فصلنامه علمی-پژوهشی
جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)
سال ۱۲، شماره ۱، زمستان ۱۴۰۰
صص: ۱۰۷۶-۱۰۵۲

بررسی مفهوم سیستم‌های فنی اجتماعی پیچیده(CSS) با رویکرد ماکروارگونومی در راستای جغرافیای اجتماعی و توسعه منطقه ای

محمد حامد توکلی

دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران

مژده ربانی[۱]

استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران

حسن دهقان دهنوی

دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران

ابوالفضل صادقیان

استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۰۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۲

چکیده

هر درکی که از اجتماع و منطقه داشته باشیم، می‌تواند تصمیم‌های استراتژیک منطقه ای و سازمانی ما را به عنوان یک خرده اجتماع متحول کند . مفهوم پیچیدگی به عنوان یکی از فاکتورهای اساسی در برنامه ریزی استراتژیک و منطقه ای می باشد که بسیاری از جوامع را درگیر خود کرده و بی توجهی به آن می‌تواند عواقب بدی برای این جوامع داشته باشد . هر سیستمی که تعداد زیادی مولفه برهمکنشی داشته باشد، یک سیستم پیچیده است. دستیابی به توسعه منطقه ای بدون در نظر گرفتن پیچیدگی های اجتماعی ، جغرافیایی و فنی امکان پذیر نمی باشد . در این پژوهش با بررسی وسیع ادبیات های موجود عوامل موثر بر مفهوم پیچیدگی را با استفاده از تحلیل عاملی اکتشافی استخراج می کنیم و سپس این عوامل را در قالب سیستم های ماکروارگونومی که به عنوان سیستم های فنی اجتماعی می باشند ، با استفاده از تحلیل عاملی تاییدی مورد بررسی قرار داده و سپس با استفاده از تکنیک دیمتل متغیرهای تاثیر گذار را به عنوان متغیرهای یک سیستم فنی اجتماعی پیچیده استخراج می شوند بعد از طی کردن مراحل گفته شده نتایج نشان داد متغیرهای موثر بر پیچیدگی سیستم های ماکروارگونومی به عنوان یک سیستم فنی اجتماعی، شامل : تعدد عناصر اجتماعی ، تعدد عناصر کاری سازمان ، تنوع عناصر فنی ، عوامل غیر منتظره اجتماعی ، عوامل غیر منتظره کاری سازمان ، تاب آوری محیط خارجی می باشند، در نتیجه برای تطبیق پذیری بیشتر جامعه با محرکهای داخلی و محیطی و همچنین در جهت توسعه اجتماعی و منطقه ای می بایست این عوامل را مد نظر قرار داد تا یک جامعه در یک جغرافیای اجتماعی مناسب بتواند به بقای خود ادامه دهد .

کلیدواژگان: ***پیچیدگی، فنی اجتماعی، جغرافیای اجتماعی، ماکروارگونومی،توسعه منطقه ای.***

۱. **نویسنده مسئول:** mrabbani@iauyazd.ac.ir

مقدمه

در جهت توسعه منطقه ای توجه به زیر سیستم ها و داشتن تفکر سیستمی اجتناب ناپذیر است در واقع یک مسئله بنیادی محسوب می شود ، توسعه بدون توجه به جغرافیای اجتماعی و عوامل تاثیر گذار بر آن نشدنی می باشد .بعد از دهه ۵۰ میلادی که مفهوم سیستم‌های فنی اجتماعی توسط تریست و امری (۱۹٦۰) مطرح شد، طی دو دهه اخیر با ظهور سیستمهای پیچیده بزرگ مقیاس، مدل سازی سیستمهای پیچیده فنی اجتماعی بیش از پیش مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است(Trist & Emery :1960) منظور از سیستم‌های پیچیده فنی اجتماعی، کلاسی از سیستمها است که شامل فراورده‌های فنی جای گرفته در یک شبکه اجتماعی هستند و از آن یک فراورده فنی اجتماعی پیچیده معمولاً در مقیاس بزرگ پدید می‌آید(Bijker,2012).

استفاده از روش¬های منفرد به دلیل نقاط ضعف موجود در هر یک از روشها، از جمله توجه به یک جنبه خاص از سیستمها و پیچیدگی مدل سازی سیستم‌های فنی اجتماعی، مورد نقد بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است (Wu & Chang et al, 2008:53). (Jackson, 1999:12) (Howick & Ackermann, 2011:503). از اینرو طی سال¬های اخیر به رویکردهای ترکیبی توجه ویژه‌ای شده است. بر اساس قانون شرط لازم تنوع اشبی (۱۹۵۷) فائق آمدن بر پیچیدگی بالای سیستم‌های فنی اجتماعی نیازمند یک سطح مشابه در پیچیدگی در روش¬های مدل سازی چنین سیستم¬هایی است؛ بنابراین لازم است تا رویکردها و مدل‌هایی ارائه شوند تا در یک نگاه کلی نگر ابعاد مختلف این سیستمها و پیچیدگی¬های آن‌ها را به خوبی مدل سازی کنند(Wu et al,2015:14). با وجود آنکه دیدگاه¬ها و روش‌های منفرد ممکن است به خوبی در هر حوزه علمی توسعه داده شده باشند، یکپارچه کردن آن‌ها در قالب یک رویکرد جامع ضروری است تا به طور اثربخشی بتوان ابعاد مختلف فنی، انسانی، اجتماعی و عدم اطمینان چنین سیستم¬هایی را مدل سازی کرد (محقر و همکاران ،۱۳۹۷ :۹) . جامعه پیچیده، به اداره پیچیده نیاز دارد و این پیچیدگی، در سیر صدور فرمان از صدر به ذیل جامعه فزونی می‌یابد و بر ستونها و ردیفهای سلسله مراتب افقی و عمودی می‌افزاید. حاصل این پیچیدگی روزافزون، شکل گیری دستگاه اداری از هم گسیخته و نامتوازنی است که هیچ شباهتی با مدل آرمانی بوروکراسی ندارد. به طور منطقی، وقتی که هیچ متخصصی نتواند ابعاد و جنبه‌های این موجودیت بی سر و بن را شناسایی کند، هیچ کس قادر به راهبری و اداره آن نخواهد بود. درحالیکه ما در جامعه امروز، ناگزیر از شناسایی و اداره آنیم (پور عزت و سید رضایی ، ۱۳۹٦) بنابراین پیچیدگی، مقوله نام آشنایی است که لزوم شناخت، تعریف ومحرکهای ایجاد آن در سازمانهای دولتی، احساس می‌شود. بسیاری، علل پیچیدگی سازمانی را در سرعت تغییرات دنیای امروز دانسته و معتقدند «سرعت تغییرات در مواجهه با سازمانهای امروزی پیچیدگی را به چشم انداز سازمان افزوده است» (Donkor & Zhou , 2019 : 139) برای رویارویی با آن » خواستار رهبری انعطاف پذیرتر و انطباقی «هستند. اینان پیشنهاد می‌کنند: «کاربرد ناکافی مدلهای رهبری سنتی، نیاز به توسعه مدلهای مدیریتی جدید برای حل چالش‌های سازمانی پیچیده را نشان می‌دهد« اگرچه، درک مفهوم پیچیدگی عملکرد سازمان، یک نگرانی کلیدی در تحقیقات مدیریتی(Larsen et al,2019: 221) باید اذعان کرد که بسیاری از محققان نظریه پیچیدگی را با تاکید بر غیرخطی بودن و پیش¬بینی ناپذیر بودن پذیرفته‌اند Tourish,2018).) این نشان می‌دهد که مقوله پیچیدگی در سازمان¬ها به ویژه در سازمان¬های دولتی می‌تواند جایگاه خطیری داشته باشد(صحرایی و همکاران ،۱۳۹۹ : ۲٤۱) .

امروز علاقه بسیار رایج و علمی به مفهوم پیچیدگی، آن را به یکی از گسترده‌ترین حوزه‌های تحقیقات علمی تبدیل کرده است. رویکرد کلی به پیچیدگی این است که، جهان بسیار پیچیده است و سیستم‌ها برای کاهش آن به تعریف قوانین بسیار مقیدند(Woermann et al , 2018) : به پیچیدگی، تنها به عنوان یک واژه نگریسته نمی‌شود بلکه بسیاری از اندیشمندان آن را در حوزه علم قرار داده و با روش علمی بررسی کرده‌اند و بر ضرورت بهره مندی از آن تاکید می‌کنند (صحرایی و همکاران ،۱۳۹۹ : ۲٤۱).

همانگونه که در ادبیات‌ها مشاهده می‌کنیم پیچیدگی یکی از مفاهیمی است که بسیاری از سازمان¬ها را درگیر خود کرده و بی توجهی به آن می‌تواند عواقب بدی را برای سازمان¬ها داشته باشد حتی می‌تواند در این جهان رقابتی منجر به حذف سازمان یا شرکتی شود لذا توجه به این مفهوم می‌تواند دید بهتری به سازمان‌ها جهت شناسایی عوامل مؤثر بر آن بدهد. این در حالی است که می‌بایست سازمان را به عنوان یک سیستم فنی و اجتماعی در نظر گرفت که در حال تعامل‌های داخلی و خارجی می‌باشد و برای فائق آمدن بر مشکلات و پیشرفت نیاز دارد تمام جنبه‌ها و خرده سیستم‌های مؤثر بر سازمان را مورد رصد قرار دهد. از طرف دیگر یکی از رویکردهایی که در سیستم‌های فنی اجتماعی مورد توجه بوده است بحث ماکرو ارگونومی می‌باشد که توجه صاحب نظران و پژوهشگران را به جنبه‌های متفاوتی از سیستم جلب می‌کند لذا این پژوهش در نظر دارد مفهوم پیچیدگی را باز تعریف و ضمن شناسایی عوامل مؤثر بر آن کشف و سپس در قالب ماکروارگونومی این عوامل را بررسی کند سپس با استفاده از تکنیک دیمتل عواملی را که تأثیر گذاری و تأثیر پذیری بیشتری بر یکدیگر دارند را شناسایی کنیم. در نتیجه دید کلی و مدیریتی را به سازمان جهت فائق آمدن به پیچیدگی‌های تحمیل شده به بدنه سازمان به عنوان یک خرده اجتماع که در توسعه منطقه ای نقش مهمی دارد، می‌دهد.

پیچیدگی

اگرچه در مورد تعریف پیچیدگی اتفاق نظر وجود ندارد، معمولاً پذیرفته می‌شود که سیستم‌های پیچیده در نگاه کلی برخی از صفات به هم پیوسته، مانند تعداد زیادی از عناصر Jackson)(Carayon , 2006 : 525)(Cilliers , 1998) (12: 1999, ، خصوصیات اضطراری(Sweeney , 2006)(Erdi , 2008) ، پویایی غیر خطی)(Perrow , 1984) Snowden & Boone , 2007:68) حلقه‌های بازخورد Rebentisch et al)(Dekker , 2011)(Cilliers , 1998) (2017, و رفتار سازگار را دارا می‌باشند. سیستم‌های پیچیده ممکن است طبیعی باشند (به عنوان مثال سیستم‌های ترمودینامیکی و یا ارگانیسم انسانی) یا مصنوعی (به عنوان مثال گیاهان هسته‌ای؛ مامورت های فضایی و یا گیاهان شیمیایی) (Simon,1996)(Winter et al,2010:33)(Perrow , 1984). این مطالعه بر روی سیستمهای پیچیده فنی-اجتماعی (CSS)، که یک کلاس خاص از سیستم‌های پیچیده تطبیقی Hettingeret al ,2015:600)(Behdani,2012)). است که توسط افراد و فناوری متقابل تشکیل شده است تا به تولید خروجی مطلوب بپردازند (Soliman & Saurin, 2017:135). همچنین شایان ذکر است که تفاوت بین پیچیده و سیستم‌های پیچیده وجود دارد، گرچه ممکن است سیستمهای پیچیده هزاران قسمت داشته باشند، آن‌ها مجموعه‌ای از قوانین از پیش تعریف شده را دنبال می‌کنند (به عنوان مثال یک نرم افزار رایانه‌ای)، و فعل و انفعالات عمدتاً خطی هستند (Soliman & Saurin, 2017:135))

در مقابل، CSS را نمی‌توان کاملاً توصیف و از نظر ریاضی مدل سازی کرد، و رفتار آنها تا حدی غیرقابل پیش بینی است(Dekker,2011) .

