	۰/۰۶۹	۰/۰۶۸	۰/۰۰۰	۰/۰۶۸	۰/۰۶۷	۰/۰۶۵	۰/۰۴۲	۰/۰۵۰	۰/۰۵۴	۰/۰۴۶	۰/۰۳۸	۰/۰۳۷	۰/۰۴۳	۰/۰۳۲	۰/۰۳۶
C5	۰/۰۴۱	۰/۰۴۲	۰/۰۴۵	۰/۰۳۲	۰/۰۰۰	۰/۰۴۶	۰/۰۴۲	۰/۰۳۷	۰/۰۳۳	۰/۰۷۱	۰/۰۳۹	۰/۰۳۸	۰/۰۲۹	۰/۰۴۹	۰/۰۳۶	۰/۰۳۴
C6	۰/۰۵۰	۰/۰۳۹	۰/۰۴۵	۰/۰۴۲	۰/۰۳۹	۰/۰۰۰	۰/۰۳۲	۰/۰۴۴	۰/۰۴۰	۰/۰۴۴	۰/۰۴۲	۰/۰۷۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۸	۰/۰۲۱	۰/۰۳۹
C7	۰/۰۵۵	۰/۰۴۳	۰/۰۴۲	۰/۰۶۵	۰/۰۴۶	۰/۰۳۸	۰/۰۰۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۵	۰/۰۴۶	۰/۰۳۳	۰/۰۲۹	۰/۰۳۲	۰/۰۴۵	۰/۰۳۴	۰/۰۲۸
C8	۰/۰۴۲	۰/۰۳۶	۰/۰۳۹	۰/۰۴۱	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۰۰	۰/۰۳۴	۰/۰۳۶	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۵۷	۰/۰۷۰	۰/۰۴۴	۰/۰۵۳	۰/۰۴۱
C9	۰/۰۵۰	۰/۰۴۷	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۳۴	۰/۰۴۱	۰/۰۴۴	۰/۰۴۷	۰/۰۰۰	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۷۱	۰/۰۴۴	۰/۰۳۸	۰/۰۲۹	۰/۰۴۹
C10	۰/۰۴۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۵	۰/۰۴۲	۰/۰۳۶	۰/۰۲۰	۰/۰۴۹	۰/۰۳۲	۰/۰۴۱	۰/۰۰۰	۰/۰۵۱	۰/۰۴۳	۰/۰۶۵	۰/۰۳۳	۰/۰۴۳	۰/۰۷۷
C11	۰/۰۵۴	۰/۰۴۰	۰/۰۳۸	۰/۰۴۳	۰/۰۳۹	۰/۰۳۲	۰/۰۴۵	۰/۰۴۱	۰/۰۳۵	۰/۰۳۶	۰/۰۰۰	۰/۰۵۲	۰/۰۷۷	۰/۰۵۱	۰/۰۳۳	۰/۰۳۸
C12	۰/۰۴۰	۰/۰۳۶	۰/۰۴۱	۰/۰۴۶	۰/۰۴۴	۰/۰۳۷	۰/۰۳۵	۰/۰۵۲	۰/۰۴۳	۰/۰۵۱	۰/۰۴۱	۰/۰۰۰	۰/۰۴۷	۰/۰۳۳	۰/۰۴۵	۰/۰۴۹
C13	۰/۰۳۹	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۴۱	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۹	۰/۰۳۱	۰/۰۴۲	۰/۰۴۸	۰/۰۴۳	۰/۰۳۹	۰/۰۰۰	۰/۰۴۱	۰/۰۴۳	۰/۰۷۳
C14	۰/۰۶۸	۰/۰۷۶	۰/۰۶۸	۰/۰۶۹	۰/۰۶۹	۰/۰۶۹	۰/۰۶۷	۰/۰۶۹	۰/۰۴۹	۰/۰۶۰	۰/۰۵۲	۰/۰۴۸	۰/۰۵۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۵	۰/۰۶۴
C15	۰/۰۴۲	۰/۰۳۵	۰/۰۴۳	۰/۰۴۱	۰/۰۳۴	۰/۰۴۶	۰/۰۴۹	۰/۰۴۰	۰/۰۳۶	۰/۰۴۶	۰/۰۴۴	۰/۰۴۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۰۰	۰/۰۴۳
C16	۰/۰۴۶	۰/۰۳۲	۰/۰۴۶	۰/۰۴۳	۰/۰۳۵	۰/۰۳۲	۰/۰۷۰	۰/۰۳۲	۰/۰۳۴	۰/۰۴۳	۰/۰۳۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۲	۰/۰۴۱	۰/۰۴۹	۰/۰۰۰

۲) محاسبه ماتریس روابط کل (T): برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل بر اساس رابطه (۱)، ابتدا ماتریس همانی (I_{16*16}) تشکیل می‌شود. سپس ماتریس همانی را منهای ماتریس نرمال کرده و ماتریس حاصل را معکوس می‌کنیم. در نهایت ماتریس نرمال را در ماتریس معکوس ضرب می‌کنیم. ماتریس روابط کل در جدول۳ آورده شده است.

$$T = N * (1-N)^{-1} \qquad (۱)$$

جدول۳ : ماتریس روابط کل دیمتل معیارها.

