

ارزیابی و بهبود HSE یکپارچه و عوامل ارگونومی کلان و نقشه شناختی فازی:

در مورد یک پالایشگاه گاز

پیمان احمدیان*، کارشناسی مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران.
عماد ربیعی، کارشناسی مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران.
پژمان احمدیان، کارشناسی مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تفت، ایران.

E-mail*: peyman70106@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۰۴ - پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۰۲

چکیده

این مقاله با هدف ارزیابی و سلامت یکپارچه، ایمنی، محیط زیست و عوامل ارگونومی به روش نقشه شناختی فازی. این کار از طریق یکپارچه سازی ارگونومیک و کلان ارگونومیک به عنوان ترتیبات بهداشت و ایمنی شغلی در مدل سازی یکپارچه برای ارزیابی تأثیر چند وجهی خود را در بهره وری کارگران، میزان آسیب و رضایت به دست آورد. این مقاله از FCM به بررسی اثرات مستقیم و غیر مستقیم عوامل HSEE روی شاخص های عملکرد سیستم استفاده می شود. نتایج FCM به توسعه شاخص های پیشرو و مفید برای مدیریت فعال از بهره وری، میزان آسیب دیدگی و رضایت شغلی استفاده می شود. نتیجه یک نظرسنجی جامع از ۳۷ کارشناسان در اتاق های کنترل و فعالیت های تعمیر و نگهداری در پالایشگاه گاز بزرگ برای نشان دادن کاربرد و سودمندی روش FCM استفاده می شود. علاوه بر این، نتایج FCM به تعیین ساختار علت عوامل HSEE و شاخص های عملکرد سیستم استفاده می شود. بنابراین به این نتیجه می رسیم که عوامل کلان ارگونومی مانند دستورالعمل و آموزش و پرورش، آشنایی با قوانین سازمان و ارتباطات مناسب ترین کمک را به بهبود ایمنی کارگران، رضایت و بهره وری آنها می کند.

واژه های کلیدی: مدل FCM؛ نقشه شناختی فازی و مدل HSEE؛ سلامتی، ایمنی، محیط و ارگونومی.

۱- مقدمه

بهداشت حرفه ای، ایمنی و سیستم های مدیریت محیط زیست در سطح عملیاتی در تلاش برای از بین بردن صدمات، عوارض نامطلوب بهداشتی و خسارت وارده به محیط زیست هستند. اتخاذ یک نگرش جامع به عملکرد سیستم، در این مقاله با استفاده از نقشه های شناختی فازی (FCM) به بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم عوامل HSEE در سه شاخص عملکرد سیستم که شامل بهره وری کارگران، میزان آسیب دیدگی و رضایت شغلی است می پردازد. با توجه به اینکه نتایج FCM را می توان برای توسعه شاخص های پیشرو مفید

جهت مدیریت فعال از بهره وری، میزان آسیب دیدگی و رضایت شغلی با توجه به عوامل به دست آمده از ارزیابی سیستم HSEE مورد استفاده قرار داد. شاخص های پیشرو اقتصادی عملکرد ایمنی عوامل مؤثر بر عملکرد ایمنی در آینده می باشد که بر اساس معیارهای انتخاب شده است. مزیت استفاده از شاخص های پیشرو عملکرد ایمنی این است که اگر شاخص های عملکرد ضعیف و غیر قابل قبول را نشان دهد، اصلاحات یا تغییرات را قبل از اینکه آسیب ها به طور واقعی رخ دهد می توان ایجاد کرد. نقشه آموزشی فازی در بسیاری از برنامه های کاربردی استفاده

می‌باشد و شاخص‌های مفیدی می‌تواند توسط تغییر یک یا چند متغیر ارگونومی مانند سلامت، ایمنی، محیط کار مشخص شوند. آنها می‌توانند یک راه حل ساده برای مسأله ارزیابی عواملی که در ایمنی اپراتور، بهره‌وری و رضایت تاثیر می‌گذارد. توصیه این مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است:

بخش ۲ متدولوژی کلی مقاله را نشان می‌دهد و روشی برای آنالیز FCM چرخه‌ای را به تصویر می‌کشد. روش تحقیق این مقاله در بخش ۳ مورد بحث قرار گرفته است. بخش ۴ کاربرد FCM برای یک سیستم HSEE در پالایشگاه‌های گاز را نشان می‌دهد.

۲- متدولوژی کلی

متدولوژی این مقاله به منظور شناسایی عملکرد سیستم در یک سیستم HSEE طراحی شده است. متدولوژی کلی این مقاله در ۶ مرحله ارائه شده است:

مرحله ۱: شناسایی محدودیت‌های سیستم HSEE.