محرک‌ها و متغیرهای بسیاری بر پیچیدگی سازمان‌ها موثرند تا آنجا که (صحرایی و همکاران) معتقدند از آنجا که مدیران سازمانهای دولتی با این محرک¬ها مواجه‌اند برای هدایت درست سازمان و توفیقات بیشتر در آینده، ناگزیر به شناسایی محرک¬های پیچیدگی سازمانی هستند، که هرچه توفیق در این زمینه بیشتر باشد میزان حرکت به سمت حکمرانی خوب بیشتر خواهد. بود. فلذا اعتقاد دارند پژوهش آنها با ارائه مدل محرک¬های پیچیدگی سازمانهای دولتی ایران توانسته است محرک¬های ایجاد پیچیدگی را احصا و ارائه نماید.

ماکرو ارگونومی و سیستم‌های فنی و اجتماعی

فراهم آوردن شرایط سازگاری کار، ماشین، محیط و سازمان با توانمندی¬های جسمی و روحی- روانی انسان از گام¬های اساسی برای بهبود مدیریت و افزایش بهره وری در هر سازمانی محسوب می‌گردد(Sadra & Jafarpour 2017:51,) . ماکروارگونومی از نظر مفهومی به عنوان رهیافت فنی اجتماعی بالا به پایین سیستم‌ها برای طراحی ساختارهای سازمانی سیستم کار و شغل‌های مربوط به تعاملات مربوط به انسان – ماشین، انسان – محیط و کاربر – سیستم تعریف می‌شود (Kleiner et al ,2006 :81). تمرکز اصلی ماکروارگونومی، کل سازمان و طراحی کاری را با فناوری مورد استفاده (و یا فناوری‌های که باید استفاده شود) بهم پیوند می‌دهد، در طراحی سیستم‌ها به منظور بهینه سازی عملکرد سیستم-انسان(Hendrick , 1997:594) و دستیابی به یک سیستم کاری کاملاً هماهنگ که منجر به رضایت شغلی و تعهد کارکنان شود. از این منظر، می‌توان از مدل¬های فنی - اجتماعی در تشخیص هر محیط ماشین-انسان پیچیده استفاده کرد که برای ارزیابی و طراحی بهینه سازمان و ساختار یک سیستم کاری مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۹]. اصطلاح "فنی اجتماعی " به ارتباط متقابل جنبه‌های اجتماعی و فنی یک شرکت مرتبط می‌شود. نظریه اجتماعی – فنی در دو اصل اصلی پایه گذاری شده است(Koyuncu et al,2011:89).

۱-تعامل عوامل اجتماعی و فنی که شرایط را برای عملکرد موفق سازمانی ایجاد و روابط علت و معلولی ایجاد می‌کند. ۲- بهینه سازی هر جنبه به تنهایی (اجتماعی یا فنی) نه تنها بر افزایش روابط غیرقابل پیش¬بینی و غیرقابل طراحی منجر می‌شود، بلکه به عملکرد سیستم نیز ضرر می‌رساند. در واقع بیان می‌شود که طراحی سازمان کاری اجتماعی- فنی و ماکروارگونومی ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر دارند(Ingelgard & Norrgren , 2001:93). به گفته(Wu et al,2008 :53) ، طراحی ساختار یک سیستم کار و فرآیندهای مربوط به آن شامل در نظر گرفتن پنج فاکتور مهم اجتماعی فنی یک سیستم است که بر تعاملات و طراحی بهینه سیستم‌های کاری تأثیر می‌گذارد که در شرکت نفوذ می‌کنند که شامل: زیر سیستم پرسنل، زیر سیستم سازمانی، زیر سیستم فناوری، زیر سیستم وظیفه و زیر سیستم محیطی. چقدر خوب زیر سیستم‌های فن آوری و پرسنل با توجه به یکدیگر و خواسته‌های محیط طراحی می‌شوند و تعیین می‌کند که سیستم کار تا چه اندازه می‌تواند اثربخش باشد Pasmore , 1988)). چالش اصلی این روش تعادل بخشیدن به تمام عناصر زیر سیستم در یک سیستم کاری کاملاً هماهنگ است تا هزینه‌های ناشی از ناسازگاری سیستم کاهش یافته یا از آن اجتناب شود. همه عناصر یک سیستم با هم تعامل دارند و هرگونه تغییر در یک زیر سیستم بر سایر عناصر و زیر سیستم‌ها تأثیر می‌گذارد(Brown & Harvey ,2011) (Appelbaum , 1997). می‌توان اظهار داشت که یک رویکرد ماکروارگونومی به بهبود بهره¬وری، کیفیت محصولات، سلامت و ایمنی

کارکنان و کیفیت زندگی کاری در یک سیستم کاری کمک می‌کند. با این حال، برای رسیدن به این، چنین رویکردی ماکروارگونومی باید شامل زیر سیستم پرسنل و تعامل آن با زیر سیستم‌های فنی، سازمانی و محیطی باشد(Kleiner et al ,2006 :8 1) .

در تکنولوژی ماکروارگونومی که تکنولوژی واسط انسان- سازمان- محیط- ماشین نامیده شده است، هر چهار جزء سیستم‌های اجتماعی فنی، در نظر گرفته شده‌اند، با این حال، در اینجا عمدتاً بر رابطه بین طراحی سازمانی با تکنولوژی بکاررفته در سیستم جهت بهینه سازی سیستم- تابع انسانی تاکید می‌شود. ماکروارگونومی به رویکرد سیستم اجتماعی فنی از بالا به پائین برای طراحی سیستم‌های کاری و کاربر طراحی کل سیستم کاری واسط‌های انسان- شغل، انسان- ماشین، و انسان- نرم افزار اتلاق می‌گردد. از طرف دیگر بر اساس (هندریک و کلاینر، ۲۰۰۰) اشکال موجود در چهار زیر سیستم که یک سیستم اجتماعی- فنی را تشکیل می‌دهند شامل (الف) زیر سیستم اجتماعی؛ (ب) زیر سیستم فنی؛ ج) زیر سیستم سازمان کار؛ و (د) زیر سیستم محیط خارجی می‌باشند.

امروزه با جهانی شدن سازمان¬ها و بازارها و همچنین پیچیدگی های مناسبات اجتماعی و جغرافیایی ، تمرکز بر رقابت پذیری به انعطاف پذیری و مهارت افزایش یافته و ساختارهای تطبیق¬پذیری نیازمند است. در جوامع امروز توسعه منطقه ای در گرو شناسایی عوامل موثر بر جغرافیای اجتماعی و فنی می باشد و نباید فراموش کرد که در شرایط امروز شناسایی عوامل پیچیدگی و پویایی و عوامل انسانی می تواند نقش بسزایی در رسیدن به توسعه بازی کند ،و در نتیجه مدیران و تصمیم گیران حوزه جغرافیای اجتماعی را برای مسائل مرتبط با سازمان¬های فراگیر و شبکه مانند انگیزه می‌دهد. از طرف دیگر جوامع به سوی جامعه‌ای منطقی مبتنی بر بازار کنترل شده به‌طور سازمانی، تغییر یافته است و همین جهانی شدن و افزایش رقابت بسیاری از پیش¬بینی‌های تصمیم گیران سازمان را دچار چالش کرده است پژوهشگران را در جهت کشف عوامل مؤثر بر پیچیدگی به تکاپو انداخته است. لذا این پژوهش بر آن است که عواملی که بر پیچیدگی‌ها و مناسبات آن‌ها تأثیر گذار هستند را کشف کنند و میزان عدم قطعیت‌ها را کاهش دهند. با توجه به تفکر سیستمی، سازمان نیز به عنوان یک سیستم کلی و یک خرده اجتماع با زیر سیستم‌های بسیاری تعامل دارد لذا بررسی پیچیدگی سازمان بدون در نظر گرفتن نقش سازمان در قالب یک سیستم پویا و منطقه ای غیر ممکن است. این پژوهش سعی دارد عوامل مؤثر بر مفهوم پیچیدگی را با زیر عامل‌های ماکروارگونومی ٤ گانه ای که هندریک و کلاینر در سال ۲۰۰۰ در کتاب خود منتشر کرده‌اند مورد بررسی قرار دهد.

این پژوهش از نظر هدف بنیادی می‌باشد این تحقیق از نوع تحقیقات نظری است که در آن محقق بدون داشتن یک هدف کاربردی خاص، صرفاً برای توسعه دانش به مطالعه می‌پردازد. هدف اساسی این نوع پژوهش تبیین روابط بین پدیده‌ها، آزمون نظریه‌ها و افزودن به دانش موجود در یک زمینه خاص است. از سوی دیگر با توجه به اینکه در این پژوهش از روش‌های مطالعه کتابخانه‌ای و نیز روش‌های میدانی نظیر پرسشنامه استفاده شده است، می‌توان بیان کرد که پژوهش حاضر بر اساس ماهیت و روش گردآوری داده‌ها، یک پژوهش توصیفی- همبستگی است. همچنین ماهیت متغیرها کیفی می‌باشند که از طریق ابزار پرسشنامه بصورت کمی تبدیل شده‌اند. این پژوهش شامل مراحل زیر می‌باشد: ۱- بررسی‌های کتابخانه‌ای و ادبیات‌های مرتبط با مفهوم پیچیدگی و سیستم‌های فنی اجتماعی ۲- استخراج گزاره‌های مهم از ادبیات‌ها و منابع موجود ۳- کشف عوامل با استفاده از تحلیل عاملی اکتشافی که در اینجا به دنبال بررسی داده‌های تجربی به منظور کشف و شناسایی شاخص‌ها و نیز روابط بین آن¬هاست و این کار را

بدون تحمیل هر گونه مدل معینی انجام می‌دهیم. به بیان دیگرتحلیل اکتشافی علاوه بر آنکه ارزش تجسسی یا پیشنهادی دارد می‌تواند ساختارساز، مدل ساز یا فرضیه ساز باشد ٤- تأیید عوامل پیچیدگی در قالب زیر عامل‌های ارگونومی با استفاده از تحلیل عاملی تاییدی که در اینجا به دنبال تهیه مدلی هستیم که فرض می‌شود داده‌های تجربی را بر پایه چند پارامتر نسبتاً اندک، توصیف تبیین یا توجیه می‌کند. این مدل مبتنی بر اطلاعات پیش تجربی درباره ساختار داده‌ها است در واقع در تحلیل عاملی تاییدی هدف اطمینان از یک ساختار عاملی منظم است. وقتی شما برای عوامل اصلی تحقیق خود گویه هایی را شناسایی کرده‌اید برای اطمینان از ساختار عاملی موجود از تحلیل عاملی تائیدی استفاده می‌شود. ۵- استخراج متغیرهای مؤثر بر پیچیدگی سیستم‌های فنی اجتماعی با استفاده از تکنیک دیمتل(DEMATEL) که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که برای شناسایی الگوی روابط علی میان متغیرهای مورد مطالعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع هدف تکنیک دیمتل شناسایی الگوی روابط علی میان یک دسته معیار است. این تکنیک شدت ارتباطات را به‌صورت امتیازدهی مورد بررسی قرار داده، بازخورها توأم با اهمیت آنها را تجسس نموده و روابط انتقال ناپذیر را می‌پذیرد(عطایی، ١٣٩٤) (قدسی‌پور، ۱۳۹۱). با بررسی ادبیات‌های موجود سعی شده است که گزاره‌هایی را که می‌تواند میزان پیچیدگی یک سازمان را شناسایی کند، استخراج کنیم. در واقع با بررسی ادبیات‌ها جنبه‌های کلیدی مؤثر بر پیچیدگی را مشخص می‌کنیم. بعد از بررسی ادبیات‌های موجود گزاره‌های مربوط به پیچیدگی که از منابع متفاوت استخراج شده است را دسته بندی شده که در جدول شماره ۱ مشاهده می‌کنید.

