چشم‌انداز مدیریت
شماره ۳۰ ـ بهار ۱۳۸۸
ص‌ص ۲۸- ۹

ارزیابی هوشمندانهٔ نقشه شناختی فازی (FCM)

علیرضا طالب‌پور[*]، صدرا احمدی[**]

چکیده

مدل FCM یک نمودار علت و معلول است که نمایشگر روابط بین اجزای اساسی در نظام‌های پیچیده‌است. خبره‌هایی که آشنا به اجزای نظام و روابط بین آنها هستند ممکن است تعیین کننده روابط موجود در مدل FCM باشند. زمانی که تعداد عوامل زیاد باشد و در مدل‌سازی به دنبال آن باشیم تا عوامل را دسته‌بندی کرده و در حوزه‌های مشخصی دسته‌بندی نماییم، شکل آنجاست که با افزایش تعداد آنها و روابط بین آنها خطای بررسی عوامل بسیار افزایش می‌یابد و خبره به راحتی نمی‌تواند روابط صحیح علت و معلولی بین عوامل را مشخص کند. بنابراین برای حل این مشکل در دسته‌بندی عوامل، لازم است مکانیزمی را در نظر گرفت تا با استفاده از آن بتوان روند دسته‌بندی عوامل و مشخص نمودن روابط علت و معلولی صحیح را در ماتریس نهایی عوامل تسهیل کرد.

کلید واژه‌ها: منطق فازی، FCM، مدل‌های علت و معلول.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

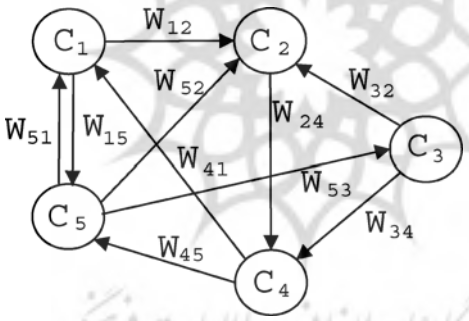
تاریخ دریافت مقاله : ۸۷/۳/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۷/۸/۲۵

*استادیار دانشکدهٔ مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی.
* * کارشناسی ارشد مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکدهٔ مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی.
(نویسنده مسئول) Email: Sadra.ahmadi@gmai

مقدمه

نقشه‌های شناختی یا همان مدل‌های گرافیکی علت و معلولی توسط رابرت اکسلورد در سال ۱۹۷۶ در حوزه علوم سیاسی معرفی شد. لازم به ذکر است از این مدل در کارکردهای بسیار دیگری مانند مدارهای الکتریکی، علوم دارویی، نظام‌های نظارتی، برنامه‌ریزی راهبردی و سازمان و تحلیل شاخص‌های عملکرد کسب و کار، مدیریت پروژه‌های نرم‌افزاری، بازیابی اطلاعات، نظام‌های پویا و پیچیده و مدل‌سازی جهان مجازی نیز استفاده شده است[۱].

کوسکو در سال ۱۹۸۶ برای اولین بار ابزارهای فازی را برای ترسیم این مدل‌ها مورد استفاه قرار داد و مدل‌های FCM را برای اولین بار معرفی نمود. برمبنای تعریف وی FCM «یک نمودار گرافیکی هدایت شده با مفاهیمی مانند قوانین و رویدادها و مواردی نظیر اینهاست به همراه گره‌ها و روابط علت و معلولی که میان آنها وجود دارد. این نمودار به دنبال نشان دادن روابط علت و معلولی میان مفاهیم مورد اشاره در گره‌ها می‌باشد [۷،۹].



نمودار۱، نمایش مدل FCM

مشخصه اصلی این مدل، گرافی هدایت شده است که با استفاده از آن فرایند نتیجه‌گیری و بررسی روابط علت و معلولی میان برخی عوامل نمایش داده می‌شود. در این مدل پویایی یک سیستم به وسیله شبیه‌سازی تعاملات بین مفاهیم و عوامل موجود در آن نمایش داده می‌شود. ایجاد یک مدل FCM نیازمند ورودی‌هایی

است که از تجارب و دانش افراد خبره در موضوع مورد نظر به دست می‌آید. بنابراین در مدل‌های FCM تجارب انباشته‌شده افراد با دانش موجود در حوزه‌ای که مدل برای آن ترسیم شده است یکپارچه می‌شود و بر مبنای آنها روابط علت و معلولی میان عوامل تشکیل دهنده نظام به‌وجود می‌آید [۱،۷،۹]. یک مدل FCM تشکیل شده از مجموعه‌ای از گره‌ها یا مفاهیم است که با علامت اختصاری زیر نمایش داده می‌شود:

$$C_i \qquad i = 1,2,...,n$$

گره‌های موجود در مدل به‌وسیله کمان‌های وزن‌دار با یکدیگر ارتباط داخلی دارند. در شکل ۱، یک مدل FCM با ۵ گره و ۱۰ قوس کمان‌دار نمایش داده شده است. هر ارتباط داخلی میان دو گره C_i و C_j دارای وزنی برابر با W_{ij} است که معادل نیروی رابطه علت و معلولی میان آن دو گره می‌باشد. مقدار وزنی W_{ij} نشان‌دهندهٔ نوع رابطهٔ مستقیم یا معکوس میان دو گره است. بنابراین سه نوع وزن‌دهی را می‌توان ارائه نمود[۷،۹].

$$\begin{cases} W_{ij} > 0 & \text{نشانده‌دهنده یک ارتباط علت و معلولی مثبت} \\ W_{ij} < 0 & \text{نشانده‌دهنده یک ارتباط علت و معلولی منفی} \\ W_{ij} = 0 & \text{بدون وجود رابطه} \end{cases}$$

در این مدل پس از تعیین مقدار یک گره، مقادیر گره‌های دیگری که این گره نیز با آنها در ارتباط است، با کمان‌های میان آنها براساس فرمول زیر تعیین می‌شود [۷و۹].