مرحله ۲: شناسایی شاخص‌های عملکرد سیستم.

مرحله ۳: استنباط مفاهیم که متخصصان یک دسته عوامل را استنباط می‌کنند (اینجا مفاهیم خواننده می‌شود) که ممکن است تاثیری بر عملکرد سیستم داشته باشد.

مرحله ۴: تاثیرات مستقیم: تاثیر مستقیم هر مفهوم در عملکرد سیستم همچنین تاثیرات در هر یک از اعضا دیگر از طریق ارزیابی ادراکی مشخص خواهد شد.

مرحله ۵: وزن مفاهیم کلی: وزن یک مفهوم اهمیت نسبی آن مفهوم در مقایسه با مفهومی که بسیار مهم تشخیص داده شده می‌باشد. از نقشه‌های مفهومی فازی برای محاسبه این وزن‌ها استفاده می‌شود.

مرحله ۶: ایجاد شاخص‌های پیشرو در عملکرد سیستم بر اساس وزن نتیجه شده در مرحله ۵، شاخص‌های عملکرد سیستم برای تجزیه و تحلیل تغییرات در عوامل HSEE ایجاد شده است.

۲-۱- مقدمه‌ای بر FCM

متدولوژی نقشه آموزشی فازی (FCM) یک نمایش

شده است که در آن فرآیند تصمیم‌گیری با عدم قطعیت، اطلاعات مبهم و ناقص مرتبط می‌باشد.

(Azadeh, Ziaei, and Moghaddam, 2012; Ghaderi, Azadeh, Pourvalikhhan Nokhandan, Ruan and Mkrtychyan (2012). and Fathi, 2012)

از درجه باور نقشه آموزشی فازی برای پیدا کردن عوامل اصلی موثر بر فرهنگ ایمنی قوی استفاده می‌کنند. فرهنگ

ایمنی چگونگی مسائل مربوط به ایمنی در یک شرکت موفق را شرح می‌دهد. Chytas, Glykas, and Valiris (2010)

یک مدل FCM را برای پیش بینی قابلیت اطمینان نرم افزار توصیف می‌کند. در جهت مقابله با

اطلاعات مبهم و با توجه به حس مشترک انسان و شهود، Smith and Eloff (2000)

ارزیابی ریسک در موسسات بهداشتی پیشنهاد می‌دهند (Toriizuka (2001). عوامل پس زمینه رفتار انسان را در

یک کارخانه صنعتی و عوامل شکل‌گیری عملکرد اصلی پیشنهاد شده (PSFs) برای وظایف نگهداری و به

کاربرد آنها برای ارزیابی قابلیت اطمینان انسانی را جمع آوری می‌کند. وی PSFها را در هشت گروه طبقه بندی

کرده است: (۱) بار قضاوت، (۲) بار جسمی، (۳) بار ذهنی، (۴) اطلاعات و تایید، (۵) اشاره و ارتباط، (۶) ماشین آلات و

ابزار، (۷) محیط و (۸) فضای کاری. PSFهای مشخص شده توسط (Toriizuka (2001) به وسیله (Bertolini (2007)

و نقشه‌های ادراکی فازی (FCMs) مورد توجه بوده و به منظور اکتشاف اهمیت عوامل تاثیر گذار در قابلیت

اطمینان انسانی در کارخانجات صنعتی ارائه شده است. دو طبقه بندی بزرگ "محیط" و "ارتباط و اشارات" به

عنوان مهم ترین طبقه بندی‌ها در ارتباط با تاثیر در رویداد های قابلیت اطمینان انسانی ظاهر می‌شوند. با افزایش نیاز

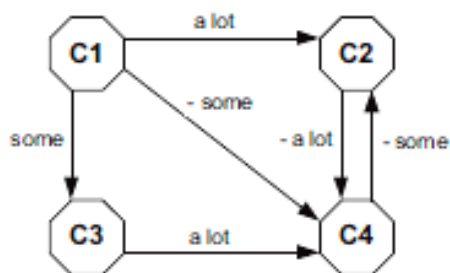
کنونی در ایمنی، بهره‌وری و کارایی اپراتور انسانی و واحد صنعتی، نقشه‌های شناختی فازی (FCM) یک

سازمان را در ارزیابی مهم‌ترین عوامل در مدیریت سیستم‌های تکنیکی-اجتماعی یاری می‌کند

(Bertolini and Bevilacqua, 2010). FCM در این مطالعه یک مفهوم برای مطالعه عوامل سیستم HSEE