جدول (۱): گزاره های موجود در ادبیات های مورد برسی

جنبه‌های پیچیدگی	ادبیات و منابع
تغییرات سریع محیطی، پیشرفت سریع فناوری، گسترش ارتباطات، حجم زیاد اطلاعات	رحمتی و همکاران (۱۳۹۸)
پیچیدگی نهادی: تنظیمی، سیاسی، اجتماعی، فرهنگی، تکاملی و ارتباطی	کیو و همکاران (۲۰۱۹)
سطوح مختلف تصمیم گیری و زمینه‌های عملیاتی متنوع	الکساندر و همکاران (۲۰۱۷)
محیط‌های ناپایدار	واینن و همکاران (۲۰۱۹)
تغییرات سازمانی	اُین و اسلان (۲۰۱۹)
سرعت تغییرات	دانکور و ژو (۲۰۱۹)
تغییرات محیطی	واگر و ویبر (۲۰۱۹)
تعاملات سازمانی	لاد و پیترسون (۲۰۱۹)
تعامل عناصر ساده	اورلی و اسکینو (۲۰۱۹)
عوامل ساختاری: رسمی سازی، تخصصگرایی و تمرکز، اندازه سازمان	اونز و وُندر وُیت (۲۰۱۹)
تکامل مداوم تکنولوژی و روند رو به رشد جهانی شدن	پریرا (۲۰۱۹)
روابط غیرخطی دینامیکی	وثرمن و همکاران (۲۰۱۹)
محیط	شیخ و همکاران (۱۳۹۸)
تغییرات و تحولات فزاینده) تغییرات محیطی و محدودیتهای اعمال شده)	میرزایی داریانی و امیری (۲۰۱٦)
تنوع، ابهام، وابستگی متقابل، شتاب تغییرات، جهانی شدن	ربنتیش و همکاران (۲۰۱۷)
پیچیدگی فزاینده محصولات و خدمات، سرعت در حال تغییر در تقاضاهای بازار، افزایش فشار از سوی گروههای مختلف اجتماعی	رادرا و همکاران (۲۰۱۸)
سیستم هر آن در حال تغییر است تعاملات غیر خطی هستند بدین معنی که تغییرات خیلی کوچک باعث نتایج قابل توجه می‌شود. فعل و انفعالات در میان عناصر کاملاً پیوسته‌ای اتفاق می افتد (به عنوان مثال، وابستگی متقابل از نظر وظایف، تیم‌ها، توالی تولید)، که امکان انتشار سریع خطاها را فراهم می‌کند و در جداسازی عناصر ناموفق مشکل ایجاد می‌کند.	Snowden and Boone (2007), Williams (1999), Cilliers (1998), Perrow (1984)
عناصر هر سازمان بر اساس تعداد بخشها متفاوت می‌شوند مانند سطوح سلسله مراتب، تقسیم کار ها و تخصص‌ها، و ورودی و خروجی‌ها	Dekker (2011), Williams (1999)

طبیعت ارتباطات از نظر جنبه‌های متفاوتی تنوع را نشان می‌دهد مانند درجه مشارکت، درجه تسهیم اهداف و درجه تبادل اطلاعات	
عدم قطعیت که نتیجه کمبود تعاملات بین عناصر می‌باشد و همچنین اطلاعاتی که از منابع غیر مستقیم و استنتاجی می‌رسد بخصوص در سیستم‌های با درجه اتوماتیکی بالا سیستم‌های پیچیده باز می‌باشند بدین معنا که با محیط بیرونی خود تعامل دارند که خود این یک منبع اصلی از متغیرها می‌باشد. اضطرار به عنوان یک متغیر غیر قابل پیش بینی می‌باشد. پدیده‌های اضطراری از تعاملات بین عناصر نشئت می‌گیرد، بصورت مستقل از یک کنترل و طراحی مرکزی.	Snowden and Boone (2007), Johnson (2007), Sweeney (2006), Kurtz and Snowden (2003), Cilliers (1998), Perrow (1984)
این یک ویژگی سیستم هست که عملکرد خودش را قبل، حین و بعد از تغییرات ویا اختلالات تنظیم می‌کند، در واقع سیستم می‌تواند شرایط مورد نیاز را در مقابل شرایط مورد انتظار یا غیر قابل انتظار حفظ کند تنظیم عملکرد به معنای پر کردن گپ بین رویه‌ها می‌باشد. تنظیم عملکرد با توجه به بازخور اتفاقات اخیر و تاریخچه سازمان راهبری می‌شوند. با فرض اینکه گذشته سیستم مسئول رفتار حال حاضر سازمان می‌باشد. خود سازماندهی، که یک سیستم پیچیده را قادر می‌سازد تا ساختار داخلی را به صورت خودجوش و سازگار برای مقابله با محیط توسعه یا تغییر دهد.	Hollnagel *et al*. (2011), Dekker (2011), Johnson (2007), Cilliers (1998)

سپس بر اساس این گزاره‌ها ۳۰ سؤال پژوهش جهت بررسی عوامل مؤثر بر پیچیدگی را استخراج می‌کنیم به گونه‌ای که این سؤالات تمام جنبه‌های ذکر شده در ادبیات‌های موجود را در بر بگیرد.

یافته‌های پژوهش

در مرحله اول برای شناسایی عوامل از سؤالات پرسشنامه از تحلیل عاملی اکتشافی (EFA) استفاده می‌شود، تحلیل اکتشافی به دسته بندی سؤالات پرسشنامه می‌پردازد تا سوالاتی که با هم همبستگی بیشتری دارد در یک دسته قرار داده و تحلیل را از نظر عملی غنی‌تر و قابل استفاده می‌کند. تحلیل عاملی اکتشافی با استفاده از نرم افزار اس پی اس اس ۲۲ انجام می‌گیرد. در این مرحله عوامل مؤثر بر مفهوم پیچیدگی شناسایی می‌شوند. برای محاسبه ضریب قابلیت اعتماد ابزار اندازه گیری شیوه‌های مختلفی به کار برده می‌شود. از آن جمله می‌توان به روش آلفای کرونباخ اشاره کرد که مقدار آن در این پژوهش ۸۹۵/. می‌باشد از آنجایی که مقدار ضریب آلفای کرونباخ پرسشنامه بزرگتر از ۰.۷ می‌باشد، بنابراین پرسشنامه از نظر پایایی در سطح کاملاً مناسبی قرار دارد، بنابراین قابلیت اعتماد (پایایی) پرسشنامه مورد تأیید می‌باشد.

برای اطمینان از مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی مبنی بر این که ماتریس همبستگی‌هایی که پایه تحلیل عاملی قرار می‌گیرد در جامعه برابر با صفر نیست، باید از آزمون کرویت بارتلت استفاده کرد. آزمون بارتلت این فرضیه را که ماتریس همبستگی‌های مشاهده شده، متعلق به جامعه‌ای با متغیرهای ناهمبسته است، می‌آزماید. برای آن که مدل عاملی، مفید و دارای معنا باشد، لازم است متغیرها همبسته باشند، در غیر این صورت دلیلی برای تبیین مدل عاملی وجود ندارد. اگر این فرضیه که متغیرها با هم رابطه ندارند رد نشود، کاربرد تحلیل عاملی زیر سؤال خواهد رفت و باید در آن تجدید نظر کرد. خروجی این آزمون، آماره خی دو، درجه آزادی و سطح معنی‌داری را نشان می‌دهد که در صورت معناداری به منزله این است که بین متغیرهای مربوط به یک عامل همبستگی مشاهده می‌گردد. در مجموع اگر بخواهیم به فرآیند تحلیل عاملی ادامه دهیم نتایج آزمون KMO و بارتلت بایستی مطلوب باشند. یعنی از یک سو متغیرها با هم همبستگی داشته و از سوی دیگر از میان این همبستگی، بتوان عامل‌های پنهان را کشف نمود. آزمون کرویت بارتلت آزمونی است که از آن جهت بررسی کفایت نمونه‌ها در تحلیل عاملی اکتشافی استفاده می‌شود. بعد از اجرای تحلیل عاملی اکتشافی با نرم افزار اس پی اس اس محاسبات مربوط به آزمون بارتلت و کفایت مدل در

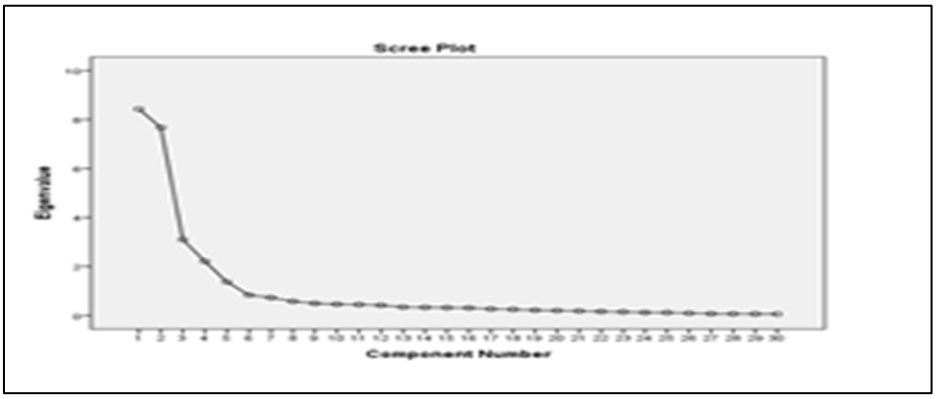
اولین خروجی ظاهر می‌شود. اگر در خروجی نرم افزار P-VALUE کمتر از ۰.۰۵ باشد، می‌توان چنین استنباط نمود که در سطح خطای ۵ درصد و یا سطح اطمینان ۹۵ درصد فرض صفر رد می‌شود و کیفیت مدل تأیید می‌شود.

جدول (۲): محاسبات آزمون بارتلت

نام متغیر	تعداد سوالات	معناداری آزمون بارتلت	متغیر KMO
عوامل موثر بر مفهوم پیچیدگی	سوالات ۱ تا ۳۰	0/000	/۸۸۸

همانطور که در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود چون متغیر KMO بیشتر از ۰.٦ است پس کیفیت مدل تأیید می‌شود و داده‌های مربوط به "عوامل مؤثر بر مفهوم پیچیدگی "برای تحلیل عاملی مناسب هستند. برای عامل‌های "عوامل مؤثر بر مفهوم پیچیدگی" عامل‌های ۱ تا ۵ دارای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از ۱ و نزدیک ۱ هستند و در تحلیل باقی می‌مانند. این ۵ عامل می‌توانند ۷۵.۹۱۸ درصد از تغییر پذیری (واریانس) متغیرها را توضیح دهند. شکل شماره ۱ نمودار صخره‌ای است که برای متغیرها تقاضا می‌شود. این نمودار تصویر گرافیکی مقدار ویژه در هریک از عامل‌های استخراج شده است. مقدار واریانس توجیه شده (مقدار ویژه) با استخراج عامل‌های بعد از عامل ششم به سرعت افت می‌کند. مقادیر ویژه عامل‌های اول تا پنجم بیشتر از ۱ و نزدیک به ۱ است و به همین دلیل در خروجی باقی مانده‌اند.

شکل (۱): مقادیر ویژه عامل ها



در جدول شماره ۳ آماره‌های توصیفی عامل‌های مؤثر بر "عوامل مؤثر بر مفهوم پیچیدگی" شامل شامل تعداد پاسخگویان، کمترین مقدار، بیشترین مقدار، میانگین و انحراف معیار گزارش شده است.

