tuse.shahroodut.ac.ir

نشریه‌ی مهندسی تونل و فضاهای زیرزمینی

Tunneling & Underground Space Engineering (TUSE)

دوره‌ی ۱۱- شماره‌ی ۱/بهار ۱۴۰۱

شناسایی و بررسی عوامل پیچیدگی در پروژه‌های صنعتی ایران با استفاده از مدل معادلات ساختاری (مطالعه موردی: پروژه چند منظوره (تونل، سد و نیروگاه) اوماواویا در کشور سریلانکا)

مقاله پژوهشی

امید تاسا[1*]؛ محمود گلابچی[2]؛ مهدی روانشادنیا[3]

۱- دانشجوی دکتری؛ دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، *omidtasa@ut.ac.ir*

۲-استاد؛ پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، *golabchi@ut.ac.ir*

۳-دانشیار؛ دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، *ravanshadnia@srbiau.ac.ir*

دریافت دست‌نوشته: ۱۴۰۱/۰۸/۱۸؛ پذیرش دست‌نوشته: ۱۴۰۱/۱۱/۰۲

شماره صفحات: ۴۷ تا ۷۱

شناسه دیجیتال (*DOI*): *10.22044/TUSE.2023.12405.1464*

واژگان کلیدی

پروژه

سیستم

پیچیدگی

پروژه پیچیده

سیستم‌های پیچیده

چکیده

اهمیت پیچیدگی در مدیریت پروژه به چند علت است. اولا بر مدل‌سازی، ارزیابی و کنترل پروژه‌ها و اهداف زمان، هزینه، کیفیت و ایمنی تاثیر می‌گذارد. دوما می‌تواند در انتخاب یک سازمان و مدیر پروژه مناسب از منظر تخصص و الزامات تجربه‌ای موثر باشد، نتایج این پژوهش، دو جنبه را نشان می‌دهد، اولا عدم اجماع جهانی در تعریف پیچیدگی پروژه و دوما بیان این واقعیت که تمرکز مدل‌های پیچیدگی اساسا بر اهداف و روش‌ها، سطح توافق در قطعیت و یا تعداد عناصر، وابستگی‌های داخلی یا در نظر گرفتن جنبه‌های دیگر پیچیدگی است. این پژوهش شامل بررسی جامع برای نشان دادن درک کنونی مشترکات و تفاوت های موجود در تحقیقات موجود است. این امر با مطالعه و بررسی بیش از دویست مقاله پژوهشی با بیشترین تعداد ارجاعات از یک گروه اصلی نزدیک به هزار مقاله، منتشر شده در بازه زمانی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۲ میلادی حاصل گردیده است. مفهوم پیچیدگی پروژه تحلیل شده و در ضمن معرفی نظریه‌های موجود، عوامل ایجاد پیچیدگی مستخرج از تحقیقات صورت گرفته، در ۹ گروه فرآیندی دسته‌بندی و بررسی گردیده است. در نهایت با ترکیب مطالعات انجام شده با نظر خبرگان و کارشناسان شاغل در ساخت پروژه چند منظوره اوماواویا تلاش شده تا رهنمودی جدید در پیچیدگی برای پروژه‌های صنعتی ایران ارایه گردد.

۱- مقدمه

تاریخچه مدیریت پروژه در دنیای جدید به کمتر از صد سال پیش باز می‌گردد، جایی که هنری گانت با توسعه نمودار میله‌ای ابداعی خود آغازگر حرکت پرشتاب بعدی طی بیش از نیم قرن از شروع دوره سال‌های دهه ۱۹۵۰ و۱۹۶۰ میلادی در پروژه‌های نظامی و هوا فضای آمریکا و سپس انگلستان گردید. آن سال‌ها به عنوان سال‌های آغازین رشد و توسعه مدیریت پروژه در دنیای معاصر شناخته می‌شود.

بیش از نیم قرن از شروع دوره جدید مدیریت پروژه می‌گذرد، پروژه‌ها با توجه به رفتار و ویژگی‌های غیرمنتظره‌ای که پیش می‌آید، همواره دچار تغییر ماهیت می‌شوند. در میان کارشناسان پروژه غالباً از عبارت پیچیدگی

* تهران؛ انتهای بزرگراه شهید ستاری؛ میدان دانشگاه؛ بلوار شهدای حصارک؛ دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات؛ کدپستی: ۱۴۷۷۸۹۳۸۵۵؛ شماره‌ی تلفن: ۰۲۱-۴۴۸۶۵۱۵۴؛ دورنگار: ۴۴۸۶۵۱۶۶

برای توصیف یکی از علت‌های بروز هزینه‌های بیش ازحد، تأخیرهای زمانی و عملکرد ضعیف پروژه استفاده می‌شود، پیچیدگی تبدیل به جنبه جدایی ناپذیر سیستم‌ها و همچنین یکی از عوامل مهم شکست پروژه‌ها شده است. بسیاری از تحقیقات نشان داده‌اند که موفقیت نهایی پروژه بستگی زیادی به پیچیدگی آن دارد که رفع این پیچیدگی‌ها به وسیله روش‌های مدیریتی مرسوم امکان‌پذیر نیست. با وجود بیش از سی سال مطالعه در این زمینه اما هنوز درک کاملی نسبت به این موضوع ایجاد نشده است. افزایش پیچیدگی و پویایی در پروژه‌های صنعتی و نیز وجود محدودیت در منابع، مدیران پروژه را وادار کرده است تا به دنبال راهی باشند که پروژه‌ها با هزینه پایین و ضمانت بالا موفقیت، اجرا شوند. با آنکه تحقیقات متعددی به شناسایی شاخص‌های اصلی پیچیدگی پرداخته‌اند اما به ندرت اثر وزنی هر شاخص پیچیدگی روی پروژه مطالعه و تحلیل شده است. بر این اساس، هدف کلی این تحقیق پرکردن این شکاف و پاسخ‌دادن به پرسش‌های زیر است:

۱-تعریف پیچیدگی در پروژه چیست؟

۲-چه عوامل و معیارهایی پیچیدگی در پروژه‌ها را شکل می‌دهند؟

۳-نقش و تاثیر عوامل و معیارهای پیچیدگی در پروژه‌های بزرگ صنعتی در ایران چه میزان است؟

به این ترتیب، هدف کلی تحقیق حاضر؛ شناسایی، اعتبارسنجی و رتبه‌بندی شاخص‌های پیچیدگی در پروژه‌های صنعت است. این هدف با دستیابی به سه هدف فرعی زیر محقق می‌شود:

۱- تعیین فهرستی از تعاریف پیچیدگی در پروژه

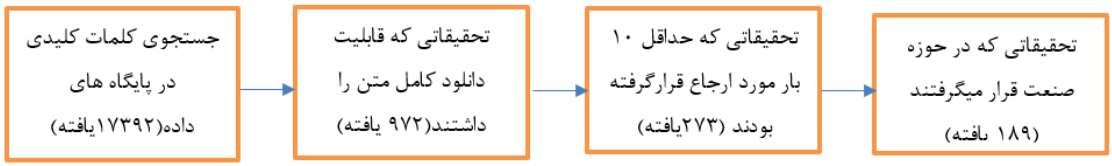
۲-تعیین فهرستی از عوامل و معیارهای بالقوه پیچیدگی و اعتبارسنجی معیارها

۳- طراحی مدلی برای روابط این معیارها.

برای پاسخ به سوال اول و دوم نیاز است تا بررسی منظمی بر روی تحقیقات انجام شده در گذشته، صورت پذیرد،"یک بررسی منظم تلاش می‌کند تا تمام مدارک را که مطابق با معیارهای واجد شرایط از پیش تعیین شده، به منظور پاسخ دادن به یک سوال تحقیق خاص است جمع‌آوری کند" *(Higgins & Green, 2008)*. به همین منظور برای دستیابی به اهداف تحقیق، کلمات کلیدی را برای ارزیابی و تفسیر در اسناد مرتبط در پایگاه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. برای پاسخ به سوال سوم، با توجه به اهمیت و نقش پروژه‌های سد و نیروگاهی، از خبرگان این صنعت به‌منظور بررسی نتایج و رسیدن به یک مدل برای پروژه‌های پیچیده صنعتی در ایران استفاده شده است. نتایج این تحقیق به مدیران پروژه کمک می‌کند تا منابع موجود را هوشمندانه‌تر تخصیص دهند تا بتوانند سطوح پیچیدگی پروژه را بهتر مدیریت کنند و در نتیجه با سرریز هزینه و تأخیرهای زمانی کمتری روبرو شوند. این مطالعه با جمع‌آوری بسیاری از کارهای تحقیقاتی موجود از علوم مختلف، به ادبیات مربوط به پیچیدگی در مدیریت پروژه اضافه نموده است. جدول‌های خلاصه ارایه شده، امکان شناسایی سطوح مختلف پیچیدگی را که ستون‌های یک مدل مدیریت پروژه را تشکیل می‌دهند، روشن می‌کنند، همچنین مسیر راهی را برای مطالعات آتی مشخص می‌نمایند.

۲- روش تحقیق

با توجه به سوالات تحقیق همانند بسیاری از محققان که از مرور ادبیات سیستماتیک برای پاسخ دادن به سؤالات پژوهشی و علمی خود استفاده نموده‌اند *(Geraldi, et al.,2011); (Tranfield, et al., 2003)*. برای پاسخ به سوالات تحقیق از کتابچه راهنمای کوکران برای بررسی سیستماتیک (۲۰۰۸) بهره گرفته شده است. با این هدف، کلمات کلیدی مانند پیچیدگی، پروژه، پیچیدگی پروژه و سیستم پیچیده در پایگاه‌های داده *Scopus* مورد کاوش قرار گرفته است. روش جستجوی در ابتدا شامل رشته‌های مهندسی، مدیریت کسب و کار، علوم تصمیم‌گیری و ساخت و ساز بوده است. داده‌های اولیه مرور ادبیات با محدوده تاریخی بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۲ و متشکل از کلمات کلیدی ‘‘با و بدون" مدیریت پروژه بودند. مجله‌های اولیه این مطالعه با بررسی همتایان شامل مجله مدیریت پروژه و مجله بین المللی مدیریت پروژه بوده است. تمام پایگاه‌های داده با توجه به پوشش ادبیات علمی و سطح همپوشانی انتخاب شدند. نتایج مقالات و تحقیقات علمی صورت گرفته در این بازه زمانی در **شکل ۱**، توضیح داده شده است.



شکل ۱- مراحل انجام کار برای انتخاب تحقیقات مرتبط با موضوع تحقیق

نتایج مقالات و تحقیقات علمی صورت گرفته در این بازه زمانی به دو دسته تقسیم شدند: دسته اول مطالعاتی که به تعریف پیچیدگی پروژه پرداخته‌اند، این تحقیقات برای پاسخ به سوال اول تحقیق کمک خواهند کرد. دسته دوم مطالعاتی که ویژگی‌های پروژه پیچیده را بررسی نموده‌اند و فاکتورهای موثر بر آن را برشمرده‌اند که به کمک آنها تلاش شده، سوال دوم تحقیق پاسخ داده شود. فاکتورهای بیان شده در تحقیقات در جداولی تحت عناوین معیارها و عوامل جمع‌آوری شده است. به‌منظور اعتبارسنجی این معیارها و عوامل از ابزار پرسش‌نامه استفاده شده است. مراحل تدوین و استاندارد نمودن یک پرسشنامه به اختصار شامل تعیین هدف‌های تهیه پرسشنامه، تهیه محتوای، تهیه پرسش‌های آزمون و بررسی روایی محتوایی و صوری سؤالات است. روایی آزمون، عبارت است از میزان کارایی آن برای اندازه‌گیری خصیصه‌ای که به منظور اندازه‌گیری آن خصیصه ساخته شده است *(Heale & Twycross, 2015)*.

روش‌های متعددی برای سنجش روایی وجود دارد. در این پژوهش از ضریب روایی محتوایی *(CVR) Content Validity Ratio* لاوشه *(Lawshe)* استفاده شده است. به‌منظور محاسبه این شاخص از نظرات کارشناسان متخصص در زمینه محتوای آزمون موردنظر استفاده شده و با توضیح اهداف آزمون برای آن‌ها و ارائه تعاریف عملیاتی مربوط به محتوای سؤالات، از آن‌ها خواسته شده تا هر یک از سؤالات را بر اساس طیف سه بخشی لیکرت «گویه ضروری است»، «گویه مفید است، ولی ضروری نیست» و «گویه ضرورتی ندارد» طبقه‌بندی نمایند. سپس بر اساس فرمول ۱، نسبت روایی محتوایی محاسبه شده است:

$$CVR = \frac{n_E - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \qquad (۱)$$

در این رابطه *Ne*، تعداد متخصصانی است که به گزینه ضروری پاسخ داده‌اند و *N* تعداد کل متخصصان است.