$$A_i(k+1) = f\left(A_i(k) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} W_{ij} A_j(k) \right)$$

متدلوژی مدل‌سازی

متدلوژی مدل‌سازی این تحقیق برمبنای متدلوژی ارائه شده توسط Rodriguez-Repiso استوار است و دارای ۴ بخش ماتریس اولیه عوامل (IMF)، ماتریس فازی شده عوامل (FZMF)، ماتریس قدرت ارتباط بین عوامل (SRMF) و ماتریس نهایی عوامل (FMF) می‌باشد [۱،۱۳]. در گام اول بر مبنی نظرات گردآوری شده از خبرگان یک ماتریس [n × m] تشکیل می‌شود که "n" عبارت است از تعداد فاکتورهای شناسایی شده که در واقع متغیرهای اصلی تصمیم‌گیری هستند و "m" عبارت است از تعداد افراد خبره‌ای که از طریق آنها اطلاعات جمع‌آوری شده است. هر سلول در این ماتریس O_{ij} نشان‌دهنده ضریب یا وزنی است که هر کدام از افراد خبره "j" به هر کدام از عوامل "i" با توجه به تجربه‌ای که دارند تخصیص می‌دهند. نتیجه اطلاعات به دست آمده در این ماتریس در گام بعد تبدیل به مجموعه‌های فازی با درجه عضویتی بین ۰ و ۱ خواهد شد. هر کدام از سلول‌هایی که در یک ردیف قرار می‌گیرند – $O_{i1}, O_{i2}, O_{i3},...., O_{im}$ – جزئی از بردار V_i می‌باشند. برای هر عامل در جدول از مجموعه نظرات جمع‌آوری شده خبرگان یک بردار V_i ایجاد می‌شود. در گام بعد داده‌های به‌دست آمده در مرحله اول با استفاده از توابع فازی به مقادیر فازی تبدیل می‌شوند. در این گام بردارهای عددی تبدیل به مجموعه‌های فازی می‌شوند که ارزش هر کدام از اجزای این بردارها در طیف [۱و۰]. قرار می‌گیرد. برای استفاده از تابع مورد نظر لازم است کران‌های بالا و پایین برای اعداد به‌دست آمده در ماتریس مشخص شوند و به کران بالا مطابق با رابطه $\mathbf{MAX(O_{iq})} \Rightarrow \mathbf{X_i(O_{iq})} = 1$ مقدار $X_i = 1$ تخصیص می‌یابد. و به کران پایین مطابق رابطه $\mathbf{MIN(O_{ip})} \Rightarrow \mathbf{X_i(O_{ip})} = 0$ مقدار $X_i = O$ تخصیص می‌یابد. بدین ترتیب هرکدام از مقادیر ماتریس IMF مطابق رابطه زیر به مقدار فازی موجود در بازه [۱و۰] تبدیل می‌شود.

$$\mathbf{X_i(O_{ij})} = \frac{\mathbf{O_{iq} - MIN(O_{ip})}}{\mathbf{MAX(O_{iq}) - MIN(O_{ip})}}$$

در گام بعدی نزدیکی ارتباط میان دو عامل V_1 و V_2 به‌وسیله شاخص میزان مشابهت میان دو بردار مشخص می‌شود. تعیین قدرت ارتباط میان عوامل بستگی کامل به دو بردار مربوط به آنها دارد. این عدد به وسیله پارامتر $S12$ نمایش داده می‌شود. میزان نزدیکی رابطه بین دو بردار بر مبنای فاصله میان دو بردار تعیین می‌شود [۱،۹،۱۳].

محاسبه‌های متفاوتی برای بردارهایی که دارای ارتباط مستقیم یا معکوس هستند، مورد نیاز است. در صورتی که دو بردار V_1 و V_2 به صورت مستقیم با هم در ارتباط باشند، نزدیکی ارتباط میان آنها برای هر j که $(j = 1, \dots, m)$ برابر است با $X_1(V_j) - X_2(V_j)$ و در صورتی که رابطه بین دو بردار معکوس باشد، نزدیکی ارتباط برابر است با: $X_1(V_j) - (1 - X_2(V_j))$

در این حوزه متغیر دیگری نیز تعریف می‌شود که عبارت است از d_j. این پارامتر برابر است با اختلاف بین "j" امین عناصر متناظر دو بردار. این پارامتر براساس معادله $d_j = \left|X_1(V_j) - X_2(V_j)\right|$ برای رابطه مستقیم و $d_j = \left|X_1(V_j) - (1 - X_2(V_j))\right|$ برای رابطه معکوس محاسبه می‌شود: [۱،۹،۱۳]

با توجه به این فرمول، پارامتر دیگری نیز تحت عنوان AD تعریف می‌شود که مقدار آن برابر است با:

$$\mathbf{AD} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \left|d_j\right|}{m}$$

رابطه نزدیک و مشابهت دو بردار با پارامتر S نمایش داده می‌شود که مقدار آن برابر است با $S = 1 - \mathbf{AD}$

در گام آخر پس از تشکیل ماتریس $SRMF$ لازم است نتایج به‌دست آمده توسط افراد خبره مورد بازنگری قرار گیرد، چرا که ممکن است برخی از داده‌های درون آن گمراه کننده باشند. به این معنی نتایجی که از منطق ریاضی مورد استفاده

به‌دست آمده‌اند ممکن است نشان‌دهندهٔ وجود رابطه و نزدیکی قابل قبولی میان عوامل باشند؛ اما این در حالی است که ممکن است به صورت منطقی، عوامل با هم بی ارتباط باشند. این ارتباطات نامناسب به راحتی می‌تواند توسط خبرگان در این حوزه شناسایی و حذف شوند [۱۳].