جدول (۳): آماره‌های توصیفی متغیرهای تحقیق

متغیر	تعداد	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	میانگین	انحراف معیار
A	۱۲۰	۱	۵	۲/۸٦۵	۱/٤۱۵
B	۱۲۰	۱	۵	۲/۸٦٤	۱/۰۳۱
C	۱۲۰	۱	۵	۳/٤۷۰	۱/۲۳۵
D	۱۲۰	۱	۵	۳/۳۰٤	۱/۳۱۷
E	۱۲۰	۱	۵	۳/۱۹۱	۱/٤۹۰

با توجه به نتیجه تحلیل عاملی اکتشافی، روی ۳۰ سؤال مربوط به "عوامل مؤثر بر مفهوم پیچیدگی "، ۵ عامل به عنوان عامل‌های اصلی شناسایی می‌شود. از آنجا که متغیرهای دارای همبستگی بیشتر با هریک از عامل‌ها در عامل مورد نظر قرار می‌گیرند با توجه به نتایج به دست آمده در آزمونی کی ام او و بارتلت حجم نمونه ۱۲۰ با تعداد ۳۰ سؤال برای تحلیل اکتشافی کفایت می‌کند، و در تحلیل عاملی اکتشافی ۳۰ سؤال به ۵ عامل تقسیم بندی شدند و در نمودار سنگریزه یا صخره‌ای این پنج عامل مشخص می‌شوند و عامل‌ها به ترتیب دارای ٤، ۳، ۱۰، ٤ و ۹ سؤال می‌باشند. اسامی عامل‌ها با کمک نظر خبرگان و اساتید مربوطه انتخاب شد. به منظور توصیف داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی شامل آماره‌های فراوانی، میانگین و انحراف معیار بهره بردیم. سپس جهت استفاده از آزمون آماری مناسب برای بررسی اعتبار پرسشنامه، در ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنف مورد بررسی قرار گرفت. سپس برای بررسی مدل مفهومی پژوهش، تجزیه و تحلیل مشاهدات و اطلاعات پژوهش و بررسی تأثیر همزمان متغیرهای مدل، از مدلسازی تحلیل عاملی تاییدی مرتبه دوم استفاده می‌کنیم. ضمناً تحلیل با استفاده از نرم‌افزارهای تحلیل آماری SPSS22 و Smart PLS2 در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شده است. در جدول شماره ٤ آماره‌های توصیفی متغیرهای پژوهش شامل کمترین مقدار، بیشترین مقدار، میانگین و انحراف معیار گزارش شده است.

جدول (٤): آماره‌های توصیفی مولفه‌های پژوهش

	ترین مقدار	بیشترین مقدار	میانگین	انحراف معیار
تعدد عناصر	۱	۵	3/421	1/107
تنوع عناصر	۱	۵	3/452	1/070
عوامل غیر منتظره	۱	۵	3/200	1/041
تاب آوری	۱	۵	3/242	0/968
پویایی	۱	۵	3/273	0/968

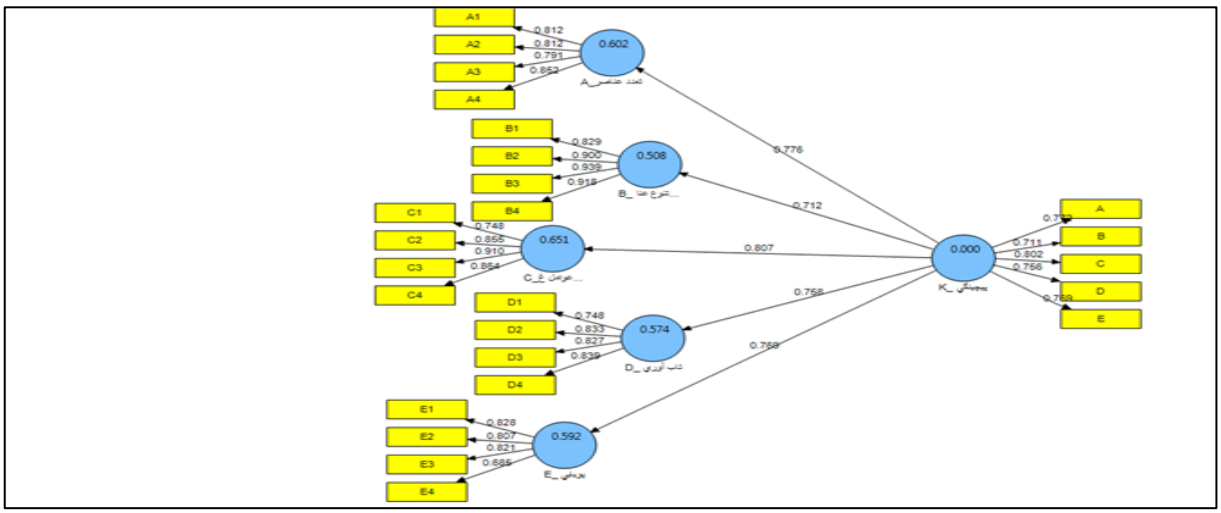
در مرحله بعد برای بررسی تحلیل عاملی تاییدی، لازم است معناداری وزن رگرسیونی (بار عاملی) سازه‌های مختلف پرسشنامه در پیش‌بینی گویه‌های مربوطه، بررسی شده تا از برازندگی مدل‌های اندازه‌گیری و قابل‌قبول بودن نشان‌گرهای آنها در اندازه‌گیری سازه‌ها اطمینان حاصل شود. این مهم، با استفاده از تکنیک تحلیل‌عاملی تأییدی (CFA) و نرم‌افزار Smart PLS به انجام رسید. برای بررسی عادی یا نرمال بودن آزمون کولموگروف–اسمیرنوف استفاده می‌شود تا از نرمال بودن داده‌ها اطمینان حاصل گردد. هنگام بررسی نرمال بودن داده‌ها فرضیه صفر مبتنی بر اینکه توزیع داده‌ها نرمال است را در سطح خطای ۵ درصد تست می‌کنیم. بنابراین اگر مقدار معناداری آزمون بزرگتر مساوی ۰/۰۵ بدست آید، در این صورت دلیلی برای رد فرضیه صفر مبتنی بر اینکه داده‌ها نرمال است، وجود نخواهد داشت با توجه به اینکه مقدار معنی‌داری آزمون کولموگروف اسمیرنوف برای همه مولفه‌ها کوچک‌تر از ۰/۰۵ می‌باشد، بنابراین آزمون فرض نرمال بودن داده‌ها برای این مولفه‌ها تأیید نمی‌شود. بنابراین برای مدل تحلیل عاملی تاییدی مفهومی پژوهش از نرم افزار مدلسازی معادلات ساختاری اسمارت پی آل اس استفاده می‌شود.

البته با توجه به اینکه هدف انجام تحلیل عاملی تاییدی مرتبه دوم است و همین طور حجم نمونه نیز پایین می‌باشد. از نرم افزار مدلسازی معادلات ساختاری می‌توان استفاده کرد حتی اگر متغیرهای نرمال نباشند. به منظور تجزیه و

تحلیل داده‌های تحقیق، از روش دو مرحله‌ای هالاند (۱۹۹۹) برای مدل یابی به روش حداقل مربعات جزئی استفاده شده است. مرحله اول شامل تعیین مدل اندازه گیری از طریق پایایی و روایی است و مرحله دوم شامل تعیین مدل ساختاری از طریق تحلیل شاخص‌های برازندگی، ضرایب تعیین و تحلیل مسیر است. در مرحله اول از برآورد روایی و پایایی به منظور بررسی مدل اندازه گیری استفاده می‌شود که روش‌های تاییدی هماهنگی داده‌ها با یک ساختار عاملی معین را بررسی می‌نمایند. در واقع، تحلیل عاملی تاییدی شایستگی گویه‌هایی که برای معرفی متغیرها برگزیده شده‌اند را بررسی می‌کند. در مرحله دوم از تحلیل مسیر شاخص‌های برازش مدل و ضریب تعیین جهت بررسی مدل ساختاری استفاده می‌شود. مدلسازی معادلات ساختاری به روش حداقل مربعات جزئی برخلاف روش کواریانس محور (نرم افزارهای لیزرل، آموس) فاقد شاخص‌های برازش مدل مبتنی بر کای دو، جهت بررسی میزان مطابقت مدل نظری با داده‌های گردآوری شده می‌باشد. این امر به ماهیت پیش بین محور پی آل اس بستگی دارد. بنابراین شاخص‌های برازش که به همراه این رویکرد توسعه یافته‌اند مربوط به بررسی کفایت مدل در پیش بینی متغیرهای وابسته می‌شوند، مانند شاخص‌های افزونگی و حشو یا شاخص Gof می‌باشد. در واقع جمیع محققان از یک چارچوب واحد برای برازش آزمون مدلسازی معادلات ساختاری واریانس محور یا همان روش حداقل مربعات جزئی پیروی نموده‌اند که عبارتند از:

۱. ارزیابی مدل اندازه گیری (مدل بیرونی) انعکاسی یا ترکیبی
۲. آزمون مدل ساختاری (مدل درونی)
۳. آزمون مدل کلی

شکل (۲): مدل مفهومی پژوهش



از آن‌جایی که معیار آلفای کرونباخ یک معیار سنتی برای تعیین پایایی عامل‌ها می‌باشد، روش حداقل مربعات جزئی (PLS) معیار مدرن‌تری نسبت به آلفای کرونباخ به نام پایایی ترکیبی به کار می‌برد. این معیار توسط ورتس و همکاران(Werts , 1974) معرفی شد و برتری آن نسبت به آلفای کرونباخ در این است که پایایی عامل‌ها نه به صورت مطلق، بلکه با توجه به همبستگی عامل‌ها با یکدیگر محاسبه می‌گردد. در نتیجه برای سنجش بهتر پایایی، هر دوی این معیارها به کار برده می‌شوند. در صورتی که مقدار پایایی ترکیبی برای هر عامل بالاتر از ۰/۷ شود، نشان از پایداری درونی مناسب برای مدل‌های اندازه‌گیری دارد و مقدار کمتر از ۰/٦ عدم وجود پایایی را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در جدول شماره ۵ مشخص شده است، مقدار مربوط به این معیارها یعنی آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی عامل‌های پژوهش در همه عامل‌ها بالاتر از ۰/۷ می‌باشد که حاکی از پایایی مناسب مدل دارد.

جدول (۵): مقادیر آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی متغیرهای پژوهش

متغیرهای تحقیق	پایایی ترکیبی	آلفای کرونباخ
تعدد عناصر	0/889	0/834
تنوع عناصر	0/943	0/919
عوامل غیر منتظره	0/910	0/866
تاب آوری	0/886	0/828
پویایی	0/866	0/793
پیچیدگی	0/874	0/820

معیار دوم از بررسی مدل‌های اندازه‌گیری، روایی همگرا است که به بررسی همبستگی هر عامل با سؤالات خود می‌پردازد. معیار AVE نشان‌دهنده میانگین واریانس به اشتراک گذاشته شده بین هر عامل با سؤالات خود می‌باشد. به بیان ساده‌تر AVE میزان همبستگی یک عامل با سؤالات خود را نشان می‌دهد که هرچه این همبستگی بیشتر باشد، برازش نیز بیشتر است. با توجه به جدول شماره ٦ و روش فورنل و لارکر که مقدار مناسب برای AVE (Average Variance Extracted) را ۰/۵ به بالا معرفی کرده‌اند، برای تمام متغیرهای تحقیق مقدار AVE بیشتر یا مساوی ۰/۵ می‌باشد.

جدول (٦): بررسی روایی همگرای متغیرهای پژوهش

متغیرهای تحقیق	AVE
تعدد عناصر	0/668
تنوع عناصر	0/805
عوامل غیر منتظره	0/716
تاب آوری	0/661
پویایی	0/620
پیچیدگی	0/582

با توجه به اینکه مقدار مناسب برای آلفای کرونباخ ۰/۷، برای پایایی ترکیبی ۰/۷ و برای AVE، ۰/۵ می‌باشد و تمامی معیارها در قسمت سنجش بارهای عاملی مقدار مناسبی دارند، می‌توان مناسب بودن وضعیت پایایی و روایی همگرای تحقیق را تأیید ساخت.

روایی واگرا سومین معیار بررسی برازش مدل‌های اندازه‌گیری است که دو موضوع را پوشش می‌دهد:

الف) مقایسه میزان همبستگی بین سوال‌های یک عامل با آن عامل در مقابل همبستگی آن سوال‌ها با عامل‌های دیگر (Cross Loading).

ب) مقایسه میزان همبستگی یک عامل با سوال‌هایش در مقابل همبستگی آن عامل با سایر عامل‌ها.

بررسی مورد الف: در این روش میزان همبستگی بین سؤالات یک عامل با آن عامل و میزان همبستگی بین سؤالات یک عامل با عامل‌های دیگر مقایسه می‌گردد. در صورتی که مشخص شود میزان همبستگی بین یک سؤال با عامل‌های دیگر غیر از عامل خود بیشتر از همبستگی آن سؤال با عامل مربوط به خود است، روایی واگرای مدل زیر سؤال می‌رود. برای بررسی مورد الف از جدول شماره ۷ استفاده می‌شود. ردیف‌های این جدول به سؤالات و ستون‌های آن نیز به عامل‌های مدل پژوهش تعلق دارند. مقادیری که درون خانه‌های جدول جای دارند، بیانگر میزان همبستگی سؤالات با عامل‌های مربوطه هستند. مدل اصلی در این تحقیق از ۵ عامل که هر کدام یک یا چند سؤال دارند، تشکیل شده است.