(Karakostas, 1999) به منظور تجزیه و تحلیل نقشه‌های آموزشی پیشنهاد شده است. اگر افزایش یا کاهش در مفهوم ۱ موجب تغییر مفهوم ۲ در همان جهت شود، رابطه مثبت است. اگر هدف بر متغیر اثر است در جهت مخالف، رابطه منفی است. اثر غیر مستقیم $I(X, Y)$ یک متغیر عامل (X) در یک متغیر اثر (Y) مثبت است، اگر ضرب نشانه‌ای از اثرات سببی که مسیر متغیر علی به متغیر معلول مثبت باشد. اثر کلی یک متغیر علی X در متغیر معلول Y مجموع تمام اثرات مستقیم و غیر مستقیم از همه مسیرهای ممکن می‌باشد که X به Y متصل باشد و به صورت $(X, Y) T$ نشان داده شده است. طبقه بندی FCM شامل حداقل یک چرخه جهت دار (به عنوان مثال شکل ۱ را مشاهده کنید) در حالی که FCM بدون دور هیچ چرخه جهت داری ندارد. علاقه برای تجزیه و تحلیل FCM های چرخه‌ای قابلیت‌های خودش را برای مدل کردن سیستم‌های پویا با بازخورد می‌باشد. هم‌تای بازخورد در FCM یک چرخه است.

در FCM حلقوی در شکل ۱ فرض کنید ما می‌خواهیم به محاسبه کل اثرات C1 در C4 پردازیم. با توجه به (Kosko, 1986) کل اثرات به شرح زیر تعریف شده است:



شکل ۱. نمونه‌ای از چرخه FCM

مفهوم ۱ از طریق یک تعداد نامحدود از مسیرها به مفهوم ۴ متصل می‌شود به این دلیل که FCM در شکل ۱ یک نمودار حلقوی با یک حلقه بین مفاهیم C2 و C4 است. جبر منطقی فازی توسط (Kosko, 1986) به طور موثر توسعه یافته که حاکم بر انتشار منطقی و ترکیب در FCM می‌باشد. در اینجا حداقل، حداکثر اپراتورهای

نمادین است که برای توصیف و مدل سازی سیستم‌های پیچیده استفاده می‌شود. FCMs مکانیسم‌های بسیار عالی برای حمایت از تصمیم گیرندگان را فراهم می‌آورد (Kosko, 1986). تصمیم گیری در سازمان‌ها معمولاً پیچیده می‌باشد که به آنالیز، طوفان فکر، مشاوره با متخصصان، یا تحقیقات نیازمند می‌باشد. نتیجه این تصمیمات ممکن است پیامدهای مثبت یا چشمگیر باشد که به مقدار زیادی وابسته به عوامل تصمیم گیری در ارزیابی صحیح بستگی دارد. بنابراین، تصمیم گیرندگان باید تمام عوامل مرتبط به مسأله به منظور تصمیم گیری را بدانند. FCMs تصمیم گیرندگان همراه با ابزار را برای پشتیبانی و ارائه تصمیمات موفق یاری می‌کند. FCM تنها روش فازی است که به این مسأله الگوی مخفی می‌دهد. تصمیم گیرندگان با مشکلاتی در سیستم‌های پیچیده پویا روبرو هستند که در آن فرمول مدل ریاضی می‌تواند در برخی از موارد دشوار، پرهزینه و غیر ممکن باشد. به طور کلی، FCMها در انواع برنامه‌های کاربردی، از جمله اداری علوم، نظریه بازی‌ها، تجزیه و تحلیل اطلاعات، تحولات سیاسی مردمی، تجزیه و تحلیل مدار الکتریکی، همکاری انسان و ماشین، پشتیبانی گروه تصمیم توزیع، سازگاری و یادگیری مفید ارزیابی شده است. (Craig, Goodman, Wiss, and Butler, 1996; Dickerson and Kosko, 1994; Ghaderi et al., 2012).

شناختی فازی رفتار یک سیستم پیچیده در رابطه به مفاهیمی که نشان دهنده حالات مختلف، ویژگی‌ها و یا متغیرهای سیستم است را شرح می‌دهد. مفاهیم با هم در ارتباط متقابل هستند تا پویایی سیستم را نشان دهند. FCM گراف جهت دار است که از مفاهیم (گره‌ها) و ارتباطات علت و معلولی (لبه) به منظور نشان دادن رابطه علت و معلولی بین مفاهیم تشکیل شده است. درجه ارتباط بین مفاهیم را می‌توان به صورت یک عدد بین [۱-۱] توصیف کرد و یا از لحاظ زبان فازی، مانند "بالا"، "کم"، "متوسط" و غیره. علاوه بر این، هر یک از مفاهیم متغیر را می‌توان در اندازه‌گیری‌های مختلف از ۰٪ تا ۱۰۰٪ تغییر داد. قوانین زیر بر اساس (Kardaras and