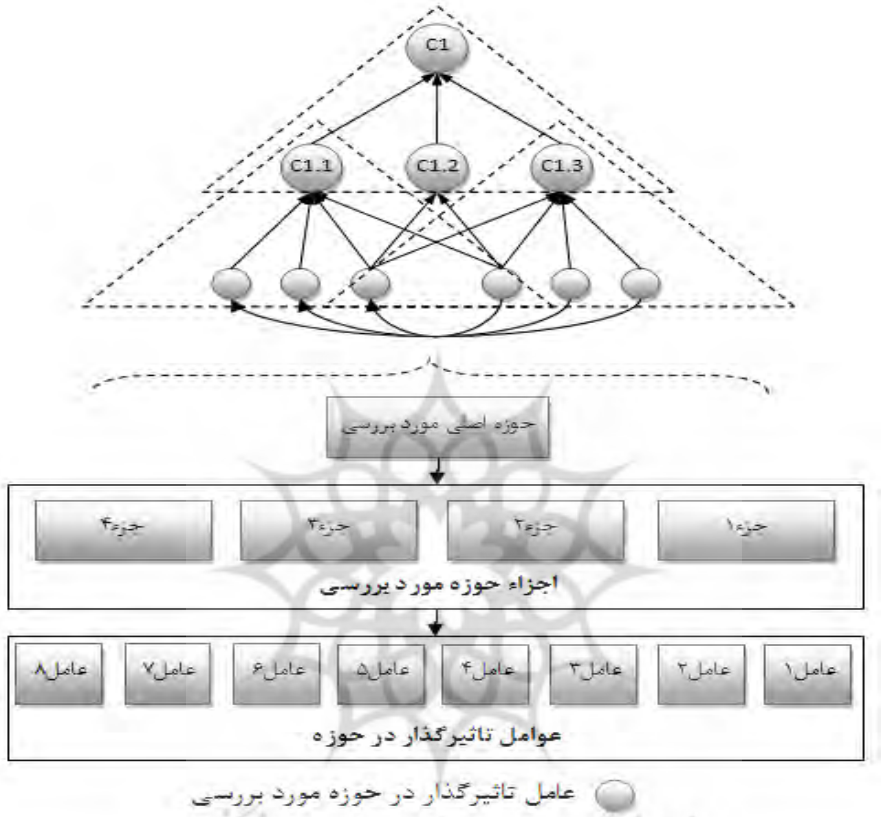
ارائه مدل جدید به منظور ترسیم مدل‌های FCM

با توجه به مطالب ارائه شده در مورد نحوهٔ ایجاد مدل‌های FCM در روند ترسیم مدل برای مواردی که حجم عوامل زیاد است و محقق در نظر دارد عوامل را دسته‌بندی نموده و پس از آن مدل‌های گرافیکی را ترسیم نماید، با مشکلاتی مواجه است که در ادامه به بررسی آنها پرداخته خواهد شد.

شرح مسئله

زمانی که حجم عواملی که پیش‌بینی شده به عنوان عوامل تاثیرگذار در یک حوزه مورد بررسی قرار گیرند، زیاد باشد و قرار باشد عوامل را در دسته‌های مشخصی دسته‌بندی کرد، به طور معمول تعداد عواملی که در هر دسته‌بندی قرار می‌گیرند رو به افزایش است. در این حالت حجم ماتریس قدرت ارتباط بین عوامل که در واقع مبنای تشکیل مدل FCM است افزایش می‌یابد. این افزایش به این دلیل است که تعداد سطر و ستون‌های این ماتریس برابر است با تعداد عوامل موجود در هر حوزه. بدین معنی که در صورتی که در هر دسته‌بندی تعداد n عامل وجود داشته باشد ماتریس قدرت ارتباط بین عوامل این حوزه ماتریس [n× n] خواهد بود. بنابراین هر چه مقدار n افزایش یابد، تعداد سطر و ستون‌های این ماتریس نیز افزایش می‌یابد و لازم است فرد خبره زمان بیشتری به منظور تشخیص ارتباطات درست و منطقی میان عوامل صرف نماید. در صورتی‌که تعداد حوزه‌های مورد بررسی از یکی بیشتر باشد، لازم است فرد خبره زمان زیادی را برای تحلیل هر ماتریس و تعیین

ارتباطات صحیح صرف کند. گفتنی است زمانی که در دسته‌های مختلف عوامل مشابه وجود داشته باشند و یک عامل با توجه به روند و نزدیکی حوزه‌های دسته‌بندی در چندین حوزه ، مورد اشاره قرار گیرد، باید به دنبال راهکاری بود تا روند بررسی را تسهیل کرد و حجم بررسی‌ها را کاهش داد. نمونه‌ای از این حالت در نمودار ۲ ارائه شده است.



در این حالت حوزه اصلی مورد بررسی به چند زیرحوزه یا اجزاء اصلی تشکیل آن حوزه شکسته می‌شود و در بررسی دیگر عوامل تاثیر گذار در حوزه اصلی شناسایی می‌شوند و به منظور بررسی دقیقتر مقرر می‌گردد که عوامل، قالب زیرحوزه‌های اصلی اشاره شده دسته‌بندی شوند. همانطور که در نمودار مشخص است در مسیر