از آنجایی که در مدل معادلات ساختاری *(Structural Equation Modeling)* از تحلیل عاملی به‌منظور پی بردن به متغیرهای زیربنایی یک پدیده یا تلخیص مجموعه‌ای از داده‌ها استفاده می‌شود، در این تحقیق نیز (به این دلیل که از پرسشنامه محقق‌ساخته استفاده شده است)، از این نوع تحلیل برای اعتبارسنجی نتایج استفاده گردید. موارد استفاده تحلیل عاملی را به دو دسته کلی می‌توان تقسیم نمود. الف) مقاصد اکتشافی که به دو رویکرد کلی تقسیم می‌شود: مواردی که هدف آن پیدا کردن متغیرهای مکنون یا سازه‌های یک مجموعه متغیر اندازه‌گیری شده است. ب) مقاصد تاییدی که هدف پژوهش‌گر تایید ساختار عاملی استاندارد و ویژه است. درباره تعداد عامل‌ها به‌طور آشکار فرضیه‌هایی بیان می‌شود و برازش ساختار عاملی مورد نظر در فرضیه با ساختار کواریانس متغیرهای اندازه‌گیری شده، مورد آزمون قرار می‌گیرد، در این پژوهش با توجه به مطالعات صورت گرفته در گذشته، فرض شده رابطه‌ای میان عوامل پیچیدگی و پیچیدگی پروژه وجود دارد. بنابراین به‌منظور شناخت میزان ارتباط میان متغیرهای مستقل و وابسته با هدف تحقیق از تحلیل عاملی تاییدی استفاده شده است. در مدل اصلی تحلیل عاملی تاییدی ارائه شده، روابط میان متغیرهای آشکار (گویه‌ها) با متغیرهای پنهان (ابعاد) و ضرایب استاندارد (بارهای عاملی) هر یک از سوالات ارائه شده است. بارهای عاملی همبستگی متغیرها با عامل‌ها است. چنانچه این همبستگی‌ها بیشتر از ۰/۶ باشند (بدون توجه به علامت منفی یا مثبت) به عنوان بارهای عاملی با ارزش بالا، بین ۰/۳ تا ۰/۶، به عنوان بارهای عاملی متوسط و کمتر از ۰/۳ بار عاملی ضعیف (قابل حذف) در نظر گرفته می‌شود. در نهایت برای پاسخ به این سوال که آیا این مدل، مدل مناسبی است یا خیر بایستی آماره کای-دو و سایر معیارهای مناسب بودن برازش مدل مورد بررسی قرار گیرد. نرم‌افزار ایموس *(Amos23)* پنج شاخص *(CFI NFI , RFI , IFI , GFI)*

بر مبنای مقایسه مدل کای اسکوئر با مدل کای اسکوئر، مبنا گزارش می‌شود که همگی آن شاخص‌ها بین صفر و یک قرار دارند و هر چه مقدار آن‌ها به مقدار یک نزدیک‌تر شود، حاکی از قابل قبول‌تر بودن مدل تلقی می‌شود. **جدول ۱**، شاخص‌های مناسب بودن مدل تحلیل عاملی تاییدی را نشان می‌دهد *(Heale & Twycross, 2015)*. بار عاملی در حقیقت یک ضریب همبستگی بین متغیرهای مکنون و متغیرهای آشکار در یک مدل اندازه‌گیری است. این ضریب تعیین می‌کند که متغیر مکنون چقدر از واریانس متغیرهای آشکار را تبیین می‌کند و از آن جا که یک ضریب همبستگی است، باید از نظر آماری معنادار باشد *(Gerbing & Hamilton, 1996)*.

جدول ۱- بررسی شاخص‌های مناسب بودن مدل تحلیل عاملی تاییدی

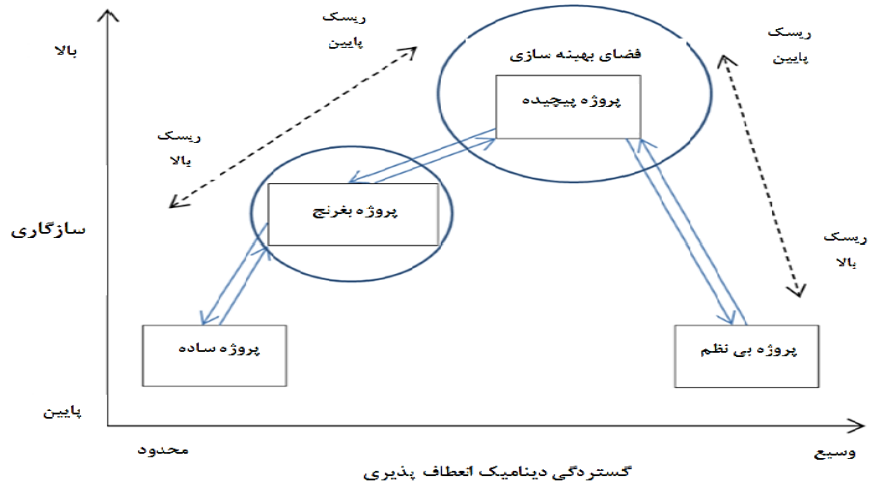
نام شاخص	مقدار استاندارد شاخص	مقدار شاخص در مدل مورد نظر	نتیجه‌گیری
$\frac{x^2}{df}$	کمتر از ۵	۲/۵۹۲	برازش مدل مناسب است
IFI	بیشتر و یا نزدیک ۰/۹	۰/۹۲۲	برازش مدل مناسب است
NFI	بیشتر و یا نزدیک ۰/۹	۰/۹۱۷	برازش مدل مناسب است
GFI	بیشتر و یا نزدیک ۰/۹	۰/۹۰۴	برازش مدل مناسب است
CFI	بیشتر و یا نزدیک ۰/۹	۰/۹۲۱	برازش مدل مناسب است
RMSEA	کمتر از ۰/۱	۰/۰۸۵	برازش مدل مناسب است

۳- کارهای انجام شده و نتایج حاصل

۳-۱- پروژه سنتی، بغرنج یا پیچیده

یک پروژه یک تلاش موقتی برای ارائه یک نتیجه خاص است که توسط یک حوزه خاص محدود شده و در یک زمان خاص اجرا می‌شود *(Todorovi, et al., 2015)*. پروژه‌های ساده به‌عنوان فعالیت‌های موقت انجام می‌شود تا محصولات و خدماتی با روابط و اثرگذاری مشخص ایجاد نماید. در پروژهای پیچیده، رابطه‌های علت و معلولی میان عوامل مختلف دخیل در پروژه مبهم است، بر این اساس، دانش و تخصص برای فهم آنها ضروری است *(Snowden & Boone, 2007)*. از دهه ۱۹۹۰، پیچیدگی پروژه به تدریج توجه زیادی را به خود جلب نموده و به یک موضوع تحقیقاتی محبوب تبدیل شده است. بسیاری از محققان دیدگاه‌های متفاوتی را در مورد این موضوع گزارش نموده‌اند. براساس نتایج گلوبرمان و زیمرمن "پروژه‌های پیچیده حاوی زیر مجموعه‌ای از پروژه‌های ساده هستند که قابل تقلیل به تک تک آنها نیست". ماهیت پروژه‌های پیچیده همیشه به مقیاس آنها بستگی ندارد، اما متناسب با موضوع و تجربه و تخصص است *(Glouberman & Zimmerman, 2106)*; جمشید قراچه داغی در کتاب تفکر سیستمی، پیچیدگی را یک اصطلاح نسبی می‌داند که به تعداد و ماهیت تعاملات میان متغیرهای درگیر در یک سیستم بستگی دارد، یک سیستم مدار باز با متغیرهای خطی و مستقل، ساده‌تر از سیستمی تلقی می‌شود که دارای متغیرهای وابسته به هم، غیرخطی، مدار بسته با پاسخ‌های تاخیری است *(Gharajedaghi, 2011)*. لودویک ویدال در مورد پیچیدگی، دو دیدگاه کلی را بیان می‌کند، در دیدگاه اول بر اساس نظریات باکرینی *(Baccarini)* پیچیدگی را یک ویژگی سیستمی معرفی می‌کند و سعی می‌کند تا بتواند آن را اندازه‌گیری و محاسبه نماید، در دیدگاه دوم پیچیدگی را به عنوان عاملی ذهنی معرفی می‌نماید که به دید ناظر بستگی دارد، وی پیچیدگی در پروژه را مستقیما با عملکرد پروژه در ارتباط می‌داند و معتقد است، پیچیدگی می‌تواند تاثیرات منفی در عملکرد پروژه و تاثیرات مثبتی در دستاوردهای پروژه داشته باشد. باکرینی، محاسبه میزان پیچیدگی برای اندازه‌گیری عملکرد را بسیار لازم می‌داند و خصوصیات پیداشی ناشی از پیچیدگی را ایجادکننده فرصت‌های جدید در پروژه معرفی می‌نماید *(Vidal, et al.,2007)*؛ *(Vidal & Marle, 2008)*. در دسته‌بندی دیگری گاندهی و بردمن پروژه‌ها را

به چهار دسته ساده، بغرنج (*Complicate*)، پیچیده (*Complex*) و بی نظم یا آشوبناک (*Chaotic*) تقسیم نمودند و تفاوت آنها را در سازگاری و انعطاف‌پذیری بیان کردند. در **شکل ۲**، این دسته‌بندی نشان داده شده است. نکته قابل تامل در این دسته‌بندی، نقش تعیین‌کننده ریسک است (*Gorod, et al., 2008*).



شکل ۲- گونه‌شناسی پروژه‌ها بر اساس مطالعات گاندهی و بردمن

بوش و همکاران در مطالعه‌ای، تفاوت اساسی بین پروژه پیچیده و بغرنج را در عدم قطعیت معرفی می‌نماید. در صورت وجود عدم قطعیت، یک پروژه را پیچیده می‌دانند (*Bosch-Rekveldt, et al., 2011*). به نظر می‌رسد از پنج مشخصه، خودمختاری (*Autonomy*)، تعلق‌پذیری (*Belonging*)، ارتباط (*Connectivity*)، تنوع (داشتن اعضا با خصوصیات متفاوت و یا متضاد در یک گروه) (*Diversity*) و خصوصیات پیدایشی (*Emergent characteristics*) را به عنوان وجه تمایز پروژه‌های ساده و پیچیده می‌توان استفاده نمود (*Sauser,et al.,2009*). هارولد کرزنر در کتاب داشبوردهای مدیریت پروژه، پروژه‌ها را به دو گروه پروژه‌های متداول (یا سنتی) و پیچیده تقسیم می‌کند و دلیل تفاوت آن‌ها را در داشتن ترکیبی از عوامل زیر می‌داند:

۱) اندازه (احجام کاری) بزرگ پروژه
۲) ارزش مالی زیاد پروژه
۳) نیازمندی‌های نامشخص در چرخه عمر
۴) محدوده و اقلام قابل تحویل نامشخص پروژه
۵) روابط داخلی نامشخص
۶) گستره جغرافیایی بزرگ تیم پروژه ۷) استفاده از تیم‌های مجازی بزرگ ۸) استفاده از نیروی کاری با فرهنگ‌های مختلف. هرگاه پروژه‌ای ترکیبی از این خصوصیات را داشته باشد، پروژه پیچیده محسوب می‌شود (*Kerzner, 2022*). نتایج حاصل از بررسی‌های مطالعات انجام شده در این بخش، به‌طور خلاصه در **شکل ۳**، ارائه شده است.

۳-۲-تعاریف پیچیدگی پروژه

در جامعه مدیریت پروژه، پیچیدگی، مفهوم مشخص و واحدی نیست، بلکه پیچیدگی انواع مختلفی دارد (پیچیدگی ساختاری، عدم اطمینان، پویایی، سرعت و پیچیدگی سیاسی اجتماعی) و غالباً هر کدام به تنهایی بیان‌گر پیچیدگی هستند، بر این اساس بسیار دشوار خواهد بود تا یک تعریف دقیق و جامع برای پیچیدگی پیدا کرد که بتواند تمام جنبه‌ها و مرزهای مختلف آن را پوشش دهد. علاوه بر این، در تحقیقات رسمی صورت گرفته، نقاط اشتراک بسیار کمی وجود داشته است، در ادامه به‌طور خلاصه تعاریف ارایه شده در مقالات مختلف به ترتیب سال انتشار در **جدول ۲**، ارایه شده است. تحقیقات معرفی شده دارای بیشترین ارجاعات هستند.

شکل ۳-تفاوت مدیریت پروژه سنتی و پیچیده

نکته قابل برداشت از تعاریف ارایه شده در این سال‌ها، حرکت از معرفی عنصر "ریسک" به سوی عنصر "ابهام" در تعریف پیچیدگی بوده و اساسا "ابهام" را (که می‌تواند محصول نوآوری در اقلام قابل تحویل، محیط خارجی پروژه بسیار متغیر، روابط داخلی نامشخص اعضا و ... باشد) به‌عنوان معرف پیچیدگی توسعه داده‌اند. ابعاد پیچیدگی پروژه شامل دو پودمان *(Module)* اصلی است. ماهیت زیرسیستم پروژه و ویژگی‌های تعامل بین زیرسیستم‌ها. بنابراین می‌توان پیچیدگی پروژه را به‌عنوان تفاوت بین زیرسیستم‌ها در پروژه، ماهیت و تعداد تعاملات بین آن‌ها دانست *(Luo, et al., 2017)*.