کل اثر وجود ندارد. بنابراین، در حالت تعادل، از جمله سیستم‌های دینامیکی به دلیل وجود همبستگی است. علاوه بر این، برای تجزیه و تحلیل عددی از یک سیستم پویا معمولاً اعداد فازی، غیر فازی هستند در تعداد حلقه‌ها و با این کار، FCM ها می‌تواند عددی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. FCM های بدون حلقه را می‌توان به صورت عددی با استفاده از روش‌های سنتی پیشنهاد شده توسط Kosko (1986) مورد تجزیه و تحلیل قرار داد اما در این حالت FCM به عنوان یک گراف بدون دور جهت دار با حلقه‌های علت و معلولی در نظر گرفته می‌شود. با این حال نقض از فرض FCM صورت می‌گیرد به طوری که به عنوان گراف بدون دور جهت استفاده از روش‌های سنتی محدود می‌شود. در بخش بعدی ارائه یک روش برای تجزیه و تحلیل عددی چرخه FCM ها در نظر گرفته می‌شود.

۲-۲- روش FCM کاربردی

الگوریتم کلی برای انجام FCM به شرح زیر می‌باشد:

گام ۱: دفعات ورودی بردار $A(t)$.

گام ۲: اتصال دادن به ماتریس، E .

گام ۳: محاسبه بردار خروجی:

$$O(t) = A(t) * E.$$

گام ۴: اعمال حد تابع $f(0)$ به بردار خروجی:

$$O(t) = f\{O(t)\}.$$

گام ۵: اگر $O(t) = A(t)$ باشد دیگر ادامه نمی‌دهیم و

در غیر این صورت قرار می‌دهیم $t = t + 1$; $O(t) = A(t)$

و انجام گام ۳ و اتمام کار. در مرحله ۴ از الگوریتم کلی،

f یک تابع حد دار است که می‌تواند در فرمول بندی‌های

مختلف تعریف شود. نوع تابع حد دار تاثیر قابل توجهی

در نتیجه تجزیه و تحلیل FCM دارد. در این روش دو

تابع حد دار معمولاً استفاده می‌شود: تابع تک قطبی

حلقوی_ زمانی که فعل و انفعالات می‌تواند تنها در اعداد

مثبت و $h(x)$ قرار گیرد مفاهیم منفی می‌تواند

متعلق به بازه $[-1, 1]$ در نظر گرفته شود.

حد معمولاً به سرعت همگرایی به چرخه حد ثبات و یا

جبری فازی نشان داده شده است. یک اثر مستقیم $C1$ در $C4$ وجود دارد که در مسیر ۱ که به صورت یک لبه‌ای است موثر است: $P1(C1-C4)$. اثر ارائه شده در این مسیر $I1(1,4)$ می‌باشد و به طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$\rightarrow I_1(1,4) = \min\{-some\} = -some;$$

اثر غیر مستقیم اثری است که یک مفهوم بر مفهوم دیگر از طریق مفاهیم دیگر در FCM دارد. گروه اول از اثرات غیرمستقیم از $C1$ در $C4$ شامل دو راه دو لبه‌ای می‌باشد. $C1$ دارای یک اثر غیر مستقیم بر $C4$ از طریق $C2$ می‌باشد: $P2(C1-C2-C4)$ نشان دهنده این اثر است.

$$\rightarrow I_2(1,4) = \min\{a lot, - a lot\} = -a lot;$$

$C1$ نیز اثر غیر مستقیم در $C4$ از طریق $C3$ از طریق مسیر ۳ دوله‌ای دارد. $P3(C1-C3-C4)$ نشان دهنده این اثر است.

$$\rightarrow I_3(1,4) = \min\{some, a lot\} = some;$$

از این رو حلقه $(C2-C4)$ در FCM، $C4$ می‌تواند اثر غیر مستقیم در خود را از طریق $C2$ داشته باشد. بنابراین، گروه دوم از اثرات غیر مستقیم شامل یک سه لبه از مسیر $P4(C1-C4-C2-C4)$ از $C1$ تا $C4$ شامل یک حلقه می‌باشد.

$$\rightarrow I_4(1,4) = \min\{-some, -some, - a lot\} = -some$$

این به بدین معنی است که $C4$ دارای یک اثر در خود از طریق $C2$ می‌باشد، چون یک بار $C4$ توسط $C1$ متاثر شده است، یکبار $C2$ تحت تاثیر قرار گرفته و یک بار $C2$ تحت تاثیر قرار داده است، دوباره آن را $C4$ تحت تاثیر قرار می‌دهد. این فرایند به طور مداوم اتفاق می‌افتد تا زمانی که اثر کل به تعادل می‌رسد. بر این اساس، یک تعداد نامحدود از اثرات غیر مستقیم در FCM وجود دارد. به‌طور مشابه مسیرهای چهار لبه‌ای، مسیرهای پنج لبه‌ای و غیره می‌تواند ترسیم شده و اثرات غیر مستقیم آنها را می‌توان محاسبه کرد. اثر کلی $C1$ در $C4$ با استفاده از عملگر ماکزیمم سازی در تمام مسیرهای مستقیم و غیر مستقیم از $C1$ تا $C4$ محاسبه می‌شود. با توجه به وجود حلقه‌ها در مسیرهای سه یا بیشتر لبه‌ای، تعدادی از اثرات غیر مستقیم بی نهایت است و هیچ راه حل فرم بسته برای

مفاهیم می‌باشد. به ویژه با داشتن اثرات کل نسبی عوامل HSEE در شاخص‌های عملکرد سیستم مانند میزان آسیب، ما می‌توانیم شاخص‌های منجر به بهبود مدیریت عملکرد سیستم را توسعه دهیم. در این مطالعه برای تجزیه و تحلیل یک نقشه شناختی چرخه‌ای، خواص ماتریس FCM که توسط Kosko (1986) نشان داده شده استفاده می‌شود که یک روش مبتنی بر شبیه سازی مونت کارلو پیشنهاد می‌شود که به شرح زیر است:

نقطه ثابت کمک می‌کند. این چرخه از حد نشان دهنده "الگوهای پنهان" در شبکه علتی از FCM (Kosko 1988) می‌باشد. در اینجا، به تجزیه و تحلیل یک نقشه شناختی چرخه‌ای می‌پردازیم، پیشنهاد می‌شود برای استفاده از یک تابع حالت، عنوان تابع حد f باشد. چه چیزی باعث می‌شود که این انتخاب مناسب شود تا در تجزیه و تحلیل FCM از این مطالعه استفاده شود، این عامل اثرات کلی نسبی

جدول ۱. سیستم HSEE و مفاهیم عملکرد آن

طبقه	نماد	مفهوم
سلامتی	H1	عدم نوشیدن مایعات به اندازه کافی در مکان‌های گرم
	H2	کمبود هوای تازه
	H3	مشکلات تنفسی در محل کار
	H4	فشار استرس و روانی
ایمنی	S1	عدم استفاده از وسایل ایمنی و روش های آن
	S2	دستگاه های ایمنی ناراحت کننده و انسدادی
	S3	طراحی فضای کار خطرناک و نامناسب
	S4	خطرات در محل کار
	S5	آتش سوزی و انفجار خطرناک در محل کار
محیط	EN1	سر و صدا با صدای بلند
	EN2	نور نامناسب
	EN3	مکان های گرم
	EN4	آلودگی در محل کار
	EN5	آلودگی در نزدیکی محیط کار
ارگونومی	ER1	درد ناشی از کار
	ER2	مبلمان اداری با ارگونومی مناسب
	ER3	مشکل برای حرکت در محل کار
	ER4	مشکل برای حمل و نقل و کار با دستگاه ها، مواد و ابزار
	ER5	ارتعاشات از ابزار و ماشین آلات در بدن
	ER6	ماشین آلات و ابزار با ارگونومی مناسب
ارگونومی کلان	MER1	نبود دستورالعمل و آموزش و پرورش در مورد ایمنی و حوادث پیشگیری
	MER2	عدم توجه به قوانین
	MER3	فشار کار
	MER4	فقدان دستورالعمل مستند در مورد کارها
	MER5	عدم آشنایی با مقررات سازمان
	MER6	عدم وجود ارتباطات مناسب با مدیران
	MER7	مشکلات در سازمان با همکاران
	SP1	رضایت شغلی
	SP2	بهره وری کارگران
	SP3	نرخ آسیب

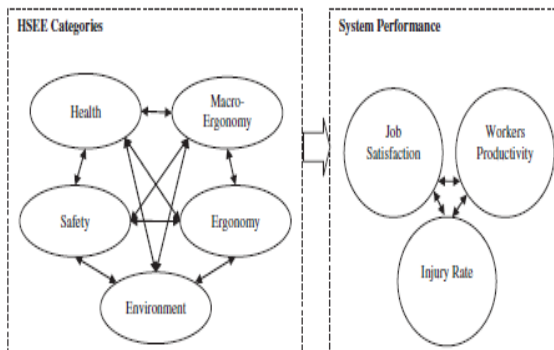
جدول ۲. مقدار آلفای کرونباخ برای بخش‌های مختلف

ارگونومی کلان	ارگونومی محیط	ایمنی	سلامتی	طبقه
۰/۸۳	۰/۷۲	۰/۸۲	۰/۷۱	r_{α}

۳- روش‌ها

۳-۱- توسعه مفهوم برای FCM

ویژگی‌های سیستم HSEE و همچنین عملکرد آن یکپارچه می‌شود از طریق شکل دادن به پنج دسته از مفاهیم در FCM: بهداشت، ایمنی، محیط زیست، ارگونومی، ارگونومی کلان و عملکرد سیستم. در ابتدا یک بررسی کلی انجام شد و با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، ارگونومی، رضایت مشتری و بهره‌وری در کارخانه‌های صنعتی به‌طور خاص برای پالایشگاه‌های گاز صورت گرفته است. شاخص استاندارد برای ارزیابی عوامل HSEE توسعه یافته توسط Azadeh, et al. (2008) که برای سیستم کمی در هر گروه استفاده می‌شود. برای تجزیه و تحلیل معتبر از روش اعتبار محتوا استفاده شده است. این عوامل در ابتدا توسط گروهی از ۷ کارشناس به منظور بررسی ارتباط مفاهیم برای ارزیابی HSEE انجام شد. بر این اساس در اعتبار سنجی اولیه، مهم‌ترین عوامل (مفاهیم در اصطلاحات FCM) در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۲. چارچوب پژوهش

شکل ۲ چارچوب پژوهش توصیف ارتباط بین دسته بندی‌های HSEE (متغیرهای مستقل) و شاخص‌های

"غیره" قرار دهید: که این مفاهیم کاربردی می‌باشد و $e_{ij} = e(C_i, C_j)$ را قرار دهید (i, j) سلول در مجاورت ماتریس E می‌باشد که نشان دهنده مقدار علیت است به طوری که C_i را به جای C_j قرار می‌دهد. این لیست تمام مسیرهای یک لبه‌ای آن بر روی نقشه شناختی به جای اثرات مستقیم از مفاهیم کاربردی می‌باشد. لیست $E_2 = [e_{ij}^2] = E * E$ تمام مسیرهای دو لبه آن بر روی نقشه شناختی می‌باشد. به طور مشابه E_3, E_4, \dots, E_{n-1} اثر جمع هر سه لبه، چهار لبه، ...، و $(n-1)$ لبه از اثرات غیر مستقیم است. اثر کلی C_i روی C_j جمع مستقیم و اثرات غیر مستقیم آن است. در FCM بدون دور، اثرات غیر مستقیم مربوط به لبه‌ها با بیش از $(n-1)$ منظور گردد همه صفر هستند. با این حال، در اینجا E یک ماتریس بدون دور نیست و اثرات غیر مستقیم شامل بالا منظور اثرات لبه‌ها می‌شود. بنابراین، E^M, E^{M+1}, \dots, E^n بزرگترین عدد نزدیک به بینهایت می‌باشد و در مجموع اثرات غیر مستقیم می‌باشد. سپس کل اثر ماتریس TM را می‌توان با توجه به معادله زیر (معادله ۱) محاسبه کرد:

$$T_M = \sum_{i=1}^{M+\infty} E^i$$

قابل ذکر است که هر سطر از TM شامل تأثیرات کلی یک مفهوم در مفاهیم دیگر در FCM می‌باشد و هر ستون از TM شامل نفوذ کل همه مفاهیم در FCM در یک مفهوم واحد است. علاوه بر این، یک ستون نرمال در TM نشان دهنده وزن علی نسبی مفاهیم دیگر در شکل دادن به گزارش مفهوم به ستون است. اگر چه برای یک نقشه شناختی چرخه TM لزوماً نشان دهنده یک روند قطعی پایدار با حالت پایدار شناخته شده است؛ با این حال نرم ماتریس نرمال شده (TM) حاصل از نرمال ستون از TM با تقسیم آنها به وسیله حداکثر سلول TM رفتار پایدار را نشان می‌دهد. این را می‌توان به راحتی توسط شبیه سازی مونت کارلو از فرآیند TM مورد بررسی قرار داد.

ابزار است و توسط معادله زیر (معادله ۲) محاسبه می‌شود:

$$r_{\alpha} = \frac{J}{J-1} \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^n S_j^2}{S^2} \right)$$