دسته‌بندی مورد مختلف مشترکاتی وجود دارد که ممکن است یک عامل در چندین دسته‌بندی قرار گیرد. نکته لازم به ذکر آن است که پس از دسته‌بندی عوامل زمانی که با توجه به روند ترسیم مدل FCM حوزه‌ها و دسته‌های مختلف توسط خبرگان مورد بررسی قرار می‌گیرند، ضرایبی که افراد در بررسی تاثیر یک عامل یکسان در حوزه‌های مختلف به عامل مورد نظر اختصاص می‌دهند متفاوت است. بنابراین میزان کمی روابط میان دو عامل در صورتی که در حوزه‌های مختلف دسته‌بندی شوند، در هر دسته‌بندی متفاوت است. این در حالی است که اصل وجود رابطه در حوزه‌های مختلف یکسان است. وجود دسته‌بندی‌های مختلف منجر به آن می‌شود که در تحلیل روابط میان عوامل در حوزه‌های متفاوت ممکن است فرد خبره به دلیل حجم زیاد عوامل اشتباه نماید و اصل رابطه را در حوزه‌های دیگر به صورت معکوس در نظر گیرد یا اصل رابطه را به‌طور کل حذف نماید. بنابراین می‌باید به دنبال راهکاری بود تا تجربیات فرد خبره را ثبت کرد و در تحلیل حوزه‌های مختلف از آن استفاده نمود. با توجه به موارد ذکر شده فرضیه‌های موجود در مسئله عبارتند از:

فرضیه اول: زیاد بودن تعداد عوامل؛

فرضیه دوم: وجود عوامل مشابه در دسته‌بندی آنها و حوزه مورد بررسی؛

فرضیه سوم: نیاز به ترسیم یک مدل FCM برای هر کدام از دسته‌ها و زیر حوزه‌ها؛

فرضیه چهارم: اصل نوع رابطه تاثیرگذاری میان عوامل ثابت است و صرفاً ضرایب میان عوامل در مدل‌های FCM در حوزه‌های مختلف متفاوت است؛

همچنین با توجه به موارد ذکر شده، مشکلات موجود در روند مدل‌سازی را به صورت زیر می‌توان دسته‌بندی کرد:

۱.با افزایش عوامل حجم عملیات افزایش می‌یابد و درنتیجه امکان وقوع خطا نیز افزایش می‌یابد.

۲.حجم زیاد عوامل، حجم تعداد روابطی که خبره می‌باید تصمیم به حذف یا قبول آنها بگیرد افزایش می‌یابد و به همین دلیل تعداد افراد خبره کمتری حاضر به همکاری برای تعیین ماتریس نهایی عوامل می‌شوند.

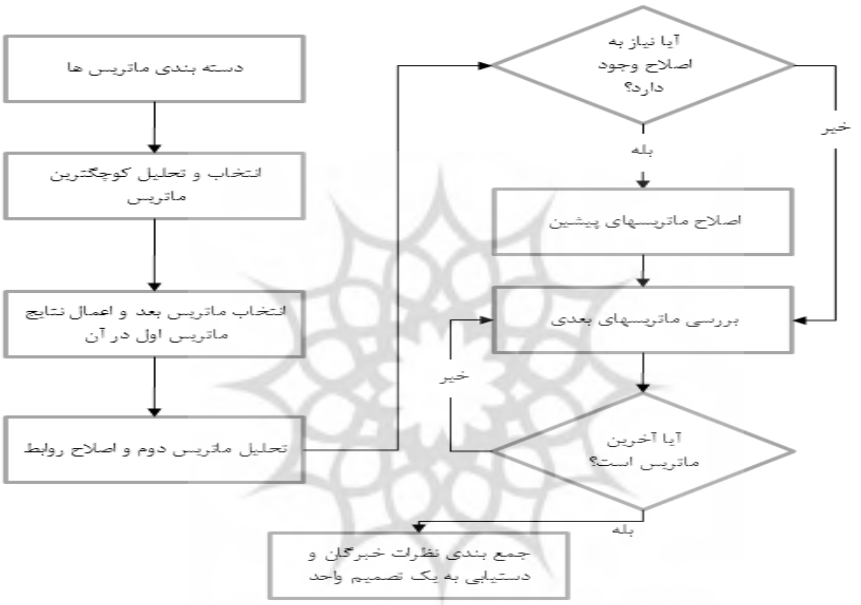
۳.زمانی که حجم عوامل زیاد است و در دسته‌بندی‌ها عوامل مشترک وجود دارد، امکان اشتباه برای خبره برای تشخیص روابط متفاوت در ماتریس‌های مختلف افزایش می‌یابد. بدین معنی که ممکن است خبره در یک ماتریس عامل C_1 را تاثیر گذار بر عامل C_2 بداند و در جدول دیگر به دلایل مختلف این رابطه را معکوس در نظر گیرد.

روش جدید پیشنهادی تولید مدل‌های FCM

همانطور که در بخش‌های پیشین اشاره شد، زمانی که ماتریس قدرت ارتباطات بین عوامل تکمیل می‌شود، ممکن است برخی از داده‌های درون آن گمراه کننده باشد. بدین معنی که ممکن است تمامی عواملی که در این ماتریس دارای رابطه‌ای ریاضی هستند، در واقع با یکدیگر ارتباط نداشته باشند و یا اینکه ممکن است همیشه رابطه علت و معلولی میان عوامل برقرار نباشد. در این حالت نظر فرد خبره برای تحلیل اطلاعات و تبدیل ماتریس SRMF به ماتریس FMF مورد نیاز است. در تولید این ماتریس در صورتی که تعداد عوامل زیاد باشد و همچنین در دسته‌های مختلف عوامل مشترک وجود داشته باشد، تصمیم‌گیری دشوار خواهد بود و بررسی ماتریس‌های مختلف زمان زیادی خواهد گرفت و ممکن است فرد یا افراد خبره در تشخیص موضوع دچار خطا شوند. روند بررسی و تحلیل این ماتریس‌ها که در حوزه‌های مختلف تولید شده‌اند عبارت است از:

۱. دسته‌بندی ماتریس‌های مربوط به حوزه‌های مختلف از لحاظ حجم به صورت صعودی (روند دسته‌بندی ماتریس‌ها بر اساس تعداد سطر و ستون‌ها انجام می‌پذیرد).