جدول (۷) بررسی روایی واگرای متغیرهای تحقیق – روش الف

سؤالات پرسشنامه	علامت در مدل	پیچیدگی _K				
		عناصر تعدد_A	تنوع عناصر _B	عوامل غیر منتظره_C	تاب آوری _D	پویایی _E
سؤال ۱	A1	0/812	0/504	0/254	0/244	0/436
سؤال ۲	A2	0/812	0/550	0/387	0/223	0/372
سؤال ۳	A3	0/791	0/475	0/372	0/353	0/419
سؤال ٤	A4	0/852	0/600	0/434	0/361	0/438
سؤال ٥	B1	0/611	0/829	0/470	0/270	0/195
سؤال ٦	B2	0/504	0/900	0/493	0/287	0/221
سؤال ۷	B3	0/574	0/939	0/484	0/255	0/197
سؤال ۸	B4	0/649	0/918	0/521	0/292	0/287
سؤال ۹	C1	0/564	0/714	0/748	0/340	0/333
سؤال ۱۰	C2	0/294	0/355	0/855	0/388	0/403
سؤال ۱۱	C3	0/303	0/337	0/910	0/581	0/467
سؤال ۱۲	C4	0/333	0/428	0/864	0/591	0/508
سؤال ۱۳	D1	0/262	0/342	0/679	0/748	0/436
سؤال ۱٤	D2	0/307	0/322	0/449	0/833	0/497
سؤال ۱٥	D3	0/326	0/178	0/290	0/827	0/560
سؤال ۱٦	D4	0/291	0/145	0/396	0/839	0/629
سؤال ۱۷	E1	0/360	0/137	0/363	0/588	0/828
سؤال ۱۸	E2	0/348	0/144	0/447	0/580	0/807
سؤال ۱۹	E3	0/453	0/287	0/454	0/497	0/821
سؤال ۲۰	E4	0/446	0/223	0/325	0/376	0/685

همان‌طور که در جدول فوق مشاهده می‌شود سوال‌های مربوط به هر عامل نسبت به خود آن عامل همبستگی بیشتری دارند تا نسبت به عامل‌های دیگر. بررسی مورد ب: معیار مهم دیگری که با روایی واگرا مشخص می‌گردد، میزان رابطه یک عامل با سوالاتش در مقایسه با رابطه آن عامل با سایر عامل‌هاست، به طوری که روایی واگرای قابل قبول یک مدل حاکی از آن است که یک عامل در مدل تعامل بیشتری با سؤالات خود دارد تا با عامل‌های دیگر. روایی واگرا وقتی در سطح قابل قبول است که میزان AVE برای هر عامل بیشتر از واریانس اشتراکی بین آن عامل و عامل‌های دیگر در مدل باشد. برای بررسی مورد ب به صورت زیر عمل می‌شود: ماتریس‌های زیر ماتریس همبستگی عامل‌های تحقیق می‌باشد:

جدول (۸): ماتریس همبستگی مولفه‌های پژوهش

	تعدد عناصر	تنوع عناصر	عوامل غیر منتظره	تاب آوری	پویایی
تعدد عناصر	1				
تنوع عناصر	0/653	1			
عوامل غیر منتظره	0/447	0/549	1		
تاب آوری	0/365	0/308	0/566	1	
پویایی	0/509	0/252	0/508	0/652	1

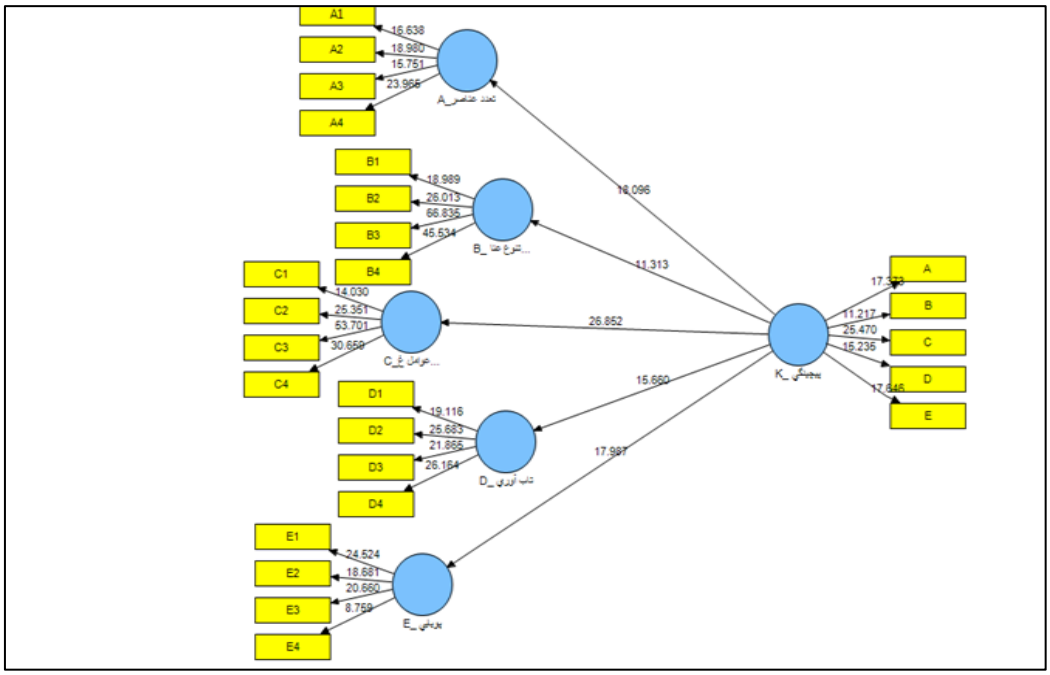
روش فورنل و لارکر برای بررسی روایی واگرا ماتریسی را پیشنهاد می‌دهند که این ماتریس مشابه ماتریس فوق است با این تفاوت که قطر اصلی این ماتریس حاوی جذر مقادیر AVE مربوط به هر یک از ۵ عامل فرعی می‌باشد. در جدول شماره ۸ مقادیر قطر اصلی با عدد ۱ نشان داده شده‌اند. بنابراین ماتریس فورنل و لارکر برای بررسی روایی واگرا در جدول شماره ۹ ترسیم شده است:

جدول (۹): بررسی روایی واگرای مولفه‌های اصلی پژوهش – روش ب

	تعداد عناصر	تنوع عناصر	عوامل غیر منتظره	تاب آوری	پویایی
تعداد عناصر	0/817				
تنوع عناصر	0/653	0/897			
عوامل غیر منتظره	0/447	0/549	0/846		
تاب آوری	0/365	0/308	0/566	0/813	
پویایی	0/509	0/252	0/508	0/652	0/787

همان گونه که در جدول شماره ۹ مشخص شده است، در جاهایی که با رنگ سبز مشخص شده است مقدار جذر AVE هر عامل از مقدار همبستگی دو عامل بیشتر است. برای بررسی برازش مدل عاملی تاییدی پژوهش از چندین معیار استفاده می‌شود که اولین و اساسی‌ترین معیار، ضرایب معنی‌داری t یا همان مقادیر t-values می‌باشد. ابتدایی‌ترین معیار برای سنجش رابطه¬ی بین عامل‌ها در مدل، اعداد معنی‌داری t است. در صورتی که مقدار این اعداد از ۱/۹۶ بیشتر شود، نشان از صحت رابطه¬ی بین عامل‌ها و در نتیجه تأیید فرضیه‌ها پژوهش در سطح اطمینان ۰/۹۵ است. البته باید توجه داشت که اعداد فقط صحت رابطه را نشان می‌دهند و شدت رابطه بین عامل‌ها را نمی‌توان با آن سنجید.

شکل (۳): مقادیر t مدل مفهومی



جدول (۱۰): بررسی روابط درون مدل تحلیل عاملی تاییدی

بررسی رابطهها درون مدل تحلیل	ضرایب استاندارد	خطای استاندارد	T-Value
تعدد عناصر-- پیچیدگی	0/776	0/043	18/096
تنوع عناصر-- پیچیدگی	0/712	0/063	11/313
عوامل غیر منتظره -- پیچیدگی	0/807	0/030	26/852
تاب آوری -- پیچیدگی	0/758	0/048	15/660
پویایی-- پیچیدگی	0/769	0/043	17/987

با توجه به جدول شماره ۱۰ که برای همه ی رابطه‌ها نشان داده شده است بین همه¬ی عامل‌های مدل و پیچیدگی رابطه معنی‌داری برقرار است زیرا مقدار تی ولیو برای این رابطه‌ها بیشتر از ۱/۹٦ می‌باشد. R2 معیاری است که برای متصل کردن بخش اندازه‌گیری و بخش مدل ساختاری به کار می‌رود و نشان از تاثیری دارد که یک عامل برون زا یا مستقل بر یک عامل درون زا یا وابسته می‌گذارد. یکی از مزیت‌های اصلی در روش حداقل مربعات جزئی یا PLS این است که این روش قابلیت کاهش خطاها در مدل‌های اندازه‌گیری و یا افزایش واریانس بین عامل‌ها و سؤالات را دارد. در یک پژوهش ضرایب R2 مربوط به عامل‌های پنهان درون زای (وابسته) مدل است. R2 معیاری است که نشان از تأثیر یک عامل برون زا بر یک عامل درون زا دارد و سه مقدار ۰/۱۹، ۰/۳۳ و ۰/٦۷ به عنوان ملاک برای مقادیر ضعیف، متوسط و قوی در نظر گرفته می‌شود. مقدار R2 برای عامل‌های برون زا یا مستقل برابر صفر است. با توجه به جدول شماره ۱۱ مقدار R2 برای همه عامل‌های وابسته مدل در حد متوسط و قوی قرار دارد و با توجه به مقدار ملاک، مناسب بودن برازش مدل مدل تحلیل عاملی تاییدی، تأیید می‌شود.

جدول (۱۱): مقادیر R Square برای متغیرهای پژوهش

متغیرهای تحقیق	R Square
تعدد عناصر	0/602
تنوع عناصر	0/508

عوامل غیر منتظره	0/651
تاب آوری	0/574
پویایی	0/592

این معیار که توسط استون و گیزر (Stone & Geisser ,1975) معرفی شد، قدرت پیش‌بینی مدل را مشخص می‌سازد. به اعتقاد آن‌ها مدل‌هایی که دارای برازش مدل عاملی تاییدی قابل قبول هستند، باید قابلیت پیش‌بینی سؤالات مربوط به عامل‌های وابسته مدل را داشته باشند. بدین معنی که اگر در یک مدل، روابط بین عامل‌ها به درستی تعریف شده باشند، عامل‌ها قادر خواهند بود تا تأثیر کافی بر سؤالات یکدیگر گذاشته و از این راه فرضیه‌ها به درستی تأیید شوند. مقدار Q2 باید در مورد تمامی عامل‌های وابسته مدل محاسبه شود. در صورتی که مقدار Q2 در مورد یک عامل وابسته صفر و یا کمتر از صفر شود، نشان از آن دارد که روابط بین عامل‌های دیگر مدل و آن عامل وابسته به خوبی تبیین نشده است و در نتیجه مدل احتیاج به اصلاح دارد. این معیار قدرت پیش‌بینی مدل را مشخص می‌سازد و در صورتی که مقدار Q2 در مورد یکی از عامل‌های درون زا سه مقدار ۰/۰۲، ۰/۱۵ و ۰/۳۲ را کسب نماید، به ترتیب نشان از قدرت پیش‌بینی ضعیف، متوسط و قوی عامل یا عامل‌های برون زای مربوط به آن دارد.

SSO = جمع مقادیر مربع مربوط به سؤالات.

SSE = جمع مربع مقادیر خطا در پیش‌بینی سؤالات عامل وابسته.

همان طور که در جدول شماره ۱۲ مشاهده می‌شود این معیار برای همه عوامل درون زا قوی می‌باشد که این نشان می‌دهد که عامل‌های برون زا (مستقل) در پیش‌بینی عامل‌های وابسته مناسب هستند و برازش مناسب مدل مدل تحلیل عاملی تاییدی را بار دیگر تأیید می‌سازد.