که در آن J تعدادی از مفاهیم در هر رده است که مشابه به تعدادی از سوالات پرسشنامه است. S_j^2 واریانس مفهوم J ام است، و S^2 واریانس کلی است. همانطور که توسط (Dornyei, 2007) اظهار نظر شده، سطح قابل قبول از این آمار $0/7$ است. به عبارت دیگر، بیشتر از $0/7$ نشان می‌دهد قابل قبول از ابزار از پرسشنامه در رده‌های مختلف توسط نرم افزار SPSS 18 محاسبه و نتایج در جدول ۲ ارائه شده است. به عبارت دیگر، r_{α} بیشتر از $0/7$ قابلیت اطمینان مورد قبول از ابزار را نشان می‌دهد. r_{α} از پرسشنامه در رده‌های مختلف توسط نرم افزار SPSS 18 محاسبه شده و نتایج در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان دهنده سطح اطمینان قابل قبول برای پرسشنامه در رده‌های مختلف است. FCM تکی می‌تواند روابط علت و معلولی بین عوامل را نشان دهد. با این حال به منظور عددی و کمیت برای تجزیه و تحلیل سیستم، ما نیاز به دادن وزن به روابط داریم. به منظور انجام این کار، روش‌های مختلف (Papageorgiou, Stylios, Groumpos, and Peter, 2003; Stach, Kurgan, Pedrycz, and Reformat, 2005; Taber, 1991) وجود دارد. در یک روش، کارشناسان نظرات در قالب اصطلاحات زبانی جمع آوری می‌کنند و پس از ترکیب نظرات تمام کارشناسان مختلف با هم و سپس با استفاده از تکنیک دی فازی مانند مرکز منطقه (COA) وزن به هر رابطه اختصاص داده می‌شود. در اینجا، این فرمول پیشنهاد شده توسط (Taber, 1991) استفاده شده است و با توجه به متحد کردن قضاوت‌های مختلف از کارشناسان که در وزن اعتبار از کارشناسان است در نظر گرفته می‌شود. این اتحادیه از قضاوت‌های مختلف از طریق معادله زیر (معادله ۳) به دست آمده است:

$$FCM_{global} = \sum_{i=1}^N (FCM_i * Cred_i)$$

عملکرد سیستم (متغیر وابسته) را نشان می‌دهد. هر دسته HSEE نشان دهنده مجموعه‌ای از ابعاد سیستم است که فرض را تحت تاثیر جنبه‌های دیگر قرار می‌دهد. علاوه بر این، مقوله‌های به هم مرتبطند و فرض می‌شود که تاثیر بر یکدیگر و بر عملکرد سیستم دارد. FCM پیشنهاد شده از مطالعه تجزیه و تحلیل تأثیرات کلی متغیر HSEE و اهمیت نسبی اثرات موجود تعیین می‌شود.

۳-۲- روابط علت و معلولی

یک گروه از ۳۷ کارشناسان شامل مدیران کارخانه و محققان دانشگاهی برای مشخص کردن روابط علت و معلولی از مفاهیم تشکیل شد. در واقع، کارشناسان هدف سطح بالایی از پس زمینه در تجزیه و تحلیل عملکرد سیستم و مدیریت منابع انسانی را دارد. در پس زمینه منظور ما تجربه اجرایی بلند مدت و همچنین تخصص و دانش در مورد سیستم‌های ایمنی و بهداشت، مدیریت ارتباط با کارکنان، مدیریت و بهره‌وری انسان است. از پاسخ دهندگان خواسته می‌شود تا دیدگاه خود در مورد روابط زوجی از مفاهیم بیان کنند، بر اساس پنج نقطه در مقیاس طیف لیکرت روابطی همچون "به شدت منفی (-۱)" به "به شدت مثبت (+۱)" از جمله "مثبت (+۰/۵)"، "بی طرف (۰)" و "منفی (-۰/۵)" در نظر گرفته شود. پاسخ دهندگان در می‌یابند که مقدار صفر به معنی عدم نفوذ علی بین مفاهیم است. مقدار مثبت از رابطه نشان می‌دهد که افزایش در یک مفهوم منجر به افزایش در مفهوم دیگری و در نتیجه ارزش منفی از روابط متقابل نشان می‌دهد که افزایش در یک مفهوم باعث می‌شود مفهوم دیگر را کاهش دهد. قابلیت اطمینان شامل مشخصه فنی دستگاه است و نشان می‌دهد توانایی این ابزار برای تولید با نتایج مشابه در شرایطی که داده شده است. قابلیت اطمینان یک ضریب بین صفر و یک است که ارتباط و ارزیابی قدرت ابزار را نشان می‌دهد. در اینجا، برای بررسی اعتبار ابزار، از آلفای کرونباخ استفاده شده است. آلفای کرونباخ اندازه‌گیری هماهنگی درونی

وجود دستورالعمل و آموزش و پرورش در مورد ایمنی و پیشگیری از حوادث (MER1) می‌باشد. دو عامل HSEE از فشار استرس و روانی (H4) و فشار کار (MER3) بیشتر عوامل دیگر را تحت تاثیر قرار داده و همراه با رضایت کم و میزان آسیب بالا به حساب کم از بهره وری کارگران کمک می‌کند.

۵- منابع

-Axelord, R. (Ed.). (1976) "Structure of decision: The cognitive maps of political elites", New Jersey: Princeton Univ, Press.