۱. بررسی کوچکترین ماتریس؛
۲. شناسایی ماتریس دوم و تعمیم نتایج در ماتریس دوم؛
۳. تحلیل ماتریس دوم و تصحیح روابط؛
۴. اعمال تغییرات در ماتریس یا ماتریس‌های قبلی در صورت ایجاد تغییر در روابط؛
۵. اعمال نتایج تحلیل آخرین ماتریس بررسی شده در ماتریس‌های بعدی؛
۶. ترکیب نظرات خبرگان و دستیابی به یک تصمیم واحد؛



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

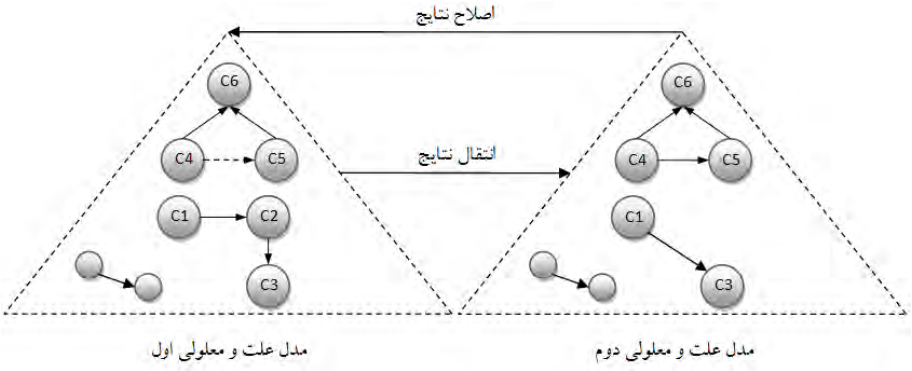
نمودار۳. روند بررسی مدل

لازم به ذکر است منظور از بندهای دوم، سوم و چهارم از جریان کاری این نکته است که پس از بررسی هر ماتریس، نتایج به‌دست آمده از روابط میان عوامل هر ماتریس استخراج می‌شود و به صورت دانش مستند برای تحلیل ماتریس‌های بعدی

مورد استفاده قرار می‌گیرد. همانطور که از نمودار۳ برمی‌آید، ممکن است در تحلیل یک ماتریس سه عامل *C1*، *C2* و *C3* با یگدیگر ارتباط داشته باشند. بنابراین نوع رابطه میان عوامل به صورت دانش خبره مستند می‌شود و مطابق آن ارتباط *C1C2* و *C2C3* ثبت می‌شود. این در حالی است که در بررسی ماتریس دوم عامل *C2* وجود ندارد اما عوامل *C1* و *C3* وجود دارند در این حالت دانش موجود این امکان را برای فرد خبره به وجود می‌آورد تا در مورد وجود یا عدم وجود رابطه میان دو عامل *C1* و *C3* تصمیم‌گیری کند. گفتنی است در این انتقال نتایج، در مورد عواملی که در هر دو ماتریس موجود هستند و با یکدیگر نیز ارتباط دارند، یکسان رفتار می‌شود و رابطه میان آنها به صورت مشابه ترسیم می‌شود.

در بند چهارم منظور از اصلاح روابط آن است که خبره در تحلیل ماتریس دوم با توجه به عوامل جدیدی که پیش روی خود دارد، نوع ارتباط میان دو عامل یکسان در دو ماتریس را تغییر دهد. این تغییرات در صورت موافقت خبره با اعمال آنها در ماتریس‌های پیشین نیز اعمال می‌شود. به طور مثال، همانطور که در نمودار ۴ نمایش داده شده است، در در دو مدل عوامل *C4*، *C5* و *C6* یکسان هستند. زمانی که فرد خبره مدل علت و معلولی دوم را مورد بررسی قرار می‌دهد، رابطه میان دو عامل *C4* و *C5* را به عنوان رابطه منطقی و معنی‌دار در نظر می‌گیرد. بنابراین در جریان بازخورد و اصلاح نتایج فرد خبره می‌تواند رابطه میان این دو عامل را نیز در مدل اول منطقی در نظر بگیرد و مدل را با توجه به آن اصلاح نماید.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



نمودار۴. جریان انتقال و اصلاح نتایج میان دو مدل *FCM*

با توجه به مطالب ذکر شده در بخش‌های قبل، زمانی که فرد خبره ماتریس‌های مختلفی را مورد بررسی قرار می‌دهد، در تعیین نوع رابطه میان عوامل دچار اشتباه شود. این نکته بدین معنی است که در روند تعیین روابط منطقی ممکن است در یک بررسی عامل C1 را تأثیرگذار بر عامل C2 در نظر گیرد و در بررسی ماتریس دیگری در صورتی‌که دانش رابطه میان عوامل مستند نشده باشد، این ارتباط را برعکس در نظرگیرد بنابراین باید به دنبال راهکاری بود تا فرایند تست انجام گیرد و از بروز چنین خطایی جلوگیری شود. با توجه به این مطالب باید سعی شود تا از بروز رخداد زیر جلوگیری شود.

$$C_i \rightarrow C_j$$

$$C_j \rightarrow C_i$$

با توجه به مطالب ارائه شده برای هر عامل C_i رابطه زیر صادق است. این رابطه به این معنی است که برای هر عامل C_i مجموعه‌ای از عوامل به عنوان عوامل تأثیرگذار بر آن درنظر گرفته می‌شوند که می‌توان آنها را علت‌های روابط دانست و مجموعه‌ای از عوامل نیز به عنوان معلول‌های روابط در نظر گرفته می‌شوند و عواملی هستند که عامل C_i بر آنها تأثیرگذار است.

$$\{C_\alpha, C_\beta, \cdots, C_\gamma\} \rightarrow C_i \rightarrow \{C_\varepsilon, C_\varphi, \cdots, C_\omega\}$$

گفتنی است نوع ارتباط علت و معلولی میان عوامل در ماتریس‌های مختلف تا زمانی که فرد خبره تغییر آنها را تشخیص نداده است، ثابت است و لازم است این ارتباط در تمامی ماتریس‌های اعمال شود. در نمودار زیر انتقال نتایج از یک مدل به مدل دیگر نمایش داده شده است.