یافته‌های حاصل از مرور مطالعات انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد، در تعریف پروژه‌های پیچیده دو دیدگاه غالب وجود دارد:

الف) دیدگاه‌های هم سو با موسسه بین‌المللی مدیریت پروژه *(PMI)* که بیشتر در میان طرفداران استاندارد مدیریت پروژه مقبولیت دارد.

ب) دیدگاه سیستمی و نظریات پیچیدگی که ناشی از رویکرد تفکر سیستمی است و پروژه را به‌عنوان یک سیستم متشکل از بخش‌های مختلف در نظر می‌گیرد.

برای درک بهتر جنبه‌های پیچیدگی و ویژگی‌های آن، ضروری است که هر دو دیدگاه مورد بررسی قرار گیرد. اکثر محققانی که تمایل به دیدگاه اول دارند، بر پیچیدگی ساختاری، عدم قطعیت و ابعاد پیچیدگی اجتماعی و سیاسی تمرکز می‌کنند *(Geraldi, et al., 2011); (Cicmil & Marshall, 2015); (Snowden & Boone, 2007); (Little, 2005)*.

موسسه بین‌المللی مدیریت پروژه، گزارش مفصلی با عنوان "پیاده‌سازی پیچیدگی" را در سال ۲۰۱۴، منتشر نموده و در آن "تعدد ذینفعان" و "ابهام" را دو ویژگی کلیدی پیچیدگی پروژه بیان نموده است. همچنین بعدها در ویرایش هفتم از راهنمای گستره مدیریت پروژه (سال ۲۰۲۱) پیچیدگی را ویژگی پروژه یا محیط آن می‌داند و مدیریت آن را به دلیل رفتار انسان یا محیط و یا ابهامات موجود، دشوار معرفی می‌کند. این موسسه دو سال بعد در کتاب راهنمای گروه‌های فرایندی (سال ۲۰۲۳) پیچیدگی را به سه بعد تقسیم می‌کند: **۱)** رفتار سیستم (ناشی از وابستگی‌های داخلی بین عناصر تشکیل‌دهنده و سیستم **۲)** رفتارهای انسانی (تعامل بین افراد و گروه‌های مختلف) **۳)** ابهام (عدم اطمینان از مسایل نوظهور و عدم درک یا سردرگمی) و به‌طور مفصل در بخش‌های مختلف در مورد آن بحث می‌کند *(PMI, 2013)*.

از طرف دیگر، براساس دیدگاه‌های سیستمی پروژه‌های پیچیده به‌طور خودجوش خود را برای مقابله با آشفتگی‌ها و تضادهای مختلف داخلی و خارجی، سازماندهی می‌کنند. این

امر به آنها اجازه می‌دهد که تکامل و انطباق پیدا کنند و در این مسیر خصوصیات پیداشی (*Emergent characteristics*) وجه تمایز آنها با دیگر سیستم‌ها است. این موضوع در تحقیقات بسیاری مورد بحث و تبادل نظر قرار گرفته است (*Jaafari, 2003); (Williams, 1999) (Ireland, 2013); (Jamshidi, 2008); (Ashby & Goldstein, 2011); (Norman & Kuras, 2006)*.

نویسندگان این مقاله با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در ادبیات تحقیق، پیچیدگی را این‌گونه تعریف نموده‌اند: هرگاه مجموعه‌ای متشکل از عوامل متعدد و گوناگون، در مقیاس‌های متفاوت، با وابستگی ذاتی و جدایی‌ناپذیر عوامل بر همدیگر وجود داشته باشند و در روابط و دستاوردهای این مجموعه درجاتی از ابهام وجود داشته باشد و نتوان با حذف و قطع برخی از مؤلفه‌ها و اعضا، به کوچک‌تر ساختن آن مجموعه پرداخت، پیچیدگی وجود دارد. به این ترتیب می‌توان پیچیدگی پروژه را یک ویژگی از پروژه تعریف کرد که درک، پیش‌بینی و کنترل رفتار کلی آن دشوار است، حتی زمانی که اطلاعات کافی در مورد سیستم پروژه وجود دارد. این تعریف نشان‌دهنده مفهومی چندبعدی است که شامل عدم قطعیت‌ها در سطوح مختلف و دسته‌بندی متنوعی از پیچیدگی می‌شود.

۳-۳- عوامل و مدل‌های پیچیدگی پروژه

در بازه زمانی مورد بررسی نویسندگان این مقاله (۱۹۹۰-۲۰۲۲)، محققین، عوامل بسیاری را برای پیچیدگی پروژه در تحقیقات علمی عنوان نموده‌اند، اما هنوز نقاط مبهم بسیاری در ارتباط با آن وجود دارد. در حالی که تعدادی از مدل‌های پیچیدگی به‌منظور اندازه‌گیری پیچیدگی پروژه، توسعه یافته‌اند، هر کدام با تمرکزی متفاوت، در ارایه یک ابزار جامع و انعطاف‌پذیر به کاربران که بتواند برای حمایت از متخصصان و محققان در ارزیابی مورد استفاده قرار گیرد، دچار کمبود می‌شوند *(Ireland, et al., 2015); (Vidal, et al., 2011); (Bakhshi,et al., 2016); (Butler, et al., 2020); (Gorod, et al., 2019); (Jaber, et al ., 2021)*.

هی و همکاران در سال ۲۰۱۵ از تکنیک تحلیل محتوا برای تقسیم عوامل ایجادکننده پیچیدگی پروژه‌های کلان ساختمانی به شش دسته، پیچیدگی‌های فناوری، سازمانی، هدف، محیطی، فرهنگی و اطلاعاتی استفاده نمودند. این دسته‌بندی به‌عنوان یک خلاصه جامع از نتایج تحقیقات مربوط به پیچیدگی‌های پروژه‌های کلان در نظر گرفته شده است *(He, et al., 2015)*. بوش و همکاران چارچوب فنی، سازمان، محیطی را توسعه داده‌اند. آنها در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که مدیران پروژه به پیچیدگی سازمانی بیشتر از پیچیدگی‌های فنی و محیطی اهمیت می‌دهند *(Bosch-Rekveldt, et al., 2018)*. گروهی از محققین در سال ۲۰۱۶ یک چارچوب پیچیدگی شش بعدی شامل: امور مالی، زمینه، مدیریت، سایت، کار و طراحی ساخت را پیشنهاد دادند *(Chapman, 2016)*. شراره کرمانشاهی و همکاران در مطالعه‌ای (سال ۲۰۲۰) با شناسایی ۳۷ شاخص در ۱۱ دسته مختلف، یک مدل برای اندازه‌گیری پیچیدگی پروژه ارایه داده‌اند، این ۱۱ دسته شامل مدیریت ذینفعان، حاکمیت، قانون برنامه‌ریزی مالیاتی، رابطه‌ها، تعریف دامنه، موقعیت، طراحی و فناوری، منابع پروژه، مدیریت کیفیت و اهداف اجرایی است*(Kermanshachi et al., 2020)*. گروهی از محققین در سال ۲۰۲۰ در یک پژوهش از روش تحلیل مقایسه‌ای کیفی استفاده نمودند و با انجام ۲۱ مورد مصاحبه به پنج دسته، پیچیدگی پروژه که شامل پیچیدگی تکنولوژیک، پیچیدگی سازمانی، پیچیدگی هدف، پیچیدگی محیطی و پیچیدگی فرهنگی و پنج جنبه موفقیت پروژه که شامل برنامه، هزینه، کیفیت، رضایت ذینفعان کلیدی و پایداری، امتیاز داده‌اند، سپس با روش تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای کیفی، ترکیبی از پیچیدگی های مختلف پروژه با همدیگر مقایسه شده است *(Ma & Fu, 2020)*.

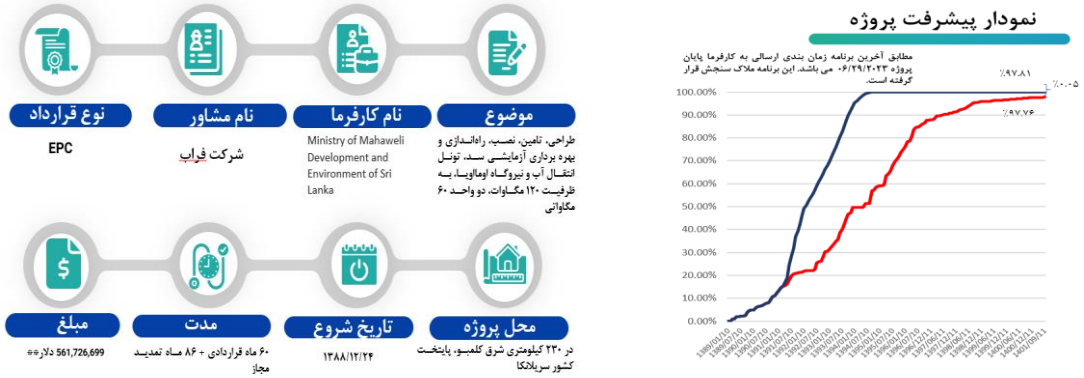
یافته‌های این پژوهش حاصل از مرور مطالعات انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد، هیچ ابزار توسعه‌یافته‌ای، مجموعه‌ای از استراتژی‌های اندازه‌گیری‌شده سیستماتیک را برای کمک به تیم‌های پروژه در مدیریت موثر پیچیدگی فراهم نمی‌کند. برای رفع این کمبود، هدف این تحقیق، توسعه ابزاری بود که به اندازه کافی جامع و انعطاف‌پذیر باشد تا تیم‌های پروژه بتوانند پیچیدگی پروژه‌های خود را در طول چرخه حیات پروژه ارزیابی کنند. به این منظور، ابتدا مطابق با فرایند معرفی شده در روش تحقیق، تمامی مقالات و تحقیقات علمی انجام‌شده مربوط به عوامل پیچیدگی در پروژه‌های صنعتی گردآوری و تمام عوامل بیان شده

استخراج شدند، سپس عواملی که دارای بیشترین تاییدات در مراجع علمی (مقالاتی و تحقیقاتی که در سایت گوگل‌اسکولار با بیشترین ارجاعات) *(Cited)* بودند انتخاب شدند. بر این اساس ۱۵۵ عامل در یک بررسی جامع ادبی شناسایی شدند. در گام بعد با توجه به چهارچوب جامع ارائه شده توسط بخشی و همکاران عوامل در ۹ گروه فرآیندی (محتوا، زمینه، سازمان، وابستگی‌های پروژه، تکنولوژی، اطلاعاتی، محصولات و خدمات، مشتریان، محیط خارجی) دسته‌بندی گردیدند *(Bakhshi, 2016)*.