-Ayoub, M. A. (1990a) "Ergonomics deficiencies: I. Pain at work", Journal of Occupational Medicine, 32(1).

-Azadeh, A., Fam, I. M., Khoshnoud, M., and Nikafrouz, M. (2008) "Design and implementation of a fuzzy expert system for performance assessment of an integrated health", safety, environment (HSE) and ergonomics system: the case of a gas refinery, Information Sciences, 178.

-Azadeh, A., Fam, I. M., Nouri, J., and Azadeh, M. A. (2008) "Integrated health, safety, environment and ergonomics management system (HSEE-MS): an efficient substitution for conventional HSE", MS. Journal of Scientific and Industrial Research, 67.

-Bertolini, M. (2007) "Assessment of human reliability factors: a fuzzy cognitive maps approach", International Journal of Industrial Ergonomics, 37, 405e413.

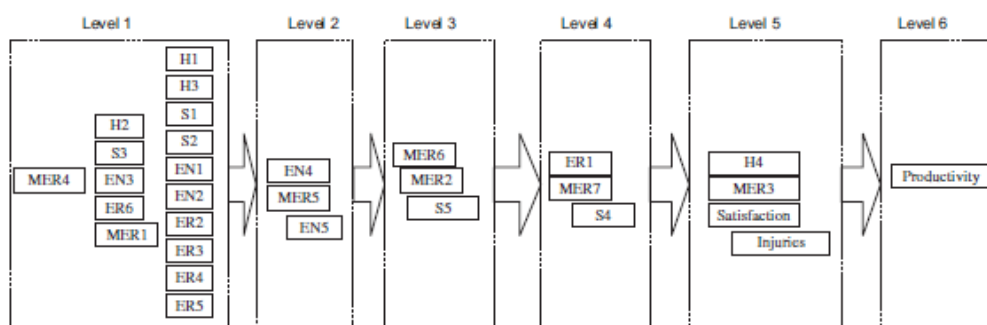
-Bertolini, M., and Bevilacqua, M. (2010) "Fuzzy cognitive maps for human reliability analysis in production systems, in: production engineering and management under fuzziness", Studies in Fuzziness and Soft Computing, 252, 381e415

که در آن FCMglobal یک FCM عمومی و مشخص شده است که نشان دهنده اطلاعات تخصصی در حوزه است، Credi وزن اعتبار متخصص i است و FCMi یک FCM تکی از متخصص i است.

۴- نتایج

به منظور تجزیه و تحلیل FCM عمومی، روش پیشنهاد بخش ۲-۲ استفاده شده است. در این لیست تمام مسیرهای یک لبه‌ای آن بر روی نقشه شناختی به جای اثرات مستقیم از مفاهیم استفاده می‌شود. سپس برای کل اثر ماتریس TM که تا مسیرهای M- لبه‌اند جمع شده است، معادله (۱) استفاده شده است. قابل ذکر است که هر سطر از TM شامل تأثیرات کلی یک مفهوم در مفاهیم دیگر در FCM و هر ستون از TM شامل نفوذ کل همه مفاهیم در FCM در یک مفهوم واحد است. (TM) نرمال به میزان طبیعی از ستون TM با تقسیم آن با حداکثر TM به دست می‌آید. علاوه بر این، یک ستون نرمال در TM نشان دهنده وزن علی نسبی مفاهیم دیگر در شکل دادن به گزارش مفهوم به ستون آن می‌باشد.

نتایج حاصل از تسطیح علی در شکل (۳) نشان می‌دهد که عدم دستورالعمل مستند در مورد آثار (MER4) را می‌توان در میان علل ریشه‌ای رضایت کم، آسیب‌های بالا، و بهره‌وری پایین در نظر گرفت. دیگر علل ریشه‌ای عبارتند از فقدان هوای تازه (H2)، طراحی فضای کار خطرناک و نامناسب (S3)، مکان‌های گرم (EN3)، ماشین‌آلات ارگونومی نامناسب و ابزار (ER6) و عدم



شکل ۳. سطح علی عوامل HSEE و شاخص‌های عملکرد سیستم

themanufacturing of circuit boards”, International Journal of Industrial Ergonomics, 7, 207e215.

-Champoux, D., and Brun, J. J. (2003) “Occupational health and safety management in small size enterprises: an overview of the situation and avenues for intervention and research”, Safety Science, 41, 301e318.

-Bin, W. S., Richardson, S., and Yeow, P. H. P. (2010) “An ergonomics study of a semiconductors factory in an IDC for improvement in occupational health and safety”, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 16(3), 345e356.

- Burri, G. J., and Helander, M. G. (1991) “A field study of productivity improvements in