نمودار۵. انتقال نتایج از

C_k	C_j	C_i	
1	0	0	C_i
0	0	1	C_j
0	1	0	C_k

انتقال نتایج ←

C_3	C_k	C_2	C_j	C_i	C_1	
0	1	0	1	0	0	C_1
0	1	0	0	0	1	C_i
1	0	1	0	1	0	C_j
1	0	0	0	1	0	C_2
0	0	1	1	0	1	C_k
0	1	0	0	0	0	C_3

مدلی به مدل دیگر

بنابراین برای انتقال نتایج بین دو ماتریس لازم است از ضرب دو ماتریس R و F استفاده شود که ماتریس R آن است که اعداد داخلی‌اش صرفاً اعداد صفر و یک هستند و ماتریس F نشان دهندهٔ ضرایب روابط میان عوامل موجود در مدل است. این ضرب سبب می‌شود تا نتایج به‌دست آمده در ماتریس‌های مربوط به مدل‌های بررسی شده در ماتریس جدید اعمال شود.

C_k	C_j	C_i	
1	0	0	C_i
0	0	1	C_j
0	1	0	C_k

×

C_n	C_{n-1}	…	C_2	C_1	
$\alpha_{1,n}$	$\alpha_{1,n-1}$	…	$\alpha_{1,2}$	$\alpha_{1,1}$	C_1
$\alpha_{2,n}$	$\alpha_{2,n-1}$	…	$\alpha_{2,2}$	$\alpha_{2,1}$	C_2
⋮	⋮	…	⋮	⋮	⋮
$\alpha_{n-1,n}$	$\alpha_{n-1,n-1}$	…	$\alpha_{n-1,2}$	$\alpha_{n-1,1}$	C_{n-1}
$\alpha_{n,n}$	$\alpha_{n,n-1}$	…	$\alpha_{n,2}$	$\alpha_{n,1}$	C_n

نمودار۶. ضرب دو ماتریس

برای بررسی عدم رخداد اشتباه یکسان بودن عوامل علت و معلول یک عامل در بررسی‌های مختلفی که توسط فرد خبره بر روی ماتریس‌های مختلف انجام می‌پذیرد می‌توان از شروط زیر استفاده کرد:

شرط اول: در صورتی که در یک ماتریس عامل C_i در یک ماتریس به عنوان عامل علت C_j باشد، در بررسی تمامی ماتریس‌های دیگر هیچگاه نباید عامل C_i عضو مجموعه عوامل تأثیرپذیر از عامل C_j قرار گیرد.

$$\forall C_i C_j M_k ; C_j \in F_{1C_jM_k} \Rightarrow \neg\exists C_j \notin \bigcup_{\substack{i=1 \\ k=1}}^{\substack{k=m \\ i=n}} F_{2C_jM_k}$$

در این رابطه $F_{1C_jM_k}$ نشانگر مجموعه عوامل تاثیر گذار بر عامل i در ماتریس j می‌باشد و $F_{2C_jM_k}$ نشان‌دهندهٔ مجموعه عواملی هستند که از عامل i در ماتریس j تأثیر می‌پذیرند. همچنین C_iC_j نمایانگر عوامل مورد بررسی در پژوهش و M_K نشان‌دهندهٔ ماتریس نهایی عوامل مورد بررسی می‌باشد و m در این معادله، تعداد ماتریس‌هایی که فرد خبره باید آنها را مورد بررسی قرار دهد، بیان می‌کند. بنابراین در صورتی که رابطه بالا در مورد هرکدام از عوامل صدق کند می‌توان از این نکته اطمینان حاصل کرد که برای هیچکدام از عوامل تداخلی بین عوامل علت و معلول وجود نخواهد داشت.

با توجه به این رابطه در صورتی که عامل C_i در یک ماتریس به عنوان عامل علت C_j باشد، این عامل در بررسی تمامی ماتریس‌های دیگر به عنوان عامل تاثیر گذار درنظر گرفته می‌شود. نکته آن است که این رابطه نشان دهندهٔ تاثیرپذیر بودن (معلول بودن) عامل C_j از عامل C_i در یک ماتریس به معنی شرط کافی برای وجود این رابطه در دیگر ماتریس‌ها نمی‌باشد و صرفاً شرطی لازم برای وجود این رابطه است. چرا که ممکن است در بررسی ماتریس‌های دیگر عواملی وجود داشته باشند که از دید فرد خبره تاثیر مستقیم میان دو عامل C_i و C_j را از بین ببرند و به عنوان عامل واسط میان دو عامل قرار گیرند. بنابراین با توجه به این رابطه می‌توان قرار داشتن عامل C_i را در مجموعه عوامل تاثیرگذار بر C_j در تمامی ماتریس‌ها مورد بررسی قرار داد و از رخداد آن اطمینان حاصل کرد اما وجود عامل C_i در مجموعه

عوامل تاثیر پذیر از عامل C_K را نمی‌توان به عنوان رخدادی همیشگی تا پایان تحلیل ماتریس‌ها دانست و بلکه باید مطابق با نظر فرد خبره در مورد آن تصمیم‌گیری نمود.

