



## شناسایی موانع یکپارچگی مدل سازی اطلاعات ساختمان و شاخص های پایداری در پروژه های ساختمانی با استفاده از رویکرد تصمیم گیری

\*امیرعلی شادی مهربانی<sup>۱</sup>، سعید فرخی زاده<sup>۲</sup>، علی رضاحسینی<sup>۳</sup>

۱- نویسنده مسئول: کارشناس ارشد مهندسی عمران (مدیریت ساخت)، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

Alishadim93@gmail.com

۲- استادیار، دکتری مهندسی عمران (مدیریت ساخت)، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

Sfarokhi92@gmail.com

۳- کارشناس ارشد مدیریت مهندسی، دانشگاه علم و صنعت ایران

ali\_rezahoseini@alumni.iust.ac.ir

### چکیده

امروزه توجه به توسعه پایدار یکی از بحث های رایج بین المللی است که جنبه های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را در برمی گیرد. از طرفی بهره وری، پایداری و اتخاذ یک فرایند هوشمند در صنعت ساخت و ساز همواره با چالش های متعددی روبه رو بوده است. از این رو، در پروژه های مختلف ساختمانی، استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در بسیاری از کشورهای پیشرفته رواج فراوانی یافته است تا به کارگیری آن، مشکلات و مسائل پیش آمده در حوزه محیط زیست و شاخص های پایداری را کاهش دهد. به همین دلیل در این پژوهش با استفاده از مطالعه پژوهش های پیشین، ۳۸ مورد از عوامل اصلی عدم یکپارچگی مدل سازی اطلاعات ساختمان در شاخص های پایداری شناسایی شده است و سپس با استفاده از رویکرد فازی-دلفی که با تهیه پرسشنامه و مصاحبه از خبرگان، این عوامل غربال شده و به ۱۰ عامل اصلی کاهش یافته و در پایان پرسشنامه دیگری برای مقایسات زوجی عوامل شناسایی شده تهیه گردید که مقادیر آن با استفاده از رویکرد شبکه ای Fuzzy-DEMATEL تحلیل گردیده و عوامل اثرگذار و اثرپذیر در عدم یکپارچگی سیستم مدل سازی اطلاعات ساختمان در راستای دستیابی به اهداف و اصول پایداری رتبه بندی گردیده است. در نهایت عوامل موثر به ترتیب مقاومت صنعت در برابر تغییر از عملکردهای سنتی، فقدان چارچوب جامع و برنامه اجرایی برای پایداری و عدم حمایت و دخالت دولت شناسایی شده اند.

واژگان کلیدی: مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، شاخص های پایداری، رویکرد تصمیم گیری، اعداد فازی



## چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت

### ۱- مقدمه

سیستم مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM<sup>۱</sup>) نمونه‌ای از هوشمندترین مدل سه بعدی جهت شبیه سازی فرآیند طراحی، برنامه ریزی، ساخت و ساز و بهره برداری در طول چرخه حیات پروژه های عمرانی است که امروزه در بسیاری از کشورهای توسعه یافته دنیا در صنعت ساختمان مورد استفاده قرار می گیرد. به عبارت دیگر در این سیستم به جای نقشه کشی سنتی، نمونه‌ای از یک مدل سه بعدی شامل فضا، مکان و زمان در طراح که بین همه تیم های فعال در یک پروژه عمرانی مورد استفاده قرار می گیرد و نقش اصلی در ایجاد یکپارچگی میان بخش های مختلف درگیر در آن پروژه در تمامی مراحل ساخت و ساز دارد (کوبی، ۲۰۱۲). از طرفی امروزه نیاز شدیدی برای اتخاذ پایداری در بخش ساخت و ساز وجود دارد. این خود یک چالش مهمی است، زیرا پایداری یک مفهوم چندوجهی است که شامل جنبه های مختلف حداکثر سازی ارزش های اقتصادی، اجتماعی و محیطی است (مارتک و همکاران، ۲۰۱۹) و تفاوت های اساسی میان عملکرد جنبه های پایداری اجتماعی و زیست محیطی وجود دارد (اولامی و همکاران، ۲۰۱۸). نابودی منابع طبیعی، تغییرات آب و هوایی، اقلیمی، باعث ایجاد نیاز شدید به ساختمان های پایدار شده است که مهم ترین مسئله در این موضوع قرار دادن ویژگی های پایدار ساختمان در خلال مراحل طراحی می باشد (کیبرت، ۲۰۱۶). با پیدایش مدل های گوناگون یکپارچه سازی که نشانگر یک همگرایی مطلوب میان رشته های مختلف می باشد. با داشتن اطلاعات و دانش، می توان به طور موثر در راستای یک زمین پایدار و شکوفا کار کنیم (کریگیل و نیس، ۱۳۹۳). با توجه به اهمیت پایداری در پروژه های ساخت، مطالعات متعددی در ارتباط با پایداری و جنبه های مختلف مدیریت ساخت و ساز مانند مدیریت ریسک، رهبری، شیوه های ناب و رشد اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته است (گلس، ۲۰۱۲). مدل سازی اطلاعات ساختمان را می توان به تمام جنبه های پایداری در طول چرخه حیات ساختمان بدون آسیب رساندن به خواسته های معماران در ارائه خیره کننده، شکل دهی و شکل گیری های غیرسنتی پیوند داد (گلس، ۲۰۱۲). از این رو، می تواند به تمام اهداف ساخت، پروژه و ذینفعان بدون آسیب رساندن به محیط زیست و جنبه های انسانی از طریق یک مدل پایدار دست یافت (الوان، گرینوود و گلدسون، ۲۰۱۵). ارائه یک مدل مفهومی برای مقابله با چالش های صنعت ساختمان و بررسی چالش هایی که فعالان در رابطه با اتخاذ شیوه های پایدار در ساخت و ساز با آن روبرو هستند، یک شکاف مهم تحقیقاتی محسوب می شود (آدامز و همکاران، ۲۰۱۶). یکپارچگی BIM و شیوه های پایداری به معنای استفاده از نرم افزار، افزونه ها و پلتفرم های ابری برای تسهیل ارزیابی پایداری زیرساخت ها و پروژه های ساختمانی است. با این حال، تصویب و اجرای یکنواخت ابتکارات BIM و پایداری در آن انجام نشده است (اولامی و چان، ۲۰۱۷). موانع اساسی مورد تأکید، که مانع از پذیرش هر دو مفهوم (BIM و پایداری) در صنعت ساخت و ساز شده است می تواند مطالعات قبلی مبنی بر ناکافی بودن تجربه، دانش و مهارت های مورد نیاز نیروی کار را دربرگیرد (نانجیکار و گائو، ۲۰۱۴).

### ۲- مروری بر پیشینه تحقیق

#### ۲-۱- اهمیت پایداری در پروژه های ساختمانی

انسان همواره در طول تاریخ سعی می کند به منظور ایجاد سرپناهی امن برای سکونت، آن را با محیط پیرامون خود هماهنگ سازد تا بتواند شرایط مناسبی برای ادامه حیات خویش ایجاد کند و در حقیقت شرایط جغرافیایی، اقلیمی نیز در شکل گیری این فضای زیست، دخالت مستقیمی دارند. یکی از اصول مهم در طراحی مسکن پایدار حفاظت از منابع آبی است (لی و همکاران، ۲۰۱۷). به عبارت دیگر توسعه پایدار، رویکردی جامع به بهبود بخشی کیفیت زندگی انسان ها در جهت تحقق رفاه اقتصادی، اجتماعی و محیطی سکونت گاه های انسانی است. در این معنا توسعه پایدار فرایندی است که با سازماندهی و تنظیم رابطه انسان با محیط و مدیریت بهره برداری از منابع و محیط زیست، دستیابی به تولید فزاینده و مستمر، زندگی مطمئن، امنیت غذایی، عدالت و ثبات اجتماعی و مشارکت مردم را تسهیل می کند (لیوی و همکاران، ۲۰۱۷). اکثر کشورهای در حال توسعه همگی بر این نظر هستند که تعریف مسکن به یک واحد مسکونی محدود نمی شود بلکه یک محیط مسکونی را دربرمی گیرد. این واژه بدان معناست که مفهوم مسکن با توجه به شرایط اجتماعی، اقتصادی و خانوادگی تغییر

<sup>۱</sup> Building Information Modeling



## چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت

می کند (کشتی آرای، ۱۳۹۳). توسعه پایداری فرایندی است که لازمه بهبود و پیشرفت از لحاظ کاستی های اجتماعی و فرهنگی در جوامع پیشرفته می باشد. در واقع موتور محرکه پیشرفت تعادل، هماهنگی اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در تمامی جوامع به ویژه کشورهای در حال رشد است (پاتینو و همکاران، ۲۰۱۷). بکارگیری فرم های طبیعی در معماری، نشانه گرایش انسان به آثار خلقت و تأثیرات آن است. از سوی دیگر فرم های طبیعت در گذشته از نقش موثرشان چه در زمینه عملکردی و چه در باب زیبایی، از احترام و تقدس در فرهنگ ها و اقوام ملل مختلف برخوردار بوده اند (آدی و رهمی، ۲۰۲۰).