جدول (۱۲): مقادیر Q2 برای متغیرهای پژوهش

متغیرهای تحقیق	SSO	SSE	1-SSE /SSO
تعدد عناصر	480	288/475	0/399
تنوع عناصر	480	285/015	0/406
عوامل غیر منتظره	480	261/252	0/456
تاب آوری	480	301/174	0/373
پویایی	480	305/733	0/363

مدل کلی شامل هر دو بخش مدل اندازه‌گیری و مدل تحلیل عاملی تاییدی می‌شود و با تأیید برازش آن، بررسی برازش در یک مدل کامل می‌شود. معیار GOF مربوط به بخش کلی مدل‌های مدل تحلیل عاملی تاییدی است. بدین معنی که توسط این معیار محقق می‌تواند پس از بررسی برازش بخش اندازه‌گیری و بخش مدل مدل تحلیل عاملی تاییدی پژوهش خود، برازش بخش کلی را نیز کنترل نماید. معیار GOF توسط تننهاوس و همکاران [٦٣] در سال ۲۰۰٤ ابداع گردید و فرمول آن در زیر آمده است:

Communality (مقادیر اشتراکی) = این مقدار از میانگین مجذور بارهای عاملی هر عامل به دست می‌آید.

$$GOF = \sqrt{\overline{R^2} * \overline{Communality}}$$

$\overline{Communality}$ = از میانگین مقادیر اشتراکی هر عامل درون زای مدل به دست می‌آید.

$\overline{R^2}$= میانگین مقادیر R Square عامل‌های درون زای مدل است.

= GOF

= از میانگین مقادیر اشتراکی هر عامل درون زای مدل به دست می‌آید.

= میانگین مقادیر R Square عامل‌های درون زای مدل است.

با توجه به جدول شماره ۱۳ با توجه به سه مقدار ۰/۰۱، ۰/۲۵ و ۰/۳٦ که به عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای GOF معرفی شده است و حصول مقدار ۰/٦۳۷ برای GOF، نشان از برازش مناسب مدل دارد.

جدول (۱۳): بررسی معیار GOF

متغیرهای تحقیق	Communality	R Square
تعدد عناصر	0/668	0/602
تنوع عناصر	0/805	0/508
عوامل غیر منتظره	0/716	0/651
تاب آوری	0/661	0/574
پویایی	0/620	0/592
میانگین	0/694	0/585

$GOF = \sqrt{0.585 * 0.694} = 0.637$

GOF = جهت انعکاس روابط درونی میان معیارهای اصلی از تکنیک دیماتل استفاده شده است. این تکنیک بر اساس مقایسات زوجی و از ابزار های تصمیم گیری بر مبنای تئوری گراف می باشد . این روش ممکن است تایید کننده روابط میان متغیرها و یا محدود کننده روابط در یک روند توسعه ای و نظام بند باشد (محمدپور و میرزاپور، ۱۳۹٤) به طوری که متخصصان قادرند با تسلط بیشتری به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات (جهت و شدت اثرات) میان عوامل بپردازند. لازم به ذکر است که ماتریس حاصله از تکنیک دیمتل(ماتریس ارتباطات داخلی)، هم رابطه علی و معلولی بین عوامل را نشان می‌دهد و هم اثرپذیری و اثرگذاری متغیرها را نمایش می‌دهد. برای گردآوی دیدگاه خبرگان از پرسشنامه دیمتل استفاده شده است. طیف ارزش‌گذاری دیدگاه کارشناسان در روش دیمتل برای تعیین روابط عناصر در جدول شماره ۱٤ ارائه شده است(آذر و معماریانی ،۱۳۷٤)(آذر و همکاران ،۱۳۹۸) (اصغر پور ،۱۳۹٦)

جدول (۱٤): طیف ارزش‌گذاری تکنیک دیمتل

متغیر زبانی	بدون تأثیر	تأثیر کم	تاثیرگذار	تأثیر زیاد	تأثیر خیلی زیاد
معادل کمی	۰	۱	۲	۳	۴

زمانیکه از دیگاه چند کارشناس استفاده می‌شود از میانگین حسابی ساده نظرات استفاده می‌شود و ماتریس ارتباط مستقیم یا X را تشکیل می‌دهیم(مومنی و شریفی، ۱۳۹۰) (مهرگان، ۱۳۹۳) .ارزش گذاری متغیرها در قالب جدول شماره ۱۵ نشان داده شده است شایان ذکر است نمادهای این جدول بر اساس جدول شماره ۱٦ تعریف شده اند.

جدول (۱۵): ماتریس ضرایب

DYEE	DYWO	DYS	DYT	REE	RWO	RS	RT	UEE	UWO	US	UT	DEE	DWO	DS	DT	EEE	EWO	ES	ET	X
2/60	3/40	3/30	3/30	2/00	3/40	1/80	2/60	3/00	2/40	2/40	2/00	2/40	1/20	1/80	0/80	2/40	2/40	2/70	0/00	ET
3/50	4/00	4/00	4/00	3/50	3/80	3/60	3/50	3/80	3/50	3/10	3/50	3/60	3/20	3/60	2/60	3/60	3/20	0/00	3/70	ES
3/50	3/50	3/70	3/70	2/50	3/30	3/70	3/80	3/70	2/50	2/90	3/20	3/30	3/00	3/50	2/40	3/60	0/00	2/40	3/40	EWO
2/00	3/40	3/40	3/40	1/40	2/20	1/80	1/40	3/00	2/40	1/80	1/40	1/80	1/20	2/40	0/80	0/00	3/00	2/20	1/20	EEE
3/00	3/10	3/40	3/70	2/80	2/80	2/80	2/60	3/50	3/20	3/20	2/70	3/20	2/60	3/50	0/00	3/40	3/20	2/20	3/40	DT
2/40	1/40	2/40	3/00	1/00	2/20	1/80	1/80	3/00	1/00	1/80	2/20	2/60	0/40	0/00	0/40	1/20	0/00	0/80	1/20	DS
0/80	1/20	1/80	2/40	0/80	0/40	0/00	0/40	2/00	1/40	1/40	2/40	2/40	0/00	2/80	1/20	0/80	0/40	0/40	0/40	DWO
1/20	2/40	2/40	3/00	1/60	1/20	1/20	1/20	2/20	3/40	3/40	4/00	0/00	3/00	3/00	3/00	1/20	1/20	1/60	1/60	DEE
1/60	1/80	1/80	1/80	1/00	1/00	1/40	1/40	1/80	1/80	1/80	0/00	1/40	2/20	1/40	1/80	1/40	1/00	1/00	1/00	UT
3/50	3/50	3/63	3/50	2/50	3/10	3/20	3/20	3/50	3/10	0/00	3/20	3/50	3/50	3/30	2/50	3/30	2/60	3/10	3/50	US
3/63	3/63	3/63	3/63	2/88	3/63	3/50	3/50	3/63	0/00	3/13	3/75	3/63	3/63	3/38	2/63	3/38	2/75	3/13	3/63	UWO
2/00	2/00	2/00	2/00	2/00	2/00	3/00	3/00	0/00	2/00	2/00	2/00	2/00	0/00	0/00	0/00	2/00	4/00	3/00	1/00	UEE
1/80	1/80	1/80	1/80	1/80	1/00	2/40	0/00	3/00	2/40	2/00	1/40	0/40	0/40	0/80	0/00	2/40	2/40	2/00	1/00	RT
0/80	0/80	0/80	0/80	1/40	1/00	0/00	3/00	2/40	0/40	0/40	1/00	0/00	0/00	0/40	0/00	1/40	2/60	0/80	0/80	RS
3/00	2/00	2/00	2/00	0/00	0/00	0/80	0/40	0/80	0/40	0/00	0/40	0/00	0/40	0/80	0/00	0/40	0/80	0/80	1/20	RWO
3/44	3/44	3/44	3/29	0/00	2/70	3/10	3/30	3/50	2/50	2/30	3/10	3/30	3/10	3/30	2/30	3/30	2/30	2/70	3/30	REE
1/20	1/20	1/20	0/00	0/80	1/20	0/80	0/80	3/60	0/80	1/20	1/80	2/20	1/20	1/60	1/60	2/80	2/80	1/60	2/80	DYT
1/20	1/20	0/00	1/20	0/80	1/20	0/80	0/80	3/60	3/00	2/40	1/40	1/20	1/20	1/60	1/60	2/80	2/80	1/60	2/80	DYS
1/20	0/00	1/20	1/20	1/20	1/20	0/80	0/80	3/60	0/80	0/80	0/80	1/20	1/20	1/60	1/60	2/80	2/40	1/60	2/80	DYWO
0/00	1/80	1/80	1/80	1/40	1/80	1/00	1/80	1/80	1/40	1/40	1/40	1/40	1/20	1/20	0/80	2/20	2/20	0/80	1/20	DYEE

ابتدا جمع تمامی سطرها و ستون‌ها محاسبه می‌شود. معکوس بزرگترین عدد سطر و ستون k را تشکیل می‌دهد. براساس جدول بزرگترین عدد ۶۷/۳۰ است و تمامی مقادیر جدول بر معکوس این عدد ضرب می‌شود تا ماتریس نرمال شود.

$$k = max\left\{max\sum_{j=1}^{n} x_{ij}, \sum_{i=1}^{n} x_{ij},\right\} = 67.30$$

$$N = \frac{1}{67.30} * X$$

برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$T = N \times (I - N)^{-1}$$

برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل ابتدا ماتریس همانی (I) تشکیل می‌شود.

$$I_{20} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

سپس ماتریس همانی باید منهای ماتریس نرمال شود.

با توجه به جدول شماره ۱۶ می‌توان نمودار علی را بر این اساس ترسیم کرد:

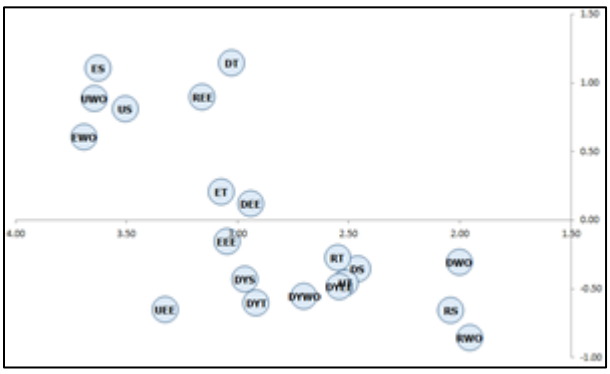
جدول (۱۶): رتبه و مقادیر تکنیک دیمتل

نماد	زیرمعیارها		D	رتبه	R	رتبه	D+R	رتبه	D-R	وضعیت
ET	Element-Technical	تعدد عناصر فنی	1/64	7	1/43	9	3/07	7	0/21	علی
ES	Element-Social	تعدد عناصر اجتماعی	2/37	1	1/26	17	3/63	3	1/11	علی
EWO	Element-Work organization	تعدد عناصرکاری سازمانی	2/15	4	1/54	6	3/69	1	0/61	علی
EEE	Element-External environment	تعدد عناصر محیط خارجی	1/45	9	1/60	5	3/05	8	-0/15	معلول
DT	Diversity-Technical	تنوع عناصر فنی	2/09	5	0/94	20	3/03	9	1/15	علی
DS	Diversity-Social	تنوع عناصر اجتماعی	1/05	15	1/41	12	2/46	17	-0/36	معلول
DWO	Diversity-Work organization	تنوع عناصر کاری سازمانی	0/85	18	1/15	18	2/00	19	-0/31	معلول
DEE	Diversity-External environment	تنوع عناصر محیط خارجی	1/53	8	1/41	11	2/94	11	0/12	علی
UT	Unexpected-Technical	عوامل غیر منتظره فنی	1/03	16	1/49	8	2/51	16	-0/46	معلول
US	Unexpected-Social	عوامل غیر منتظره اجتماعی	2/16	3	1/35	16	3/51	4	0/81	علی
UWO	Unexpected-Work organization	عوامل غیر منتظره کاری سازمان	2/27	2	1/38	14	3/65	2	0/89	علی
UEE	Unexpected-External environment	عوامل غیر منتظره محیط خارجی	1/34	10	1/99	1	3/33	5	-0/65	معلول

RT	Resilience-Technical	تاب آوری فنی	1/14	13	1/41	10	2/55	14	-0/27	معلول
RS	Resilience-Social	تاب آوری اجتماعی	0/69	19	1/35	15	2/04	18	-0/66	معلول
RWO	Resilience-Work organization	تاب آوری کاری سازمان	0/55	20	1/40	13	1/95	20	-0/85	معلول
REE	Resilience-External environment	تاب آوری محیط خارجی	2/03	6	1/13	19	3/16	6	0/90	علی
DYT	Dynamical-Technical	پویایی فنی	1/16	12	1/76	2	2/92	12	-0/60	معلول
DYS	Dynamical-Social	پویایی اجتماعی	1/27	11	1/70	3	2/97	10	-0/43	معلول
DYWO	Dynamical-Work organization	پویایی کاری سازمان	1/07	14	1/63	4	2/70	13	-0/56	معلول
DYEE	Dynamical-External environment	پویایی محیط خارجی	1/03	17	1/51	7	2/54	15	-0/49	معلول

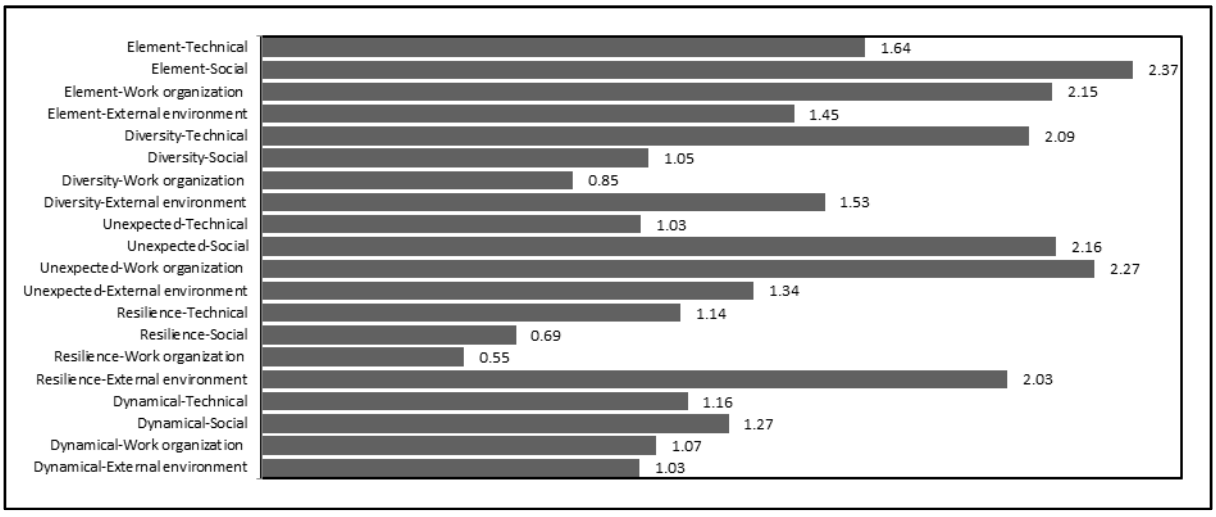
بردار افقی (D+R)، میزان تأثیر و تأثر عامل مورد نظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار D+R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. بردار عمودی (D - R)، قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. بطور کلی اگر D - R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود.

شکل (٤): وضعیت متغیرها در دستگاه مختصات دکارتی



براساس نمودار مختصات دکارتی محور طولی (D-R) علی و معلول بودن متغیرها را نشان می‌دهد. عناصر بالای محور X علی و عناصر زیرمحور معلول هستند. محور عرضی (D+R) نیز شدت تعامل را نشان می‌دهد. هرچه عنصری تعامل بالاتری با سایر معیارها داشته باشد در سمت چپ محور عرضی قرار می‌گیرد.

شکل (۵): مقادیر متغیر D تکنیک دیمتل



برای تعیین نقشه روابط شبکه (NRM) باید ارزش آستانه محاسبه شود. با این روش می‌توان از روابط جزئی صرف‌نظر کرده و شبکه روابط قابل اعتنا را ترسیم کرد. تنها روابطی که مقادیر آنها در ماتریس T از مقدار آستانه بزرگتر باشد در NRM نمایش داده خواهد شد. برای محاسبه مقدار آستانه روابط کافی است تا میانگین مقادیر ماتریس T محاسبه شود. بعد از آنکه شدت آستانه تعیین شد، تمامی مقادیر ماتریس T که کوچکتر از آستانه باشد صفر شده یعنی آن رابطه علی در نظر گرفته نمی‌شود. در این مطالعه ارزش آستانه برابر ۰/٤۳٤ بدست آمده است. بنابراین الگوی روابط معنی دار به صورت زیر است. (آذر و همکاران ،۱۳۹۸) (مومنی و شریفی ، ۱۳۹۰)

جدول (۱۷): الگوی روابط معنا داری بر اساس NRM

DYEE	DYWO	DYS	DYT	REE	RWO	RS	RT	UEE	UWO	US	UT	DEE	DWO	DS	DT	EEE	EWO	ES	ET	T
0/09	0/10	0/10	0/11	*	0/10	*	0/08	0/11	0/08	0/08	0/08	0/08	*	0/07	*	0/09	0/09	0/08	*	ET
0/12	0/14	0/14	0/14	0/10	0/12	0/12	0/12	0/15	0/12	0/11	0/12	0/12	0/10	0/12	0/08	0/13	0/12	*	0/12	ES
0/12	0/12	0/13	0/13	0/09	0/11	0/11	0/12	0/14	0/10	0/10	0/11	0/11	0/09	0/11	0/08	0/12	*	0/09	0/11	EWO
0/07	0/10	0/10	0/10	*	0/07	*	*	0/10	0/08	*	*	*	*	0/08	*	*	0/09	*	*	EEE
0/11	0/11	0/12	0/13	0/09	0/10	0/10	0/10	0/14	0/11	0/10	0/10	0/11	0/09	0/11	*	0/12	0/11	0/09	0/11	DT
*	*	*	0/08	*	*	*	*	0/09	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	DS
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	DWO
*	0/09	0/09	0/10	*	*	*	*	0/10	0/09	0/09	0/11	*	0/08	0/09	0/07	*	*	*	*	DEE
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	UT
0/12	0/12	0/13	0/13	0/09	0/11	0/11	0/11	0/14	0/11	*	0/11	0/11	0/10	0/11	0/08	0/12	0/11	0/10	0/11	US
0/12	0/13	0/13	0/13	0/09	0/12	0/11	0/12	0/14	*	0/11	0/12	0/12	0/11	0/11	0/08	0/12	0/11	0/10	0/12	UWO
*	0/08	0/08	0/08	*	*	0/08	0/08	*	*	*	*	*	*	*	*	0/07	0/10	0/08	*	UEE
*	*	*	*	*	*	*	*	0/09	*	*	*	*	*	*	*	0/07	0/07	*	*	RT
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	RS
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	RWO
0/11	0/12	0/12	0/12	*	0/10	0/10	0/11	0/13	0/09	0/09	0/11	0/11	0/09	0/11	*	0/11	0/10	0/09	0/11	REE
*	*	*	*	*	*	*	*	0/10	*	*	*	*	*	*	*	0/08	0/08	*	0/07	DYT
*	*	*	*	*	*	*	*	0/10	0/08	*	*	*	*	*	*	0/08	0/08	*	0/08	DYS
*	*	*	*	*	*	*	*	0/10	*	*	*	*	*	*	*	0/08	*	*	*	DYWO
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	DYEE

در جدول فوق تمامی روابطی که از شدت آستانه کمتر بدست

آمده‌اند با علامت * مشخص شده‌اند. مقادیر مربوط به روابط معنادار نیز قابل مشاهده است.

نتیجه گیری

در ابتدای پژوهش با بررسی ادبیات موجود عوامل مؤثر بر پیچیدگی سازمانی را با استفاده از تحلیل عاملی اکتشافی کشف کردیم که به ۵ عامل اصلی «تعدد عناصر، تنوع عناصر، عوامل غیر منتظره، تاب آوری و پویایی» نام گذاری شدند سپس با توجه به رویکرد ماکرو ارگونومی و سیستم‌های فنی اجتماعی زیر عوامل را شناسایی کردیم و عوامل کشف شده را در قالب زیر عوامل فنی اجتماعی ادغام کرده و تحلیل عاملی تاییدی را انجام دادیم که با توجه به نتایج بدست آمده ۲۰ متغیر مورد تأیید قرار گرفتند. که شامل این متغیرها می‌شوند: تعدد عناصر فنی، تعدد عناصر اجتماعی، تعدد عناصر سازمانی، تعدد عناصر محیطی، تنوع عناصر فنی، تنوع عناصر اجتماعی، تنوع عناصر سازمانی، تنوع عناصر محیطی، عوامل غیرمنتظره فنی، عوامل غیرمنتظره اجتماعی، عوامل غیر منتظره سازمانی، عوامل غیرمنتظره محیطی، تاب آوری فنی، تاب آوری اجتماعی، تاب آوری سازمانی، تاب آوری محیطی، پویایی فنی، پویایی اجتماعی، پویایی سازمانی و پویایی محیطی می‌باشند.

که به طور کلی می‌توان این متغیرهای بالا را برای بررسی پیچیدگی فنی اجتماعی سازمان‌ها در نظر گرفت و از آنجا که پیچیدگی سازمانها از نوع تطبیق پذیر می‌باشند لذا سازمان بر اساس این متغیرها می‌توانند خود را با شرایط رقابتی تطبیق دهند. در این پژوهش تعداد ۲۰ متغیر به عنوان متغیرهای مهم در بررسی پیچیدگی فنی و اجتماعی سازمان

استخراج گردیده است در مرحله بعد با استفاده از تکنیک دیمتل و با استفاده از نظر ۱۰ خبره حوزه مدیریت و علوم انسانی بر آن شدیم که متغیرهایی که اثر گذاری بیشتری بر مفهوم ماکروارگونومی پیچیده می‌گذارند شناسایی کنیم که نتیجه به این صورت شد که متغیرهای تعدد عناصر اجتماعی ، تعدد عناصر کاری سازمان ، تنوع عناصر فنی ، عوامل غیر منتظره اجتماعی ، عوامل غیر منتظره کاری سازمان ، تاب آوری محیط خارجی بیشترین تأثیرگذاری را بر این مفهوم داشته و سازمان می‌بایست برای مقابله با محرکهای منفی پیچیدگی توجه بیشتری به این متغیرها داشته و نسبت به آنها خود آگاهی لازم را داشته باشد. این پژوهش در مقایسه با دیگر پژوهش‌های مورد بررسی، مفهوم پیچیدگی فنی اجتماعی CSS) را بازتعریف کرده است و در مقایسه با پژوهش‌های دیگر سعی کرده است یک نگاه جامع و کامل بر پیچیدگی داشته باشد که در این راستا مطالعات Tarcisio Abreu Saurin و Marlon Soliman که بصورت مرور ادبیات ارائه شده بود مورد بررسی قرار گرفتند که سعی کرده که جنبه‌های متفاوت پیچیدگی را پوشش دهد. این در حالی است که در این پژوهش بر خلاف دیگر پژوهش‌ها از رویکرد ماکروارگونومی در سیستم‌های فنی اجتماعی استفاده کردیم که از مطالعات HallW.Hendrick و Brian Kleiner استفاده شده است که بسیار گسترده و جامع بروی این موضوع مطالعه داشته‌اند این در حالی است که ماکروارگونومی به عنوان زیرمجموعه‌های سیستم‌های فنی اجتماعی محسوب می‌شوند که این سیستم‌ها توسط پژوهشگران مختلفی از جمله Eric Trist و Fred Emery کشف و توسط پژوهشگران دیگر که در این مقاله به آن اشاره شده است توسعه پیدا کرده است در نتیجه این پژوهش با استفاده از این رویکرد یک نگاه جدید به سیستم‌های فنی و اجتماعی داشته و ماکروارگونومی پیچیده را مورد بررسی قرار داده است و عوامل مهم بر این را در قالب ٦ عامل استخراج کرده است که می‌توانند نقش بسزایی در راهبری سازمانها برای مقابله با پیچیدگی را داشته باشد. مسلماً شناخت این عوامل می‌تواند استراتژی‌های مؤثر برای مدیریت سازمانهای پیچیده را به سازمان‌ها نشان دهد.