جدول ۲- تعاریف پیچیدگی پروژه مستخرج از ادبیات موضوع

منبع	سال انتشار	نوع مطالعه	تعریف پیچیدگی پروژه
(Turner & Cochrane, 1993)	۱۹۹۳	مفهومی	درجه‌ای که آیا اهداف و روش‌های دستیابی به آنها به خوبی تعریف شده است
(Baccarini, 1996)	۱۹۹۶	بازبینی	پیچیدگی "متشکل از قطعات متفاوتی زیادی است و می‌تواند از لحاظ تمایز و وابستگی متقابل به کار گرفته شود
(Cicmil & Marshall, 2005)	۲۰۰۵	مطالعه تجربی	پیچیدگی "ناشی ازابهام، پارادوکس و ابعاد زمان، فضا و قدرت فرایندهای سازماندهی در تنظیمات پروژه" است
(Grisogono, 2006)	۲۰۰۶	گزارشی	"نسبت تعداد روش‌های دریافت نتیجه اشتباه به تعداد روش‌های درست کردن آن" پیچیدگی را شکل می‌دهد
(Hatch & Cunliffe, 2012)	۲۰۱۲	مفهومی	پیچیدگی "شامل بسیاری از عناصر مختلف با تعامل چندگانه و حلقه بازخورد بین عناصر" است
(Bakhshi, et al. 2016)	۲۰۱۶	مفهومی	آرایش پیچیده از بخش‌های متنوع و مرتبط با هم که هر عضو می‌تواند پیوسته تغییر یا تکامل یابد و با این عمل اهداف پروژه را تحت تاپیر خود قرار دهد .
(Maylor & Turner, 2017)	۲۰۱۷	گزارشی	رابطه بین پیچیدگی و پاسخگویی یک رابطه بازگشتی و دوسویه است. این دو باید به عنوان مفهومی دوگانه تبین گردند؛ به صورتی که محدودیت و ناتوانی در یکی میتواند دیگری را متاثر نماید و برعکس
(Sridarran, et al., 2017)	۲۰۱۷	گزارشی	هنگامی که پروژه شامل تعدادی وابستگی‌های داخلی باشد و هر کدام بتوانند تاثیرگذاری‌های غیر قابل پیش بینی بروی سایر عناصر تاثیرگذار داشته باشند، از واژه پیچیده استفاده می‌نماییم.
(Bjorvatn & Wald, 2018)	۲۰۱۸	مفهومی	پیچیدگی تاثیرات مخربی بر تمام تلاش‌های انجام شده توسط تیم مدیریت پروژه جهت دستیابی به ظرفیت های موفقیت در پروژه دارد.
(Bosch-Rekveldt, et al., 2018)	۲۰۱۸	مطالعه موردی	افزایش پیچیدگی در پروژه‌ها به عنوان یکی از علایم شکست در پروژه‌ها است.
(Hartono, 2018)	۲۰۱۸	مفهومی	عدم اطمینان به عنوان یک بخش کامل از مفاهیم ثانویه پیچیدگی در نظرگرفته می‌شود که از ابتدا اثبات شده است؛ بنابراین دورنمایی از پیچیدگی می‌تواند دید تحلیلی بسیار جامعی را از ریسک به ما بدهد پیچیدگی می‌تواند ریسک و دیگر جنبه‌های مربوط به آن را پوشش دهد.
(Makui, et al., 2018)	۲۰۱۸	گزارشی	یافتن ریشه‌های پیچیدگی پروژه به جهت یافتن دلایل آن بسیار مهم است شش عامل بزرگی ایجاد پیچیدگی در پروژه‌ها عبارتند از تنوع، وابستگی‌های داخلی، اندازه، تعدد اعضا، میزان نوآوری و نبودن ابزار مناسب
(Mikkelsen, 2018)	۲۰۱۸	مفهومی	با گذشت بیش از دو دهه از مطالعات برروی موضوع پیچیدگی پروژه، اما تاکنون هیچ تعریف مورد قبولی ارایه نشده است، یکی از دلایل آن تنوع زیاد پروژه‌ها و موضوع پیچیدگی در آنها بوده است .
(Turner, et al., 2018)	۲۰۱۸	مطالعه تجربی	پیچیدگی سه نوع *(types)* مجزا دارد: برنامه ریزی و کنترل، ارتباطات و انعطاف پذیری مسئولیت‌ها. در زنجیره پیچده تامین تقسیمات متفاوتی برای وظایف، مسئولیت‌ها و هرم‌های پاسخگویی وجود دارد .
(Qiu, et al., 2019)	۲۰۱۹	گزارشی	به نظر می‌رسد، پیچیدگی در مگا پروژه‌ها به دو سطح اجزا بزرگ (*macro component*) و کوچک *(micro)* تقسیم می‌شود. در سطح بزرگ قوانین، سیاست‌ها و پیچیدگی‌های اجتماعی را داریم. در سطح کوچک پیچیدگی، فرهنگ سازمانی، ارتباطات و رشد را داریم .
(Mamédio & Meyer, 2020)	۲۰۲۰	مطالعه تجربی	هر پروژه ای با توجه به سه بعد می‌تواند پیچیده باشد: بعد فنی(شامل تخصص‌های فنی و تنوع)، منابع انسانی(شامل نوآوری و روابط غیر رسمی) و سیاسی(تضادها و عدم توافق‌ها)
(Luo, et al., 2020)	۲۰۲۰	گزارشی	ارتباط کاملا پویایی بین پیچیدگی پروژه و موفقیت در آن وجود دارد و این دو کاملا وابسته به هم هستند.
(Clark, 2021)	۲۰۲۱	مطالعه مروری	پیچیدگی عبارت است از ابهام و تصادفی بودن که از طریق روابط داخلی و خارجی پروژه ظاهر می‌شود و باعث می‌شود، پروژه غیر قابل پیش بینی رفتار کند

جهت سنجش میزان روایی *(Validity)* و بررسی میزان مطابقت عوامل جمع‌آوری شده از تحقیقات کتابخانه‌ای با پروژه‌های صنعتی در ایران، پرسشنامه‌ای تهیه شده که بایستی به‌صورت پرسشنامه-مصاحبه با تعدادی از مدیران شاغل در یکی از پروژه‌های صنعتی پیچیده در ایران، انجام میپذیرفت، به این منظور از میان صنایع مختلف، پروژه چند منظوره اوماویا به‌دلیل داشتن بیشترین ویژگی‌های پیچیدگی انتخاب شده است. پروژه چندمنظوره اوماویا در جنوب شرقی کشور سریلانکا و در فاصله ۲۰۰ کیلومتری پایتخت این کشور واقع شده و شامل دو سد به نام‌های دایرابا و پوهولپولا، نیروگاه آبی ۱۲۰ مگاواتی زیرزمینی، ۲۸ کیلومتر تونل‌های انتقال آب و دسترسی، سه شفت عمودی جمعاً به طول ۸۵۰ متر و ۲۳ کیلومتر خط انتقال برق است. هدف از اجرای این پروژه، بهبود آبیاری پنج هزار هکتار زمین کشاورزی، انتقال ۱۴۵ میلیون متر مکعب آب در سال و تولید ۲۹۰ گیگاوات ساعت انرژی در سال است. انجمن بین‌المللی تونل‌سازی و فضاهای زیرزمینی این پروژه را در بین چهار پروژه منتخب نهایی در بخش پروژه‌های ۵۰ تا ۵۰۰ میلیون یورویی در سال ۲۰۲۰ میلادی قرار داده است. مشخصات پروژه و آخرین نمودار پیشرفت فیزیکی در **شکل ۴**، نشان داده شده است.



شکل ۴-آخرین وضعیت پروژه اوماویا

قرارداد این پروژه میان دو کشور ایران و سریلانکا منعقد شده است که هر دو دارای ریسک‌های سیاسی بسیار بالا هستند. در طول اجرای پروژه، اعتراضات زیاد مردم به اوضاع سیاسی در کشور سریلانکا (که منجر به فرار رئیس جمهور این کشور و چندین بار تغییرات در دولت شد) و تغییر دولت‌ها در کشور ایران، در مقاطعی از زمان کل موجودیت پروژه را تحت تاثیر قرار داده است. قرارداد بیش از ۵۰۰ میلیون دلاری و تحریم‌های بانکی کشور ایران و ابهامات بسیار زیاد در مورد تبادلات مالی میان دو کشور، ابهامات در مورد نحوه تامین تجهیزات به دلیل تحریم‌های بین‌المللی علیه کشور ایران، موقعیت جغرافیایی ناشناخته کشور مقصد (سریلانکا) برای کشور مجری (ایران) و احتمال مواجهه با ناشناخته‌های ناشناخته در طول اجرای پروژه، اختلاف زمانی چهارساعته بین دو کشور، تفاوت‌های بسیار زیاد فرهنگی و اجتماعی بین تیم‌های مختلف ایرانی و سریلانکایی در زمان اجرا و ابهامات بسیار زیاد در نحوه، نوع و زمان اقلام قابل تحویل پروژه باعث شده این پروژه تمام شرایط عنوان شده در ادبیات تحقیق را دارا باشد و به‌عنوان یک پروژه پیچیده صنعتی معرفی شود. سی نفر از مدیران ارشد شاغل در این پروژه که سابقه کار بالای ۱۵ سال و مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد و دکتری داشتند، به‌عنوان خبرگان صنعت سد و تونل انتخاب شدند. با توجه به اینکه تعداد خبرگان ۳۰ نفر بودند، بنابراین حداقل مقدار *CVR* قابل قبول، مطابق با

جدول ۳، عدد ۰/۳۳ است. سؤالاتی که مقدار *CVR* محاسبه‌شده برای آن‌ها کمتر از میزان موردنظر بود، از آزمون کنار گذاشته شده‌اند *(Lawshe, 1975)*.

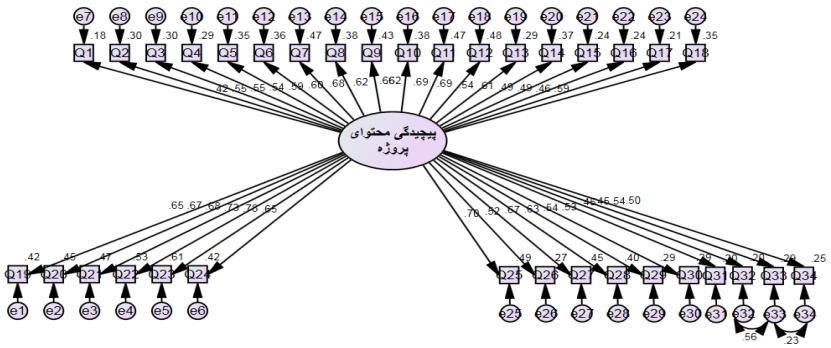
جدول ۳- حداقل مقدار ضریب لاوشه *(CVR)* قابل قبول بر اساس تعداد متخصصین نمره‌گذار

تعداد متخصصین	مقدار *CVR*	تعداد متخصصین	مقدار *CVR*	تعداد متخصصین	مقدار *CVR*
۵	۰/۹۹	۱۱	۰/۵۹	۲۵	۰/۳۷
۶	۰/۹۹	۱۲	۰/۵۶	**۳۰**	**۰/۳۳**
۷	۰/۹۹	۱۳	۰/۵۴	۳۵	۰/۳۱
۸	۰/۷۵	۱۴	۰/۵۱	۴۰	۰/۲۹
۹	۰/۷۸	۱۵	۰/۴۹		
۱۰	۰/۶۲	۲۰	۰/۴۲		

پس از انجام مصاحبه‌ها از میان عوامل شناسایی شده در مجموع ۵۲ عامل که ضریب محتوایی لاوشه آن‌ها، کمتر از حد قابل قبول (۰/۳۳) بود، حذف شدند. در ادامه عواملی که در مرحله اول از نظر خبرگان مورد تایید بودند، جدا شده و پرسشنامه شماره دو برای بررسی این عوامل، تنظیم گردید. در این مرحله از کارشناسان شاغل در این پروژه که تجربه حداقل دو سال همکاری در این پروژه را داشتند، استفاده شد. مشخصات آماری شرکت‌کنندگان در پرسشنامه مرحله دوم به شرح زیر است: تعداد کل پرسش‌نامه توزیع‌شده ۳۰۹ عدد، پاسخ دهنده‌ها: ۲۲۳ نفر (۱۵۴ نفر مرد و ۶۹ نفر زن)، حداقل مدرک تحصیلی کارشناسی، سابقه کاری بین ۲ تا ۱۰ سال. در این مرحله از هر کارشناسی خواسته شد تا در مورد هر عامل یکی از پنج گزینه "کاملا زیاد"، "زیاد"، "نظری ندارم"، "کم" و "خیلی کم" را انتخاب کنند. ملاک انتخاب میزان ارتباط آن گزینه با پیچیدگی در پروژه‌ای بود که در آن شاغل بودند. پس از اتمام کار به‌منظور سنجش روایی سازه پرسشنامه پژوهش از نرم‌افزار آیموس استفاده گردید *(Brown, 2015)*. در ادامه، نتایج تحلیل عاملی تاییدی پرسش‌نامه مرحله دوم به تفکیک ۹ گروه فرآیندی (محتوا، زمینه، سازمان، وابستگی‌های پروژه، تکنولوژی، اطلاعاتی، محصولات و خدمات، مشتریان، محیط خارجی) به قرار زیر است.

۴-۱-تحلیل عاملی تاییدی پرسشنامه پژوهش (بعد پیچیدگی محتوای پروژه)

همان‌طور که از خروجی نرم‌افزار مشاهده می‌شود، مدل اصلی تحلیل عاملی تاییدی ارائه شده به صورت **شکل ۵** است که در آن روابط میان متغیرهای آشکار (عوامل) با متغیرهای پنهان (بعد پیچیدگی محتوای پروژه) و ضرایب استاندارد (بارهای عاملی) هر یک از سوالات ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تمامی بارهای عاملی ابعاد پرسشنامه بالاتر از ۰/۳ به‌دست آمده و مورد تایید است. **جدول ۴**، نیز شاخص‌های مناسب بودن بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها با سازه "پیچیدگی محتوای پروژه" را نشان می‌دهد. ۱۲ عامل از مجموع ۳۴ عامل مطرح شده در این بخش دارای بار عاملی بیشتر از ۶۵/. است که مشخصا توسط کارشناسان به‌عنوان عوامل مهم‌تری انتخاب شده‌اند. این عوامل در **جدول ۴**، با رنگ خاکستری مشخص شده‌اند.



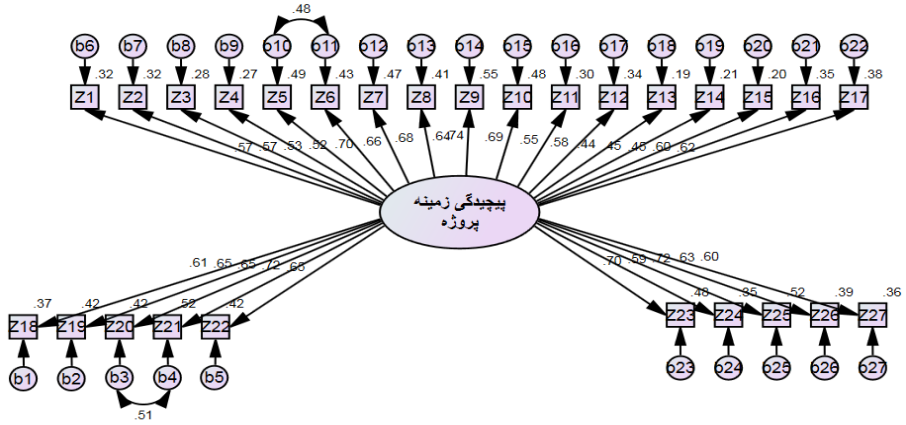
شکل ۵- مدل تحلیل عاملی تاییدی بعد پیچیدگی محتوای پروژه

جدول ۴- بررسی بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها برای بعد پیچیدگی محتوای پروژه

شاخص‌ها	بار عاملی	سطح معناداری	نتیجه
۱- دامنه مورد نیاز از توسعه	۰/۴۱۹	۰/۰۰۱	مناسب
۲-مدت زمان پروژه	۰/۵۵۱	۰/۰۰۱	مناسب
۳-الزامات خاص / استانداردها	۰/۵۵۰	۰/۰۰۱	مناسب
۴-ثبت کردن نیازمندی‌ها	۰/۵۴۳	۰/۰۰۱	مناسب
۵-قابلیت های فنی تیم	۰/۵۹۵	۰/۰۰۱	مناسب
۶- انبوه سرمایه‌گذاری	۰/۶۰۰	۰/۰۰۱	مناسب
۷-الزامات ناشناخته یا ضعیف	**۰/۶۸۳**	۰/۰۰۱	مناسب
۸-تعداد رشته ها	۰/۶۱۹	۰/۰۰۱	مناسب
۹-تعداد و کمیت منابع	**۰/۶۵۶**	۰/۰۰۱	مناسب
۱۰-تعداد فعالیت‌ها	۰/۶۱۹	۰/۰۰۱	مناسب
۱۱- فرآیند طراحی غیر معمول	**۰/۶۸۷**	۰/۰۰۱	مناسب
۱۲-تنوع منابع مالی	**۰/۶۹۲**	۰/۰۰۱	مناسب
۱۳-تنوع و تعداد روش های مدیریت پروژه و ابزارهای کاربردی	۰/۵۴۰	۰/۰۰۱	مناسب
۱۴-نرم افزار یا سخت افزار سفارشی	۰/۶۱۱	۰/۰۰۱	مناسب
۱۵-منابع متنوعی که نیازمند تغیرات هستند	۰/۴۹۰	۰/۰۰۱	مناسب
۱۶-دسترسی به افراد، مواد و منابع به دلیل اشتراک‌گذاری با سایر پروژه‌ها	۰/۴۸۸	۰/۰۰۱	مناسب
۱۷-اتصال و حلقه بازخورد در شبکه وظیفه و پروژه	۰/۴۶۰	۰/۰۰۱	مناسب
۱۸- تنظیمات قانونی	۰/۵۹۱	۰/۰۰۱	مناسب
۱۹-تقاضای خلاقیت	**۰/۶۵۱**	۰/۰۰۱	مناسب
۲۰- تعداد تصمیماتی که باید اتخاذ گردند	**۰/۶۷۱**	۰/۰۰۱	مناسب
۲۱- سطح همبستگی بین مراحل	**۰/۶۸۴**	۰/۰۰۱	مناسب
۲۲-ملاحظات مربوط به اهم خط مشی های سازمانی	**۰/۷۲۵**	۰/۰۰۱	مناسب
۲۳-همکاری و ارتباط بین اعضای تیم (شریک)	**۰/۷۸۳**	۰/۰۰۱	مناسب
۲۴-درجه انعطاف پذیری پروژه (در محدوده، فرآیند، سازمان...)	۰/۶۴۸	۰/۰۰۱	مناسب
۲۵- تنوع وظایف	**۰/۶۹۹**	۰/۰۰۱	مناسب
۲۶- مسایل مربوط به ایمنی و محیط کار	۰/۵۱۶	۰/۰۰۱	مناسب
۲۷-دینامیک(نحوه انجام) فعالیت های کاری	**۰/۶۶۸**	۰/۰۰۱	مناسب
۲۸-فرایند تصمیم گیری چالش ها	**۰/۶۳۴**	۰/۰۰۱	مناسب
۲۹-محدودیت های هزینه (هزینه و تامین مالی)	۰/۵۴۱	۰/۰۰۱	مناسب
۳۰-الزامات کیفیت	۰/۵۳۵	۰/۰۰۱	مناسب
۳۱-قابلیت (دانش، تجربه، آموزش، آموزش، و غیره)	۰/۴۵۰	۰/۰۰۱	مناسب
۳۲-شدت و عدم اطمینان دامنه (تعداد اجزاء و غیره)	۰/۴۵۱	۰/۰۰۱	مناسب
۳۳-ارتباط بین اعضای تیم پروژه به صورت رو در رو	۰/۵۳۹	۰/۰۰۱	مناسب
۳۴-سطوح مدیریت در تصمیم گیری پروژه دخیل هستند	۰/۵۰۴	۰/۰۰۱	مناسب

۴-۲-تحلیل عاملی تاییدی پرسشنامه پژوهش (بعد پیچیدگی زمینه پروژه)

همان‌طور که از خروجی نرم‌افزار مشاهده می‌گردد، مدل اصلی تحلیل عاملی تاییدی بعد پیچیدگی پروژه ارائه شده به صورت **شکل ۶** است، **جدول ۵**، نیز شاخص‌های مناسب بودن بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها با سازه "پیچیدگی زمینه پروژه" را نشان می‌دهد که از میان ۲۷ عامل مطرح شده ۹ عامل بار عاملی بیشتر از ۰/۶۵ را دارا بودند که با رنگ تیره‌تر مشخص شده‌اند.



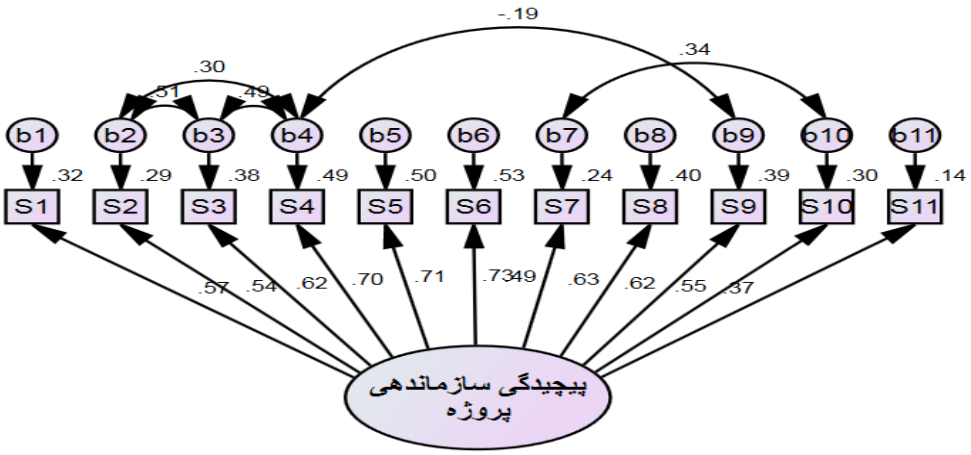
شکل ۶- مدل تحلیل عاملی تاییدی بعد پیچیدگی زمینه پروژه

جدول ۵- بررسی بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها برای بعد پیچیدگی زمینه پروژه

شاخص‌ها	بار عاملی	سطح معناداری	نتیجه
۱-موقعیت مکانی ذینفعان (و نارضایتی متقابل آنها)	۰/۵۶۷	۰/۰۰۱	مناسب
۲-تعداد ذینفعان	۰/۵۶۸	۰/۰۰۱	مناسب
۳-تعداد شرکت ها / پروژه هایی که منابع خود را به اشتراک میگذارند	۰/۵۳۲	۰/۰۰۱	مناسب
۴-تعداد واحدهای رسمی و ادارات درگیر	۰/۵۲۲	۰/۰۰۱	مناسب
۵-مسئله سیاست داخلی (ابهام، اطلاعات پنهان)	**۰/۶۹۸**	۰/۰۰۱	مناسب
۶-تعداد اهداف	**۰/۶۵۵**	۰/۰۰۱	مناسب
۷- مقدار همپوشانی و تعاملات	**۰/۶۸۴**	۰/۰۰۱	مناسب
۸-تعداد پرسنل	۰/۶۴۴	۰/۰۰۱	مناسب
۹-تنوع منافع ذینفعان	**۰/۷۴۲**	۰/۰۰۱	مناسب
۱۰-تنوع کارکنان (تجربه، محدوده اجتماعی ...)	**۰/۶۹۲**	۰/۰۰۱	مناسب
۱۱-تنوع وضعیت ذینفعان	۰/۵۴۶	۰/۰۰۱	مناسب
۱۲-حمل و نقل ترکیبی	۰/۵۸۲	۰/۰۰۱	مناسب
۱۳- تجربه با احزاب تکامل یافته است	۰/۴۳۷	۰/۰۰۱	مناسب
۱۴-پیچیدگی محیطی (محیط شبکه)	۰/۴۵۴	۰/۰۰۱	مناسب
۱۵- تعداد سرمایه گذاران	۰/۴۴۷	۰/۰۰۱	مناسب
۱۶-اعتماد به ذینفعان	۰/۵۹۵	۰/۰۰۱	مناسب
۱۷-فرم قرارداد	۰/۶۱۶	۰/۰۰۱	مناسب
۱۸-تعداد زبان های مختلف	۰/۶۱۰	۰/۰۰۱	مناسب
۱۹-ساعتهای اداری همپوشانی	۰/۶۴۶	۰/۰۰۱	مناسب
۲۰-ثبات محیط پروژه	۰/۶۴۸	۰/۰۰۱	مناسب
۲۱- تنوع فرهنگی	**۰/۷۲۱**	۰/۰۰۱	مناسب
۲۲-راهبر پروژه	**۰/۶۵۰**	۰/۰۰۱	مناسب
۲۳- عدم قطعیت و وضوح اهداف	**۰/۶۹۶**	۰/۰۰۱	مناسب
۲۴- نوآوری تجاری پروژه (شرکای جدید، تیم، فرآیند و غیره)	۰/۵۸۸	۰/۰۰۱	مناسب
۲۵-هماهنگی اهداف / منافع	**۰/۷۱۹**	۰/۰۰۱	مناسب
۲۶- سطح رقابت بین ذینفعان (اعضا، تیم ها و غیره)	۰/۶۲۸	۰/۰۰۱	مناسب
۲۷-اختلاف بین سهامداران	۰/۵۹۷	۰/۰۰۱	مناسب

۴-۳-تحلیل عاملی تاییدی پرسشنامه پژوهش (بعد پیچیدگی سازماندهی پروژه)

همان‌طور که از خروجی نرم‌افزار مشاهده می‌گردد، مدل اصلی تحلیل عاملی تاییدی بعد" پیچیدگی سازماندهی پروژه" ارائه شده به‌صورت **شکل ۷** است. **جدول ۶**، نیز شاخص‌های مناسب بودن بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها پیچیدگی سازماندهی پروژه را نشان می‌دهد. در این بخش نیز به‌ترتیب "تعداد اینترفیس‌ها در سازمان پروژه"، "تنوع سطوح سلسله مراتبی درون سازمان" و "صلاحیت مدیر پروژه" بیشترین بارهای عاملی را به خود اختصاص داده بودند.



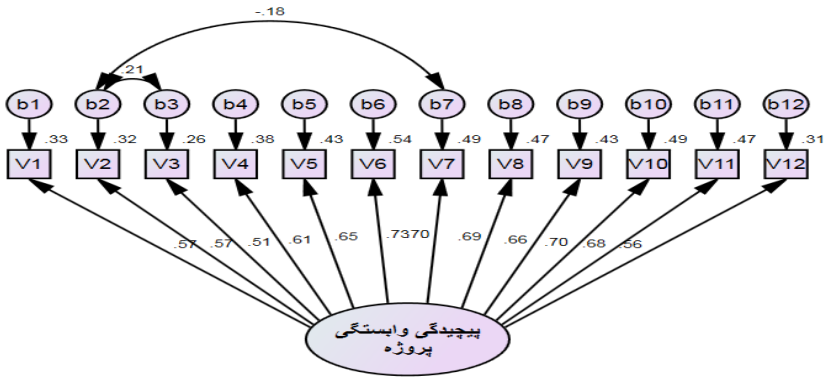
شکل ۷-مدل تحلیل عاملی تاییدی بعد پیچیدگی سازماندهی پروژه

جدول ۶- بررسی بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها برای بعد پیچیدگی سازماندهی پروژه

شاخص‌ها	بار عاملی	سطح معناداری	نتیجه
۱- تعداد سطوح سلسله مراتبی	۰/۵۶۷	۰/۰۰۱	مناسب
۲-مسئولیت پذیری و پاسخگو بودن	۰/۵۳۸	۰/۰۰۱	مناسب
۳-تعداد ساختارها / تیم های هماهنگ شده است	۰/۶۱۸	۰/۰۰۱	مناسب
۴- صلاحیت مدیر پروژه	**۰/۶۹۷**	۰/۰۰۱	مناسب
۵-تنوع سطوح سلسله مراتبی درون سازمان	**۰/۷۰۹**	۰/۰۰۱	مناسب
۶-تعداد اینترفیس ها در سازمان پروژه	**۰/۷۲۹**	۰/۰۰۱	مناسب
۷-ساختار تیم پویا	۰/۴۹۳	۰/۰۰۱	مناسب
۸-روابط با سازمان های دائمی	۰/۶۳۲	۰/۰۰۱	مناسب
۹-درجه سازمانی نوآوری	۰/۶۲۲	۰/۰۰۱	مناسب
۱۰-نقش عملکرد	۰/۵۴۹	۰/۰۰۱	مناسب
۱۱-ریسک های سازمانی	۰/۳۷۱	۰/۰۰۱	مناسب

۴-۴-تحلیل عاملی تاییدی پرسشنامه پژوهش (بعد پیچیدگی وابستگی پروژه)

همان‌طور که از خروجی نرم‌افزار مشاهده می‌گردد، مدل اصلی تحلیل عاملی تاییدی بعد "پیچیدگی وابستگی پروژه" ارائه‌شده به‌صورت **شکل ۸**، است، **جدول ۷**، نیز شاخص‌های مناسب بودن بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها پیچیدگی وابستگی پروژه را نشان می‌دهد. در مجموع ۷ عامل از ۱۲ عامل مورد بررسی در این بخش، بار عاملی بیشتر از ۰/۶۵ را دارا بودند که در جدول مشخص شده‌اند.



شکل ۸-مدل تحلیل عاملی تاییدی بعد پیچیدگی وابستگی پروژه

جدول ۷- بررسی بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها برای بعد پیچیدگی وابستگی پروژه

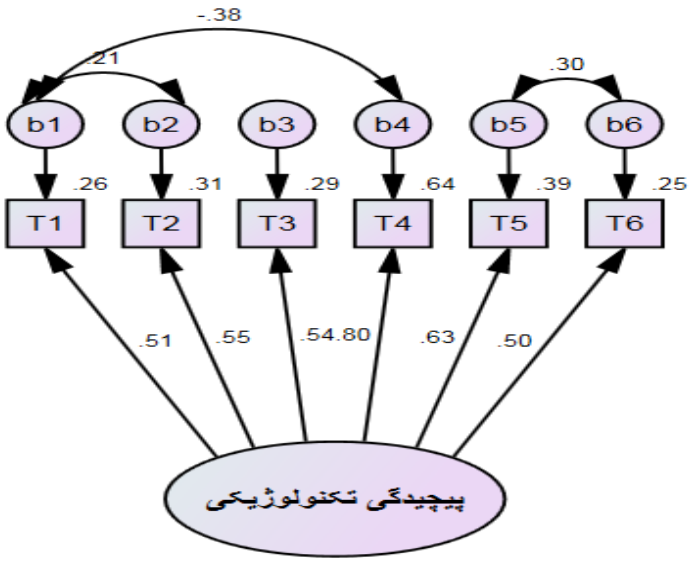
شاخص‌ها	بار عاملی	سطح معناداری	نتیجه
۱- وابستگی به محیط زیست	۰/۵۷۳	۰/۰۰۱	مناسب
۲- وابستگی فرآیند	۰/۵۶۷	۰/۰۰۱	مناسب
۳- انواع وابستگی های تکنولوژیکی	۰/۵۰۶	۰/۰۰۱	مناسب
۴- وابستگی های متقابل	۰/۶۱۵	۰/۰۰۱	مناسب
۵- وابستگی متقابل اهداف / منافع	**۰/۶۵۵**	۰/۰۰۱	مناسب
۶- تنوع وابستگی های سازمانی	**۰/۷۳۳**	۰/۰۰۱	مناسب
۷- وابستگی بین برنامه ها	**۰/۷۰۱**	۰/۰۰۱	مناسب
۸- وابستگی متقابل سیستم های اطلاعاتی	**۰/۶۸۶**	۰/۰۰۱	مناسب
۹- وابستگی متقابل بین سایت ها، ادارات و شرکت ها	**۰/۶۵۹**	۰/۰۰۱	مناسب
۱۰-وابستگی متقابل بین مولفه های محصول	**۰/۷۰۳**	۰/۰۰۱	مناسب
۱۱-وابستگی فرایند تکنولوژیکی	**۰/۶۸۳**	۰/۰۰۱	مناسب
۱۲-وابستگی متقابل منابع و مواد اولیه	۰/۵۵۷	۰/۰۰۱	مناسب

۴-۵-تحلیل عاملی تاییدی پرسشنامه پژوهش (بعد پیچیدگی تکنولوژیکی)

همان‌طور که از خروجی نرم‌افزار مشاهده می‌گردد، مدل اصلی تحلیل عاملی تاییدی بعد "پیچیدگی تکنولوژیکی پروژه" ارائه‌شده به‌صورت **شکل ۹**، است، **جدول ۸**، نیز شاخص‌های مناسب بودن بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها پیچیدگی تکنولوژیکی پروژه را نشان می‌دهد. در این گروه نیز" تنوع فن آوری‌های مورد استفاده در پروژه" بیشترین بار عاملی را در میان ۶ عامل مطرح شده دارا بود.

۴-۶-تحلیل عاملی تاییدی پرسشنامه پژوهش (بعد پیچیدگی اطلاعاتی)

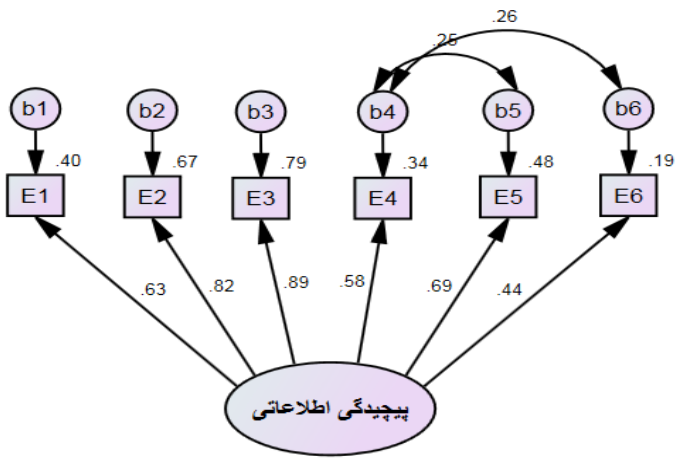
همان‌طور که از خروجی نرم‌افزار مشاهده می‌گردد، مدل اصلی تحلیل عاملی تاییدی بعد "پیچیدگی اطلاعاتی پروژه" ارائه شده به‌صورت **شکل ۱۰**، است، **جدول ۹**، نیز شاخص‌های مناسب بودن بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها پیچیدگی اطلاعاتی پروژه را نشان می‌دهد. سه عامل انواع، تعداد و سطح اطلاعات بیشترین بارهای عاملی را در این بخش دارا بودند.



شکل ۹-مدل تحلیل عاملی تاییدی بعد پیچیدگی تکنولوژیکی پروژه

جدول ۸- بررسی بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها برای بعد پیچیدگی تکنولوژیکی پروژه

شاخص‌ها	بار عاملی	سطح معناداری	نتیجه
۱- تعامل بین سیستم تکنولوژی و محیط خارجی	۰/۵۰۵	۰/۰۰۱	مناسب
۲- انواع مهارت های فنی مورد نیاز است	۰/۵۵۵	۰/۰۰۱	مناسب
۳- عدم اطمینان از روش‌های فنی	۰/۵۳۶	۰/۰۰۱	مناسب
۴- تنوع فن آوری های مورد استفاده در پروژه	**۰/۸۰۱**	۰/۰۰۱	مناسب
۵-ریسک فناوریهای بسیار دشوار	۰/۶۲۵	۰/۰۰۱	مناسب
۶-نوآوری تکنولوژیکی پروژه	۰/۴۹۵	۰/۰۰۱	مناسب



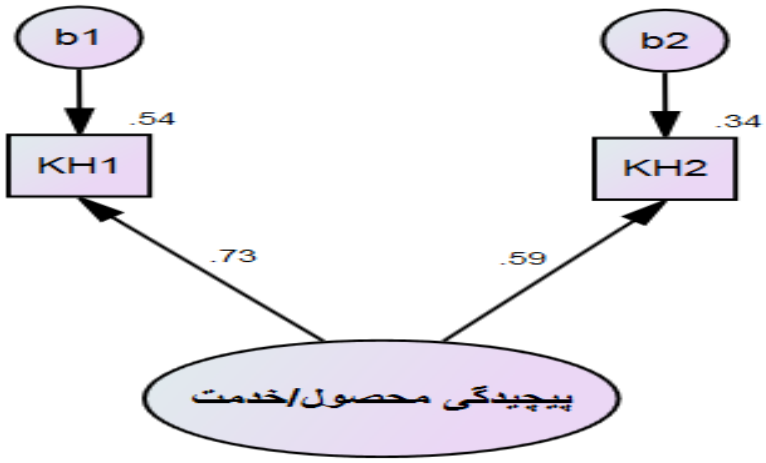
شکل ۱۰- مدل تحلیل عاملی تاییدی بعد پیچیدگی اطلاعاتی پروژه

جدول ۹- بررسی بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها برای بعد پیچیدگی اطلاعاتی پروژه

شاخص‌ها	بار عاملی	سطح معناداری	نتیجه
۱- عدم اطمینان اطلاعات	۰/۶۳۱	۰/۰۰۱	مناسب
۲- تعداد سیستم های اطلاعاتی	**۰/۸۱۹**	۰/۰۰۱	مناسب
۳- انواع سیستم های اطلاعاتی که باید ترکیب شوند	**۰/۸۸۶**	۰/۰۰۱	مناسب
۴-ظرفیت انتقال اطلاعات	۰/۵۸۱	۰/۰۰۱	مناسب
۵-سطح اطلاعات پردازش	**۰/۶۹۱**	۰/۰۰۱	مناسب
۶-درجه دریافت اطلاعات	۰/۴۳۵	۰/۰۰۱	مناسب

۴-۷-تحلیل عاملی تاییدی پرسشنامه پژوهش (بعد پیچیدگی محصول/خدمت)

همان‌طور که از خروجی نرم‌افزار مشاهده می‌گردد، مدل اصلی تحلیل عاملی تاییدی بعد "پیچیدگی محصول/خدمات پروژه" ارائه شده به صورت **شکل ۱۱**، است. **جدول ۱۰**، نیز شاخص‌های مناسب بودن بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها پیچیدگی محصول/خدمات پروژه را نشان می‌دهد. در این بخش "محصولات بسیار سفارشی" دارای بیشترین عاملی بودند.



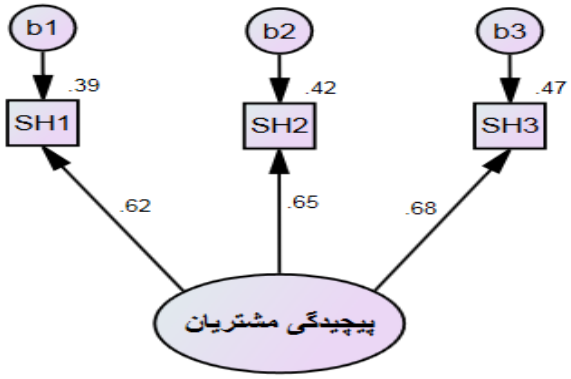
شکل ۱۱- مدل تحلیل عاملی تاییدی بعد پیچیدگی محصول/خدمت پروژه

جدول ۱۰- بررسی بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها برای بعد پیچیدگی محصول/خدمت پروژه

شاخص‌ها	بار عاملی	سطح معناداری	نتیجه
۱- محصولات بسیار سفارشی	**۰/۷۳۲**	۰/۰۰۱	مناسب
۲- انواع اجزاء محصول	۰/۵۸۶	۰/۰۰۱	مناسب

۴-۸-تحلیل عاملی تاییدی پرسشنامه پژوهش (بعد پیچیدگی مشتریان)

همان‌طور که از خروجی نرم‌افزار مشاهده می‌گردد، مدل اصلی تحلیل عاملی تاییدی بعد "پیچیدگی مشتریان پروژه" ارائه شده به‌صورت **شکل ۱۲** است. **جدول ۱۱**، شاخص‌های مناسب بودن بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها پیچیدگی مشتریان پروژه را نشان می‌دهد. در این بخش "تعدد تامین‌کننده، پیمانکار یا فروشنده" بیشترین بار عاملی را دارا بود.



شکل ۱۲- مدل تحلیل عاملی تاییدی بعد پیچیدگی مشتریان پروژه

جدول ۱۱- بررسی بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها برای بعد پیچیدگی مشتریان پروژه

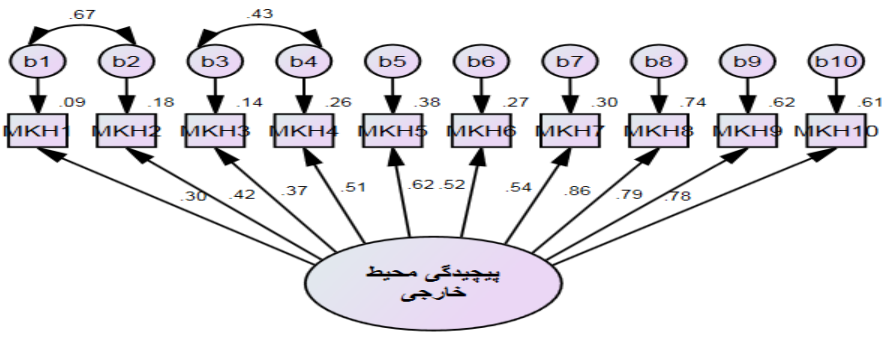
شاخص‌ها	بار عاملی	سطح معناداری	نتیجه
۱-شفافیت مشتری، همدلی (موضوع شخصی و ناملموس که همکاری را بهبود می‌بخشد)	۰/۶۲۴	۰/۰۰۱	مناسب
۲-مشتریان با اهداف غیر واقعی	۰/۶۴۹	۰/۰۰۱	مناسب
۳- تعدد تامین کنندگان، پیمانکاران یا فروشندگان	**۰/۶۸۴**	۰/۰۰۱	مناسب

۴-۹-تحلیل عاملی تاییدی پرسشنامه پژوهش (بعد پیچیدگی محیط خارجی)

همان‌طور که از خروجی نرم‌افزار مشاهده می‌گردد، مدل اصلی تحلیل عاملی تاییدی بعد "پیچیدگی محیط خارجی پروژه" ارائه شده به‌صورت **شکل ۱۳**، است، **جدول ۱۲** شاخص‌های مناسب بودن بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها پیچیدگی محیط خارجی پروژه را نشان می‌دهد. در این بخش ۳ عامل از میان ۱۰ عامل بیشترین بار عاملی را دارا بودند.

۴-۱۰-تحلیل عاملی تاییدی گروه‌های فرایندی پرسشنامه پژوهش

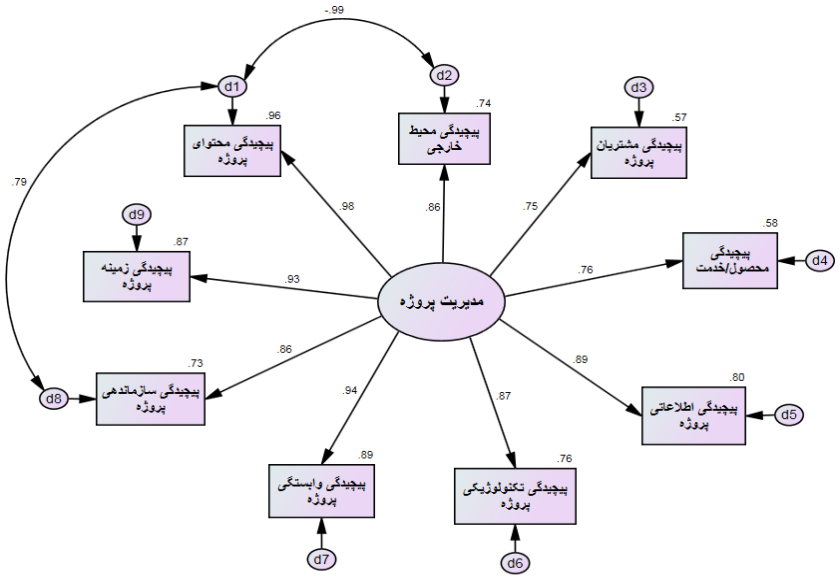
همان‌طور که از خروجی نرم‌افزار مشاهده می‌گردد، مدل اصلی تحلیل عاملی تاییدی کلیه گروه‌های فرایندی تشکیل‌دهنده پیچیدگی پروژه ارائه شده به صورت **شکل ۱۴** است. **جدول ۱۳**، شاخص‌های مناسب بودن بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها پیچیدگی پروژه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳- مدل تحلیل عاملی تاییدی بعد پیچیدگی محیط خارجی پروژه

جدول ۱۲- بررسی بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها برای بعد پیچیدگی محیط خارجی پروژه

شاخص‌ها	بار عاملی	سطح معناداری	نتیجه
۱- عدم اطمینان بازار	۰/۳۰۱	۰/۰۰۱	مناسب
۲- قوانین و مقررات محلی	۰/۴۲۵	۰/۰۰۱	مناسب
۳- سطح رقابت	۰/۳۶۹	۰/۰۰۱	مناسب
۴- سیاست خارجی موضوع	۰/۵۱۳	۰/۰۰۱	مناسب
۵- کشورهای مختلف چندگانه / محل	۰/۶۱۷	۰/۰۰۱	مناسب
۶- محیط همسایه (از جمله دسترسی به سایت / مکان)	۰/۵۲۰	۰/۰۰۱	مناسب
۷- قدرت اتحادیه	۰/۵۴۴	۰/۰۰۱	مناسب
۸- محیط زیست تغییر تکنولوژی، اقتصاد و طبیعت	**۰/۸۵۹**	۰/۰۰۱	مناسب
۹- تعداد افراد دولتی که در پروژه ها شرکت دارند	**۰/۷۸۹**	۰/۰۰۱	مناسب
۱۰- قوانین و مقررات جدید	**۰/۷۸۲**	۰/۰۰۱	مناسب



شکل ۱۴-مدل کلی تحلیل عاملی تاییدی گروه‌های فرایندی پیچیدگی پروژه

جدول ۱۳- بررسی بارعاملی و معناداری سوالات با مولفه‌ها برای بعد پیچیدگی پروژه

شاخص‌ها	بار عاملی	سطح معناداری	نتیجه
۱- پیچیدگی محتوای پروژه	۰/۹۸۰	۰/۰۰۱	مناسب
۲-پیچیدگی وابستگی پروژه	۰/۹۴۳	۰/۰۰۱	مناسب
۳- پیچیدگی زمینه پروژه	۰/۹۳۰	۰/۰۰۱	مناسب
۴-پیچیدگی اطلاعاتی پروژه	۰/۸۹۵	۰/۰۰۱	مناسب
۵-پیچیدگی تکنولوژیکی پروژه	۰/۸۷۲	۰/۰۰۱	مناسب
۶-پیچیدگی محیط خارجی	۰/۸۶۳	۰/۰۰۱	مناسب
۷-پیچیدگی سازماندهی پروژه	۰/۸۶۰	۰/۰۰۱	مناسب
۸-پیچیدگی محصول/خدمت	۰/۷۶۴	۰/۰۰۱	مناسب
۹-پیچیدگی مشتریان پروژه	۰/۷۵۴	۰/۰۰۱	مناسب

۴-۱۱- پایایی پژوهش *(Reliability)*

قابلیت اعتماد یا پایایی یکی از ویژگی‌های فنی ابزار اندازه‌گیری است. مفهوم یاد شده به این موضوع اشاره دارد که ابزار اندازه‌گیری در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسانی می‌دهد. دامنه قابلیت اعتماد از صفر (عدم ارتباط) تا ۱+ (ارتباط کامل) است. پایایی پژوهش بیان‌گر قابلیت تکرار و همسان در روش‌ها، شرایط و نتایج آن است. اگر پژوهشی پایایی نداشته باشد، به سختی می‌توان نتایج را با اطمینان تفسیر کرد یا آن‌ها را به شرایط دیگر تعمیم داد *(Kline, 2014)*. برای تعیین پایایی، روش‌های مختلفی وجود دارد. در پژوهش حاضر برای مشخص‌شدن پایایی پرسش‌نامه از ضریب آلفای کرونباخ طبق فرمول (۲) استفاده شده است که یکی از روش‌های همسانی درونی است. بدین منظور با استفاده از داده‌های بدست آمده از پرسشنامه‌ها و به کمک نرم‌افزار آماری *SPSS* میزان ضریب اعتماد با روش آلفای کرونباخ محاسبه گردید. طبق یافته‌های **جدول ۱۴**، ضرایب پایایی برای کل پرسشنامه و ابعاد آن‌ها محاسبه گردید که همگی بالاتر از ۰/۷ بوده و نشان از دقت بالای ابزار اندازه‌گیری مورد استفاده در این پژوهش دارد.

$$r_a = \frac{j}{j-1}\left(1 - \frac{\sum {S_j}^2}{S^2}\right) \qquad (۲)$$

ra: ضریب روایی

J: تعداد زیر مجموعه سؤال‌های پرسش‌نامه یا آزمون

S_j^2 : واریانس زیر آزمون J ام

S^2 : واریانس کل آزمون

جدول ۱۴- ضریب آلفای کرونباخ پرسش‌نامه مدیریت پروژه

ابعاد پرسشنامه	ضریب آلفای کرونباخ	تعداد گویه‌ها
۱- پیچیدگی محتوای پروژه	۰/۹۴۶	۳۴
۲- پیچیدگی زمینه پروژه	۰/۹۴۱	۲۷
۳-پیچیدگی سازماندهی پروژه	۰/۸۶۶	۱۱
۴-پیچیدگی وابستگی پروژه	۰/۸۹۰	۱۲
۵-پیچیدگی تکنولوژیکی پروژه	۰/۷۶۱	۶
۶-پیچیدگی اطلاعاتی پروژه	۰/۸۴۷	۶
۷-پیچیدگی محصول/خدمت	۰/۷۹۰	۲
۸-پیچیدگی مشتریان پروژه	۰/۷۸۰	۳
۹-پیچیدگی محیط خارجی	۰/۸۵۹	۱۰
کل ابعاد	**۰/۹۸۳**	**۱۱۱**

۵- نتیجه‌گیری

پیچیدگی اتفاقی از قبل تعیین‌شده یا برنامه‌ریزی شده در خلال پروژه نیست. در هر مقطع از زمان و یا در هر بخش از چرخه عمر ممکن است، پروژه را تحت تاثیر قرار دهد. "ابهام" در بخش‌های مختلف پروژه از مهم‌ترین ویژگی پروژه پیچیده است، عدم قطعیت و ابهام *(Uncertainty and ambiguity)* می‌توانند با هم ترکیب شوند و روابط علت و معلولی را تا حدی محو کنند که احتمال و شدت اثر ریسک‌ها را در آن نتوان به درستی تعریف کرد. پس اساسا هدایت و مدیریت این‌گونه پروژه‌ها تنها از طریق شناخت و کنترل ماهیت عناصر تشکیل‌دهنده ابهام، قابل انجام است. وظیفه تیم پروژه این است که این عناصر را در پروژه، با نگاه مستمر به اجزا و همچنین کل پروژه را به‌عنوان یک سیستم شناسایی کنند. داشتن دانش تفکر سیستمی، دانش در مورد پیچیدگی، تجربه‌کاری در پروژه‌های مشابه، یادگیری مستمر در ارتباط با تعاملات پروژه و افزایش دانش تیم پروژه در ارتباط با هدایت پروژه در هنگام ظهور پیچیدگی بسیار مهم است، پروژه‌های سد و تونل همواره به دلیل داشتن عدم قطعیت‌های بسیار و ناشناخته‌های فراوان در چرخه عمر خود، در معرض پیچیدگی هستند و اگر به این شرایط، عدم

قطعیت در محیط پروژه را نیز اضافه شود پیچیدگی در پروژه بسیار محتمل‌تر خواهد شد. در این تحقیق به‌منظور شفاف‌سازی موضوع، در یک مطالعه سیستماتیک، موضوع پیچیدگی مورد بررسی و کاوش قرار گرفته است. با استناد به مطالعات انجام شده تعریف جدیدی برای پیچیدگی ارایه شده است: "هرگاه مجموعه‌ای متشکل از عوامل متعدد و گوناگون، در مقیاس‌های متفاوت، وجود داشته باشند که بین این عوامل وابستگی ذاتی و جدایی‌ناپذیر وجود داشته باشد و در روابط و دستاوردهای این مجموعه درجاتی از ابهام وجود داشته باشد و نتوان با حذف و قطع برخی از مؤلفه‌ها و اعضا، به کوچک‌تر ساختن آن مجموعه پرداخت، با پیچیدگی روبرو هستیم". در ادامه در میان تلاش‌های متعددی که برای یافتن عوامل و فاکتورهای پیچیدگی در مطالعات گوناگون انجام شده بود، ۱۵۵ عامل که بیشترین ارجاعات را در مقالات مختلف داشتند، لیست شده و در طی دو مرحله غربالگری توسط پرسشنامه، با بهره‌گیری از نظرات طیف بزرگی از خبرگان و کارشناسان در نهایت ۴۰ عامل که دارای بار عاملی بیشتر از ۰/۶۵ بودند، به‌عنوان مهم‌ترین عوامل شناسایی شدند. با استفاده از مدل معادلات ساختاری، مدل ارتباطی هر گروه مشخص شده و روابط داخلی آن‌ها بررسی شده است. این عوامل نیازمند پایش و نظارت‌های مستمر توسط تیم پروژه هستند و کنترل آنها در هدایت و راهبری پیچیدگی در پروژه‌های سد و تونل می‌تواند در کاهش بخشی از عدم قطعیت و ابهامات ایجادشده کارساز باشد. مطابق با **جدول ۱۳**، از نظر خبرگان و کارشناسان در پروژه‌های تونلی ایران، از میان ۹ شاخص مورد بررسی، سه شاخص پیچیدگی محتوا، وابستگی و زمینه، دارای بار عاملی بیشتر از ۰/۹ بودند که نشان‌دهنده اهمیت بیشتر این شاخص‌ها است. همچنین با توجه به **شکل ۱۳**، وجود ارتباط میان شاخص‌های محتوا، محیط خارجی و سازماندهی نشان‌دهنده تاثیرپذیری این شاخص‌ها از همدیگر در پروژه‌های تونلی ایران و به تبع نیازمندی پایش دقیق آن توسط مدیران پروژه است. از خبرگان خواسته شده به‌منظور هدایت این‌گونه پروژه‌ها پیشنهاداتی در خصوص شاخص‌ها و عوامل ارائه دهند که دارای بیشترین بار عاملی هستند. به عنوان نمونه در بررسی شاخص‌های محیط خارجی پروژه، بیشترین بار عاملی را افراد (نهادهای) دولتی که درگیری در پروژه داشتند، پیشنهاد دادند. پیشنهادات به این صورت بوده که در ابتدای پروژه، مطابق با تجربیات پروژه‌های مشابه، نهادهای مرتبط به‌عنوان ذینفعان خارجی شناسایی شده و برنامه تحلیل ذینفعان قبل از اجرا تدوین گردد. در گروه مشتریان تعدد پیمانکاران و تامین‌کنندگان با تدوین رویه‌های مربوطه جهت تقلیل تعدد آنها عمل شود. در بعد پیچیدگی محصول، محصولات بسیار سفارشی (به‌عنوان نمونه دستگاه‌های خاص حفاری تونل و ...) از قبل طراحی و برنامه تامین آن تدوین گردد و .... این رویه می‌تواند در تمامی پروژه‌های مشابه تکرار شود و پیش‌بینی می‌شود، پایش این ۴۰ فاکتور باقیمانده در ۹ شاخص معرفی شده، می‌تواند در هدایت پیچیدگی در پروژه‌های سد و تونل ایران مفید باشد. نکته قابل توجه در پایان این تحلیل‌ها، تفاوت میان برخی رتبه‌بندی‌های انجام شده در مقالات اشاره شده در ادبیات تحقیق، با نظرات کارشناسان و خبرگان صنعت سد و تونل ایران است. برای مثال در **جدول ۶**، بار عاملی "حساسیت در مورد اینترفیس‌های سازمان پروژه" (عدد ۰/۷۲۹) از "صلاحیت مدیر پروژه" (عدد۰/۶۹۷) بیشتر است که دلیل این امر را می‌توان وجود عدم قطعیت‌ها و ابهامات در سازمان‌دهی پروژه‌های سد و تونل در ایران (ناشی از تعاملات و فرهنگ حاکم بر ساختارهای سازمانی کارفرمایی، تنوع مجموعه‌های اجرایی پیمانکاری در تعاملات با مجموعه‌های نظارتی و ....) دانست که این نکته خود نیازمند مطالعه و تحقیقات بیشتری است. به مدیران پروژه‌های سد و تونل پیشنهاد می‌گردد، قبل از انجام برنامه‌ریزی‌های اولیه پروژه‌های خود، این عوامل را مطالعه و راهکارهای لازم در خصوص شاخص‌ها با بار عاملی بالا را از قبل مدنظر قرار دهند. همچنین برای تحقیقات آتی، مطالعه بر روی ارتباط این عوامل با عملکرد پروژه‌های پیچیده و انحرافات محدوده، هزینه و زمان، پیشنهاد می‌شود.

۶- سپاسگزاری

در ابتدا از مدیر عامل محترم شرکت گروه فراب جناب آقای دکتر وکیلی و سپس از تمامی مدیران و کارشناسان شاغل در این شرکت که به عنوان مجری پروژه اوماویا در تمام مراحل این مطالعه ما را یاری رساندند، کمال تقدیر و تشکر را داریم.

۷- مراجع

Ashby, W. R., & Goldstein, J. (2011). Variety, constraint, and the law of requisite variety. Emergence: Complexity and Organization, 13(1/2), 190.

Baccarini, D. (1996). The concept of project complexity—a review. International journal of project management, 14(4), 201-204.

Bakhshi, J. (2016). Exploring project complexities and their problems: a critical review of the literature (Doctoral dissertation).

Bakhshi, J., Ireland, V., & Gorod, A. (2016). Clarifying the project complexity construct: Past, present and future. International journal of project management, 34(7), 1199-1213.

Bjorvatn, T., & Wald, A. (2018). Project complexity and team-level absorptive capacity as drivers of project management performance. International Journal of Project Management, 36(6), 876-888.

Bosch-Rekveldt, M., Bakker, H., & Hertogh, M. (2018). Comparing project complexity across different industry sectors. Complexity, 2018

Bosch-Rekveldt, M., Jongkind, Y., Mooi, H., Bakker, H., & Verbraeck, A. (2011). Grasping project complexity in large engineering projects: The TOE (Technical, Organizational and Environmental) framework. International Journal of Project Management, 29(6), 728-739.

Brown, T. A. (2015). Confirmatory factor analysis for applied research. Guilford publications.

Butler, C. W., Vijayasarathy, L. R., & Roberts, N. (2020). Managing software development projects for success: Aligning plan-and agility-based approaches to project complexity and project dynamism. Project Management Journal, 51(3), 262-277

Chapman, R. J. (2016). A framework for examining the dimensions and characteristics of complexity inherent within rail megaprojects. International Journal of Project Management, 34(6), 937-956.

Cicmil, S., & Marshall, D. (2005). Insights into collaboration at the project level: complexity, social interaction and procurement mechanisms. Building research & information, 33(6), 523-535.

Clark, J. M. (2021). The Extent of Project Management Competencies and Project Complexity on Project Success: A Correlational Study (Doctoral dissertation, Capella University).

Geraldi, J., Maylor, H., & Williams, T. (2011). Now, let's make it really complex (complicated): A systematic review of the complexities of projects. International journal of operations & production management.

Gerbing, D. W., & Hamilton, J. G. (1996). Viability of exploratory factor analysis as a precursor to confirmatory factor analysis. Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal, 3(1), 62-72.

Geraldi, J., Maylor, H., & Williams, T. (2011). Now, let's make it really complex (complicated): A systematic review of the complexities of projects. International journal of operations & production management.

Gharajedaghi, J. (2011). Systems thinking: Managing chaos and complexity: A platform for designing business architecture. Elsevier

Glouberman, S., & Zimmerman, B. (2016). 1 Complicated and Complex Systems: What Would Successful Reform of Medicare Look Like? (pp. 21-53). University of Toronto Press.

Gorod, A., Gandhi, S. J., Sauser, B., & Boardman, J. (2008). Flexibility of system of systems. Global Journal of Flexible Systems Management, 9(4), 21-31.

Gorod, A., Hallo, L., Ireland, V., & Gunawan, I. (Eds.). (2019). Evolving Toolbox for Complex Project Management. CRC Press.

Grisogono, A. M. (2006). The implications of complex adaptive systems theory for C2. DEFENCE SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANISATION EDINBURGH (AUSTRALIA) LAND OPERATIONS DIV.

Hatch, M. J. (2018). Organization theory: Modern, symbolic, and postmodern perspectives. Oxford university press.

Hartono, B. (2018), "From project risk to complexity analysis: a systematic classification", International Journal of Managing Projects in Business, Vol. 11 No. 3, pp. 734-760

Heale, R., & Twycross, A. (2015). Validity and reliability in quantitative studies. Evidence-based nursing, 18(3), 66-67.

He, Q., Luo, L., Hu, Y., & Chan, A. P. (2015). Measuring the complexity of mega construction projects in China—A fuzzy analytic network process analysis. International journal of project management, 33(3), 549-563.

Higgins, J.P.T. & Green, S ,(2008). Cochrane handbook for systematic reviews of interventions, Wiley Online Library

Ireland, V. (2013). Exploration of complex system types. Procedia Computer Science, 20, 248-255.

Ireland, V., White, B. E., Gandhi, S. J., Sauser, B., & Gorod, A. (2015). Relevant aspects of complex systems from complexity theory. Case Studies in System of Systems, Enterprise Systems, and Complex Systems.

Jaafari, A. (2003). Project management in the age of complexity and change. Project management journal, 34(4), 47-57.

Jaber, H., Marle, F., Vidal, L. A., Sarigol, I., & Didiez, L. (2021). A Framework to Evaluate Project Complexity Using the Fuzzy TOPSIS Method. Sustainability, 13(6), 3020.

Jamshidi, M. O. (2008). System of systems engineering-New challenges for the 21st century. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 23(5), 4-19.

Kerzner, H. (2022). Project management metrics, KPIs, and dashboards: a guide to measuring and monitoring project performance. John Wiley & Sons.

Kermanshachi, S., Dao, B., Rouhanizadeh, B., Shane, J., & Anderson, S. (2020). Development of the project complexity assessment and management framework for heavy industrial projects. International Journal of Construction Education and Research, 16(1), 24-42.

Kline, P. (2014). An easy guide to factor analysis. Routledge.

Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. Personnel psychology, 28(4), 563-575.

Little, T. (2005). Context-adaptive agility: managing complexity and uncertainty. IEEE software, 22(3), 28-35.

Luo, L., Zhang, L. and He, Q. (2020), "Linking project complexity to project success: a hybrid SEM–FCM method", Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 27 No. 9, pp. 2591-2614.

Luo, L., He, Q., Jaselskis, E.J. and Xie, J. (2017), "Construction project complexity: research trends and implications", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 143 No. 7, 04017019.

Makui, A., Zadeh, P., Bagherpour, M., & Jabbarzadeh, A. (2018). A structural equation modeling approach to examine the relationship between complexity factors of a project and the merits of project manager. Journal of Project Management, 3(1), 1-12.

Ma, L., & Fu, H. (2020). Exploring the influence of project complexity on the mega construction project success: a qualitative comparative analysis (QCA) method. Engineering, Construction and Architectural Management.

Mamédio, D.F. and Meyer, V. (2020), "Managing project complexity: how to cope with multiple dimensions of complex systems", International Journal of Managing Projects in Business, Vol. 13 No. 4, pp. 727-744.

Maylor, H., & Turner, N. (2017). Understand, reduce, respond: project complexity management theory and practice. International Journal of Operations & Production Management.

Melchers, R. E., & Beck, A. T. (2018). Structural reliability analysis and prediction. John wiley & sons.

Mikkelsen, M. F. (2018). In search of project leadership principles for navigating the complexity of IT projects.

Norman, D. O., & Kuras, M. L. (2006). Engineering complex systems. In Complex Engineered Systems (pp. 206-245). Springer, Berlin, Heidelberg.

PMI, P. (2013). PMI's Pulse of the Profession In-Depth Report: navigating complexity. Newtown Square, PAcitation, Etats-Unis.

Qiu, Y., Chen, H., Sheng, Z., & Cheng, S. (2019). Governance of institutional complexity in megaproject organizations. International journal of project management, 37(3), 425-443

Sauser, B., Boardman, J., & Gorod, A. (2009). System of systems management. System of systems engineering: innovations for the 21st century, 191-217.

Sridarran, P., Keraminiyage, K. and Herszon, L. (2017), "Improving the cost estimates of complex projects in the project-based industries", Built Environment Project and Asset Management , Vol. 7 No. 2, pp. 173184

Snowden, D. J., & Boone, M. E. (2007). A leader's framework for decision making. Harvard business review, 85(11),68.

success analysis framework: a knowledge-based approach in project management", International Journal of Project Management, Vol. 33 No. 4, pp. 772-783.

Todorovi_c, M.L., Petrovi_c, D._C., Mihi_c, M.M., Obradovi_c, V.L. and Bushuyev, S.D. (2015), "Project

Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. British journal of management, 14(3), 207-222.

Thomas, J., & Mengel, T. (2008). Preparing project managers to deal with complexity–Advanced project management education. International journal of project management, 26(3), 304-315.

Turner, J. R., & Cochrane, R. A. (1993). Goals-and-methods matrix: coping with projects with ill defined goals and/or methods of achieving them. International Journal of project management, 11(2), 93-102.

Turner, N., Aitken, J. and Bozarth, C. (2018), "A framework for understanding managerial responses to supply chain complexity", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 38 No. 6, pp. 1433-1466.

Vidal, L. A., Marle, F., & Bocquet, J. C. (2007). Modelling project complexity. In DS 42: Proceedings of ICED 2007, the 16th International Conference on Engineering Design, Paris, France, 28.-31.07. 2007 (pp. 625-626).

Vidal, L. A., & Marle, F. (2008). Understanding project complexity: implications on project management. Kybernetes.

Vidal, L. A., Marle, F., & Bocquet, J. C. (2011). Measuring project complexity using the Analytic Hierarchy Process. International Journal of Project Management, 29(6), 718-727.

Williams, T. M. (1999). The need for new paradigms for complex projects. International journal of project management, 17(5), 269-273.