### ۲-۲- مدل سازی اطلاعات ساختمان و پایداری

مدل سازی اطلاعات ساختمان برای طراحی و اجرای بهینه و پایدار پروژه های عمرانی بیش از ۲۰ سال است که صنعت ساخت و ساز را دگرگون ساخته است و افزایش تولید، بهره وری، پایداری زیرساخت، کیفیت، کاهش هزینه های در صنعت ساختمان سازی را به همراه داشته است (براووی و همکاران، ۲۰۲۰). مدل سازی اطلاعات ساختمان نمونه ای از جدیدترین مدل های نوین سه بعدی جهت شبیه سازی فرآیند برنامه ریزی، طراحی، ساخت و ساز و بهره برداری در پروژه های عمرانی است (برمن و همکاران، ۲۰۱۸). سیستم مدل سازی اطلاعات ساختمان نقش اصلی آن ایجاد یکپارچگی در بین تیم های مختلف درگیر در آن پروژه در تمامی مراحل ساخت و ساز است. این سیستم به معماران مهندسی و پیمانکاران کمک می کند تا آنچه را که قرار است ساخته شود، ابتدا به صورت کامل در یک محیط مجازی ایجاد کرده و در صورت برخورد با مشکلات احتمالی در هر مرحله از ساخت مثل طراحی، اجراء یا مرحله بهره برداری، بر آن مشکلات فائق آیند (پروال و هروج، ۲۰۱۳). مزیت اصلی یک مدل اطلاعات ساختمان، نمایش دقیق هندسی آن در قسمت های یک ساختمان در یک محیط یکپارچه است. یکپارچه سازی اطلاعات کل پروژه که شامل: مصالح، هماهنگی بین سیستم ها، پیاده سازی طرح و عملیات کارگاهی، پیش ساختگی، بهره برداری و نگهداری است. جهت بکارگیری BIM دو روش اصلی وجود دارد: روش مخزن مرکزی، روش مخزن گسترده. در روش مخزن مرکزی فرض بر این است که تمام اطلاعات پروژه در یک فایل واحد پایگاه داده ذخیره می شوند (خداخشیشان و طوسی، ۲۰۲۱). امروزه صنعت ساخت و ساز به سوی پایداری و دوام پیش می رود. با این وجود، به منظور تحقق عملکردی پایدار نیازمند برقراری توازن و تعادل بین معیار محیطی، اجتماعی و اقتصادی است. ابزارهای متفاوتی وجود دارد که می توانند این هدف را محقق سازند. لازم است تا آنها را بدین ترتیب شناسایی کنیم که چگونه می توان آن ها را برای کسب هم افزایی و کمک به ساخت و ساز پایدار و بادوام یکپارچه کرد. این ابزارها را باید در مراحل اولیه طرح اجرا کرد به گونه ای که پروژه دارای ارزش افزوده باشد. ایجاد مدل ساختمان و نگهداری اطلاعات مرتبط با آن و همچنین دستیابی دائمی به اطلاعات سازه و تأسیسات آن می تواند کیفیت ارائه خدمات را تا حد بسیار زیادی افزایش داده و در مقابل هزینه انجام و زمان مورد نیاز آنها را کاهش دهد (چانگ و همکاران، ۲۰۱۷). به بیان ساده اینگونه می توان گفت که در طی فرآیند طراحی با سیستم های رایج و متداول قدیمی ممکن است ایده های خوبی برای طراحی پایدار به ذهن طراح برسد، اما به دلایل مختلف نتواند آن را به مرحله اجرا درآورد (محمد، ۲۰۱۹). سیستم طراحی شده به وسیله مدل سازی اطلاعات ساختمان، ساخت و سازهای پایدار را ترویج داده و استراتژی هایی برای عملکرد بهتر محیط زیست و سلامت را شناسایی می کند (سورمان، ۲۰۰۹).

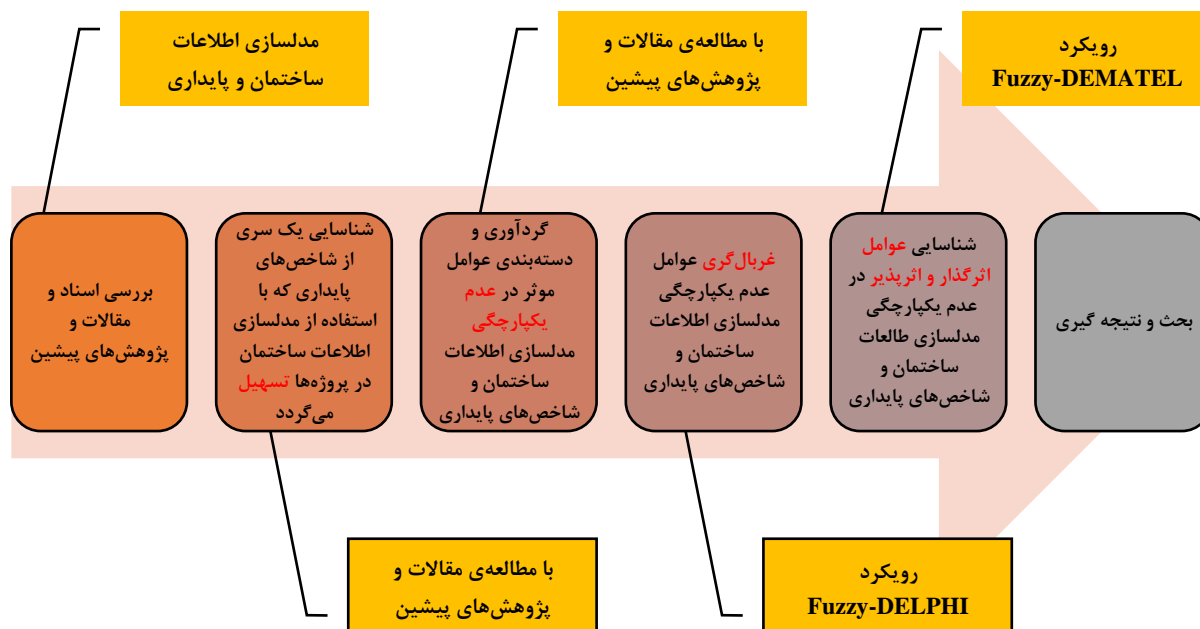
### ۳- روش تحقیق

در این پژوهش به منظور تحقق و اجرای ساختمان ها با رویکرد توسعه پایدار در کشور، منابع علمی از قبیل کتب و مقالات و سوابق پژوهشی مرتبط مورد بررسی قرار گرفت. در گام بعدی جهت جمع آوری داده ها در مطالعات میدانی، ابزار پرسشنامه برای دستیابی به نظرات خبرگان، استفاده گردید. به طوری که پرسشنامه بر مبنای عوامل شناسایی شده موانع یکپارچگی مدل سازی اطلاعات ساختمان با صنعت ساختمان سازی با رویکرد توسعه پایدار در ایران، به جهت تعیین مؤثرترین عوامل با استفاده از روش دلفی فازی طراحی گردید. سپس عوامل مؤثر شناسایی شده، از نتایج پرسشنامه اول، با استفاده از نرم افزار Excel مورد ارزیابی قرار گرفت. در مرحله بعد برای عوامل مهم شناسایی شده پرسشنامه دیگری تهیه و بین خبرگان توزیع گردید که ده عامل اصلی (شناسایی شده در مرحله اول) به صورت زوجی مقایسه شده و با استفاده از رویکرد Fuzzy-DEMATEL که به مقایسات زوجی عوامل از طریق متغیرهای زبانی انجام می شود و مورد آنالیز قرار گرفتند.



### چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت

جامعه آماری شرکت کننده در پرسشنامه شامل اساتید دانشگاه، دانشجویان رشته مدیریت ساخت و معماری، مشاورین و پیمانکاران در صنعت که تجربه کافی در زمینه مدل سازی اطلاعات ساختمان را دارا بودند. شکل (۱) ساختار تحقیق را نمایش می دهد.



شکل ۱- ساختار روش تحقیق

### ۳-۱- رویکرد FUZZY-DELPHI

هدف از این مطالعه شناسایی و اولویت بندی موانع در برابر یکپارچگی BIM و شیوه های پایداری در پروژه های ساختمانی در مرحله طراحی است. تکنیک دلفی رویکرد اصلی تحقیقاتی است که در این مطالعه اتخاذ شده است (یونگ و همکاران، ۲۰۰۷). خاطر نشان کرد که نظرسنجی دلفی برای دستیابی به اجماع در مناطق پیچیده یا مناطق نسبتاً جدید مناسب است (هاسون و همکاران، ۲۰۰۰). تکنیک دلفی در استخراج و ارتباط قضاوت های آگاهانه (متخصص) در موضوعی که شامل رشته های مختلف مانند BIM و پایداری در این مطالعه است، مفید است. در همین حال، روش جمع آوری داده ها در اندازه گیری و ایجاد نظریه های یک مطالعه یا مجموعه ای از معیارها که یافته های تحقیق براساس آنها اندازه گیری می شود، اهمیت دارد (اولاتونجی و همکاران، ۲۰۱۷). تکنیک فازی دلفی یکی از روش های تصمیم گیری گروهی است که برای دستیابی به توافق پیرامون مساله مورد بررسی از دیدگاه خبرگان استفاده می شود. این روش نخستین بار برای تصمیم گیری در مباحث استراتژیک نظامی گردید اما در مسائل تخصصی سازمان و مدیریت نیز مورد استفاده قرار می گیرد. هدف اصلی تکنیک دلفی دستیابی به اجماع گروهی از خبرگان است بدون آنکه خبرگان از وجود هم اطلاع داشته باشند (حبیبی و همکاران، ۲۰۱۵).

### ۳-۲- رویکرد FUZZY-DEMATEL

روش فازی دیمتل به بررسی روابط بین معیارها و زیرمعیارها می پردازد و توسط ماتریس ارتباط کل معیارهای تأثیرگذار و تأثیرپذیر (به عبارتی دیگر معیارهای علی و معلول) را مشخص می سازد. این روش از روش های تصمیم گیری چندشاخصه می باشد. همان طور که از نام این روش پیداست تمامی محاسبات در محیط فازی صورت می گیرد. روش Fuzzy-DEMATEL روشی شناخته شده و جامع برای به دست آوردن یک مدل ساختاری است که روابط متقابل بین عوامل پیچیده دنیای واقعی را فراهم می سازد (لین و ون، ۲۰۱۵).



### چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت

#### ۴- مطالعه موردی و نتایج

#### ۱-۴- شناسایی عوامل اصلی عدم یکپارچگی بین مدلسازی اطلاعات ساختمان و شاخص های پایداری

اولامی و همکاران در سال ۲۰۱۸ در مقاله ای تحت عنوان موانع یکپارچگی BIM و شیوه های پایداری در پروژه های ساختمانی: بررسی دلفی از متخصصان بین المللی که در آن محیط ساخت در تلاش برای بهره وری بیشتر و پایدارتر و اتخاذ یک فرایند هوشمند و خلاق برای انجام عملیات مختلف با چالش های متعددی روبرو است. هدف این مطالعه بررسی موانع عمیقی است که ذینفعان ساختمانی در تلاش برای یکپارچگی BIM و شیوه های پایداری در فرایندهای ساخت و ساز با آن روبرو هستند. یک نظرسنجی دو مرحله ای دلفی اساس تجمع اجماع را تشکیل داد در میان گروه تخصصی بر اساس مجموعه ای از ۳۸ عامل که از طریق تجزیه و تحلیل محتوی مطالعات تحقیقی قبلی به دست آمده است. برای تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون های توصیفی و استنباطی استفاده شد و نتایج با استفاده از تجزیه و تحلیل توافق بین سطحی اعتبار یافت. سه موانع کلیدی از نظر اهمیت به ترتیب عبارتند از: مقاومت صنعت در برابر تغییر شیوه های سنتی کار، دوره طولانی سازگاری با فناوری های نوآورانه و عدم درک فرآیندها و گردش کار مورد نیاز برای BIM و پایداری. کسره های مالی نیز بر اساس تجزیه و تحلیل مقایسه های گروه های متخصص انجام شد (اولامی و همکاران، ۲۰۱۸). جدول (۱) عوامل عدم یکپارچگی مدل سازی اطلاعات ساختمان با توسعه پایدار را طی پژوهش های گذشته خلاصه کرده است.

جدول ۱- عوامل عدم یکپارچگی مدل سازی اطلاعات ساختمان با توسعه پایدار

ردیف	مشکلات	مراجع
۱	تنوع بازار در سازمان ها و مکان های جغرافیایی	(گو و لاندن، ۲۰۱۰)، (ردموند و همکاران، ۲۰۱۲)، (آنتون و دیاز، ۲۰۱۴)
۲	مقاومت صنعت در برابر تغییر از عملکردهای سنتی	(گو و لاندن، ۲۰۱۰)، (ابوبکر و همکاران، ۲۰۱۴)، (کیویتس و فورنیکس، ۲۰۱۳)
۳	عدم تقاضای کارفرما و تعهد مدیریت عالی	(روگرز و همکاران، ۲۰۱۵)، (بوکتور و همکاران، ۲۰۱۴)
۴	عدم حمایت و دخالت دولت	(زاهریزان و همکاران، ۲۰۱۳)، (ابوبکر و همکاران، ۲۰۱۴)
۵	سطح پایین مشارکت کاربران BIM در پروژه های سبز	(آنتون و دیاز، ۲۰۱۴)
۶	اکراه اجتماعی برای تغییر از ارزش ها یا فرهنگ سنتی	(البینو، ۲۰۱۴)، (کیویتس و فورنیکس، ۲۰۱۳)، (ردموند و همکاران، ۲۰۱۲)
۷	عدم آگاهی و همکاری بین ذینفعان پروژه	(آنتون و دیاز، ۲۰۱۴)، (زاهریزان و همکاران، ۲۰۱۳)، (گو و لاندن، ۲۰۱۰)
۸	عدم کفایت از تجربه، دانش و مهارت های لازم از نیروی کار	(ابوبکر و همکاران، ۲۰۱۴)، (کیویتس و فورنیکس، ۲۰۱۳)، (گو و لاندن، ۲۰۱۰)
۹	زمان طولانی تر در سازگاری با فناوری های جدید (منحنی یادگیری تند)	(البینو، ۲۰۱۴)، (ناناجیکار و گوآ، ۲۰۱۴)
۱۰	عدم درک فرآیندها و گردش کار مورد نیاز برای BIM و پایداری	(البینو، ۲۰۱۴)
۱۱	سطح پایین تحقیقات در صنعت و دانشگاه	(ردموند و همکاران، ۲۰۱۲)، (آنتون و دیاز، ۲۰۱۴)، (آلبینو، ۲۰۱۴)
۱۲	خطر از دست دادن مالکیت و حقوق معنوی	(گو و لاندن، ۲۰۱۰)، (آنتون و دیاز، ۲۰۱۴)
۱۳	تخصص و دانش عمیق ناکافی اجرای برنامه های نرم افزاری تجزیه و تحلیل مربوط به پایداری	(هوب و الوان، ۲۰۱۲)
۱۴	کمبود متخصص در زمینه های مختلف در BIM و پایداری	(البینو، ۲۰۱۴)، (ناناجیکار و گوآ، ۲۰۱۴)، (کیویتس و فورنیکس، ۲۰۱۳)
۱۵	هزینه بالای نرم افزار BIM، مجوز و برنامه های مرتبط	(کیویتس و فورنیکس، ۲۰۱۳)، (آلبینو، ۲۰۱۴)
۱۶	سرمایه گذاری اولیه بالا در هزینه های آموزش کارکنان	(آراند و همکاران، ۲۰۰۹)، (البینو، ۲۰۱۴)
۱۷	نیاز مکرر به منابع اضافی و مرتبط و هزینه های بالای اقتصادی	(گو و لاندن، ۲۰۱۰)، (هان و همکاران، ۲۰۱۳)



## چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت

گو و لاندن، (۲۰۱۰)، (ردموند و همکاران، ۲۰۱۲)، (آنتون و دیاز، ۲۰۱۴)	عدم ابتکار و تردید در سرمایه گذاری های آینده	۱۸
(بوکتور و همکاران، ۲۰۱۴)	ماهیت گسسته صنعت ساختمان	۱۹
(آکیناده و همکاران، ۲۰۱۷)، (بولقاسمزاده، ۲۰۱۳)	چالش های سازمانی، خط مشی و استراتژی پروژه	۲۰
(آنتون و دیاز، ۲۰۱۴)	مشکل در ارزیابی پارامترهای محیطی خواص ساختمان	۲۱
(ردموند و همکاران، ۲۰۱۲)، (کیویتس و فورنیکس، ۲۰۱۳)	مشکل دستیابی به داده های پایداری (مانند ایمنی، بهداشت و شاخص آلودگی و غیره)	۲۲
(کیویتس و فورنیکس، ۲۰۱۳)	مشکل در تخصیص و به اشتراک گذاری خطرات مربوط به BIM	۲۳
(ردموند و همکاران، ۲۰۱۲)، (آلبینو، ۲۰۱۴)	فقدان چارچوب قانونی و عدم قطعیت قرارداد	۲۴
(کیویتس و فورنیکس، ۲۰۱۳)	افزایش خطر و مسئولیت	۲۵
(آلبینو، ۲۰۱۴)، (ساکو و همکاران، ۲۰۱۵)	فقدان سیاست مناسب خرید و توافق نامه های قراردادی	۲۶
(آنتون و دیاز، ۲۰۱۴)، (بولقاسمزاده، ۲۰۱۳)	عدم یکنواختی معیارها و مقیاس های ارزیابی پایداری	۲۷
(ردموند و همکاران، ۲۰۱۲)، (یانگ و همکاران، ۲۰۰۷)	فقدان چارچوب جامع و برنامه اجرایی برای پایداری	۲۸
(یانگ و همکاران، ۲۰۰۷)	عدم وجود یا عدم یکنواختی استانداردهای صنعت برای پایداری	۲۹
(آنتون و دیاز، ۲۰۱۴)، (آهین و همکاران، ۲۰۱۴)	عدم دقت و اطمینان در ارزیابی پایداری پروژه ها	۳۰
(آنتون و دیاز، ۲۰۱۴)، (روگرز و همکاران، ۲۰۱۵)	مشکلات ناسازگاری با بسته های نرم افزاری مختلف	۳۱
(آنتون و دیاز، ۲۰۱۴)، (روگرز و همکاران، ۲۰۱۵)، (ردموند و همکاران، ۲۰۱۲)	عدم وجود استانداردهای صنعتی برای BIM	۳۲
(ردموند و همکاران، ۲۰۱۲)	سطح ناکافی پشتیبانی از توسعه دهندگان نرم افزار BIM	۳۳
(اداموس، ۲۰۱۳)	ناکافی بودن الگوهای داده BIM برای نمایش معنایی دانش مبتنی بر پایداری	۳۴
(آکیناده و همکاران، ۲۰۱۵)	عدم پشتیبانی از ابزارهای تجزیه و تحلیل پایداری	۳۵
(هوپ و الوان، ۲۰۱۲)	عدم اجرای اصول منبع باز برای توسعه نرم افزار	۳۶
(هوپ و الوان، ۲۰۱۲)	تسلط بر بازار توسط ابزارهای ارزیابی تجاری	۳۷
(آهین و همکاران، ۲۰۱۴)	عدم راحتی کار با نرم افزاری تجزیه و تحلیل BIM	۳۸

با بررسی مقاله مورد نظر که ۳۸ مورد را به عنوان موانع معرفی کرده بود با استفاده از روش دلفی به غربالگری و شاخص ها پرداخته و هدف، دستیابی به قابل اطمینان ترین اجماع گروهی از نظرات خبرگان بواسطه یک سری از پرسشنامه های متمرکز همراه با بازخورد کنترل شده می باشد. جدول زیر که پس از وارد کردن اعداد پرسشنامه در نرم افزار Excel و آنالیز اعداد تهیه گردیده است. و اعداد بالای ۰.۷ مورد قبول واقع گردید.

جدول ۲- شاخص های مورد قبول براساس نمره فازی

Average	DeFuzzy
[۰.۵۰، ۰.۷۵، ۰.۹۷]	۰.۷۴
[۰.۵۰، ۰.۷۵، ۰.۹۷]	۰.۷۲
[۰.۴۷، ۰.۷۲، ۰.۹۷]	۰.۷۹
[۰.۵۶، ۰.۸۱، ۰.۹۷]	۰.۷۹
[۰.۵۶، ۰.۸۱، ۰.۹۷]	۰.۷۴
[۰.۵۰، ۰.۷۵، ۰.۹۷]	۰.۷۷
[۰.۵۹، ۰.۸۴، ۱.۰۰]	۰.۸۲
[۰.۵۰، ۰.۷۵، ۰.۹۴]	۰.۷۳
[۰.۶۲، ۰.۸۷، ۱.۰۰]	۰.۸۴
[۰.۵۰، ۰.۷۵، ۱.۰۰]	۰.۷۷



## چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت

جدول (۳) معیارهای مهم شناسایی شده از طریق تهیه پرسشنامه و آنالیز آن با کمک رویکرد فازی-دلفی می باشد.

جدول ۳- شاخص های مورد قبول

معیار	ردیف
مقاومت صنعت در برابر تغییر از عملکردهای سنتی	معیار (۱)
عدم حمایت و دخالت دولت	معیار (۲)
سطح پایین مشارکت کاربران BIM در پروژه های سبز	معیار (۳)
عدم آگاهی و همکاری بین ذینفعان پروژه	معیار (۴)
عدم کفایت از تجربه، دانش و مهارت های لازم از نیروی کار	معیار (۵)
کمبود متخصص در زمینه های مختلف در BIM و پایداری	معیار (۶)
عدم پشتیبانی از ابزارهای تجزیه و تحلیل پایداری	معیار (۷)
فقدان چارچوب جامع و برنامه اجرایی برای پایداری	معیار (۸)
عدم یکنواختی معیارها و مقیاس های ارزیابی پایداری	معیار (۹)
تخصص و دانش عمیق ناکافی برای اجرای برنامه های نرم افزاری تجزیه و تحلیل مربوط به پایداری	معیار (۱۰)

در این مقاله برای بررسی روایی پرسشنامه ها از روش روایی (صوری-محتوایی) استفاده شده است، که پرسشنامه ها در اختیار اساتید صاحب نظر قرار گرفت تا نظرات تخصصی در مورد چگونگی نگارش، تعداد سوالات، محتوای پرسشنامه، ارتباط سوالات با گزینه اعلام نمایند. پس از بررسی و لحاظ کردن نظرات و پیشنهادهای پرسشنامه نهایی تنظیم گردید و در اختیار خبرگان قرار گرفت. ارزیابی پایایی پرسشنامه ضریب آلفای کرونباخ برای سنجش سازگاری درونی پرسشنامه است. آلفای کرونباخ که بر اساس میانگین کواریانس (و یا همبستگی) سوالات موجود در یک پرسشنامه بدست می آید. در نرم افزار SPSS، محاسبه و مقادیر مثبت بالای ۰.۷ در نظر گرفته شد (جدول (۴)).

جدول ۴- شاخص های مورد قبول براساس نمره فازی

$\alpha < 0.5$	$0.5 \leq \alpha < 0.6$	$0.6 \leq \alpha < 0.7$	$0.7 \leq \alpha < 0.8$	$0.8 \leq \alpha < 0.9$	$0.9 \leq \alpha$	مقدار ضریب آلفای کرونباخ
غیرقابل قبول	ضعیف	مشکوک	قابل قبول	مناسب	عالی	سازگاری داخلی

## ۴-۱- رتبه بندی شاخص های غربال شده در روش Fuzzy-DEMATEL

پرسشنامه دیگری برای مقایسات زوجی تأثیر عوامل بر روی یکدیگر تهیه و بین خبرگان توزیع گردید که نتایج پرسشنامه ها به کمک رویکرد روش فازی-دیمتل آنالیز گردید.

## گام های روش دیمتل

## گام ۱: تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم فازی

برای شناسایی الگوی روابط میان  $n$  معیار ابتدا یک ماتریس  $n \times n$  تشکیل می شود. تأثیر عنصر مندرج در هر سطر بر عناصر مندرج در ستون در این ماتریس به صورت یک عدد فازی درج می شود. اگر از دیدگاه بیش از یک نفر استفاده شود، هر یک از خبرگان باید ماتریس موجود را تکمیل کنند. سپس از میانگین ساده نظرات استفاده شده و ماتریس ارتباط مستقیم  $Z$  را تشکیل داده می شود (معادله (۱)).

$$z = \begin{bmatrix} 0 & \dots & \bar{z}_{n1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{z}_{1n} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$



## چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت

جدول (۵) ماتریس ارتباط مستقیم که همان مقایسات زوجی خبرگان هست را نشان می دهد. اگر در ارزیابی از چند خبره استفاده شده است ماتریس زیر میانگین حسابی تمام خبرگان می باشد.

جدول ۵- طیف فازی

U	M	L	عبارت کلامی	کد
۱	۱	۱	بدون تأثیر	۰
۴	۳	۲	تأثیر خیلی پایین	۱
۶	۵	۴	تأثیر پایین	۲
۸	۷	۶	تأثیر بالا	۳
۹	۹	۸	تأثیر خیلی بالا	۴

## گام ۲: نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم فازی

برای نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم فازی از فرمول (۲) و (۳) استفاده می شود.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left( \frac{l_{ij}}{r}, \frac{m_{ij}}{r}, \frac{u_{ij}}{r} \right) \quad (2)$$

$$r = \max_{i,j} \left\{ \max_i \sum_{j=1}^n u_{ij}, \max_j \sum_{i=1}^n u_{ij} \right\}; i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (3)$$

## گام ۳: محاسبه ماتریس فازی ارتباط کامل

در این گام طبق رابطه (۴) ماتریس فازی روابط کل تشکیل می شود.

$$\tilde{T} = \lim_{k \rightarrow +\infty} (\tilde{x}^1 \oplus \tilde{x}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{x}^k) \quad (4)$$

اگر هر درایه عدد فازی ماتریس روابط کل به صورت  $\tilde{t}_{ij} = (l_{ij}^{\prime\prime}, m_{ij}^{\prime\prime}, u_{ij}^{\prime\prime})$  است به صورت زیر محاسبه فرمول (۵) و (۶):

$$[l_{ij}^{\prime\prime}] = x_l \times (I - x_l)^{-1} \quad (5)$$

$$[m_{ij}^{\prime\prime}] = x_m \times (I - x_m)^{-1} \quad (6)$$

به عبارت دیگر ابتدا معکوس ماتریس نرمال را محاسبه نموده و سپس آن را از ماتریس  $I$  کم می کنیم و در انتها ماتریس نرمال را در ماتریس حاصل ضرب می کنیم. جدول زیر ماتریس ارتباط کامل فازی را نشان می دهد. (جدول (۶)، (۷) و (۸))





چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت

جدول ۶- ماتریس ارتباط مستقیم

شماره	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)
۱	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰]	[۵.۰۰۰.۶۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰]	[۶.۵۰۰.۷۵۰ ۰.۰۰۰.۸۲۵۰]	[۳.۵۰۰.۴۵۰ ۰.۰۰۰.۵۵۰۰]	[۳.۰۰۰.۴۰۰ ۰.۰۰۰.۵۰۰۰]	[۴.۵۰۰.۵۵۰ ۰.۰۰۰.۶۵۰۰]	[۳.۵۰۰.۴۵۰ ۰.۰۰۰.۵۵۰۰]	[۵.۵۰۰.۶۵۰ ۰.۰۰۰.۷۲۵۰]	[۴.۵۰۰.۵۵۰ ۰.۰۰۰.۶۵۰۰]	[۳.۰۰۰.۴۰۰ ۰.۰۰۰.۵۰۰۰]
۲	[۶.۰۰۰.۷۰۰ ۰.۰۰۰.۷۷۵۰]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰۰]	[۴.۵۰۰.۵۵۰ ۰.۰۰۰.۶۵۰۰]	[۴.۵۰۰.۵۵۰ ۰.۰۰۰.۶۵۰۰]	[۳.۵۰۰.۴۵۰ ۰.۰۰۰.۵۵۰۰]	[۶.۰۰۰.۷۰۰ ۰.۰۰۰.۷۷۵۰]	[۶.۵۰۰.۷۵۰ ۰.۰۰۰.۸۲۵۰]	[۶.۵۰۰.۷۵۰ ۰.۰۰۰.۸۲۵۰]	[۶.۵۰۰.۷۵۰ ۰.۰۰۰.۸۲۵۰]	[۴.۵۰۰.۵۵۰ ۰.۰۰۰.۶۵۰۰]
۳	[۲.۷۵۰.۳۵۰ ۰.۰۰۰.۴۲۵۰]	[۱.۷۵۰.۲۵۰ ۰.۰۰۰.۳۲۵۰]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰۰]	[۶.۰۰۰.۷۰۰ ۰.۰۰۰.۷۷۵۰]	[۲.۷۵۰.۳۵۰ ۰.۰۰۰.۴۲۵۰]	[۲.۲۵۰.۲۵۰ ۰.۰۰۰.۳۲۵۰]	[۴.۰۰۰.۵۰۰ ۰.۰۰۰.۶۰۰۰]	[۲.۲۵۰.۲۵۰ ۰.۰۰۰.۳۲۵۰]	[۳.۲۵۰.۴۰۰ ۰.۰۰۰.۴۷۵۰]	[۲.۵۰۰.۳۰۰ ۰.۰۰۰.۳۷۵۰]
۴	[۶.۰۰۰.۷۰۰ ۰.۰۰۰.۷۷۵۰]	[۴.۰۰۰.۵۰۰ ۰.۰۰۰.۶۰۰۰]	[۲.۷۵۰.۳۵۰ ۰.۰۰۰.۴۲۵۰]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰۰]	[۳.۰۰۰.۴۰۰ ۰.۰۰۰.۵۰۰۰]	[۳.۵۰۰.۴۵۰ ۰.۰۰۰.۵۵۰۰]	[۱.۲۵۰.۱۵۰ ۰.۰۰۰.۱۷۵۰]	[۲.۷۵۰.۳۵۰ ۰.۰۰۰.۴۲۵۰]	[۲.۷۵۰.۳۵۰ ۰.۰۰۰.۴۲۵۰]	[۲.۲۵۰.۲۵۰ ۰.۰۰۰.۳۲۵۰]
۵	[۴.۰۰۰.۵۰۰ ۰.۰۰۰.۶۰۰۰]	[۲.۲۵۰.۳۰۰ ۰.۰۰۰.۳۷۵۰]	[۴.۵۰۰.۵۵۰ ۰.۰۰۰.۶۵۰۰]	[۴.۵۰۰.۵۵۰ ۰.۰۰۰.۶۵۰۰]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰۰]	[۷.۵۰۰.۸۵۰ ۰.۰۰۰.۹۵۰۰]	[۳.۷۵۰.۴۵۰ ۰.۰۰۰.۵۵۰۰]	[۴.۰۰۰.۵۰۰ ۰.۰۰۰.۶۰۰۰]	[۲.۲۵۰.۳۰۰ ۰.۰۰۰.۳۷۵۰]	[۵.۵۰۰.۶۵۰ ۰.۰۰۰.۷۲۵۰]
۶	[۴.۵۰۰.۵۵۰ ۰.۰۰۰.۶۲۵۰]	[۳.۰۰۰.۴۰۰ ۰.۰۰۰.۵۰۰۰]	[۲.۵۰۰.۳۵۰ ۰.۰۰۰.۴۵۰۰]	[۵.۰۰۰.۶۰۰ ۰.۰۰۰.۷۰۰۰]	[۴.۰۰۰.۵۰۰ ۰.۰۰۰.۵۷۵۰]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰۰]	[۳.۲۵۰.۴۰۰ ۰.۰۰۰.۴۵۰۰]	[۳.۵۰۰.۴۵۰ ۰.۰۰۰.۵۵۰۰]	[۳.۵۰۰.۴۵۰ ۰.۰۰۰.۵۵۰۰]	[۵.۰۰۰.۶۰۰ ۰.۰۰۰.۷۰۰۰]
۷	[۴.۰۰۰.۵۰۰ ۰.۰۰۰.۶۰۰۰]	[۳.۵۰۰.۴۵۰ ۰.۰۰۰.۵۵۰۰]	[۴.۵۰۰.۵۵۰ ۰.۰۰۰.۶۲۵۰]	[۴.۰۰۰.۵۰۰ ۰.۰۰۰.۶۰۰۰]	[۳.۷۵۰.۴۵۰ ۰.۰۰۰.۵۲۵۰]	[۳.۲۵۰.۴۰۰ ۰.۰۰۰.۴۷۵۰]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰۰]	[۱.۵۰۰.۲۰۰ ۰.۰۰۰.۲۵۰۰]	[۲.۷۵۰.۳۵۰ ۰.۰۰۰.۴۲۵۰]	[۳.۲۵۰.۴۰۰ ۰.۰۰۰.۴۷۵۰]
۸	[۴.۵۰۰.۵۵۰ ۰.۰۰۰.۶۵۰۰]	[۳.۵۰۰.۴۵۰ ۰.۰۰۰.۵۵۰۰]	[۶.۰۰۰.۷۰۰ ۰.۰۰۰.۷۷۵۰]	[۶.۰۰۰.۷۰۰ ۰.۰۰۰.۷۷۵۰]	[۵.۵۰۰.۶۵۰ ۰.۰۰۰.۷۲۵۰]	[۵.۵۰۰.۶۵۰ ۰.۰۰۰.۷۲۵۰]	[۲.۷۵۰.۳۵۰ ۰.۰۰۰.۴۲۵۰]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰۰]	[۵.۵۰۰.۶۵۰ ۰.۰۰۰.۷۲۵۰]	[۴.۵۰۰.۵۵۰ ۰.۰۰۰.۶۵۰۰]
۹	[۳.۲۵۰.۴۰۰ ۰.۰۰۰.۴۷۵۰]	[۳.۰۰۰.۳۵۰ ۰.۰۰۰.۳۷۵۰]	[۴.۵۰۰.۵۵۰ ۰.۰۰۰.۶۵۰۰]	[۴.۵۰۰.۵۵۰ ۰.۰۰۰.۶۵۰۰]	[۲.۲۵۰.۳۰۰ ۰.۰۰۰.۳۷۵۰]	[۲.۲۵۰.۳۰۰ ۰.۰۰۰.۳۷۵۰]	[۲.۲۵۰.۳۰۰ ۰.۰۰۰.۳۷۵۰]	[۵.۵۰۰.۶۵۰ ۰.۰۰۰.۷۲۵۰]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰۰]	[۳.۲۵۰.۴۰۰ ۰.۰۰۰.۴۷۵۰]
۱۰	[۳.۰۰۰.۴۰۰ ۰.۰۰۰.۵۰۰۰]	[۳.۲۵۰.۴۰۰ ۰.۰۰۰.۴۷۵۰]	[۲.۲۵۰.۳۰۰ ۰.۰۰۰.۳۷۵۰]	[۲.۲۵۰.۳۰۰ ۰.۰۰۰.۳۷۵۰]	[۲.۲۵۰.۳۰۰ ۰.۰۰۰.۳۷۵۰]	[۲.۲۵۰.۳۰۰ ۰.۰۰۰.۳۷۵۰]	[۶.۰۰۰.۷۰۰ ۰.۰۰۰.۷۷۵۰]	[۱.۵۰۰.۲۰۰ ۰.۰۰۰.۲۵۰۰]	[۱.۵۰۰.۲۰۰ ۰.۰۰۰.۲۵۰۰]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰۰]

جدول ۷- ماتریس ارتباط مستقیم فازی

شماره	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)
۱	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰]	[۰.۰۷۷.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۱۰۸]	[۰.۱۰۰.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۲۷]	[۰.۰۵۴.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۸۵]	[۰.۰۴۶.۰۰۶ ۰.۰۰۰.۰۷۷]	[۰.۰۴۶.۰۰۶ ۰.۰۰۰.۰۷۷]	[۰.۰۶۹.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۱۱۲]	[۰.۰۸۵.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۱۲]	[۰.۰۶۹.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۱۰۰]	[۰.۰۴۶.۰۰۶ ۰.۰۰۰.۰۷۷]
۲	[۰.۰۹۲.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۱۹]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰]	[۰.۰۶۹.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۱۰۰]	[۰.۰۵۴.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۸۵]	[۰.۰۵۴.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۸۵]	[۰.۰۹۲.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۱۹]	[۰.۰۱۰.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۲۷]	[۰.۰۱۰.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۲۷]	[۰.۰۱۰.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۲۳]	[۰.۰۶۹.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۱۰۰]
۳	[۰.۰۴۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۶۵]	[۰.۰۲۷.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۵۰]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰]	[۰.۰۴۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۶۵]	[۰.۰۴۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۶۵]	[۰.۰۵۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۷۳]	[۰.۰۶۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۹۲]	[۰.۰۳۵.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۵۰]	[۰.۰۵۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۷۳]	[۰.۰۳۸.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۵۴]
۴	[۰.۰۹۲.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۱۹]	[۰.۰۶۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۹۲]	[۰.۰۴۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۶۵]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰]	[۰.۰۴۶.۰۰۶ ۰.۰۰۰.۰۷۷]	[۰.۰۵۴.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۸۵]	[۰.۰۱۹.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۲۷]	[۰.۰۵۸.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۸۱]	[۰.۰۴۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۶۵]	[۰.۰۳۵.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۵۸]
۵	[۰.۰۶۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۹۲]	[۰.۰۳۵.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۵۸]	[۰.۰۶۹.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۱۰۰]	[۰.۰۶۹.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۱۰۰]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰]	[۰.۰۱۱۵.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۳۵]	[۰.۰۵۸.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۷۷]	[۰.۰۶۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۹۲]	[۰.۰۳۵.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۵۸]	[۰.۰۸۵.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۱۲]
۶	[۰.۰۶۹.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۹۲]	[۰.۰۴۶.۰۰۶ ۰.۰۰۰.۰۷۷]	[۰.۰۳۸.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۶۹]	[۰.۰۷۷.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۱۰۸]	[۰.۰۶۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۸۸]	[۰.۰۶۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۸۸]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰]	[۰.۰۵۴.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۸۵]	[۰.۰۵۴.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۸۵]	[۰.۰۷۷.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۱۰۸]
۷	[۰.۰۶۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۹۲]	[۰.۰۵۴.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۸۵]	[۰.۰۶۹.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۱۰۰]	[۰.۰۶۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۹۲]	[۰.۰۵۸.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۸۱]	[۰.۰۵۸.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۸۱]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰]	[۰.۰۳۳.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۳۸]	[۰.۰۴۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۶۵]	[۰.۰۵۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۷۳]
۸	[۰.۰۶۹.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۱۰۰]	[۰.۰۵۴.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۸۵]	[۰.۰۹۲.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۱۹]	[۰.۰۹۲.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۱۹]	[۰.۰۸۵.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۱۲]	[۰.۰۸۵.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۱۲]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰]	[۰.۰۴۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۶۵]	[۰.۰۸۵.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۱۲]	[۰.۰۶۹.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۱۰۰]
۹	[۰.۰۵۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۷۳]	[۰.۰۴۶.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۵۸]	[۰.۰۶۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۹۲]	[۰.۰۶۲.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۹۲]	[۰.۰۳۵.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۵۸]	[۰.۰۳۵.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۵۸]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰]	[۰.۰۸۵.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۱۵]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰]	[۰.۰۵۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۷۳]
۱۰	[۰.۰۴۶.۰۰۶ ۰.۰۰۰.۰۷۷]	[۰.۰۵۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۷۳]	[۰.۰۴۶.۰۰۶ ۰.۰۰۰.۰۷۷]	[۰.۰۴۶.۰۰۶ ۰.۰۰۰.۰۷۷]	[۰.۰۳۵.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۵۸]	[۰.۰۳۵.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۵۸]	[۰.۰۹۲.۰۰۱ ۰.۰۰۰.۱۱۹]	[۰.۰۳۵.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۵۸]	[۰.۰۲۳.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۳۱]	[۰.۰۰۰.۰۰۰ ۰.۰۰۰.۰۰۰]



## چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت

جدول ۸- ماتریس ارتباط کامل فازی

معیار	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)
۱	[۰.۰۷۹۰.۱ ۶۰.۰۳۲۵]	[۰.۱۳۳.۰.۲ ۱۴۰.۰۳۶۹]	[۰.۱۷۲.۰.۲ ۶۶.۰۰۴۴۲]	[۰.۱۳۷.۰.۲ ۳۵.۰۰۴۲۲]	[۰.۱۱۴.۰.۲ ۰.۳۰.۰۳۷۰]	[۰.۱۵۰.۰.۲ ۴۸.۰۰۴۳۰]	[۰.۱۱۴.۰.۱ ۹۲.۰۰۳۳۶]	[۰.۱۵۲.۰.۲ ۳۸.۰۰۳۹۹]	[۰.۱۳۵.۰.۲ ۱۹.۰۰۳۷۶]	[۰.۱۱۵.۰.۲ ۰.۱۰.۰۳۶۶]
۲	[۰.۱۸۲.۰.۲ ۸۷.۰۰۴۷۶]	[۰.۰۷۷.۰.۱ ۵۴.۰۰۳۰۹]	[۰.۱۶۳.۰.۲۶ ۹.۰۰۴۶۴]	[۰.۱۶۸.۰.۲ ۷۷.۰۰۴۸۰]	[۰.۱۳۸.۰.۲ ۳۶.۰۰۴۱۷]	[۰.۱۸۹.۰.۲ ۹۷.۰۰۴۹۲]	[۰.۱۶۷.۰.۲ ۵۳.۰۰۴۰۴]	[۰.۱۸۱.۰.۲ ۷۷.۰۰۴۵۱]	[۰.۱۷۶.۰.۲۶ ۹.۰۰۴۳۳]	[۰.۱۵۱.۰.۲ ۴۷.۰۰۴۲۶]
۳	[۰.۰۹۹.۰.۱ ۶۹.۰۰۳۰۳]	[۰.۰۷۲.۰.۱ ۳۳.۰۰۲۵۰]	[۰.۰۵۶.۰.۱ ۱۶.۰۰۳۴۲]	[۰.۱۴۶.۰.۲ ۲۲.۰۰۳۶۱]	[۰.۰۹۱.۰.۱ ۵۶.۰۰۲۸۱]	[۰.۱۰۸.۰.۱ ۸۱.۰۰۳۱۸]	[۰.۱۰۱.۰.۱ ۶۲.۰۰۲۷۳]	[۰.۰۸۵.۰.۱ ۴۷.۰۰۲۶۸]	[۰.۰۹۶.۰.۱ ۵۸.۰۰۲۷۷]	[۰.۰۸۷.۰.۱ ۴۸.۰۰۲۶۹]
۴	[۰.۱۴۸.۰.۲ ۲۶.۰۰۳۶۹]	[۰.۱۰۷.۰.۱ ۷۵.۰۰۳۰۳]	[۰.۱۰۴.۰.۱ ۸.۰۰۳۲۶]	[۰.۰۶۵.۰.۱ ۳۳.۰۰۳۷۵]	[۰.۰۹۸.۰.۱ ۷۲.۰۰۳۱۰]	[۰.۱۱۹.۰.۲ ۰.۱۰.۰۳۵۲]	[۰.۰۶۸.۰.۱ ۲۴.۰۰۲۳۴]	[۰.۱۱۳.۰.۱ ۸۳.۰۰۳۱۷]	[۰.۰۹۶.۰.۱۶ ۳.۰۰۲۹۱]	[۰.۰۸۹.۰.۱ ۵۸.۰۰۲۹۲]
۵	[۰.۱۳۴.۰.۲ ۲۵.۰۰۳۹۱]	[۰.۰۹۴.۰.۱ ۶۹.۰۰۳۱۱]	[۰.۱۴۰.۲ ۳.۰۰۳۹۸]	[۰.۱۴۶.۰.۲ ۳۹.۰۰۴۱۳]	[۰.۰۷۰.۰.۱ ۴۱.۰۰۲۸۲]	[۰.۱۸۹.۰.۲ ۸۲.۰۰۴۴۱]	[۰.۱۱۲.۰.۱ ۸۳.۰۰۳۱۰]	[۰.۱۳۶.۰.۲ ۰.۹۰.۰۳۶۳]	[۰.۰۹۸.۰.۱ ۷۶.۰۰۳۲۰]	[۰.۱۴۷.۰.۲ ۳.۰۰۳۷۹]
۶	[۰.۱۳۵.۰.۲ ۲۲.۰۰۳۸۳]	[۰.۰۹۹.۰.۱ ۷۵.۰۰۳۱۸]	[۰.۱۰۷.۰.۱ ۹۵.۰۰۳۶۲]	[۰.۱۴۴.۰.۲ ۳۵.۰۰۴۰۷]	[۰.۱۲۱.۰.۲ ۰.۳۰.۰۳۵۳]	[۰.۰۷۶.۰.۱ ۵۴.۰۰۳۰۹]	[۰.۱۱۵.۰.۱ ۹۶.۰۰۳۴۸]	[۰.۰۵۴.۰.۰ ۶۹.۰۰۰۸۵]	[۰.۱۱۰.۱ ۸۸.۰۰۳۳۴]	[۰.۱۳۴.۰.۲ ۱۴.۰۰۳۶۵]
۷	[۰.۱۲۰.۰.۱ ۹۹.۰۰۳۴۷]	[۰.۱۰۰.۰.۱ ۶۸.۰۰۳۹۸]	[۰.۱۲۷.۰.۲ ۰.۶۰.۰۳۵۲]	[۰.۱۲۳.۰.۲ ۰.۵۰.۰۳۶۱]	[۰.۱۰۹.۰.۱ ۷۹.۰۰۳۱۵]	[۰.۱۱۵.۰.۱ ۹۳.۰۰۳۴۲]	[۰.۰۴۹.۰.۱ ۰.۰۰.۰۲۰۷]	[۰.۰۸۰.۰.۱ ۴۷.۰۰۲۷۹]	[۰.۰۹۳.۰.۱ ۶۱.۰۰۳۹۰]	[۰.۱۰۲.۰.۱ ۷۱.۰۰۳۰۵]
۸	[۰.۱۵۲.۰.۲ ۵۰.۰۰۴۳۳]	[۰.۱۱۹.۰.۲ ۰.۳۰.۰۳۶۳]	[۰.۱۷۱.۰.۲ ۷۰.۰۰۴۵۱]	[۰.۱۷۸.۰.۲ ۸۰.۰۰۴۶۸]	[۰.۱۷۸.۰.۲ ۸۰.۰۰۴۶۸]	[۰.۱۵۶.۰.۲ ۴۷.۰۰۴۱۴]	[۰.۱۷۳.۰.۲ ۷۵.۰۰۴۶۱]	[۰.۰۸۰.۰.۱ ۵۸.۰۰۳۱۴]	[۰.۱۵۲.۰.۲ ۴۰.۰۰۳۹۸]	[۰.۱۴۲.۰.۲ ۳۲.۰۰۴۰۱]
۹	[۰.۱۱۲.۰.۱ ۸۸.۰۰۳۳۴]	[۰.۰۹۴.۰.۱ ۵۶.۰۰۲۷۷]	[۰.۱۲۲.۰.۲ ۰.۲۰.۰۳۵۳]	[۰.۱۳۳.۰.۲ ۱۶.۰۰۳۷۲]	[۰.۰۳۵.۰.۰ ۴۶.۰۰۰۵۸]	[۰.۰۹۱.۰.۱ ۶۳.۰۰۲۹۹]	[۰.۱۰۲.۰.۱ ۸۲.۰۰۳۳۲]	[۰.۱۳۷.۰.۲ ۱.۰۰.۰۳۴۶]	[۰.۰۵۵.۰.۱ ۱۳.۰۰۳۳۲]	[۰.۱۰۳.۰.۱ ۷۳.۰۰۳۰۸]
۱۰	[۰.۱۰۴.۰.۱ ۸۱.۰۰۳۲۲]	[۰.۰۹۳.۰.۱ ۵۶.۰۰۲۷۷]	[۰.۱۰۳.۰.۱ ۸.۰۰۳۲۳]	[۰.۰۹۷.۰.۱ ۷۴.۰۰۳۱۹]	[۰.۱۴۰.۰.۲ ۱۱.۰۰۳۲۸]	[۰.۱۵۳.۰.۲ ۳۲.۰۰۳۷۲]	[۰.۰۷۰.۰.۱ ۲۴.۰۰۲۲۹]	[۰.۰۸۹.۰.۱ ۵۷.۰۰۲۸۵]	[۰.۰۷۴.۰.۱ ۳۶.۰۰۳۵۶]	[۰.۰۵۶.۰.۱ ۱۲.۰۰۳۳۰]

## گام ۴: فازی زدایی مقادیر ماتریس ارتباط کامل

برای فازی زدایی از روش CFCS اپریکویک و زنگ استفاده شده است. روش فازی زدایی به صورت فرمول (۷) و (۸) است:

$$m_{ij}^n = \frac{(m_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Delta_{\min}^{\max}} \quad (7)$$

$$u_{ij}^n = \frac{(u_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Delta_{\min}^{\max}} \quad (8)$$

به طوری که فرمول (۹):

$$\Delta_{\min}^{\max} = \max u_{ij}^t - \min l_{ij}^t \quad (9)$$

محاسبه کران بالا و پایین مقادیر نرمال طبق فرمول (۱۰) و (۱۱):

$$l_{ij}^s = \frac{m_{ij}^n}{(1 + m_{ij}^n - l_{ij}^n)} \quad (10)$$

$$u_{ij}^s = \frac{u_{ij}^n}{(1 + u_{ij}^n - l_{ij}^n)} \quad (11)$$

خروجی الگوریتم cfcs یک ماتریس با مقادیر قطعی طبق فرمول (۱۲).



## چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت

$$x_{ij} = \frac{[l_{ij}^s(1 - l_{ij}^s) + u_{ij}^s \times u_{ij}^s]}{[1 - l_{ij}^s + u_{ij}^s]} \quad (12)$$

جدول (۹) مقادیر دیفازی شده ماتریس ارتباط کامل را نشان می دهد.

جدول ۹- ماتریس ارتباط کامل قطعی

معیار (۱)	معیار (۲)	معیار (۳)	معیار (۴)	معیار (۵)	معیار (۶)	معیار (۷)	معیار (۸)	معیار (۹)	معیار (۱۰)
۰.۱۸۳	۰.۲۲۶	۰.۲۸	۰.۲۵۴	۰.۲۲	۰.۲۶۶	۰.۲۰۶	۰.۲۵۳	۰.۲۳۴	۰.۲۱۸
۰.۲۹۹	۰.۱۷۳	۰.۲۸۲	۰.۲۹۲	۰.۲۵	۰.۳۱	۰.۲۶۱	۰.۲۸۹	۰.۲۷۹	۰.۲۶
۰.۱۸۷	۰.۱۴۹	۰.۱۳۴	۰.۲۳۷	۰.۱۷۳	۰.۱۹۹	۰.۱۷۵	۰.۱۶۴	۰.۱۷۳	۰.۱۶۴
۰.۲۴۱	۰.۱۸۹	۰.۱۹۸	۰.۱۵۴	۰.۱۸۹	۰.۲۱۹	۰.۱۳۹	۰.۲	۰.۱۷۹	۰.۱۷۵
۰.۲۴۲	۰.۱۸۵	۰.۲۴۶	۰.۲۵۶	۰.۱۶	۰.۲۹۴	۰.۱۹۶	۰.۲۲۶	۰.۱۹۲	۰.۲۴۲
۰.۲۴	۰.۱۹۱	۰.۲۱۴	۰.۲۵۲	۰.۲۱۸	۰.۱۷۶	۰.۱۸۳	۰.۲۱۴	۰.۲۰۴	۰.۲۲۸
۰.۲۱۷	۰.۱۸۳	۰.۲۲۲	۰.۲۲۳	۰.۱۹۵	۰.۲۱۲	۰.۱۱۵	۰.۱۶۶	۰.۱۷۷	۰.۱۸۸
۰.۲۶۷	۰.۲۱۷	۰.۲۸۳	۰.۲۹۳	۰.۲۵۹	۰.۲۹	۰.۲	۰.۱۷۹	۰.۲۵۲	۰.۲۴۶
۰.۲۰۶	۰.۱۷۲	۰.۲۱۹	۰.۲۳۳	۰.۱۸	۰.۲۰۱	۰.۱۷۳	۰.۲۲۵	۰.۱۳	۰.۱۸۹
۰.۱۹۹	۰.۱۷۱	۰.۱۹۷	۰.۱۹۲	۰.۲۲۳	۰.۲۴۷	۰.۱۳۸	۰.۱۷۴	۰.۱۵۲	۰.۱۲۹

## گام ۵: محاسبات حد آستانه

تمام مقادیر ماتریس ارتباط کامل قطعی شده که کمتر از میانگین ماتریس ارتباط کامل باشند، با استفاده از رابطه زیر شناسایی و صفر می شوند، به عبارت دیگر آن رابطه علی در نظر گرفته نمی شود.

$$TS = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{ij}}{m \times n} \quad (13)$$

$$U_{ij} = \begin{cases} V_{ij} & V_{ij} \geq TS \\ 0 & \text{Others} \end{cases} \quad (14)$$

جدول (۱۰) ماتریس ارتباط کامل که مقادیر کمتر از آستانه حذف شده است را نشان می دهد. بر اساس جدول زیر روابط علی معلولی بین عناصر ترسیم می شود. مقدار آستانه  $TS$  در این تحقیق برابر ۰.۲۱۲۰ است.



## چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت

جدول ۱۰- ماتریس ارتباط کامل قطعی با حذف مقادیر کمتر آستانه

معیار (۱)	معیار (۲)	معیار (۳)	معیار (۴)	معیار (۵)	معیار (۶)	معیار (۷)	معیار (۸)	معیار (۹)	معیار (۱۰)
۰	۰.۲۲۶	۰.۲۸	۰.۲۵۴	۰.۲۲	۰.۲۶۶	۰	۰.۲۵۳	۰.۲۳۴	۰.۲۱۸
۰.۲۲۹	۰	۰.۲۸۲	۰.۲۹۲	۰.۲۲۶	۰.۳۱	۰.۲۶۱	۰.۲۸۹	۰.۲۷۹	۰.۲۶
۰	۰	۰	۰.۲۳۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰.۲۴۱	۰	۰	۰	۰	۰.۲۱۹	۰	۰	۰	۰
۰.۲۴۲	۰	۰.۲۴۶	۰.۲۵۶	۰	۰.۲۹۴	۰	۰.۲۲۶	۰	۰.۲۴۲
۰.۲۴	۰	۰.۲۱۴	۰.۲۵۲	۰.۲۱۸	۰	۰	۰.۲۱۴	۰	۰.۲۲۸
۰.۲۱۷	۰	۰.۲۲۲	۰.۲۲۳	۰	۰.۲۲۶	۰	۰	۰	۰
۰.۲۶۷	۰.۲۱۷	۰.۲۸۳	۰.۲۲۶	۰.۲۵۹	۰.۲۹	۰	۰	۰.۲۵۲	۰.۲۴۶
۰	۰	۰.۲۱۹	۰.۲۳۳	۰	۰	۰	۰.۲۲۵	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰.۲۲۳	۰.۲۴۷	۰	۰	۰	۰

## گام ۶: خروجی نهایی و ایجاد نمودار

گام بعدی به دست آوردن مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس  $T$  است. مجموع سطرها ( $D$ ) و ستون‌ها ( $R$ ) با توجه به فرمول‌های (۱۵) و (۱۶) به دست می‌آوریم.

$$D = \sum_{j=1}^n T_{ij} \quad (15)$$

$$R = \sum_{i=1}^n \tilde{T}_{ij} \quad (16)$$

با توجه به  $D$  و  $R$ ، مقادیر  $D + R$  و  $D - R$  را به دست می‌آوریم که به ترتیب نشان دهنده میزان تعامل و قدرت تأثیرگذاری عوامل هستند (جدول (۱۱)).

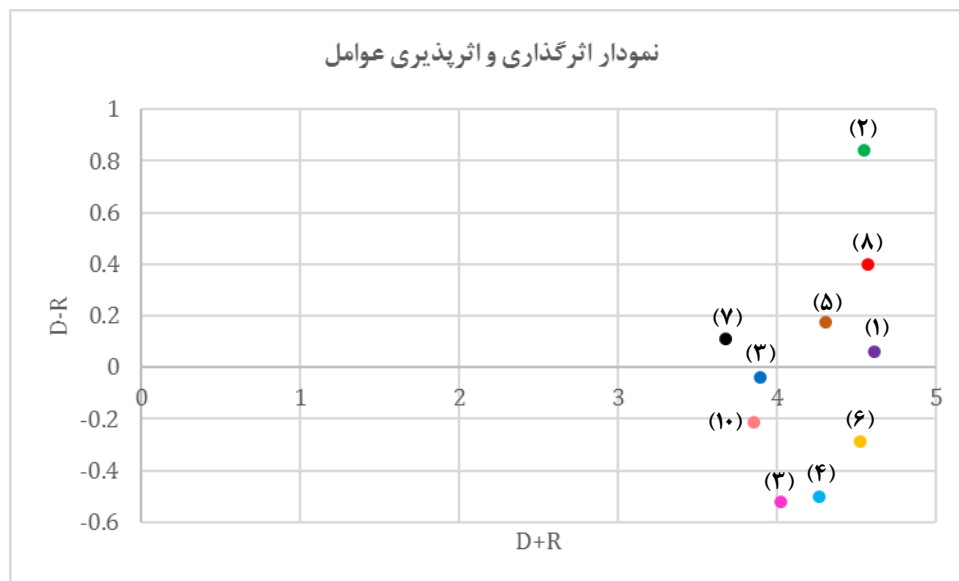
جدول ۱۱- خروجی نهایی

$D - R$	$D + R$	$D$	$R$	
۰.۰۵۸	۴.۶۲۱	۲.۳۴	۲.۲۸۱	معیار (۱)
۰.۸۳۸	۴.۵۵۲	۲.۶۹۵	۱.۸۵۷	معیار (۲)
۰.۵۲۲	۴.۰۲۸	۱.۷۵۳	۲.۲۷۵	معیار (۳)
۰.۵۰۳	۴.۲۶۹	۱.۸۸۳	۲.۳۸۶	معیار (۴)
۰.۱۷۴	۴.۳۰۸	۲.۲۴۱	۲.۰۶۷	معیار (۵)
۰.۲۹۲	۴.۵۳۳	۲.۱۲۱	۲.۴۱۲	معیار (۶)
۰.۱۱	۳.۶۸۵	۱.۸۹۸	۱.۷۸۷	معیار (۷)
۰.۳۹۷	۴.۵۷۷	۲.۴۸۷	۲.۰۹	معیار (۸)
۰.۰۴۴	۳.۹	۱.۹۲۸	۱.۹۷۲	معیار (۹)
۰.۲۱۸	۳.۸۶۲	۱.۸۲۲	۲.۰۴	معیار (۱۰)

شکل (۲) نیز الگوی روابط معنی‌دار را نشان می‌دهد. این الگو در قالب یک نمودار هست که در آن محور طولی مقادیر  $D + R$  و محور عرضی براساس  $D - R$  می‌باشد. موقعیت و روابط هر عامل با نقطه‌ای به مختصات ( $D - R, D + R$ ) در دستگاه معین می‌شود.



### چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت



شکل ۲- نمودار الگوی روابط

با توجه به نمودار و جدول فوق هر عامل از چهار جنبه بررسی می‌شود:

- **میزان تأثیرگذاری متغیرها:** جمع عناصر هر سطر ( $D$ ) برای هر عامل نشانگر میزان تأثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است. در این تحقیق معیار (۱) (مقاومت صنعت در برابر تغییر از عملکردهای سنتی) از بیشترین تأثیرگذاری برخوردار است.
- **میزان تأثیرپذیری متغیرها:** جمع عناصر ستون ( $R$ ) برای هر عامل نشانگر میزان تأثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. در این تحقیق معیار (۲) (کمبود متخصص در زمینه‌های مختلف در BIM و پایداری) از بیشترین تأثیرپذیری برخوردار است.
- بردار افقی ( $D + R$ ) میزان تأثیر و تأثر عامل مورد نظر در سیستم را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر هر چه مقدار  $D + R$  عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. در این تحقیق معیار (۱) (مقاومت صنعت در برابر تغییر از عملکردهای سنتی) از بیشترین تأثیرگذاری برخوردار است.
- بردار عمودی ( $D - R$ ) قدرت تأثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. بطور کلی اگر  $D - R$  مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود.

### ۵- بحث در مورد نتایج تحقیق و مقایسه با نتایج تحقیقات پیشین

پژوهش اولامی و همکاران در سال ۲۰۱۸، درباره موانع برجسته یکپارچگی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و شیوه‌های پایداری در پروژه‌های ساختمانی بوده است. در مطالعه، تجزیه و تحلیل محتوای جامع از ادبیات موجود ۳۸ مانع از BIM و شیوه‌های پایداری یکپارچگی در پروژه‌های ساختمانی است که در هشت گروه طبقه‌بندی گردیده است. سپس یک نظرسنجی دو مرحله‌ای در دلفی، بین گروه‌های متخصص و همچنین پاسخ دهندگان از کشورهای "غرب" و "شرق" انجام گردید و عوامل بر اساس میزان اهمیت آنها رتبه‌بندی شدند و دور دوم بررسی دلفی با استفاده از IRA، سه موانع مهم برای BIM و یکپارچگی شیوه‌های پایداری در پروژه‌های عمرانی استنباط شد. این موارد عبارتند از "مقاومت صنعت در برابر تغییر از شیوه‌های کار سنتی"، "زمان طولانی‌تر در سازگاری با فناوری‌های جدید" و "عدم درک



### چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت

فرآیندها و گردش کار مورد نیاز برای BIM و پایداری هستند. همچنین، مهمترین دسته موانع عبارتند از "آموزش، یادگیری"، "نگرش و سازمان دهی بازار و مسائل مربوط به پروژه" و "اطلاعات و داده ها" بوده است. در دیدگاه کارشناسان کشورهای "غرب" و "شرق" در دو عامل اختلاف نظر وجود داشت. گروه "غرب" نسبت به گروه "شرق" به "فقدان سیاست خرید مناسب و توافقنامه های قراردادی" اهمیت زیادی می دهد. در همین حال، گروه "شرق"، "ناکافی بودن الگوی داده BIM برای نشان دادن معنایی دانش مبتنی بر پایداری" را در کشورهای رایج بیشتر می دانند.

در همین حال مطالعه کنونی که به بررسی عوامل موانع مهم یکپارچگی مدل سازی اطلاعات ساختمان و شیوه های پایداری در صنعت ساخت و ساز کشور بود در ابتدا با استفاده از مطالعه مقالات ۳۸ مورد از عوامل اصلی شناسایی و با استفاده از رویکرد دلفی که با تهیه پرسشنامه و کمک خبرگان، غربالگری شده و ۱۰ شاخص اصلی کاهش یافته اند. سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی - Fuzzy DEMATEL، عوامل مؤثر رتبه بندی شده اند و در ۴ دسته قرار می گیرند که به ترتیب شامل موارد زیر می باشند:

- منابع انسانی
- مسائل فنی
- سیاست و قوانین
- فناوری

و مهمترین عوامل که به ترتیب:

۱. مقاومت صنعت در برابر تغییر از عملکردهای سنتی
۲. فقدان چارچوب جامع و برنامه اجرایی برای پایداری
۳. عدم حمایت و دخالت دولت شناسایی شدند.

شکل (۳) مقایسه بین نتایج این پژوهش و نتایج پژوهش مطالعات پیشین را نشان می دهد.

سه عامل مؤثر (مطالعه کنونی در ایران)	سه عامل مؤثر (مطالعات پیشین در کشورهای غربی و شرقی)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• مقاومت صنعت در برابر تغییر از شیوه های کار سنتی</li> <li>• فقدان چارچوب جامع و برنامه اجرایی برای پایداری</li> <li>• عدم حمایت و دخالت دولت</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• مقاومت صنعت در برابر تغییر از شیوه های کار سنتی</li> <li>• زمان طولانی تر در سازگاری با فناوری های جدید</li> <li>• عدم درک فرآیندها و گردش کار مورد نیاز</li> </ul>

شکل ۳- مقایسه ی نتایج این پژوهش و نتایج پژوهش های در کشورهای غربی شرقی

### ۶- نتیجه گیری

به طور کلی می توان نتیجه گرفت، برای دستیابی به اهداف پایداری در صنعت ساختمان نیازمند توجه و همکاری در بخش های مختلف می باشد. مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM روشی مناسب برای هماهنگی بیشتر، یکپارچه سازی و راهی برای تبادل اطلاعات مناسب بین، تیم پروژه و دستیابی بهتر به اهداف پایداری است. در دسته بندی عوامل مؤثر، سیاست و قوانین و مسائل فنی بیشترین درصد از عوامل عدم یکپارچگی را به خود اختصاص دادند که بسیاری از این موانع ریشه در خصوصیات ذاتی صنعت ساخت و ساز کشور دارد. با توجه به بررسی انجام شده می توان نتیجه گرفت حرکت به سمت دستیابی به شهرها و ساختمان های هوشمند پایدار تنها زمانی تحقق می یابد که



## چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت

با ایجاد قوانین و سیاست گذاری مناسب دولت، و سازمان های ذی ربط (سازمان برنامه و بودجه و نظام مهندسی) مسیر آن هموار گردد. برای پوشش و بهبود عوامل مربوط به مسائل فنی می توان با ارائه استانداردها و دستورالعمل های جدید یا تجدید نظر شده BIM همسو با قوانین و مقررات ساختمان سازی در کشور، سازمان ها و شرکت ها را به سوی استفاده و بکارگیری ابزارهای BIM برای مطابقت با ارزیابی پایداری ترغیب کرد. از این رو، یافته های مطالعه، راهنماها و استراتژی های عملی را برای پیشبرد پذیرش و اجرای BIM و شیوه های پایداری در پروژه های ساختمانی توصیه می کند تا ذینفان و عوامل پروژه بر روی موانع برجسته یکپارچگی BIM و شاخص های پایداری در پروژه های ساختمانی تمرکز کنند. خوشبختانه در سال جاری سازمان برنامه و بودجه کشور دو سند مهم و راهبردی (مبانی و دستورالعمل پیاده سازی فرایند مدلسازی اطلاعات ساختمان در پروژه های عمرانی استان تهران) و (سند چشم انداز و برنامه بلند مدت پیاده سازی مدلسازی اطلاعات ساخت در پروژه های عمرانی استان تهران) رونمایی کرده است که با کمک این دو مرجع می توان به آینده صنعت ساخت و استفاده حداکثری از ظرفیت فناوری BIM در کشور امیدوار بود.

### منابع و مراجع

- [۱] کریگیل، ادی، نیس، بردلی (۲۰۰۸). مدلسازی اطلاعات ساختمان سبز- طراحی پایدار و موفق با استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان، ترجمه دکتر مهدی روانشادانیا و مهران قنبری مطلق، (۱۳۹۳). تهران: انتشارات سیمای دانش.
- [۲] کشتی آرای، مسعود، (۱۳۹۳). بررسی و مطالعه ای مدل سازی اطلاعاتی ساختمان BIM و نحوه ی پیاده سازی آن جهت کاهش زمان و هزینه و مصرف انرژی در ساختمان، پانزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، ارومیه، انجمن علمی دانشجویی عمران دانشگاه ارومیه.
- [3] ABOLGHASEMZADEH, P. J. S. S. 2013. A comprehensive method for environmentally sensitive and behavioral microscopic egress analysis in case of fire in buildings. 59, 1-9.
- [4] ABUBAKAR, M., IBRAHIM, Y., KADO, D. & BALA, K. 2014. Contractors' perception of the factors affecting Building Information Modelling (BIM) adoption in the Nigerian Construction Industry. *Computing in civil and building engineering (2014)*.
- [5] ADAMS, R., JEANRENAUD, S., BESSANT, J., DENYER, D. & OVERY, P. J. I. J. O. M. R. 2016. Sustainability-oriented innovation: A systematic review. 18, 180-205.
- [6] ADE, R., REHM, M. J. B. R. & INFORMATION 2020. The unwritten history of green building rating tools: A personal view from some of the 'founding fathers'. 48, 1-17.
- [7] AHN, K.-U., KIM, Y.-J., PARK, C.-S., KIM, I., LEE, K. J. E. & BUILDINGS 2014. BIM interface for full vs. semi-automated building energy simulation. 68, 671-678.
- [8] AIBINU, A., VENKATESH, S. J. J. O. P. I. I. E. E. & PRACTICE 2014. Status of BIM adoption and the BIM experience of cost consultants in Australia. 140, 04013021.
- [9] AKINADE, O. O., OYEDELE, L. O., AJAYI, S. O., BILAL, M., ALAKA, H. A., OWOLABI, H. A., BELLO, S. A., JAIYEBOA, B. E. & KADIRI, K. O. J. W. M. 2017. Design for Deconstruction (DfD): Critical success factors for diverting end-of-life waste from landfills. 60, 3-13.
- [10] AKINADE, O. O., OYEDELE, L. O., BILAL, M., AJAYI, S. O., OWOLABI, H. A., ALAKA, H. A., BELLO, S. A. J. R., CONSERVATION & RECYCLING 2015. Waste minimisation through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS). 105, 167-176.
- [11] ALWAN, Z., GREENWOOD, D. & GLEDSON, B. J. C. I. 2015. Rapid LEED evaluation performed with BIM based sustainability analysis on a virtual construction project.
- [12] ANTÓN, L. Á., DÍAZ, J. J. I. J. O. C. & ENGINEERING, E. 2014. Integration of LCA and BIM for sustainable construction. 8, 1378-1382.



- [13] ARANDA-MENA, G., CRAWFORD, J., CHEVEZ, A. & FROESE, T. J. I. J. O. M. P. I. B. 2009. Building information modelling demystified: does it make business sense to adopt BIM?
- [14] BOKTOR, J., HANNA, A. & MENASSA, C. C. J. J. O. M. I. E. 2014. State of practice of building information modeling in the mechanical construction industry. 30, 78-85.
- [15] BORRMANN, A., KÖNIG, M., KOCH, C. & BEETZ, J. 2018. Building information modeling: Why? what? how? *Building information modeling*. Springer.
- [16] CHONG, H.-Y., LEE, C.-Y. & WANG, X. J. J. O. C. P. 2017. A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability. 142, 4114-4126.
- [17] GLASS, J. J. S. & ENVIRONMENT, S. B. 2012. The state of sustainability reporting in the construction sector.
- [18] GU, N. & LONDON, K. J. A. I. C. 2010. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. 19, 988-999.
- [19] HABIBI, A., JAHANTIGH, F. F., SARAFRAZI, A. J. A. J. O. R. I. B. E. & MANAGEMENT 2015. Fuzzy Delphi technique for forecasting and screening items. 5, 130-143.
- [20] HANNA, A., BOODAI, F., EL ASMAR, M. J. J. O. C. E. & MANAGEMENT 2013. State of practice of building information modeling in mechanical and electrical construction industries. 139, 04013009.
- [21] HASSON, F., KEENEY, S. & MCKENNA, H. J. J. O. A. N. 2000. Research guidelines for the Delphi survey technique. 32, 1008-1015.
- [22] HOPE, A. & ALWAN, Z. 2012. Building the future: integrating building information management and environmental assessment methodologies.
- [23] KHODABAKHSHIAN, A. & TOOSI, H. J. J. O. A. E. 2021. Residential Real Estate Valuation Framework Based on Life Cycle Cost by Building Information Modeling. 27, 04021020.
- [24] KIBERT, C. J. 2016. *Sustainable construction: green building design and delivery*. John Wiley & Sons.
- [25] KIVITS, R. A. & FURNEAUX, C. J. T. S. W. J. 2013. BIM: enabling sustainability and asset management through knowledge management. 2013.
- [26] KUBBA, S. 2012. *Handbook of green building design and construction: LEED, BREEAM, and Green Globes*. Butterworth-Heinemann.
- [27] LI, Y., CHEN, X., WANG, X., XU, Y., CHEN, P.-H. J. E. & BUILDINGS 2017. A review of studies on green building assessment methods by comparative analysis. 146, 152-159.
- [28] LIU, Z., CHEN, K., PEH, L. & TAN, K. W. J. E. P. 2017. A feasibility study of building information modeling for green mark new non-residential building (NRB): 2015 analysis. 143, 80-87.
- [29] MARTEK, I., HOSSEINI, M. R., SHRESTHA, A., EDWARDS, D. J. & DURDYEV, S. J. J. O. C. P. 2019. Barriers inhibiting the transition to sustainability within the Australian construction industry: An investigation of technical and social interactions. 211, 281-292.
- [30] MCARTHUR, J. J. P. E. 2015. A building information management (BIM) framework and supporting case study for existing building operations, maintenance and sustainability. 118, 1104-1111.
- [31] MOHAMMED, A. B. J. I. J. O. C. M. 2019. Applying BIM to achieve sustainability throughout a building life cycle towards a sustainable BIM model. 1-18.
- [32] NANAJKAR, A. & GAO, Z. 2014. BIM implementation practices at India's AEC firms. *ICCREM 2014: Smart Construction and Management in the Context of New Technology*.
- [33] OLATUNJI, S. O., OLAWUMI, T. O., AJE, I. O. J. J. O. C. E. & MANAGEMENT 2017. Rethinking partnering among quantity-surveying firms in Nigeria. 143, 05017018.





چهارمین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساخت

- [34] OLAWUMI, T. O., CHAN, D. W., WONG, J. K. & CHAN, A. P. J. J. O. B. E. 2018. Barriers to the integration of BIM and sustainability practices in construction projects: A Delphi survey of international experts. 20, 60-71.
- [35] OLAWUMI, T. O., CHAN, D. W., WONG, J. K. J. J. O. C. E. & MANAGEMENT 2017. Evolution in the intellectual structure of BIM research: A bibliometric analysis. 23, 1060-1081.
- [36] PATIÑO-CAMBEIRO, F., BASTOS, G., ARMESTO, J. & PATIÑO-BARBEITO, F. J. E. 2017. Multidisciplinary energy assessment of tertiary buildings: Automated geomatic inspection, building information modeling reconstruction and building performance simulation. 10, 1032.
- [37] PORWAL, A. & HEWAGE, K. N. J. A. I. C. 2013. Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. 31, 204-214.
- [38] REDMOND, A., HORE, A., ALSHAWI, M. & WEST, R. J. A. I. C. 2012. Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM. 24, 175-183.
- [39] ROGERS, J., CHONG, H.-Y., PREECE, C. J. E., CONSTRUCTION & MANAGEMENT, A. 2015. Adoption of Building Information Modelling technology (BIM): Perspectives from Malaysian engineering consulting services firms.
- [40] SACEY, E., TUULI, M. & DAINTY, A. J. J. O. M. I. E. 2015. Sociotechnical systems approach to BIM implementation in a multidisciplinary construction context. 31, A4014005.
- [41] SUERMANN, P. C. 2009. *Evaluating the impact of building information modeling (BIM) on construction*, University of Florida.
- [42] YEUNG, J. F., CHAN, A. P., CHAN, D. W., LI, L. K. J. C. M. & ECONOMICS 2007. Development of a partnering performance index (PPI) for construction projects in Hong Kong: a Delphi study. 25, 1219-1237.
- [43] ZAHRIZAN, Z., ALI, N. M., HARON, A. T., MARSHALL-PONTING, A., HAMID, Z. J. I. J. O. R. I. E. & TECHNOLOGY 2013. Exploring the adoption of Building Information Modelling (BIM) in the Malaysian construction industry: A qualitative approach. 2, 384-395.



## Identifying the most important obstacles to the integration of building information modeling and sustainability indicators in construction projects using the decision-making approach

### Abstract

Today, attention to sustainable development is one of the common international debates that includes economic, social and environmental aspects. On the other hand, productivity, sustainability and the adoption of an intelligent process in the construction industry has always faced many challenges. Therefore, in various construction projects, the use of building information modeling (BIM) has become widespread in many developed countries to use it, problems and issues in the field of environment and reduce sustainability indicators. For this reason, in this study, using the study of previous researches, 38 main factors of non-integration of building information modeling in sustainability indicators have been identified and then using a fuzzy-Delphi approach that by preparing a questionnaire and interviewing experts, these factors are screened. Reduced to 10 main factors and at the end another questionnaire was prepared for pairwise comparisons of identified factors, the values of which were analyzed using the Fuzzy-Dematel network approach and the effective factors in the lack of integration of building information modeling system in order to achieve The goals and principles of sustainability are ranked. Finally, the effective indicators have been identified, respectively, the industry's resistance to change from traditional practices, the lack of a comprehensive framework and executive plan for sustainability, and the lack of government support and intervention.

**Keywords:** Building Information Modeling (BIM), Sustainability Indicators, Decision Making Approach, Fuzzy Numbers