منابع

آذر، عادل. معماریانی، عزیزالله. (۱۳۷٤). AHP تکنیکی نوین برای تصمیم‌گیری، دانش مدیریت، شماره ۲۷ و ۲۸.

آذر، عادل. خسروانی، فرزانه. جلالی، رضا. (۱۳۹۸). تحقیق در عملیات نرم، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی.

اصغرپور، محمدجواد. (۱۳۹٦). تصمیم‌گیری گروهی و نظریه بازی‌ها با نگرش تحقیق در عملیات، موسسه انتشارات، دانشگاه تهران، چاپ چهاردهم

پورعزت، علی اصغر. سیدرضائی، میریعقوب. (۱۳۹٦). ارزشیابی عملکرد دولت و حکومت، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه¬ها (سمت)، تهران.

حبیبی، آرش. ایزدیار، صدیقه. سرافرازی، اعظم. (۱۳۹۳). تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، انتشارات کتیبه گیل.

رحمتی، محمدحسین. رضوی سعیدی، سید رضا. شهبازی، میثم. زارعی متین ،حسن. (۱۳۹۸). طبقه بندی گونه های پیچیدگی و رتبه بندی سازمانها براساس میزان پیچیدگی، مدیریت فرهنگ سازمانی، ۱۷(۲) ، ۲۹۸-۲۷۹.

صحرائی، ابراهیم. پورصادق، ناصر. حمیدی، ناصر. محتشمی، علی. (۱۳۹۹). طراحی مدل محرک های پیچیدگی سازمانی در بخش دولتی ایران با نگاه بر بازتعریف پیچیدگی سازمانی، نشریه آینده پژوهی ایران، ۵(۱)، ۲٤۱-۲٦۹

عطایی، محمد. (۱۳۹٤). تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، انتشارات دانشگاه شاهرود.

قدسی‌پور، حسن. (۱۳۹۱). مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه امیر کبیر، چاپ هفتم.

محقر، علی. انصاری، منوچهر. صادقی مقدم، محمد رضا. میرکاظمی مود، محمد. (۱۳۹۷). ارائه چارچوبی برای ترکیب روش های مدلسازی سیستم های پیچیده فنی-اجتماعی با استفاده از فراترکیب تفسیری انتقادی، چشم انداز مدیریت صنعتی، ۸(۲۹)، ۳۸-۹.

مومنی، منصور. شریفی، علیرضا. (۱۳۹۰). مدل‌ها و نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتشارات صانعی، تهران.

مهرگان، محمدرضا. (۱۳۹۳). پژوهش عملیاتی پیشرفته، انتشارات کتاب دانشگاهی، چاپ اول.

محمدپور، علی. میرزاپور، باباجان. (۱۳۹٤). تجزیه و تحلیل معیارهای پرتفوی با استفاده از تکنیک دیمتل فازی. مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ٦(۲۳):۱۱۹-۱۳۱ .

Aureli, F., & Schino, G. (2019). Social complexity from within: how individuals experience the structure and organization of their groups. Behavioral Ecology and sociobiology, 73(1), 6.

Archer, M., Bhaskar, R., Collier, A., Lawson, T., & Norrie, A. (2020). Critical realism: essential readings. London: Routledge; 1998.Walker GH, Stanton NA, Salmon PM, Jenkins DP, Rafferty L. Translating concepts of complexity to the field of ergonomics. Ergonomics , 53, 1175–86.

Alexander, A., Kumar, M., & Walker, H. (2018). A decision theory perspective on complexity in performance measurement and management. International Journal of Operations & Production Management.

Appelbaum, S. H. (1997). Socio-technical systems theory: an intervention strategy for organizational development. Management decision.

Bijker, W. E., Hughes, T. P., Pinch, T., & Douglas, D. G. (2012). The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology. London, U.K.: MIT press.

Behdani, B. (2012, December). Evaluation of paradigms for modeling supply chains as complex socio-technical systems. In Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference (WSC) (pp. 1-15). IEEE.

Brown, D. R., & Harvey, D. (2011). An experiential approach to organization development. Prentice Hall.

Cilliers P. Complexity and postmodernism: understanding complex systems.London: Routledge; 1998.

Carayon, P. (2006). Human factors of complex sociotechnical systems. Applied ergonomics, 37(4), 525-535.

Dekker, S. (2011). Drift into failure: from hunting broken components to understanding complex systems. Boca Raton: CRC Press.

Donkor, F., & Zhou, D. (2019). Complexity Leadership Theory: A Perspective for State-Owned Enterprises in Ghana. International Journal of Educational Leadership and Management, 7(2), 139-170.

Ewens, H., & van der Voet, J. (2019). Organizational complexity and participatory innovation: participatory budgeting in local government. Public Management Review, 21(12), 1848-1866.

Erdi, P. (2008). Complexity explained. Berlin: Springer.

Hollnagel, E., Paries, J., Woods, D., and Wreathall, J. (2011). Resilience Engineering in Practice: A Guidebook. Burlington, VT:Ashgate.

Hettinger, L. J., Kirlik, A., Goh, Y. M., & Buckle, P. (2015). Modelling and simulation of complex sociotechnical systems: envisioning and analysing work environments. Ergonomics, 58(4), 600-614.

Hendrick, H. W. (1995). Future directions in macroergonomics. Ergonomics, 38(8), 1617–1624 .

Hendrick, H. W. (1997). Organizational design and macroergonomics. Handbook of human factors and ergonomics, 2, 594-627.

Howick, S., & Ackermann, F. (2011). Mixing OR methods in practice: Past, present and future directions. European Journal of Operational Research, 215(3), 503-511.

Ingelgard, A., & Norrgren, F. (2001). Effects of change strategy and top-management involvement on quality of working life and economic results. International Journal of Industrial Ergonomics, 27(2),93–105 .

Jackson, M. C. (1999). Towards coherent pluralism in management science. Journal of the Operational Research Society, 50(1), 12-22.

Jackson, M. C. (2003). Systems thinking: Creative holism for managers: 378. Chichester, U.K: Wiley.

Johnson, N. (2010). Simply complexity: a clear guide to complexity theory. Oxford: One-World.

Kurtz, C. F., & Snowden, D. J. (2003). The new dynamics of strategy: Sense-making in a complex and complicated world. IBM systems journal, 42(3), 462-483.

Kleiner, Y., Rajani, B., & Sadiq, R. (2006). Failure risk management of buried infrastructure using fuzzy-based techniques. Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA, 55(2), 81-94.

Koyuncu, G., Kurt, E., & Erensal, Y. C. (2011). Work system design in macroergonomics: A case study related to prioritization of major sociotechnical system components by using the fuzzy analytic network process. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, 21(1), 89–103.

Lade, S. J., & Peterson, G. D. (2019). Comment on "resilience of complex systems: State of the art and directions for future research". Complexity, 2019.

Larsen, M. M., Manning, S., & Pedersen, T. (2019). The ambivalent effect of complexity on firm performance: A study of the global service provider industry. Long Range Planning, 52(2), 221-235.

Mirzaei, D., & Amini, A. (2016): "Management and Organizational Complexity ", Elsevier, procedia – Social and Behavioral Sciences, 230, 359 – 366.

Pereira Miranda, M. (2019). the Complexity of Organizations. Master's degree in Business Management and Internationalization. https://recipp. ipp. pt › bitstream › DM_Jorgina Pereira_MGIE_2019

Perrow, C. (1984). Normal accidents living with high-risk technologies. Princeton: Princeton University Press.

Pasmore, W. A. (1988). Designing effective organizations: The sociotechnical systems perspective.Academic Press.

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.

Rebentisch, E., KaushikSinha, G. S., Rudolf, S., Riesener, M., Mattern, Ch., & Stracke, F. (2017). Measurement of Organizational Complexity in Product Development Projects. Technology Management for Social Innovation.

Rauter, R., Globocnik, D., Perl-Vorbach, E., & Baumgartner, R. J. (2019). Open innovation and its effects on economic and sustainability innovation performance. Journal of Innovation & Knowledge, 4(4), 226-233.

Ramasesh, R. V., & Browning, T. R. (2014). A conceptual framework for tackling knowable unknown unknowns in project management. Journal of operations management, 32(4), 190-204.

Ramasesh, R. V., & Browning, T. R. (2014). A conceptual framework for tackling knowable unknown unknowns in project management. Journal of operations management, 32(4), 190-204.

Realyvásquez, A., Maldonado-Macías, A. A., & Romero-González, J. (2016). Macroergonomic Work Systems' Design Factors and Elements: A Literature Review. Handbook of Research on Managerial Strategies for Achieving Optimal Performance in Industrial Processes, 116-136.

Sheikh, R., Aibaghi Isfahani, S., & Lotfi, E. (2019). The process of Leading change management in a complex government environment " . the Journal Improvement and Change Management Studies, 28, 91.

Soliman, M., & Saurin, T. A. (2017). Lean production in complex socio-technical systems: A systematic literature review. Journal of Manufacturing Systems, 45, 135-148.

Sweeney, K. (2006). Complexity in primary care: understanding its value. Boca Raton: CRC Press.

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

Stacey, R. D. (2000). Complexity and management: fad or radical challenge to systems thinking? London: Routledge.

Simon, H. A. (1996). The sciences of the artificial. 3rd ed. Cambridge: MIT Press .

Sadra Abarghouei, N., & Jafarpour, H. (2017). Surveying the relationship of Total Ergonomics with burnout (With Case Study). Iranian Journal of Ergonomics, 5(1), 51-59.

Sadra Abarghouei, N., & Jafarpour, H. (2017). Surveying the relationship of Total Ergonomics with burnout (With Case Study). Iranian Journal of Ergonomics, 5(1), 51-59.

Stone, M., & Geisser, F. (1975). Cross validatory choice and assessment of statistical predictions. Journal of the Royal Statistical Society, 36(2), 111-147.

Trist, E., & Emery, F. (1960). Socio-technical systems theory. Oxford, U.K.: Pergamon.

Taket, A., & White, L. (1998). Experience in the practice of one tradition of multimethodology. Systemic Practice and Action Research, 11(2), 153-168.

Tourish, D. (2018). Is Complexity leadership Theory Complex Enogh? ACriticalappraisal, some modifications and suggestions for further research. Organization Studies, egos: SAGE.

Tenenhaus, M., Amoto, S., & Esposito Vinzi, V. (2004). A global goodness-of-fit index for PLS structural equation modeling. In Proceedings of the XLII SIS scientific meeting, 739-742.

Umut, U. Y. A. N., & Aslan, A. (2019). Promoting Readiness For Change: A Systematic Review of Positive Psychology in Organizational Change Context. Yönetim Bilimleri Dergisi, 17(34), 349-370.

Waeger, D., & Weber, K. (2019). Institutional complexity and organizational change: An open polity perspective. Academy of Management Review, 44(2), 336-359.

Woermann, M., Human, O., and Preiser, R. (2018). Genral Complexity: A Philosophical and Critical Perspective. Emergence: Complexity and Organization. 2018 Jun 30]last modified: 2019 Feb 24[. Edition 1 .

Wu, P. P. Y., Fookes, C., Pitchforth, J., & Mengersen, K. (2015). A framework for model integration and holistic modelling of socio-technical systems. Decision Support Systems, 71, 14-27.

Woermann, M., Human, O., and Preiser, R. (2018). Genral Complexity: A Philosophical and Critical Perspective. Emergence. Complexity and Organization. 2018 Jun 30]last modified: 2019 Feb 24[. Edition 1 .

Winter, A., Haux, R., Ammenwerth, E., Brigl, B., Hellrung, N., & Jahn, F. (2010). Health information systems. In Health Information Systems (pp. 33-42). Springer, London.

Wu, C-R., Chang, C-W., & Lin, H-L. (2008). A fuzzy ANP-based approach to evaluate medical rganizational performance. International Journal of Information and Management Sciences, 19(1), 53-74.

Wynen, J., Boon, J., Kleizen, B., & Verhoest, K. (2020). How multiple organizational changes shape managerial support for innovative work behavior: Evidence from the Australian Public Service. Review of Public Personnel Administration, 40(3), 491-515.

Werts, C. E., Linn, R. L., & Jöreskog, K. G. (1974). Intraclass reliability estimates: Testing structural assumptions. Educational and Psychological measurement, 34(1), 25-33 .