شرط دوم: اگر در ماتریس M_1، عامل C_i علت عامل C_j باشد واگر در ماتریس M_2 ارتباط مستقیمی بین دو عامل C_i و C_j وجود نداشته باشد. در این صورت لازم است عامل C_k وجود داشته باشد که C_i علت عامل C_k و پس از آن C_k علت عامل C_j باشد. در این رابطه M_1 ماتریس کوچکتر را نشان می‌دهد و M_2 ماتریس بزرگتر را بیان می‌کند.

$$\forall C_i C_j M_1 M_2 ; C_i \in F_{1C_j M_1} \,\&\, C_i \notin F_{1C_j M_2} \Rightarrow \exists C_k ; C_i \in F_{1C_j M_2} \,\&\, C_k \in F_{1C_j M_2}$$

شرط سوم: اگر در ماتریس کوچکتر، فرد خبره عامل C_i علت عامل C_j نداند، اما در بررسی ماتریس بزرگتر، فرد خبره عامل C_i علت عامل C_j تشخیص دهد، آنگاه لازم است در ماتریس کوچکتر نیز این رابطه برقرار شود.

$$\forall C_i C_j M_1 M_2 ; C_i \notin F_{1C_j M_1} \,\&\, C_i \in F_{1C_j M_2} \Rightarrow C_i \in F_{1C_j M_1}$$

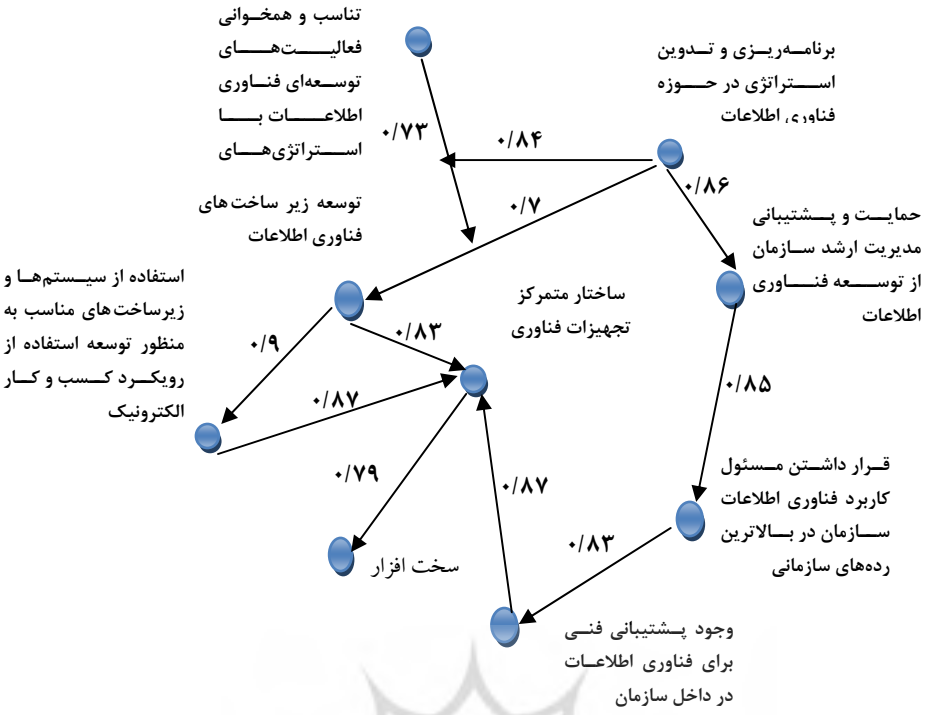
مطالعه موردی

برای اجرایی کردن مدل ارائه شده در این مقاله، با استفاده از روش ترسیم مدل‌های علت ومعلولی که در بخش‌های پیشین به تفضیل اشاره شدند، پژوهشی در خصوص تعیین عوامل تأثیرگذار در توسعه رویکرد کسب و کار الکترونیک در سازمان و بررسی نوع و میزان تأثیرگذار عوامل بر یکدیگر و ترسیم مدل‌های علت و معلول میان عوامل تأثیرگذارانجام شد. همچنین با استفاده از مدل FCM و روش اصلاح شده‌ای که در بخش‌های پیشین به آنها اشاره شد، پژوهشی در این خصوص در مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران که نهاد ملی گردآوری اطلاعات و پژوهش‌های علمی تولید شده در دانشگاه‌ها - یعنی پایان‌نامه‌های مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی- می‌باشد، انجام پذیرفت و طی آن پژوهش عوامل تأثیرگذار بر توسعه رویکرد کسب و کار الکترونیک از منابع علمی و مطالعات انجام

گرفته توسط متخصصان، استخراج شد و در دو حوزه اصلی رویکرد کسب و کار الکترونیک یعنی نظام و فناوری و وظایف مدیریتی و به دنبال آن در هشت زیر حوزه سخت‌افزار، نرم‌افزار، شبکه و ارتباطات، مدیریت فناوری اطلاعات، رهبری، کنترل، سازماندهی و برنامه‌ریزی دسته بندی شدند و با توجه به نظرات افراد خبره در این هشت حوزه مدل علت و معلولی عوامل با توجه به نظرات خبرگان ترسیم گردید.

در پژوهش انجام شده به منظور دسته‌بندی عوامل تأثیرگذار بر بلوغ سازمان در کسب وکار الکترونیکی و ترسیم نمودارهای علت و معلول، ابتدا عوامل تأثیرگذار با استفاده از دو نظرسنجی از خبرگان به روش دلفی در حوزه‌های اصلی و زیرحوزه‌های اشاره شده، شناسایی شدند. در گام بعد با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده در بخش قبل و بر اساس فرمول ارائه شده در بخش متدلوژی تحقیق برای ساخت ماتریس فازی شدهٔ عوامل، از دو کران بالا و پایین ۹۰ و ۱۰ به عنوان $MAX(O_{iq})$ و $MIN(O_{ip})$ برای ساخت این ماتریس استفاده شد و ماتریس FZMF استخراج گردید. در گام بعد با توجه به اطلاعات بدست آمده در ماتریس‌های پیشین و با استفاده از روابط توسعه این بخش از روند مدلسازی ماتریس SRMF تشکیل گردید. درگام آخر تحقیق به منظور تصمیم‌گیری در مورد وجود یا عدم وجود رابطه میان دو عامل C_i و C_j، بررسی دیگری با استفاده از توزیع پرسشنامه میان خبرگان شرکت کننده در تحقیق و بررسی آماری نظرات گردآوری شده انجام پذیرفت.