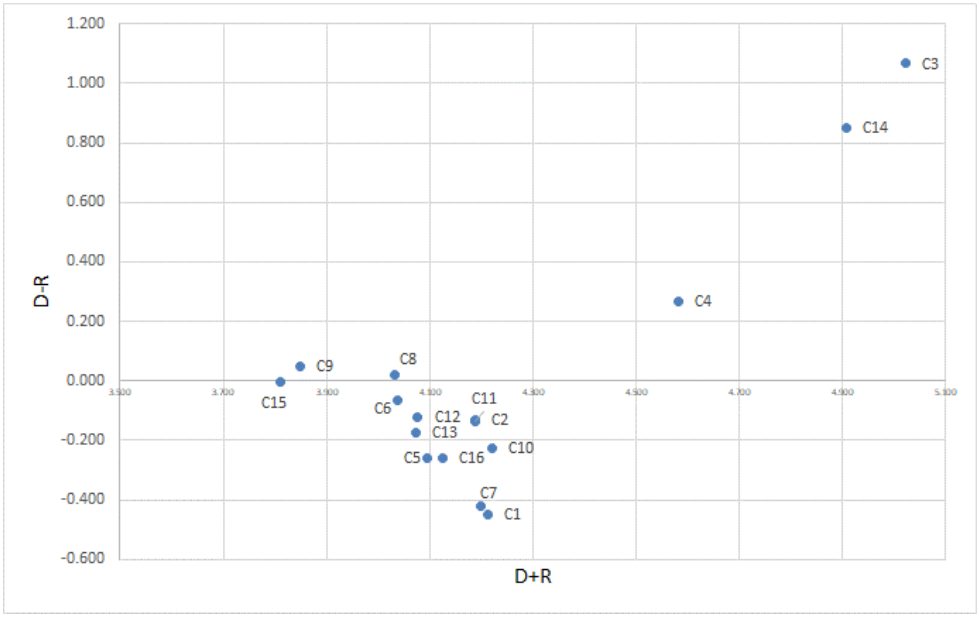
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
C1	۰/۰۹۰	۰/۱۳۳	۰/۱۱۹	۰/۱۲۷	۰/۱۲۴	۰/۱۲۳	۰/۱۳۲	۰/۱۱۷	۰/۱۰۶	۰/۱۲۳	۰/۱۲۲	۰/۱۰۷	۰/۱۱۴	۰/۱۱۶	۰/۱۰۹	۰/۱۲۰
C2	۰/۱۳۹	۰/۰۹۰	۰/۱۱۱	۰/۱۳۱	۰/۱۴۴	۰/۱۲۵	۰/۱۴۷	۰/۱۲۲	۰/۱۱۴	۰/۱۳۵	۰/۱۶۱	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	۰/۱۳۲	۰/۱۱۱	۰/۱۲۳
C3	۰/۲۰۹	۰/۲۰۲	۰/۱۲۳	۰/۲۰۰	۰/۲۰۱	۰/۱۹۲	۰/۲۰۸	۰/۱۹۱	۰/۱۸۳	۰/۲۰۴	۰/۲۰۳	۰/۱۸۵	۰/۱۸۶	۰/۱۸۰	۰/۱۷۶	۰/۲۰۱
C4	۰/۱۸۲	۰/۱۷۳	۰/۱۶۲	۰/۱۰۸	۰/۱۷۲	۰/۱۶۵	۰/۱۷۵	۰/۱۴۰	۰/۱۴۲	۰/۱۶۲	۰/۱۵۲	۰/۱۴۱	۰/۱۴۰	۰/۱۴۲	۰/۱۲۵	۰/۱۴۳
C5	۰/۱۳۱	۰/۱۲۵	۰/۱۲۱	۰/۱۱۶	۰/۰۸۶	۰/۱۲۴	۰/۱۳۱	۰/۱۱۴	۰/۱۰۷	۰/۱۵۴	۰/۱۲۳	۰/۱۱۹	۰/۱۱۲	۰/۱۲۶	۰/۱۱۰	۰/۱۲۰
C6	۰/۱۴۲	۰/۱۲۵	۰/۱۲۳	۰/۱۲۸	۰/۱۲۶	۰/۰۸۴	۰/۱۲۵	۰/۱۲۴	۰/۱۱۶	۰/۱۳۲	۰/۱۲۸	۰/۱۵۱	۰/۱۲۷	۰/۱۲۸	۰/۰۹۹	۰/۱۲۷
C7	۰/۱۴۳	۰/۱۲۶	۰/۱۱۷	۰/۱۴۵	۰/۱۲۹	۰/۱۱۷	۰/۰۹۰	۰/۱۰۸	۰/۱۰۷	۰/۱۳۰	۰/۱۱۶	۰/۱۰۹	۰/۱۱۲	۰/۱۲۱	۰/۱۰۶	۰/۱۱۲
C8	۰/۱۳۶	۰/۱۲۴	۰/۱۱۷	۰/۱۲۷	۰/۱۲۹	۰/۱۲۶	۰/۱۳۹	۰/۰۸۳	۰/۱۱۱	۰/۱۲۷	۰/۱۲۷	۰/۱۴۰	۰/۱۵۳	۰/۱۲۶	۰/۱۲۹	۰/۱۳۱
C9	۰/۱۴۰	۰/۱۳۰	۰/۱۰۶	۰/۱۲۳	۰/۱۱۹	۰/۱۲۱	۰/۱۳۴	۰/۱۲۵	۰/۰۷۵	۰/۱۱۷	۰/۱۲۷	۰/۱۵۰	۰/۱۲۷	۰/۱۱۷	۰/۱۰۴	۰/۱۳۳
C10	۰/۱۴۰	۰/۱۲۳	۰/۱۱۴	۰/۱۲۸	۰/۱۲۳	۰/۱۰۳	۰/۱۴۲	۰/۱۱۲	۰/۱۱۶	۰/۰۹۱	۰/۱۳۶	۰/۱۲۶	۰/۱۴۸	۰/۱۱۵	۰/۱۱۹	۰/۱۶۲
C11	۰/۱۴۸	۰/۱۲۸	۰/۱۱۸	۰/۱۳۱	۰/۱۲۸	۰/۱۱۶	۰/۱۳۹	۰/۱۲۲	۰/۱۱۳	۰/۱۲۷	۰/۰۹۰	۰/۱۳۶	۰/۱۶۰	۰/۱۳۲	۰/۱۱۱	۰/۱۲۸
C12	۰/۱۳۲	۰/۱۲۲	۰/۱۱۹	۰/۱۳۱	۰/۱۳۰	۰/۱۱۸	۰/۱۲۷	۰/۱۳۰	۰/۱۱۸	۰/۱۳۸	۰/۱۲۷	۰/۰۸۵	۰/۱۳۱	۰/۱۱۴	۰/۱۲۰	۰/۱۳۶
C13	۰/۱۳۰	۰/۱۲۶	۰/۱۰۶	۰/۱۲۱	۰/۱۳۵	۰/۱۱۷	۰/۱۳۰	۰/۱۰۹	۰/۱۱۵	۰/۱۳۴	۰/۱۲۷	۰/۱۲۱	۰/۰۸۴	۰/۱۲۰	۰/۱۱۷	۰/۱۵۶
C14	۰/۲۰۱	۰/۱۹۸	۰/۱۸۱	۰/۱۹۲	۰/۱۹۳	۰/۱۸۶	۰/۱۹۹	۰/۱۸۳	۰/۱۵۸	۰/۱۸۸	۰/۱۷۷	۰/۱۶۹	۰/۱۷۲	۰/۱۲۰	۰/۱۷۳	۰/۱۸۸
C15	۰/۱۳۱	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۱۲۴	۰/۱۱۸	۰/۱۲۴	۰/۱۳۷	۰/۱۱۷	۰/۱۰۹	۰/۱۳۰	۰/۱۲۶	۰/۱۲۰	۰/۱۱۱	۰/۱۲۰	۰/۰۷۴	۰/۱۲۶
C16	۰/۱۳۶	۰/۱۱۷	۰/۱۲۲	۰/۱۲۷	۰/۱۲۰	۰/۱۱۲	۰/۱۵۷	۰/۱۱۰	۰/۱۰۸	۰/۱۲۹	۰/۱۲۲	۰/۱۲۰	۰/۱۲۴	۰/۱۱۹	۰/۱۲۲	۰/۰۸۷

۳) تشکیل نمودار علی: جهت تشکیل نمودار علی، مجموع سطرها (D) و مجموع ستون‌ها (R) ماتریس روابط کل را بدست آورده و سپس D+R و D-R را محاسبه نموده.

جدول۴ : اهمیت و تاثیرگذاری معیارها.

D-R	D+R	R	D	
-۰/۴۴۸	۴/۲۱۴	۲/۳۳۱	۱/۸۸۳	C1
-۰/۱۳۳	۴/۱۸۸	۲/۱۶۱	۲/۰۲۸	C2
۱/۰۶۶	۵/۰۲۳	۱/۹۷۹	۳/۰۴۵	C3
۰/۲۶۵	۴/۵۸۱	۲/۱۵۸	۲/۴۲۳	C4
-۰/۲۶۱	۴/۰۹۵	۲/۱۷۸	۱/۹۱۷	C5
-۰/۰۶۵	۴/۰۳۸	۲/۰۵۲	۱/۹۸۶	C6
-۰/۴۲۳	۴/۱۹۹	۲/۳۱۱	۱/۸۸۸	C7
۰/۰۱۸	۴/۰۳۲	۲/۰۰۷	۲/۰۲۵	C8
۰/۰۵۰	۳/۸۴۸	۱/۸۹۹	۱/۹۴۹	C9
-۰/۲۲۵	۴/۲۲۰	۲/۲۲۳	۱/۹۹۸	C10
-۰/۱۳۵	۴/۱۸۹	۲/۱۶۲	۲/۰۲۷	C11
-۰/۱۲۲	۴/۰۷۷	۲/۱۰۰	۱/۹۷۸	C12
-۰/۱۷۵	۴/۰۷۳	۲/۱۲۴	۱/۹۴۹	C13
۰/۸۴۹	۴/۹۰۷	۲/۰۲۹	۲/۸۷۸	C14
-۰/۰۰۳	۳/۸۱۰	۱/۹۰۷	۱/۹۰۴	C15
-۰/۲۵۹	۴/۱۲۵	۲/۱۹۲	۱/۹۳۳	C16

با توجه به جدول۴، شاخص D نشان دهنده تاثیرگذاری معیارها است هر چقدر عدد D یک معیار بیشتر باشد آن معیار دارای تاثیرگذاری بیشتری در سیستم است که بر این اساس قابلیت همکاری در تبادل اطلاعات مربوطه (C3) دارای بیشترین تاثیرگذاری است. شاخص R نشان دهنده تاثیرپذیری معیارها است هر چقدر عدد R یک معیار بیشتر باشد آن معیار دارای تاثیرپذیری بیشتری در سیستم است که بر این اساس جریان فرآیند مشارکتی بین ذینفعان (C1) یبیشترین تاثیرپذیری را دارد.



شکل۲ : الگوی روابط علی.

مرحله ۳) سطح بندی شاخص‌های پژوهش: در این بخش با استفاده از روش ISM به بررسی سطوح تاثیرگذاری و تاثیرپذیری عوامل پرداخته می‌شود. استفاده از خروجی روش دیمتل به عنوان ورودی ISM ابزاری کارآمد جهت بررسی سطوح تاثیرگذاری با استفاده از روابط دیمتل می‌باشد. در واقع چون ماهیت دو روش دیمتل و ISM تقریبا مشابه یکدیگر می‌باشد بنابراین در مواقعی که از دو پرسشنامه برای تحلیل هر کدام استفاده شود چون ورودی‌های دو روش یکسان نیستند بنابراین ممکن است نتایجی

حاصل شود که به نحوی بر خلاف دو نتایج دو روش باشند بنابراین استفاده از روش ترکیبی دیمتل و ISM می‌تواند نتایج دقیق-تری را حاصل کند. در ادامه گام‌های این روش آورده شده است:

۱) تشکیل ماتریس دستیابی: در این گام باید از ماتریس ارتباطات کل دیمتل جدول۳، مقدار آستانه (میانگین حسابی) گرفت و سپس درایه‌هایی که بیشتر از مقدار آستانه هستند مقادیر ۱ و در غیر اینصورت صفر می‌گیرند. مقدار آستانه معیارها ۰/۱۳۲ است. در سلول‌هایی که عدد یک وجود دارد نشان از رابطه معنی‌دار بین معیار سطر با ستون است این فرایند در جدول۵ انجام شده است که در واقع همان ماتریس دستیابی اولیه می‌باشد.

جدول۵ : روابط معنی‌دار بین عوامل.

C16	C15	C14	C13	C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	C1
۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۱	C2
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	C3
۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	C4
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	C5
۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	C6
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	C7
۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	C8
۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	C9
۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	C10
۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	C11
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	C12
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	C13
۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	C14
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	C15
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	C16

۲) تشکیل ماتریس دستیابی اولیه سازگار: پس از اینکه ماتریس اولیه دستیابی بدست آمد، باید سازگاری درونی آن برقرار شود. به عنوان نمونه اگر متغیر۱ منجر به متغیر۲ شود و متغیر۲ منجر به متغیر۳ شود، باید متغیر۱ نیز منجر به متغیر۳ شود و اگر در ماتریس دسترسی این حالت برقرار نبود، باید ماتریس اصلاح شود و روابط این چنینی اصلاح و ایجاد شوند. این سازگاری با استفاده از روابط ثانویه که ممکن است وجود نداشته باشند به ماتریس دستیابی اولیه افزوده می‌شوند. در جدول۶ سلول-های که با *۱ نشان داده شد روابطی هستند که در ماتریس سازگار شده ایجاد شده‌اند.

جدول۶ : ماتریس دستیابی اولیه سازگار شده.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	قدرت نفوذ
C1	۱	۱	۰	۱*	۱*	۰	۱	۰	۰	۱*	۱*	۰	۰	۰	۰	۰	۷
C2	۱	۱	۰	۱*	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱*	۱*	۱*	۰	۱*	۱۱
C3	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۶
C4	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۱	۱۶
C5	۱*	۰	۰	۰	۱	۰	۱*	۰	۰	۱	۱*	۰	۱*	۰	۰	۱*	۷
C6	۱	۱*	۰	۰	۰	۱	۱*	۰	۰	۱	۱*	۱	۱*	۰	۰	۱*	۹
C7	۱	۱*	۱*	۱	۱*	۱*	۱	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۰	۱*	۱۵
C8	۱	۱*	۰	۱*	۱*	۰	۱	۱	۰	۱*	۰	۱	۱	۰	۰	۱*	۱۰
C9	۱	۱*	۰	۱*	۰	۰	۱	۰	۱	۱*	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۸
C10	۱	۱*	۰	۱*	۱*	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱*	۱	۱*	۰	۱	۱۱
C11	۱	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱	۱*	۱*	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱*	۱۴
C12	۱	۱*	۰	۰	۰	۰	۱*	۰	۰	۱	۱*	۱	۰	۰	۰	۱	۸
C13	۱*	۰	۰	۰	۱	۰	۱*	۰	۰	۱	۱*	۰	۱	۰	۰	۱	۷
C14	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۶
C15	۱*	۰	۰	۱*	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۴
C16	۱	۱*	۰	۱*	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۵
میزان وابستگی	۱۳	۵	۳	۴	۶	۴	۱۲	۴	۴	۹	۶	۸	۷	۴	۳	۸	

۳) تعیین سطوح عوامل: در این گام مجموعه معیارهای ورودی (پیش نیاز) و خروجی (دستیابی) برای هر معیار را محاسبه می‌کنیم و سپس عوامل مشترک را نیز مشخص می‌کنیم. در این گام معیاری دارای بالاترین سطح است که مجموعه خروجی (دستیابی) با مجموعه مشترک برابر باشد. پس از شناسایی این متغیر یا متغیرها، سطر و ستون آن‌ها را از جدول حذف می‌کنیم و عملیات را دوباره بر روی دیگر معیارها تکرار می‌کنیم. خروجی‌ها و ورودی‌ها از ماتریس دستیابی اولیه سازگار شده (جدول۶) استخراج می‌شود. برای این کار، تعداد ۱ها در هر سطر بیانگر خروجی، و تعداد ۱ها در ستون برابر ورودی هستند که برای تعیین سطح اول، نتایج در جدول۷ آورده شده است.

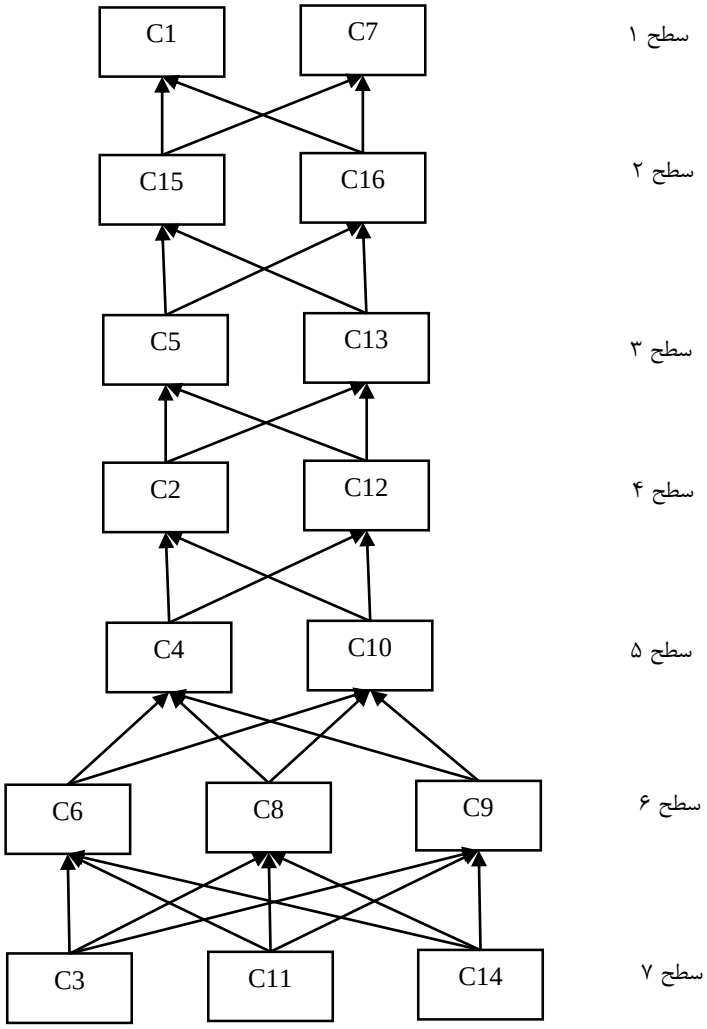
جدول۷ : معیارهای سطح ۱.

نام معیار	خروجی	ورودی	اشتراک	سطح
C1	C1-C2-C4-C5-C7-C10-C11-	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C4-C5-C7-C10-C11-	۱
C2	C1-C2-C4-C5-C7-C10-C11-C12-C13-C14-C16	C1-C2-C3-C4-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C14-C16	C1-C2-C4-C7-C10-C11-C12-C14-C16	
C3	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C7-C11-C14-	C3-C4-C7-C11-C14-	
C4	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C7-C8-C9-C10-C11-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C7-C8-C9-C10-C11-C14-C15-C16	
C5	C1-C5-C7-C10-C11-C13-C16	C1-C2-C3-C4-C5-C7-C8-C10-C11-C13-C14-	C1-C5-C7-C10-C11-C13-	
C6	C1-C2-C6-C7-C10-C11-C12-C13-C16	C3-C4-C6-C7-C11-C14-	C6-C7-C11-	
C7	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C16	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C16	۱
C8	C1-C2-C4-C5-C7-C8-C10-C12-C13-C16	C3-C4-C7-C8-C11-C14-	C4-C7-C8-	
C9	C1-C2-C4-C7-C9-C10-C12-C16	C3-C4-C7-C9-C11-C14-	C4-C7-C9-	
C10	C1-C2-C4-C5-C7-C10-C11-C12-C13-C14-C16	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C12-C13-C14-	C1-C2-C4-C5-C7-C10-C12-C13-C14-	

C11	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C11-C12-C13-C14-C16	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C10-C11-C12-C13-C14-	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C11-C12-C13-C14-	
C12	C1-C2-C7-C10-C11-C12-C13-C16	C2-C3-C4-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C14-	C2-C7-C10-C11-C12-	
C13	C1-C5-C7-C10-C11-C13-C16	C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C10-C11-C12-C13-C14-	C5-C7-C10-C11-C13-	
C14	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C2-C3-C4-C7-C10-C11-C14-	C2-C3-C4-C7-C10-C11-C14-	
C15	C1-C4-C7-C15-	C3-C4-C14-C15-	C4-C15-	
C16	C1-C2-C4-C7-C16	C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C16	C2-C4-C7-C16	

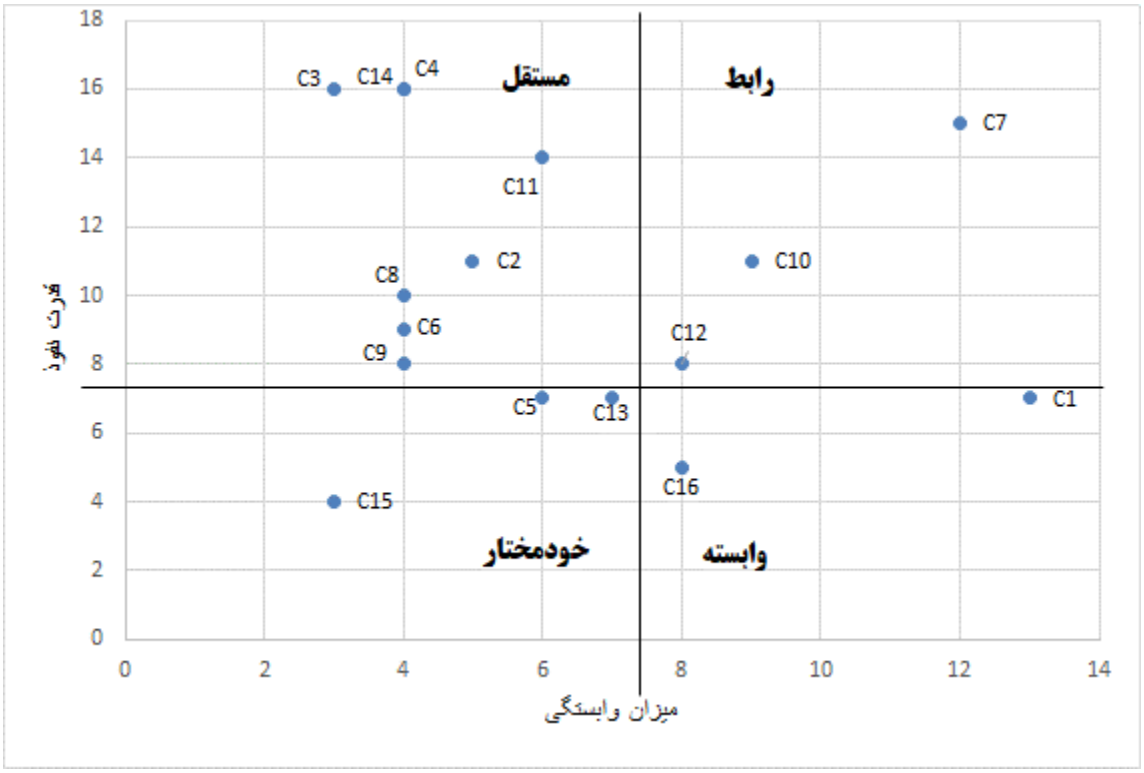
در جدول۷، معیارهای سطح ۱ استخراج شده است که شامل معیارهای C1 و C7 می‌باشد. حال برای تعیین معیارهای سطح دوم، سوم و..... هفتم کافیست همین گام را مجددا تکرار نمائیم و سطوح را استخرام نمائیم.

۴) شبکه تعاملات ISM: در گام چهارم، با استفاده از سطوح بدست آمده از معیارها، شبکه تعاملات ISM رسم می‌شود. اگر بین دو متغیر i و j رابطه باشد آن را به وسیله یک پیکان جهت‌دار نشان می‌دهیم. دیاگرام نهایی ایجاد شده که با حذف حالت-های تعدی و نیز با استفاده از بخش‌بندی سطوح بدست آمده است در شکل۳ نشان داده شده است. با توجه به شکل۳، مدل پژوهش شامل ۷ سطح می‌باشد. سطح هفتم شامل شاخص‌های قابلیت همکاری در تبادل اطلاعات مربوطه (C3)، در دسترس بودن منابع مالی (C11) و مشارکت کافی کارکنان (C14) به عنوان تاثیرگذارترین شاخص‌ها انتخاب شده‌اند که به صورت مستقیم بر روی معیارهای سطح ۶ تاثیردارند. شاخص‌های جریان فرآیند مشارکتی بین ذینفعان (C1) و توانایی تولید اطلاعات حیاتی برای تجزیه و تحلیل (C7) که در سطح اول قرار دارند تاثیرپذیرترین شاخص‌ها هستند.



شکل۳ : مدل ISM پژوهش.

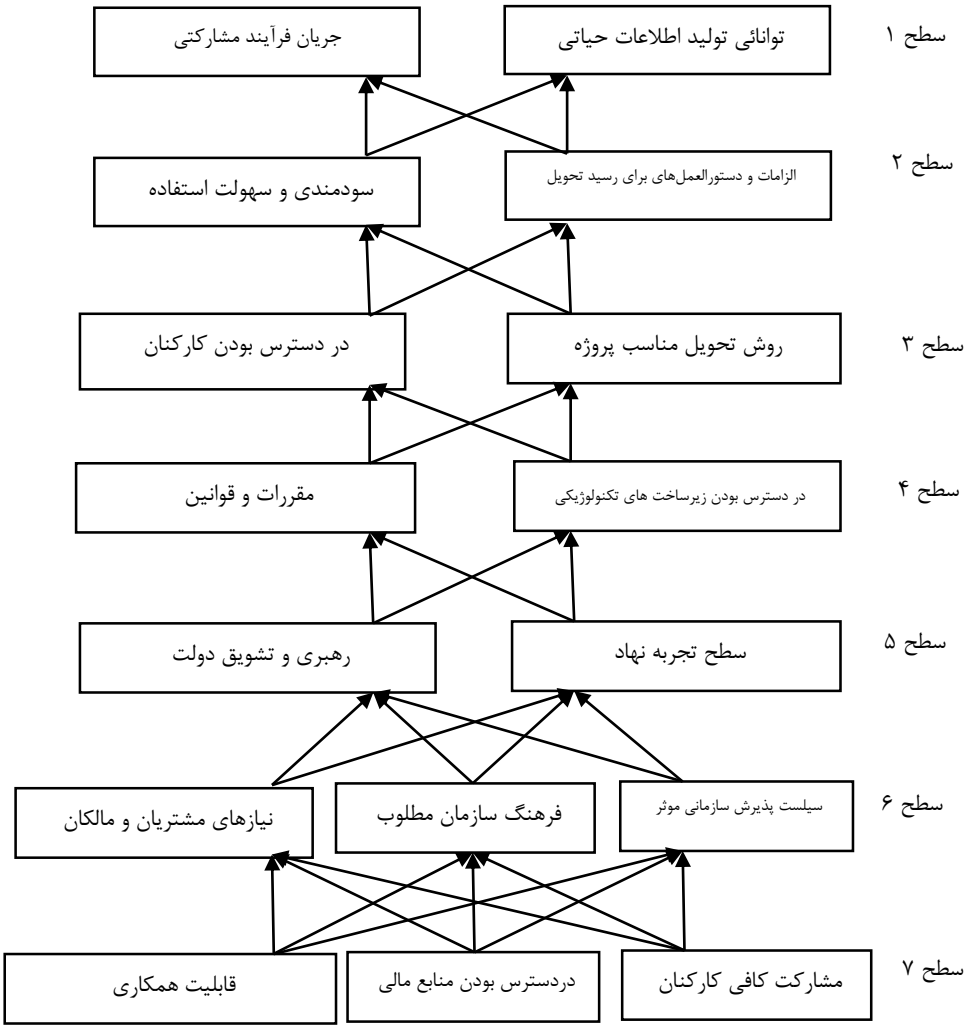
۵) تحلیل میک مک: همچنین مدل پژوهش را می‌توان از لحاظ قدرت نفوذ و وابستگی به چهار گروه رابط، مستقل، وابسته، خودمختار که در شکل۴ ارائه شده است. بر این اساس معیارهای در دسترس بودن کارکنان واجد شرایط (C5)، روش تحویل پروژه مناسب (C13) و سودمندی و سهولت استفاده درک شده (C15) از نوع خودمختار هستند و میزان وابستگی و قدرت هدایت کمی دارند این معیارها عموما از سیستم جدا می‌شوند زیرا دارای اتصالات ضعیف با سیستم هستند. تغییری در این متغیرها باعث تغییر جدی در سیستم نمی‌شود. معیارهای جریان فرآیند مشارکتی بین ذینفعان (C1) و الزامات و دستورالعمل‌ها برای رسید تحویلی (C16) از نوع وابسته هستند این متغیرها دارای وابستگی قوی و هدایت ضعیف هستند این متغیرها اصولا تاثیرپذیری بالا و تاثیرگذاری کمی روی سیستم دارند. معیارهای توانایی تولید اطلاعات حیاتی (C7)، سطح تجربه در نهاد (C10) و در دسترس بودن زیرساخت‌های تکنولوژیکی (C12) از نوع رابط هستند این متغیرها از وابستگی بالا و قدرت هدایت بالا برخوردار هستند به عبارتی تاثیرگذاری و تاثیرپذیری این معیارها بسیار بالاست و هر تغییر کوچکی بر روی این متغیرها باعث تغییرات اساسی در سیستم می‌شود. مابقی معیارها از نوع مستقل هستند این متغیرها دارای وابستگی کم و هدایت بالا می‌باشند به عبارتی دیگر تاثیرگذاری بالا و تاثیرپذیری کم از ویژگی‌های این متغیرها است.



شکل۴ : ماتریس قدرت نفوذ- وابستگی.

ارائه چارچوب نهایی: در این مرحله با توجه به سطح‌بندی روش ISM (شکل۳) و الگوی روابط علی شناسایی شده (شکل۲)، به سادگی چارچوب پژوهش را ترسیم می‌گردد. نتایج چارچوب پیشنهادی نشان می‌دهد که متغییرهای جریان فرآیند مشارکتی میان ذینفعان (C1) و توانایی تولید اطلاعات حیاتی برای تجزیه و تحلیل (C7) در جایگاه نخست قرار دارند و پایه‌ای‌ترین و تاثیرپذیرترین متغییرها برای پذیرش مدلسازی اطلاعات ساختمان براساس عوامل حیاتی موفقیت در سازمان‌های دولتی ایران هستند. همچنین با بررسی شکل ۴ مشخص گردید که C1 به عنوان یک متغییر وابسته می‌باشد که دارای وابستگی قوی و هدایت ضعیف است. متغییر مورد نظر اصولا وابستگی بالا و تاثیرپذیری کمی در سیستم برخوردار است. بدین منظور، وجود یک محیط مشارکتی برای جریان فرآیندهای یکپارچه و هماهنگ بین ذینفعان امری لازم و ضروری می‌باشد که این موضوع با اشتراک گذاری اطلاعات بین شرکت کنندگان پروژه، تعهد مدیریت ارشد، جلسات پروژه یکپارچه با BIM، و رهبری مؤثر امکان پذیر است. همچنین توانایی تولید اطلاعات حیاتی برای تجزیه و تحلیل به توانایی ارائه اطلاعات حیاتی که برای تجزیه و تحلیل چرخه پروژه نیاز است. متغییر مورد نظر، یک متغییر رابط است که در اینجا وابستگی بسیار بالا و تاثیرپذیری و تاثیرگذاری این معیار بسیار بالاست. هر نوع تغییر کوچک بر روی این متغییرها باعث تغییرات اساسی در سیستم می‌شود. بنابراین مطابق تحلیل چین و همکاران [۱۵]، اهمیت این متغییر نشان نشان داده شده است. در سطح دوم به ترتیب، متغییرهای سودمندی و سهولت استفاده درک شده (C15) که درک سودمندی و سهولت استفاده توسط کسانی که درگیر پذیرش هستند را امکان می-سازد و متغییر الزامات و دستورالعمل‌ها برای رسید تحویلی (C16) که ایجاد الزامات و دستورالعمل‌های مشخص و استاندارد برای دریافت تحویل در دوره‌های مورد نیاز را امکان‌پذیر می‌سازد؛ قرار گرفته است. متغیر C15 جزو گروه متغییرهای خودمختار می‌باشد. تحلیل‌ها نشان می‌دهد متغییر مورد نظر دارای میزان وابستگی و قدرت هدایت کمی دارد. این متغییر عموما از سیستم جدا می‌شود چراکه دارای اتصالات ضعیف با سیستم هستند. لذا باید با توجه به سطوح انگیزه و درک افراد از فرآیندهای جدید، افراد می‌توانند در تهیه قراردادها شرکت کنند و از این طریق در کار آینده طراحان و سازندگان دخالت کنند که این امر مستلزم داشتن الزامات و دستورالعمل های لازم می‌باشد. متغییرهای سطح سوم در دسترس بودن نیروی انسانی شایسته و واجد شرایط (C5) و انتخاب روش تحویل پروژه، الزامات قراردادی، و فرم های صلاحیت (C13) می‌باشند که به ترتیب بر سطح دوم و اول تاثیر می‌گذارند. متغییرهای مورد نظر تاثیر مستقیمی بر متغییرهای سطح ۲ می‌گذارند. به همین ترتیب متغییرهای سطح سوم، چهارم، پنجم و ششم هر گروه بر گروه ما بعد خود تاثیر می‌گذارد و در نهایت مهم-

ترین گروه ، سطح هفتم شامل شاخص‌های قابلیت همکاری در تبادل اطلاعات مربوطه (C3)، در دسترس بودن منابع مالی (C11) و مشارکت کافی کارکنان (C14) به عنوان تاثیرگذارترین شاخص‌ها انتخاب شده‌اند که به صورت مستقیم بر روی معیارهای سطح ۶ تاثیردارند. مزایای تأثیرات مالی در مراحل اولیه فرآیند پذیرش و بازگشت سرمایه با BIM اغلب در میان مدت و بلندمدت رخ می‌دهد. به همین ترتیب، وون و همکاران [۱۲]، اهمیت CSFهایی را که با صرفه جویی مالی مورد انتظار در هنگام انتخاب خدمات BIM مرتبط هستند، برجسته کردند و بنابراین تمرکز بیشتر بر نتایج و تاکید کمتر بر هزینه‌های ورودی را توصیه کردند. انتظارات و اهدافی که در ابتدا توسط سازمان دولتی تعیین می‌شود برای موفقیت پروژه تحت مسئولیت آن بسیار مهم است.



شکل۵ : چارچوب پیشنهادی.

۶- نتیجه‌گیری

این مطالعه چارچوبی را برای پذیرش BIM پیشنهاد می‌کند که بر اساس CSF از سازمان‌های دولتی ایران است. پیشنهاد حاضر، شامل ۱۶ CSF بود که در سه سطح تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی شدند: صنعت، سازمان و پروژه. یک نظرسنجی از نمونه‌ای از ۶۸ متخصص ایرانی، که شامل مدیران دولتی، دانشگاهیان و کارشناسان BIM بود، برای ارزیابی CSFها انجام شد که بررسی‌ها منجر به نتایج زیر گردید:

۱) شناسایی روابط متقابل بین CSFها و هر یک از متغیرها منجر به ایجاد یک الگوی روابط در بین آنها شد که طبق پیشنهاد سوکار [۳۵]، نشان دهنده روابط قوی بودند.

۲) ارزیابی بین CSFها معیار دیگری را ارائه می‌کند که می‌تواند به نشان دادن پیچیدگی و تسهیل درک چگونگی تأثیر عوامل، به صورت جداگانه و با هم، بر فرآیند پذیرش کمک کند.

۳) کاسم و احمد [۹] نیز تجزیه و تحلیل تعاملات بین عوامل را ضروری دانستند. با این حال، آنها این رویکرد را در زمینه دولتی یا در کشوری اجرا و بررسی نکردند. با توجه به اهمیت پی‌برده شده پژوهش حاضر با به کارگیری یک رویکرد ترکیبی ارزیابی عوامل حیاتی موفقیت پرداخت و نتایج منجر به ارائه یک چارچوب گردید که نقشه روابط معنادار میان عوامل حیاتی موفقیت در پیاده‌سازی مدلسازی اطلاعات ساختمان در سازمان های دولتی ایران، قدرت نفوذ و وابستگی هریک از CSFها به صورت کامل مشخص گردید.

۴) مشارکت اصلی تحقیق یک چارچوب رویکرد جامع و یکپارچه برای پذیرش BIM است که بر اساس مجموعه‌ای از CSFها از سازمان‌های دولتی ایران است و سه زمینه را که توسط سوکار [۳۵] برجسته شده‌اند، CSFهای اولویت‌بندی شده و ابعاد یا ابعاد را در نظر می‌گیرد.

۵) سطوح تجزیه و تحلیل که توسط یونگ و جو [۴۲] پیشنهاد شد. این چارچوب درک بیشتر و پیش‌بینی دقیق‌تر ویژگی‌های قراردادی، نظارتی، فناوری، رویه‌ای و سیاسی سازمان‌های دولتی را امکان‌پذیر می‌سازد و در نتیجه اجرا و پیشرفت دانش را تشویق می‌کند، همانطور که کاسم و سوکار [۴۳] توصیه می‌کنند.

۶) به عنوان یک کمک عملی، CSF های برجسته و نقشه روابط می‌توانند ابزار مفیدی برای سازمان‌های بخش دولتی باشند. این ابزارها می‌توانند فرصتی برای برنامه‌ریزی و اجرای استراتژی‌هایی فراهم کنند که می‌توانند از اجرای موفقیت‌آمیز، به ویژه در سازمان‌های پیشگام از کشورها حمایت کنند.

مراجع

[1] Eastman, C. M., Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM handbook: *A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.

[2] Brito, D. M. D., Ferreira, E. D. A. M., & Costa, D. B. (2021). Framework for Building Information Modeling Adoption Based on Critical Success Factors from Brazilian Public Organizations. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(7), 05021004.

[3] Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., & McNiff, S. (2013*). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis*. Automation in construction, 36, 145-151.

[4] Bernstein, H. M., S. A. Jones, M. A. Russo, D. Laquidara-Carr, W. Taylor, J. Ramos, A. Lorenz, and Y. Terumasa. (2014). *The business value of BIM for construction in major global markets*. Bedford, MA: McGraw-Hill Construction.

[5] Sacks, R., Gurevich, U., & Shrestha, P. (2016). A review of building information modeling protocols, guides, and standards for large construction clients. *Journal of Information Technology in Construction* (ITcon), 21(29), 479-503.

[6] Brunet, M., Motamedi, A., Guénette, L. M., & Forgues, D. (2019). *Analysis of BIM use for asset management in three public organizations in Québec*, Canada. Built Environment Project and Asset Management.

[7] Ahmed, A. L., and M. Kassem.(2018). *A unified BIM adoption taxonomy: Conceptual development, empirical validation, and application. Autom*. Constr. 96 (Dec): 103–127. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018 .08.017.

[8] Hong, Y., Hammad, A. W., Sepasgozar, S., & Akbarnezhad, A. (2019). BIM adoption model for small and medium construction organisations in Australia. Engineering, *Construction and Architectural Management*.

[9] Kassem, M., & Ahmed, A. L. (2019). *Micro BIM adoption: A multi-variable analysis of adoption within the UK architecture sector*. In Creative Construction Conference 2019 (pp. 872-877). Budapest University of Technology and Economics.

[10] Gurevich, U., & Sacks, R. (2020). Longitudinal study of BIM adoption by public construction clients. *Journal of Management in Engineering*, 36(4), 05020008.
[11] Olawumi, T. O., and D. W. M. Chan. (2019). *Development of a benchmarking model for BIM implementation in developing countries*. Benchmarking Int. J. 26 (4): 1210–1232. https://doi.org/10.1108/BIJ-05 -2018-0138.
[12] Won, J., Lee, G., Dossick, C., & Messner, J. (2013). Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization. *Journal of construction engineering and management*, 139(11), 04013014.
[13] Antwi-Afari, M. F., Li, H., Pärn, E. A., & Edwards, D. J. (2018). Critical success factors for implementing building information modelling (BIM): A longitudinal review. *Automation in construction*, 91, 100-110.
[15] Chien, K. F., Wu, Z. H., & Huang, S. C. (2014). Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study. *Automation in construction*, 45, 1-15.
[16] Jones, S. A., & Laquidara-Carr, D. (2016). *SmartMarket brief: BIM advancements no. 1. New York: Dodge Data & Analytics.*
[17] Porwal, A., & Hewage, K. N. (2013). *Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects*. Automation in construction, 31, 204-214.
[18] Chong, H. Y., Fan, S. L., Sutrisna, M., Hsieh, S. H., & Tsai, C. M. (2017). Preliminary contractual framework for BIM-enabled projects. *Journal of construction engineering and management*, 143(7), 04017025.
[19] Wong, A. K., Wong, F. K., & Nadeem, A. (2011). *Government roles in implementing building information modelling systems: Comparison between Hong Kong and the United States*. Construction innovation.
[20] McAuley, B., Hore, A. V., & West, R. (2012). *Implementing building information modeling in public works projects in Ireland*.
[21] Banawi, A. (2017, July). Barriers to implement building information modeling (BIM) in public projects in Saudi Arabia. *In International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 119-125). Springer, Cham.
[22] Gerges, M., Austin, S., Mayouf, M., Ahiakwo, O., Jaeger, M., Saad, A., & El Gohary, T. (2017). An investigation into the implementation of Building Information Modeling in the Middle East. *Journal of Information Technology in Construction*, 22, 1-15.
[23] Yang, J. B., & Chou, H. Y. (2018). Mixed approach to government BIM implementation policy: An empirical study of Taiwan. *Journal of Building Engineering*, 20, 337-343.
[24] Cheng, J. C., & Lu, Q. (2015). A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide. *Journal of Information Technology in Construction* (ITcon), 20(27), 442-478.
[25] Taborda, P., & Cachadinha, N. (2012). *BIM nas obras públicas em Portugal: Condicionantes para uma implementação com sucesso*. In Congresso Construção 2012 (pp. 1-14). ITeCons.
[26] Gurevich, U., Sacks, R., & Shrestha, P. (2017). BIM adoption by public facility agencies: impacts on occupant value. *Building Research & Information*, 45(6), 610-630.
[27] Bastan, M, Zarei, M, Ahmadvand,A. (2019). Building Information Modeling Adoption Model in Iran. *Industrial Management Perspectiva*, 10 (1), 9-39 .(In Persian)
[28] Sinoh, S. S., Othman, F., & Ibrahim, Z. (2020). Critical success factors for BIM implementation: a Malaysian case study. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
[29] Evans, M., Farrell, P., Mashali, A., & Zewein, W. (2020). Critical success factors for adopting building information modelling (BIM) and lean construction practices on construction mega-projects: a Delphi survey. *Journal of Engineering, Design and Technology*.
[30] Phang, T. C., Chen, C., & Tiong, R. L. (2020). New model for identifying critical success factors influencing BIM adoption from precast concrete manufacturers' view. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(4), 04020014.
[31] Javan Moulai, B, Rukui, S. (1401). Perspectio factorum criticorum (CSF) in inceptis constructionibus. *Scientific Quarterly Acta Resources Humanarum et Capital*. 69(50) .(In Persian)
[32] Lee, S., Yu, J., & Jeong, D. (2015). BIM acceptance model in construction organizations. *Journal of management in engineering*, 31(3), 04014048.
[33] Rohani, N., Banihashemi, S. (2022). Identifying and prioritizing the barriers to BIM implementation in Iran. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 54(2), 19-19. doi: 10.22060/ceej.2021.19093.7066. .(In Persian).
[34] Khosrowshahi, F., & Arayici, Y. (2012). Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. *Engineering, construction and architectural management*.
[35] Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in construction*, 18(3), 357-375.

[36] Antwi-Afari, M. F., Li, H., Pärn, E. A., & Edwards, D. J. (2018). Critical success factors for implementing building information modelling (BIM): A longitudinal review. *Automation in construction*, 91, 100-110.

[37] BSI (British Standards Institution). (2013). *Specification for information management for the capital & delivery phase of construction projects using BIM*. PAS 1192-2:2013. London: BSI.

[38] Kassem, M., Succar, B., & Dawood, N. (2015). Building information modeling: analyzing noteworthy publications of eight countries using a knowledge content taxonomy. *In Building information modeling: Applications and practices*.

[39] Costa, H., & Santos, A. D. (2016). Proposição de um Protocolo para Avaliação da Estética no Design para Serviços. In 12º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, Belo Horizonte. *Blucher Design Proceedings*. São Paulo: Editora Blucher (Vol. 2, pp. 1091-1104).

[40] Ghelich, M., Samadi, Y., & Fathi, K. A Digital Transformation Assessment Maturity Model for Industrial Organization Based on Design Science Approach. *Management*, 10(37), 135-184.

[41] Jung, Y., & Joo, M. (2011). Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. *Automation in construction*, 20(2), 126-133.

[42] Kassem, M., & Succar, B. (2017). Macro BIM adoption: Comparative market analysis. *Automation in construction*, 81, 286-299.

[43] Ni, G., Li, H., Jin, T., Hu, H., & Zhang, Z. (2022). Analysis of Factors Influencing the Job Satisfaction of New Generation of Construction Workers in China: A Study Based on DEMATEL and ISM. *Buildings*, 12(5), 609.