پس از انجام این عملیات با تطبیق دادن دو ماتریسSRMF و ماتریس نظرات خبرگان ماتریس نهایی روابط میان عوامل استخراج گردید. در ادامه نمونه‌ای از نتایج حاصل از این بررسی در یکی از زیر حوزه اصلی سیستم و فناوری زیر ارائه گردیده است.



نمودار۷. مدل گرافیکی FCM در حوزه سخت افزار

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، هدف ارائهٔ راهکاری برای تسهیل در روند تولید و مدل‌های FCM می‌باشد. زمانی که تعداد عوامل زیاد باشد و در مدل‌سازی به دنبال آن باشیم تا عوامل را دسته‌بندی نموده و در حوزه‌های مشخصی دسته‌بندی کنیم، مشکلاتی همچون افزایش احتمال خطای بررسی رابطه میان عوامل و افزایش حجم روابط نیازمند انجام بررسی‌هایی توسط خبرگان و همچنین همکاری کمتر آنها در نهایی‌سازی نتایج تحقیق به وجود می‌آید. روش ارائه شده در این پژوهش به دنبال آن است تا با ایجاد یک مخزن ذخیره‌سازی نتایج تحلیل‌های بدست آمده از نظرات افراد خبره در هر مرحله و استفاده از آنها در بررسی ماتریس‌های بعدی، حجم بررسی‌های مورد نیاز خبره را تا حد امکان کاهش دهد و با ارائه ابزارهای آزمایش،

نوع روابط میان گره‌ها را در مدل‌های مختلف صحه‌گذاری کند و تا حد امکان از بروز خطا در مدل‌سازی جلوگیری نماید. بنابراین با استفاده از این مدل می‌توان صحت رابطه میان عوامل را با استفاده از تجارب به‌دست آمده در تحلیل ماتریس‌های پیشین، مورد بررسی قرار داد.

همچنین می‌توان از بروز خطاها چشم‌پوشی کرده و در نهایت از طریق تصحیح هوشمندانه، موارد خطا را برطرف نمود و در واقع به تعداد دفعاتی که خبره دو عامل را علت و معلول یکدیگر می‌داند، وزن آن عامل در علت بودن داده می‌شود که می‌تواند سبب تصمیم‌گیری نهایی گردد. همچنین می‌توان به روش‌هایی برای حذف بعضی از عوامل و کوچک کردن گراف آنها نیز اشاره نمود و گراف‌ها را متناسب با نظر محققان، بزرگتر یا کوچکتر کرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

1. Alizadeh, S. G., Jafari M, and M. Hooshmand, S. (2008), "Learning FCM by Tabu Search," *International Journal of Computer Science* 2(2), 142-149.
2. Clayton, M. J. (1997), "Delphi: A Technique to Harness Expert Opinion for Critical Decision-Making Tasks in Education", *Educational Psychology*, 17(4): 373-386.
3. Dickerson, J. A. K. Bart (1996), "Virtual Worlds as Fuzzy Dynamical Systems", Technology for Multimedia.
4. Eikebrokk, T. R., and Olsen, Dag H. (2007). "An Empirical Investigation of Competency Factors Affecting E-Business Success in European SMEs", *Information & Management*, 44, 364–383.
5. Hasson, F., Keeney, S., and McKenna, H., (2000), "Research Guidelines for the Delphi Survey Technique." *Journal of Advanced Nursing*, 32(4): 1008-1015.
6. Heijden, H. V. D (2000), "*Measuring IT Core Capabilities for Electronic Commerce: Results from a Confirmatory Analysis*", Proceedings of the 21st International Conference on Information Systems,Brisbane, Australia.
7. Kandasamy, V. S. Florentin (2003), "Fuzzy Cognitive Maps and Neutrosophiccognitive Maps, Phoenix, Phenix, Available at: www.gallup.unm.edu
8. Kendler, P. B. (2006), " Measuring Success- The Ability to Deploy Limited Technology Resources Effectively can Create a Competitive Advantage for Insurers. But what's the best way to Measure Deployment Results?" *Insurance and Technology*, 31(9): 40.
9. Kosko, B. (1986), "Fuzzy Cognitive Maps." *International Journal on Man– Machine Studies*, 24, 65-75.
10. Lewis, R. C., A (2002), "Going Global-Remaining Local: The Impact of E-Commerce on Small Retail Firms in Wales", *International Journal of Information Management*, 22(3): 195–209.
11. Papageorgiou, E. I. P.; Stylios, Konstantinos E (2005), "Fuzzy Cognitive Maps Learning Using Particle Swarm Optimization", *Journal of Intelligent Information Systems*, 25(1), 95-121.

12. Rockart, J. F., Michael J, Rarl, Michael. Ross, J and Jeanne W (1996), "Eight Imperatives for the new IT Organization", *Sloan Management Review(Fall)*, 38(1), 43-55.
13. Rodriguez-Repiso, L., Setchi,R. *et al.*, (2007), "Modelling IT Projects Success With Fuzzy Cognitive Maps." *Expert Systems with Applications*, 32(2), 543-559.
14. Sambamurthy, V. Z., R.W. (1994), "IT Management Competency Assessment: A Tool for Creating Business Value Through IT, "*Financial Executives Research Foundation.*
15. Schneider, NJ: M. S., Kandel, E. A. Chew, G. (1998), "Automatic Construction of FCMs." *Fuzzy Sets and Systems*, 93(2): 161-172.
16. Stylios, C. D.; Georgopoulos, V. C., *et al.*, (2008), "Fuzzy Cognitive Map Architectures for Medical Decision Support Systems." *Applied Soft Computing*, 8(3): 1243-1251.
17. Xirogiannis G., G. M. (2007), "Intelligent Modeling of E-Business Maturity", *Expert Systems with Applications*, 32, 687-702.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی