Archive of SID.ir

نشریه علمی ژئومکانیک نفت
JOURNAL OF PETROLEUM GEOMECHANICS
(JPG)

مقاله پژوهشی

رتبه‌بندی و تحلیل تعامل بین عوامل کنترلی موثر بر فوران در عملیات حفاری چاه‌های نفت با استفاده از مدل ترکیبی چند معیاره با رویکرد DANP

حسین میردریکوند[۱]، فاطمه رضویان[۲*]، علی نخعی[۳]، بهناز مرادی غیاث آبادی[۴]، رضا غلام نیا[۵]

۱- دانش آموخته مقطع دکتری علوم و مهندسی محیط زیست، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیارگروه علوم و مهندسی محیط زیست، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- استادیار انستیتو مهندسی نفت، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ایران

۴- استادیار گروه محیط زیست، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران.

۵- دانشیار گروه سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۲۹ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۱۰

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22107/jpg.2022.343211.1166

واژگان کلیدی

فوران، رویکرد *DANP*، مدل‌های تصمیم گیری چند معیاره (*MCDM*)

چکیده

فوران جریان کنترل نشده‌ای از سیالات سازند به درون ستون چاه نفت است که به علت زنجیره‌ای از نقص و شکست لایه‌های حفاظتی چاه رخ می‌دهد و قابلیت تبدیل شدن به حوادث فاجعه‌بار مانند انفجار، تلفات شدید انسانی و آلودگی زیست‌محیطی را دارد. بهبود عملکرد لایه‌های حفاظتی چاه و پیشگیری از رویداد فوران، مستلزم بررسی عوامل تاثیرگذار بر عملکرد لایه‌های حفاظتی با درنظر گرفتن میزان وابستگی بین آنها است. در این راستا در ابتدا عوامل کنترلی موثر بر فوران در چهار گروه عملیاتی، فردی، تجهیزاتی و سیاستگذاری بر اساس مطالعات پیشین شناسایی و انتخاب شدند، سپس جهت تعیین استراتژی مناسب کاهش ریسک فوران میزان تعامل و ارتباط متقابل بین این عوامل و میزان وزن موثر آنها با استفاده ترکیب روش دیمتل (*DEMATEL*) بر پایه تحلیل شبکه‌ای (*ANP*) محاسبه و تحلیل گردید. نتایج نشان داد عامل سیاستگذاری با میزان شاخص اثرگذاری ($R+D$) برابر با ۰,۹۶۵ اهمیت و تعامل بیشتری نسبت به سایر عوامل در پیشگیری از رویداد فوران دارد. همچنین عامل تجهیزاتی با شاخص جهت تاثیر ($R-D$) برابر با ۰,۲۶۸ "اثرگذارترین" و عامل عملیاتی با $R-D$ برابر با ۰,۴۲۴- "اثرپذیرترین" عامل در بین سایر عوامل است. بیشترین وزن موثر در پیشگیری از رویداد فوران مربوط به عامل عملیاتی است. بطوریکه در این عامل معیار فشار هیدرواستاتیکی، یکپارچگی و استحکام چاه، پایش چاه به‌ترتیب در اولویت اول، دوم و سوم قرار گرفت. در همین راستا در عامل سیاستگذاری، معیار مدیریت اضطراری اولویت چهارم و ارزیابی ریسک اولویت پنجم را به خود اختصاص داد. با توجه به تعامل بیشتر عامل سیاستگذاری با سایر عوامل درصورت توجه و تمرکز ویژه تصمیم‌گیران به عامل تجهیزاتی بعنوان عامل "اثرگذار" و در نتیجه اثر هم‌افزایی آن بر عامل "اثرپذیر" عملیاتی می‌توان به موفقیت چشمگیری در بهبود عملکرد لایه‌های حفاظتی در پیشگیری از رویداد فوران دست یافت.

۱. پیش‌گفتار

فوران‌ها از خطرناک‌ترین حوادث در عملیات حفاری چاه-های نفت و گاز هستند، که در طی چند دهه گذشته باعث مرگ و میر و صدمات انسانی، آلودگی‌های زیست‌محیطی و ریزش میلیون‌ها بشکه نفت به محیط‌زیست و میلیاردها دلار آسیب به دارایی‌ها شده‌اند [۱]. در حین عملیات حفاری اگر فشار سیال سازند از فشار هیدرواستاتیکی اعمال شده ناشی از سیال حفاری در درون ستون چاه بیشتر و بر آن غلبه کند

* آدرس: تهران- خیابان سیمای ایران- دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب
شماره تماس: ۰۹۱۲۱۵۴۶۵۱۰- ۰۲۱۸۸۳۸۵۷۸۳، ایمیل: *razavian.env@gmail.com*

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در این حالت، سیال سازند به درون چاه جریان می‌یابد (سیلان) و در صورت عدم تشخیص به موقع وکنترل آن منجر به رویداد فوران می‌گردد [۲].

از مجموع ۳۱۵۷۴ چاه‌های حفاری شده از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۱ در خلیج مکزیک، ۷۷ فوران و ۳۲ رویداد عمده ناشی از آزاد شدن چاه کنترل نشده گزارش شده است [۳]. بعنوان مثال، فوران دیپ‌واتر هاریزون در خلیج مکزیک علاوه بر ایجاد آلودگی زیست‌محیطی، منجر به ۱۱ مورد فوتی شد. هزینه حادثه مذکور در حدود ۴۰ میلیارد دلار برآورد شده است [۴]. براساس سوابق آمار فوران چاه‌های نفت و گاز در ایران از مجموع ۳۱ رویداد فوران از سال ۱۳۳۰ تا ۱۳۹۲، ۲۳ رویداد عمده ناشی از آزاد شدن چاه کنترل نشده در حین عملیات حفاری گزارش شده است [۵]. خطای انسانی، حمله تروریستی، رویداد طبیعی و هرزروی سیال در چاه توسعه‌ای و تعمیری از عمده مخاطرات در صنعت حفاری ایران است [۶]. درحادثه اخیر فوران چاه ۱۴۷- رگ‌سفید شرکت مناطق نفتخیز جنوب در سال ۱۳۹۶، انفجار گاز سبب آتش‌سوزی دکل حفاری و کشته شدن ۲ نفر شد. این فوران پس از ۵۸ روز با استفاده از حفر چاه امدادی با روش کشتن چاه از عمق اطفا گردید [۷].

نتایج تجزیه و تحلیل فوران‌ها نشان داد وقوع این حوادث به علت زنجیره‌ای از نقص و شکست در عملکرد صحیح لایه‌های حفاظتی چاه ازجمله فشار هیدرواستاتیکی، فورانگیر(*BOP*)[1]، تشخیص سیلان و لوله جداری است [۸]. جهت بهبود عملکرد این لایه‌ها ضروری است عوامل بالقوه آسیب‌رسان به آنها شناسایی و استراتژی‌های موثر کاهش ریسک فوران انتخاب گردد [۹].

در مطالعه میرزایی علی آبادی و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از روش تحلیل پاپیونی (*BTA*)[2] و شبکه بیزین، ورود به لایه پرفشار در سازند حفاری وکاهش فشار ته چاهی (*BHP*)[3] به‌عنوان مهم‌ترین علل ریشه‌ای در ایجاد سیلان شناخته شدند [۱۰]. همچنین تشخیص به موقع سیلان و عملکرد صحیح *BOP* مهمترین نقش را در پیشگیری از وقوع فوران ایفا می‌کنند. در مطالعه مختاری و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با رویکرد تاپسیس فازی (*TOPSIS*)[4]، روش‌های توافق شده[5] به عنوان بهترین روش برای کنترل چاه و پیشگیری از رویداد فوران انتخاب شده است [۱۱]. در مطالعه پیبین و همکاران (۲۰۱۲) از روش تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*)[6] جهت ارزیابی ریسک کنترل چاه استفاده شده است، نتایج این تحقیق نشان داد عدم قطعیت زمین شناسی عامل اصلی پیشرو در ارزیابی ریسک کنترل چاه است و درجه ریسک کنترل چاه شامل «خطر بالاتر» است [۱۲]. در مطالعه یاسری (۲۱۰۷) با استفاده از روش *AHP* چارچوبی جهت شناسایی، اولویت بندی مدیریت ریسک‌های حفاری ارئه شده است [۱۳]. در مطالعه منگ و ان (۲۰۲۱) از قابلیت مدل تصمیم‌گیری چند معیاره با رویکرد ترکیبی *DEMATEL-AHP* جهت شناسایی ارتباطات تاثیرگذار بین شاخص‌های ارزیابی ریسک فوران در آب های عمیق و تعیین وزن موثر آنها استفاده شده است [۱۴]. همچنین در مطالعه زیهو و همکاران (۲۰۲۲) از تحلیل سلسه مراتبی فازی (*FAHP*) نیز جهت تجزیه و تحلیل ریسک پویا عملیات اضطراری برای فوران در آب های عمیق استفاده شده است [۱۵].

در روش‌های سنتی تصمیم‌گیری چند معیاره مانند *AHP* و *TOPSIS* ارتباطات بین ابعاد و معیارهای مسئله بر مبنی فرض استقلال است، در صورتیکه در برخی مواقع این ارتباطات بصورت کامل مستقل نیست [۱۶]. *DANP* یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره جهت حل مسایل دارای معیارهای وابسته و بازخورد است [۱۷]. در این روش، در ابتدا روابط علی و معلولی و ارتباط متقابل بین معیارها و ابعاد مسئله توسط روش دیمتل (*DEMATEL*)[7] تعیین میگردد سپس وزن تاثیری آنها با استفاده از تکنیک *ANP* محاسبه می‌شود [۱۸]. روش *DANP* ابزار مناسبی است که به تصمیم گیرندگان کمک می‌کند تا استراتژی‌های موثر کاهش ریسک را با در نظر گرفتن میزان وابستگی ابعاد و معیارهای یک مسئله انتخاب کنند [۱۹].

[1] *Blowout Preventers*
[2] *Bow Tie Analysis*
[3] *Bottom Hole Pressure*

[4] *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)*
[5] *Concurrent method*
[6] *Analytic Hierarchy Process (AHP)*

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در مطالعه میردریکوند و همکاران (۲۰۲۲) یک مدل جهت ارزیابی فوران در عملیات حفاری چاه های نفت براساس ریسک لایه‌های حفاظتی چاه طراحی شده است . در مطالعه مذکور با استفاده از روش آنالیز پاپیونی (*BTA*)، عوامل کنترلی موثر بر فوران در چهار گروه عملیاتی، فردی، تجهیزاتی و سیاستگذاری استخراج و طبقه بندی شده‌اند. [۲۰]. در تحقیق حاظر به منظور تعیین استراتژی مناسب کاهش ریسک فوران با استفاده از روش ترکیبی *DANP* در ابتدا با بکارگیری روش *DEMATEL* نحوه تعامل و روابط فی‌مابین عوامل کنترلی موثر بر فوران بر اساس شدت و جهت اثر گذاری و اثر پذیری آنها از یکدیگر بصورت کمی مشخص گردید سپس جهت تعیین اولویت بندی و درجه اهمیت این عوامل، وزن موثر آنها با استفاده از روش *ANP* تعیین گردید. دامنه این تحقیق محدود به عوامل کنترلی موثر بر فوران برای روش حفاری فوق تعادلی (*COBD*)[8] است. در این روش در حین عملیات حفاری فشار هیدرواستاتیک ناشی از سیال حفاری از فشار ته چاهی (*BHP*) بیشتر نگه داشته می شود [۲۱].

۲. روش کار

این تحقیق بر حسب هدف کاربردی و روش بررسی آن بر حسب گردآوری داده‌ها توصیفی-تحلیلی است. روش حل مسایل از نوع مدل سازی ریاضی و تصمیم‌گیری چند معیاره از نوع *DANP* است. در این تحقیق با توجه به نوع هدف، عوامل کنترلی موثر بر فوران بعنوان ابعاد (*D*) و معیارهای (*C*) تحقیق از طریق پرسشنامه دیمتل در اختیار جامعه تحقیق قرار داده شد تا میزان تعامل، ارتباط متقابل و وزن موثر آنها با استفاده از گام‌های ترکیبی روش *DANP* و با انجام محاسبات بوسیله نرم افزار متلب مشخص گردد. جامعه تحقیق به تعداد ۲۵ خبره شامل مهندس حفاری، ناظر کارفرما، حفار، رییس دستگاه حفاری، زمین‌شناس، کارشناس *HSE* و اساتید دانشگاهی انتخاب شد. ویژگی‌های خبرگان دارا بودن مدارک تحصیلی مرتبط با صنعت حفاری و نفت، حداقل ۱۲ سال سابقه کار عملیاتی و مدیریتی در صنعت حفاری و در دسترس بودن و تمایل به مشارکت در تحقیق بود.

در این تحقیق جهت دقت بیشتر اندازه نمونه (جامعه تحقیق) تعداد ۲۵خبره انتخاب شده است. در صورتیکه اندازه نمونه برای تکنیک‌های *DEMATEL* بین ۳ تا ۹ توصیه شده است [۲۲]. در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مانند *ANP* یک قانون کلی جهت اندازه نمونه لازم وجود ندارد اما از نظر فنی معتبر است که این روش‌ها نیازی به نمونه بزرگ ندارد چرا که تکنیک‌های مانند *ANP* رویکردهای تصمیم‌گیری مبتنی بر آماری[9] نیستند [۲۳]. پرسشنامه دیمتل چون مبتنی بر مقایسه زوجی است خود به خود از روایی برخوردار هستند. در این پرسشنامه‌ها احتمال اینکه یک معیار در نظر گرفته نشود تقریبا صفر است. حداکثر سوالات ممکن به نحوه مطلوب از خبره پرسیده می‌شود و چون تمام عوامل در این سنجش مورد توجه قرار گرفته است طراح قادر به جهت گیری خاصی در طراحی سوالات نمی‌باشد. پایایی پرسشنامه‌ها نیز از طریق نرخ آزمون ناسازگاری محاسبه و پایایی آن مورد تایید قرار گرفت.

۱،۲. گام های روش DANP

مرحله ۱) محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم (Z_{ij}): در این مرحله، جهت ایجاد ماتریس Z_{ij} (رابطه۱) از خبرگان تحقیق خواسته شد تا میزان تأثیرگذاری معیار i بر معیار j ($i=1,2 \dots 13$ و $j=1,2 \dots 13$) را با استفاده عبارات کلامی جدول شماره ۱ نشان دهند. در این رابطه c_{ij} میانگین حسابی معیارها از نظر خبرگان است.

$$Z_{ij} = \begin{bmatrix} c_{11} & \cdots & c_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{1j} & \cdots & c_{ij} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

جدول ۱. طیف پنج درجه‌ای تکنیک دیمتل و معادل قطعی برای عبارات کلامی

ردیف	گزینه‌های زبانی	اعداد برتری
۱	تأثیر خیلی زیاد	۴
۲	تأثیر زیاد	۳
۳	تأثیر کم	۲
۴	تأثیر بسیار کم	۱
۵	بدون تأثیر	۰

[8] *Conventional Overbalanced Drilling (COBD)*

[9] *Statistically-based*

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مرحله ۲) محاسبه نرخ ناسازگاری (g): در این مرحله به منظور عدم تناقض در تخصیص اعداد برتری در مقایسات زوجی ماتریس Z_{ij} با استفاده از رابطه (۲) و (۳) از آزمون نرخ ناسازگاری استفاده شد. در این راستا چنانچه مقدار نرخ ناسازگاری کمتر از ۵٪ باشد و قابلیت اطمینان(r) بیشتر از۹۵٪ باشد پایایی داده‌ها و پرسشنامه مورد تایید قرار می-گیرد. در این رابطه t_{ij} وزن موثر معیارها، n تعداد معیار و p تعداد خبرگان است.

$$g = \frac{1}{n(n-1)} \times \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \frac{\left|t_{ij-}^{p} \; t_{ij}^{p-1}\right|}{t_{ij}^{p}} \times 100 \quad (۲)$$

$$r = 1 - g \quad (۳)$$

مرحله ۲) نرمال سازی ماتریس ارتباط مستقیم (H_{ij}): در این مرحله مطابق با رابطه (۴) و (۵) ماتریس H_{ij} را نرمال می‌کنیم.

$$H_{ij} = \frac{Zij}{r} \quad (۴)$$

$$r = max_{1 \le i \le n} \left(\sum_{j=1}^{n} Zij \right) \quad (۵)$$

مرحله ۳) محاسبه ماتریس ارتباط کامل معیارها (T_C): در این مرحله ماتریس T_C با توجه به رابطه های (۶) تا (۷) به‌دست می‌آید. هر درایه این ماتریس عددی به صورت t_{ij} است. در این رابطه‌ها I ماتریس یکه و H ماتریس $n \times n$ می‌باشد.

$$T = \lim_{k \to +\infty} (H^1 \oplus H^2 \oplus \dots \oplus H^k) \quad (۶)$$

$$\lim_{k \to +\infty} (H^1 \oplus H^2 \oplus \dots \oplus H^k) \quad (۷)$$

مرحله ۴) محاسبه ماتریس ارتباط کامل ابعاد (T_D): در این مرحله ماتریس T_D از ماتریس T_C استخراج می گردد. بدین منظور برای محاسبه ماتریس T_D میانگین همه زیر ماتریس مربوطه به آن درایه در ماتریس T_C محاسبه می گردد.

مرحله ۵) محاسبه شدت و جهت تأثیر ابعاد و معیارها: در این مرحله جهت تعیین روابط علی و معلولی و ارتباط متقابل بین ابعاد و معیارها دو شاخص شدت اثرگذاری و جهت تأثیر برای ابعاد به ترتیب براساس رابطه (۸) و (۹) دو شاخص شدت اثرگذاری و جهت تأثیر به ترتیب برای معیارها براساس رابطه (۱۰) و (۱۱) محاسبه می شود.

$$R_i + D_i \quad (۸)$$

$$R_i - D_i \quad (۹)$$

$$ri + dj \quad (۱۰)$$

$$ri - dj \quad (۱۱)$$

در روابطه فوق میزان شاخص r_i (مجموع سطر i ام از ماتریس Tc) و d_j (مجموع ستون j ام از ماتریس Tc) را با توجه به معیار مربوطه محاسبه می‌شود. بطور مشابه میزان شاخص Ri (مجموع سطر i ام از ماتریس T_D) و D_j (مجموع ستون j ام از ماتریس T_D) نیز محاسبه می گردد. در این راستا اگر $R_i - D_i > 0$ باشد بعد مربوطه اثرگذار و اگر $R_i - D_i < 0$ باشد بعد مربوطه اثرپذیر است. بصورت مشابه اگر $ri - dj > 0$ باشد معیار مربوطه اثرگذار واگر $ri - dj < 0$باشد معیار مربوطه اثرپذیر است.

مرحله ۶) ترسیم نقشه روابط شبکه (NRM): جهت تعیین روابط شبکه ابعاد و معیارها، ابتدا میانگین مقادیر، برای هر T_C^{ij} در ماتریسT_C و همچنین ماتریس T_D تحت عنوان شدت آستانه محاسبه می‌شود. مقادیری که کوچکتر از آستانه باشد صفر شده و رابطه علی آن، در نظر گرفته نمی شود. سپس روابط ابعاد و معیارها با مختصات $R_i \pm D_i$ و $ri \pm dj$ در دستگاه دکارتی ترسیم می شود.

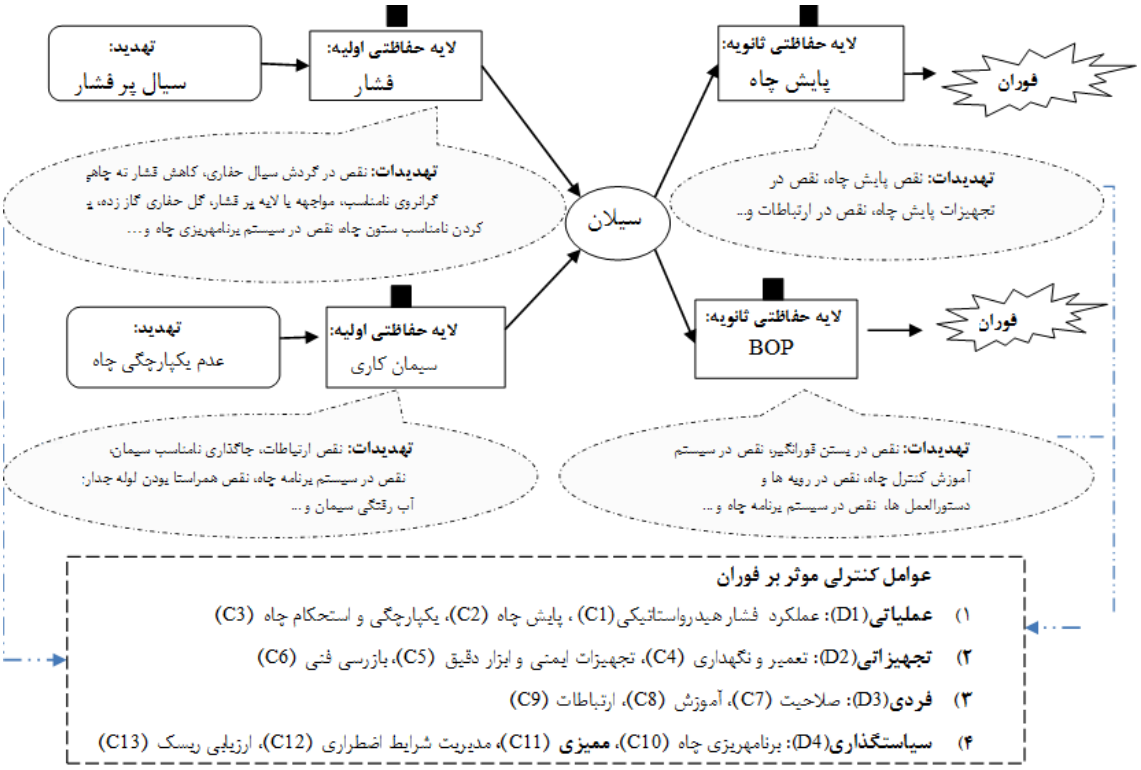
مرحله ۷) نرمال سازی ماتریس ارتباط کامل ابعاد (T_D^{α}): در این مرحله با توجه به رابطه (۱۲) و (۱۳) ماتریس T_D نرمال سازی می‌شود، در این راستا مجموع هر سطر از ماتریس T_D را با توجه به بعد مربوطه محاسبه، سپس عنصر هر سطر را بر مجموع عناصر همان سطر تقسیم نموده و در پایان جای سطر و ستون را عوض می کنیم.

مرحله ۸) نرمال سازی ماتریس ارتباط کامل معیارها (T_C^{α}) **و تشکیل سوپرماتریس ناموزون**(W): در این مرحله ماتریس Tc را با استفاده از رابطه (۱۴) نرمال می‌کنیم؛ به این طریق که در این گام مجموع هر سطر T_C^{ij}

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

را با توجه به بعد مربوطه محاسبه و سپس در هر T_C^{ij}، هر عنصر بر مجموع عناصر سطر مربوط به خود تقسیم می‌گردد. با ترانسپوز ماتریس $T_C^{\propto}$، سوپر ماتریس ناموزون طبق رابطه (۱۵) به دست می آید.



شکل ۱. دیاگرام تحلیل پاپیونی عوامل کنترلی موثر بر فوران (میردریکوند و همکاران، ۲۰۲۲)

$$\boldsymbol{T}_D=\begin{bmatrix} t_{11}^{D_{11}} & \cdots & t_{1j}^{D_{1j}} & \cdots & t_{1m}^{D_{1m}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{i1}^{D_{i1}} & \cdots & t_{ij}^{D_{ij}} & \cdots & t_{im}^{D_{im}} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ t_{m1}^{D_{m1}} & \cdots & t_{mj}^{D_{mj}} & \cdots & t_{mm}^{D_{mm}} \end{bmatrix} \begin{matrix} \longrightarrow d_1=\sum_{j=1}^{m} t_{1j}^{D_{1j}} \\ \\ \longrightarrow d_i=\sum_{j=1}^{m} t_{ij}^{D_{ij}} \;, d_i=\sum_{j=1}^{m} t_{ij}^{D_{ij}}, i=1,\ldots,m \\ \\ \longrightarrow d_m=\sum_{j=1}^{m} t_{mj}^{D_{mj}} \end{matrix} \qquad (۱۲)$$

$$\boldsymbol{T}_D^{\alpha}=\begin{bmatrix} t_{11}^{D_{11}}/d_1 & \cdots & t_{1j}^{D_{1j}}/d_1 & \cdots & t_{1m}^{D_{1m}}/d_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{i1}^{D_{i1}}/d_i & \cdots & t_{ij}^{D_{ij}}/d_i & \cdots & t_{im}^{D_{im}}/d_i \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ t_{m1}^{D_{m1}}/d_m & \cdots & t_{mj}^{D_{mj}}/d_m & \cdots & t_{mm}^{D_{mm}}/d_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_D^{\alpha 11} & \cdots & t_D^{\alpha 1j} & \cdots & t_D^{\alpha 1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ t_D^{\alpha i1} & \cdots & t_D^{\alpha ij} & \cdots & t_D^{\alpha in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ t_D^{\alpha n1} & \cdots & t_D^{\alpha nj} & \cdots & t_D^{\alpha nn} \end{bmatrix} \qquad (۱۳)$$

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

$$T_C^{\alpha} = \begin{array}{c} \\ D_1 \\ \vdots \\ D_i \\ \vdots \\ D_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} D_1 & & D_j & & D_n \\ c_{11}\ldots c_{1m_1} & \ldots & c_{j1}\ldots c_{jm_j} & \ldots & c_{n1}\ldots c_{nm_n} \end{array} \\ \begin{bmatrix} T_c^{\alpha 11} & \cdots & T_c^{\alpha 1j} & \cdots & T_c^{\alpha 1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{\alpha i1} & \cdots & T_c^{\alpha ij} & \cdots & T_c^{\alpha in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{\alpha n1} & \cdots & T_c^{\alpha nj} & \cdots & T_c^{\alpha nn} \end{bmatrix} \end{array} \quad (۱۴)$$

$$W^{\alpha} = T_D^{\infty} * W \quad (۱۵)$$

مرحله ۹) تشکیل سوپرماتریس موزون (W^{α}): در این مرحله جهت تشکیل W^{α} طبق رابطه (۱۶)، ماتریس T_D^{∞} را در ماتریس W ضرب می‌کنیم. به این طریق که هر $t_D^{\infty ij}$ را در W_{ij} نظیر ضرب می کنیم.

$$W^{\alpha} = T_D^{\infty} * W \quad (۱۶)$$

مرحله ۱۰) محدود کردن سوپرماتریس موزون (W^{*}): در این مرحله جهت محاسبه وزن موثر هر کدام از زیر گروه های عوامل کنترلی موثر بر فوران (معیار ها) مطابق با رابطه (۱۷)، W^{α} را آنقدر به توان متوالی اعداد فرد (β) رسانیده تا تمامی اعداد هر سطر همگرا شوند.

$$W^{*} = \lim_{\beta \to \infty} (W^{\alpha})^{\beta} \quad (۱۷)$$

۳. یافته های تحقیق

جهت سنجش روابط علی و معلولی بین ابعاد و معیارهای تحقیق با استفاده از محاسبات مراحل ۱ الی۶ روش *DANP* در ابتدا، ماتریس Zij براساس رابطه (۱) تشکیل شد و مقادیر آن در جدول شماره۲ ارائه شده است. همچنین در این ماتریس به منظور عدم تناقض در تخصیص اعداد برتری در مقایسات زوجی معیارها توسط خبرگان، نرخ ناسازگاری براساس رابطه های (۲) و (۳) با مقدار ۳٪ محاسبه شد، این مقدار حاکی از سطح اطمینان (r) داده های جمع آوری شده توسط خبرگان با مقدار ۹۷٪ است. در ادامه ماتریس Zij بر اساس رابطه‌های (۴) و (۵) نرمال شد که مقادیر آن در جدول شماره ۳ ارائه شده است. سپس شاخص‌های شدت و جهت اثرگذاری ابعاد و معیارها براساس رابطه های(۸)، (۹)، (۱۰) و (۱۱) محاسبه و مقادیر آنها در جدول شماره ۴ و ۵ نشان داده شده است. همچنین ارزش آستانه‌ای زیر معیارهای در چهار بعد D1، D2، D3 و D4 که برابر با میانگین اعداد در ماتریس TC (جدول شماره ۴) بترتیب برابر با ۰,۰۵۷، ۰,۱۰۸، ۰,۰۸۲ و ۰,۱۳۶ و ارزش آستانه‌ای ابعاد برابر با میانگین اعداد در ماتریس TD (جدول شماره ۶) برابر ۰,۰۹۷محاسبه شده است. نهایتا نقشه روابط شبکه ابعاد و معیارها در شکل شماره ۲ در دستگاه مختصات دکارتی نمایش داده شده است .

جهت سنجش وزن موثر معیارها طی مراحل ۶ الی۱۰روش *DANP* در ابتدا، ماتریس نرمال ارتباط کامل ابعاد (T_D^{∞}) و معیارها (T_C^{∞}) بر اساس رابطه های(۱۲)، (۱۳)و (۱۴) محاسبه و نتایج آن در جدول شماره ۶ و ۷ ارائه شد. سپس سوپر ماتریس ناموزن بر اساس رابطه (۱۵) محاسبه و نتایج آن در جدول شماره ۸ ارائه گردیده است. در ادامه سوپر ماتریس موزن بر اساس رابطه (۱۶) محاسبه و نتایج آن در جدول شماره ۹ ارائه شده است و نهایتا ماتریس وزین شده معیارها بر اساس رابطه (۱۷) در توان β = ۷ همگرا می‌گردد (جدول شماره ۱۰). در این راستا میزان درصد وزنی معیارها در ماتریس وزین شده در شکل شماره ۳ ارائه شده است.

۴. بحث و بررسی

در این مطالعه به منظور تعیین استراتژی های موثر کاهش ریسک فوران در عملیات حفاری چاه های نفت، با استفاده از روش ترکیبی *DANP* به تحلیل کمی روابط و شدت اثرگذاری و اثر پذیری بین عوامل کنترلی موثر بر فوران و درجه اهمیت آنها پرداخته شده است. این عوامل بر اساس مطالعات پیشین در چهار گروه اصلی (ابعاد) سیاستگذاری، فردی، عملیاتی و تجهیزاتی و ۱۳ زیرگروه (معیارها) شناسایی و طبقه‌بندی شده‌اند.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۲. ماتریس ارتباط مستقیم (Z_{ij})

Criteria	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
C1	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۳.۳۸۵	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
C2	۳.۳۰۸	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۳۸۵	۰.۵۳۸	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۲.۸۴۶	۰.۰۰۰
C3	۲.۶۹۲	۲.۶۱۵	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۱۵۴	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۷۶۹	۰.۷۶۹	۱.۷۶۹
C4	۲.۶۹۲	۰.۱۵۴	۲.۰۷۷	۰.۰۰۰	۲.۹۲۳	۱.۶۱۵	۱.۵۳۸	۱.۳۰۸	۱.۶۱۵	۳.۰۷۷	۲.۴۶۲	۳.۰۷۷	۲.۵۳۸
C5	۲.۰۰۰	۲.۵۳۸	۱.۶۹۲	۲.۹۲۳	۰.۰۰۰	۲.۸۴۶	۲.۷۶۹	۲.۰۰۰	۲.۳۰۸	۲.۳۸۵	۳.۰۰۰	۳.۳۸۵	۳.۰۰۰
C6	۱.۹۲۳	۳.۱۵۴	۱.۵۳۸	۱.۴۶۲	۱.۷۶۹	۰.۰۰۰	۱.۰۷۷	۱.۴۶۲	۰.۸۴۶	۱.۳۸۵	۲.۴۶۲	۳.۰۷۷	۲.۶۱۵
C7	۱.۶۹۲	۱.۶۹۲	۱.۸۴۶	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۱.۲۳۱	۰.۰۰۰	۳.۰۷۷	۳.۲۳۱	۰.۴۶۲	۰.۵۳۸	۱.۷۶۹	۲.۰۷۷
C8	۳.۱۵۴	۳.۱۵۴	۱.۹۲۳	۰.۲۳۱	۰.۲۳۱	۱.۸۴۶	۰.۶۱۵	۰.۰۰۰	۰.۰۷۷	۰.۰۰۰	۰.۳۸۵	۲.۳۰۸	۲.۳۰۸
C9	۰.۸۴۶	۱.۲۳۱	۱.۴۶۲	۰.۶۱۵	۱.۶۱۵	۱.۳۰۸	۲.۷۶۹	۳.۳۰۸	۰.۰۰۰	۰.۹۲۳	۱.۶۹۲	۱.۶۹۲	۱.۸۴۶
C10	۳.۷۶۹	۲.۸۴۶	۳.۳۸۵	۱.۷۶۹	۲.۲۳۱	۱.۸۴۶	۱.۰۷۷	۲.۶۹۲	۰.۷۶۹	۰.۰۰۰	۱.۲۳۱	۲.۶۹۲	۲.۵۳۸
C11	۰.۷۶۹	۱.۴۶۲	۱.۱۵۴	۲.۶۹۲	۲.۵۳۸	۲.۱۵۴	۱.۷۶۹	۲.۰۷۷	۱.۹۲۳	۲.۵۳۸	۰.۰۰۰	۲.۳۰۸	۱.۹۲۳
C12	۲.۱۵۴	۲.۹۲۳	۱.۹۲۳	۰.۳۸۵	۰.۳۰۸	۲.۵۳۸	۰.۷۶۹	۱.۵۳۸	۱.۱۵۴	۲.۷۶۹	۱.۱۵۴	۰.۰۰۰	۲.۹۲۳
C13	۲.۶۹۲	۲.۷۶۹	۲.۱۵۴	۲.۷۶۹	۳.۱۵۴	۲.۲۳۱	۲.۶۹۲	۲.۸۴۶	۲.۶۱۵	۳.۳۸۵	۲.۳۸۵	۳.۳۸۵	۰.۰۰۰

جدول۳. ماتریس نرمال ارتباطات مستقیم (H_{ij})

Criteria	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
C1	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۱۰۲	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
C2	۰.۱۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۱۲	۰.۰۱۶	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۸۶	۰.۰۰۰
C3	۰.۰۸۱	۰.۰۷۹	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۵	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۲۳	۰.۰۵۳
C4	۰.۰۸۱	۰.۰۰۵	۰.۰۶۳	۰.۰۰۰	۰.۰۸۸	۰.۰۴۹	۰.۰۴۷	۰.۰۴۰	۰.۰۴۹	۰.۰۹۳	۰.۰۷۴	۰.۰۹۳	۰.۰۷۷
C5	۰.۰۶۰	۰.۰۷۷	۰.۰۵۱	۰.۰۸۸	۰.۰۰۰	۰.۰۸۶	۰.۰۸۴	۰.۰۶۰	۰.۰۷۰	۰.۰۷۲	۰.۰۹۱	۰.۱۰۲	۰.۰۹۱
C6	۰.۰۵۸	۰.۰۹۵	۰.۰۴۷	۰.۰۴۴	۰.۰۵۳	۰.۰۰۰	۰.۰۳۳	۰.۰۴۴	۰.۰۲۶	۰.۰۴۲	۰.۰۷۴	۰.۰۹۳	۰.۰۷۹
C7	۰.۰۵۱	۰.۰۵۱	۰.۰۵۶	۰.۰۰۰	۰.۰۳۷	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۹۳	۰.۰۹۸	۰.۰۱۴	۰.۰۱۶	۰.۰۵۳	۰.۰۶۳
C8	۰.۰۹۵	۰.۰۹۵	۰.۰۵۸	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۵۶	۰.۰۱۹	۰.۰۰۰	۰.۰۰۲	۰.۰۰۰	۰.۰۱۲	۰.۰۷۰	۰.۰۷۰
C9	۰.۰۲۶	۰.۰۳۷	۰.۰۴۴	۰.۰۱۹	۰.۰۴۹	۰.۰۴۰	۰.۰۸۴	۰.۱۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۲۸	۰.۰۵۱	۰.۰۵۱	۰.۰۵۶
C10	۰.۱۱۴	۰.۰۸۶	۰.۱۰۲	۰.۰۵۳	۰.۰۶۷	۰.۰۵۶	۰.۰۳۳	۰.۰۸۱	۰.۰۲۳	۰.۰۰۰	۰.۰۳۷	۰.۰۸۱	۰.۰۷۷
C11	۰.۰۲۳	۰.۰۴۴	۰.۰۳۵	۰.۰۸۱	۰.۰۷۷	۰.۰۶۵	۰.۰۵۳	۰.۰۶۳	۰.۰۵۸	۰.۰۷۷	۰.۰۰۰	۰.۰۷۰	۰.۰۵۸
C12	۰.۰۶۵	۰.۰۸۸	۰.۰۵۸	۰.۰۱۲	۰.۰۰۹	۰.۰۷۷	۰.۰۲۳	۰.۰۴۷	۰.۰۳۵	۰.۰۸۴	۰.۰۳۵	۰.۰۰۰	۰.۰۸۸
C13	۰.۰۸۱	۰.۰۸۴	۰.۰۶۵	۰.۰۸۴	۰.۰۹۵	۰.۰۶۷	۰.۰۸۱	۰.۰۸۶	۰.۰۷۹	۰.۱۰۲	۰.۰۷۲	۰.۱۰۲	۰.۰۰۰

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۴. ماتریس ارتباط کامل معیارها (T_C) و محاسبه میزان شاخص r و d

Criteria	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	r	r+d	r-d
C1	۰.۰۱۱	۰.۰۱۰	۰.۱۰۵	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۲	۰.۰۰۱	۰.۰۰۲	۰.۰۰۱	۰.۰۰۵	۰.۰۰۷	۰.۱۴۸	۲.۰۸۹	۱.۷۹۳
C2	۰.۱۲۰	۰.۰۲۰	۰.۰۲۶	۰.۰۰۶	۰.۰۰۷	۰.۰۱۴	۰.۰۰۸	۰.۰۲۴	۰.۰۰۸	۰.۰۲۹	۰.۰۰۹	۰.۰۹۸	۰.۰۱۸	۰.۳۸۷	۲.۰۹۷	۱.۳۲۳
C3	۰.۱۰۸	۰.۰۹۷	۰.۰۲۴	۰.۰۱۰	۰.۰۱۱	۰.۰۱۳	۰.۰۱۱	۰.۰۱۹	۰.۰۱۰	۰.۰۱۶	۰.۰۱۱	۰.۰۴۷	۰.۰۶۶	۰.۴۴۳	۲.۰۲	۱.۱۳۴
C4	۰.۱۹۶	۰.۱۱۵	۰.۱۶۲	۰.۰۵۸	۰.۱۴۶	۰.۱۲۵	۰.۱۰۸	۰.۱۲۵	۰.۱۰۸	۰.۱۶۵	۰.۱۳۶	۰.۱۹۹	۰.۱۷۳	۱.۸۱۶	۲.۶۶۵	۰.۹۶۷
C5	۰.۲۰۰	۰.۱۹۹	۰.۱۶۵	۰.۱۴۷	۰.۰۷۵	۰.۱۷۱	۰.۱۵۳	۰.۱۶۱	۰.۱۳۹	۰.۱۶۰	۰.۱۶۱	۰.۲۳۲	۰.۲۰۲	۲.۱۶۵	۳.۱۲۹	۱.۲۰۱
C6	۰.۱۶۱	۰.۱۸۲	۰.۱۲۸	۰.۰۸۹	۰.۱۰۳	۰.۰۶۴	۰.۰۸۳	۰.۱۱۳	۰.۰۷۶	۰.۱۰۸	۰.۱۲۳	۰.۱۸۶	۰.۱۵۶	۱.۵۷۲	۲.۷۵۶	۰.۳۸۸
C7	۰.۱۲۴	۰.۱۱۷	۰.۱۱۳	۰.۰۲۸	۰.۰۳۳	۰.۰۷۹	۰.۰۳۶	۰.۱۴۰	۰.۱۲۵	۰.۰۵۴	۰.۰۵۰	۰.۱۱۸	۰.۱۱۷	۱.۱۳۴	۲.۱۱۶	۰.۱۵۲
C8	۰.۱۵۷	۰.۱۴۷	۰.۱۰۷	۰.۰۳۰	۰.۰۳۳	۰.۰۸۷	۰.۰۴۴	۰.۰۳۷	۰.۰۲۹	۰.۰۳۷	۰.۰۴۰	۰.۱۲۳	۰.۱۱۱	۰.۹۸۲	۲.۳۴۷	۰.۳۸۳
C9	۰.۱۱۵	۰.۱۱۹	۰.۱۱۴	۰.۰۵۷	۰.۰۸۸	۰.۰۹۴	۰.۱۲۵	۰.۱۵۹	۰.۰۴۶	۰.۰۸۰	۰.۰۹۳	۰.۱۳۳	۰.۱۲۷	۱.۳۵	۲.۳۰۱	۰.۳۹۹
C10	۰.۲۲۵	۰.۱۸۲	۰.۱۹۱	۰.۰۹۸	۰.۱۱۶	۰.۱۱۹	۰.۰۸۴	۰.۱۴۹	۰.۰۷۴	۰.۰۶۷	۰.۰۹۱	۰.۱۸۰	۰.۱۶۱	۱.۷۳۷	۲.۹۲	۰.۵۵۴
C11	۰.۱۳۹	۰.۱۴۵	۰.۱۲۷	۰.۱۳۰	۰.۱۳۳	۰.۱۳۶	۰.۱۱۲	۰.۱۴۳	۰.۱۱۴	۰.۱۴۶	۰.۰۶۴	۰.۱۷۷	۰.۱۵۲	۱.۷۱۸	۲.۷۲	۰.۷۱۶
C12	۰.۱۵۷	۰.۱۶۶	۰.۱۳۰	۰.۰۵۱	۰.۰۵۵	۰.۱۲۴	۰.۰۶۵	۰.۱۰۶	۰.۰۷۴	۰.۱۳۲	۰.۰۷۸	۰.۰۸۶	۰.۱۵۲	۱.۳۷۶	۳.۱۹۶	۰.۴۴۴
C13	۰.۲۲۸	۰.۲۱۱	۰.۱۸۵	۰.۱۴۴	۰.۱۶۳	۰.۱۵۷	۰.۱۵۲	۰.۱۸۷	۰.۱۴۷	۰.۱۸۷	۰.۱۴۵	۰.۲۳۶	۰.۱۲۳	۲.۲۶۵	۳.۸۳	۰.۷
d	۱.۹۴۱	۱.۷۱	۱.۵۷۷	۰.۸۴۹	۰.۹۶۴	۱.۱۸۴	۰.۹۸۲	۱.۳۶۵	۰.۹۵۱	۱.۱۸۳	۱.۰۰۲	۱.۸۲	۱.۵۶۵			

جدول ۵. ماتریس ارتباط کامل ابعاد (T_D) و محاسبه میزان شاخص R و D

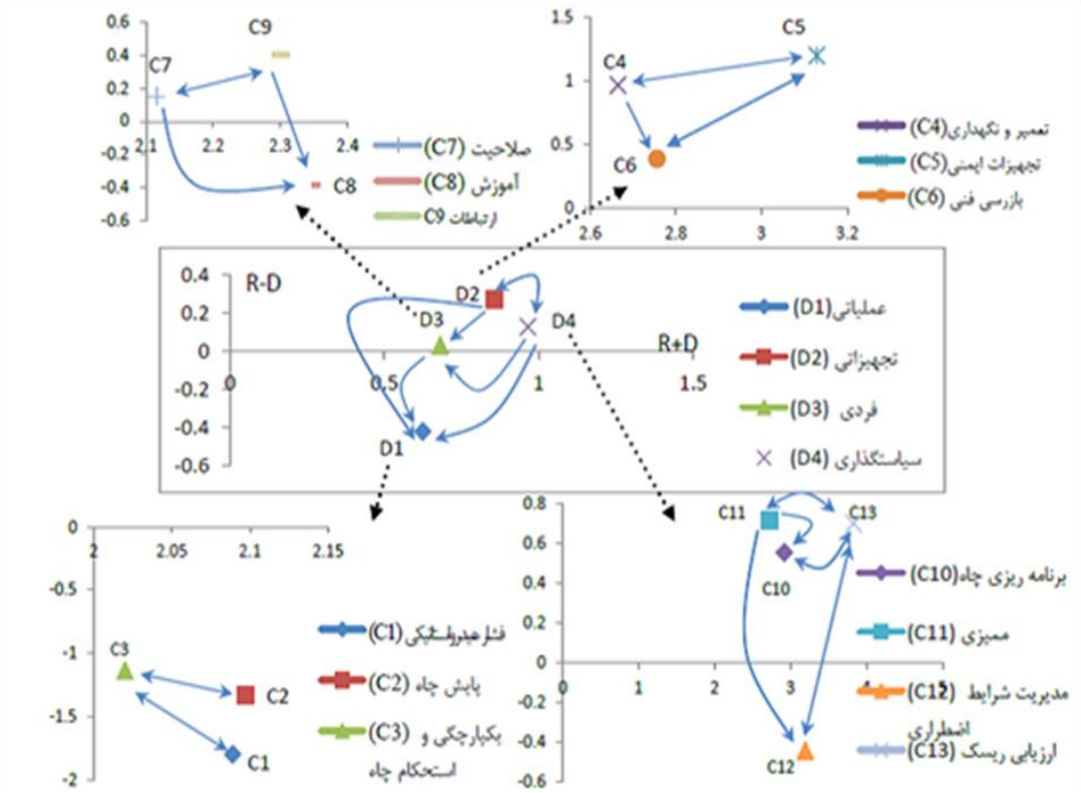
Dimension	D1	D2	D3	D4	R	R+D	R-D
D1	۰.۰۵۸	۰.۰۰۷	۰.۰۰۹	۰.۰۲۶	۰.۱	۰.۶۲۴	-۰.۴۲۴
D2	۰.۱۶۸	۰.۱۰۹	۰.۱۱۸	۰.۱۶۷	۰.۵۶۲	۰.۸۵۶	۰.۲۶۸
D3	۰.۱۲۴	۰.۰۵۹	۰.۰۸۲	۰.۰۹۰	۰.۳۵۵	۰.۶۸۱	۰.۰۲۹
D4	۰.۱۷۴	۰.۱۱۹	۰.۱۱۷	۰.۱۳۶	۰.۵۴۶	۰.۹۶۵	۰.۱۲۷
D	۰.۵۲۴	۰.۲۹۴	۰.۳۲۶	۰.۴۱۹			

جدول ۶. ماتریس نرمال ارتباط کامل ابعاد (T_D^{α})

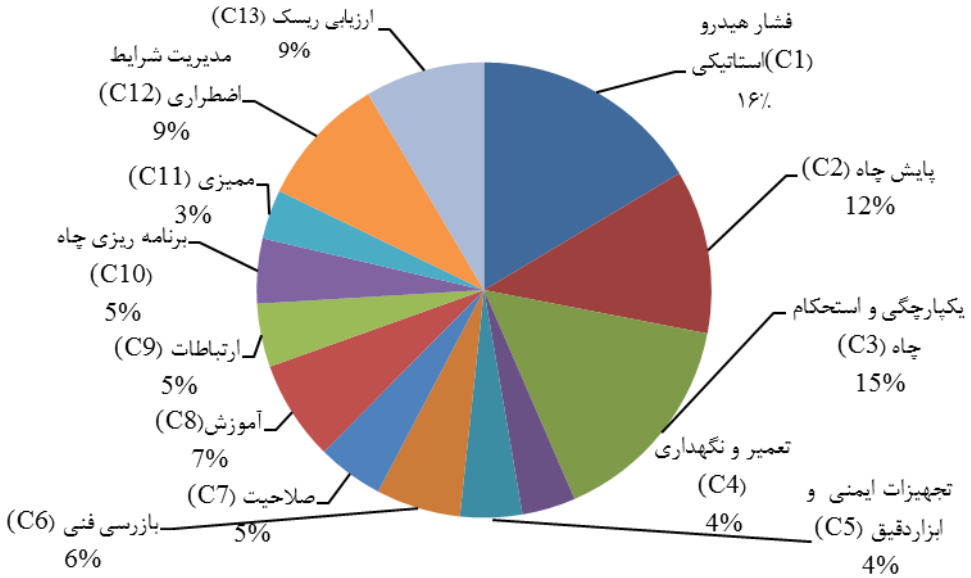
Dimension	D1	D2	D3	D4
D1	۰.۵۸۰	۰.۰۷۱	۰.۰۹۳	۰.۲۵۶
D2	۰.۲۹۹	۰.۱۹۴	۰.۲۱۱	۰.۲۹۷
D3	۰.۳۴۸	۰.۱۶۶	۰.۲۳۲	۰.۲۵۴
D4	۰.۳۱۸	۰.۲۱۸	۰.۲۱۵	۰.۲۴۹

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۲. نقشه روابط شبکه مربوط به عوامل کنترلی موثر بر فوران بر اساس DEMETEL



شکل ۳. وزن عوامل کنترلی موثر بر فوران بر اساس *DANP*

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۷. نرمال سازی ماتریس ارتباط کامل معیارها (T_C^{α})

C13	C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	Criteria
۰.۴۷۵	۰.۳۳۶	۰.۰۷۶	۰.۱۱۳	۰.۲۵۹	۰.۴۷۹	۰.۲۶۱	۰.۳۸۷	۰.۳۲۴	۰.۲۸۹	۰.۸۳۳	۰.۰۷۹	۰.۰۸۸	C1
۰.۱۱۵	۰.۶۳۸	۰.۰۵۷	۰.۱۹۰	۰.۲۰۳	۰.۶۰۴	۰.۱۹۳	۰.۵۰۴	۰.۲۶۰	۰.۲۳۶	۰.۱۵۷	۰.۱۲۰	۰.۷۲۳	C2
۰.۴۷۵	۰.۳۳۶	۰.۰۷۶	۰.۱۱۳	۰.۲۵۹	۰.۴۷۹	۰.۲۶۱	۰.۳۸۷	۰.۳۲۴	۰.۲۸۹	۰.۱۰۴	۰.۴۲۴	۰.۴۷۲	C3
۰.۲۵۷	۰.۲۹۶	۰.۲۰۱	۰.۲۴۶	۰.۳۱۷	۰.۳۶۷	۰.۳۱۷	۰.۳۷۹	۰.۴۴۵	۰.۱۷۶	۰.۳۴۳	۰.۲۴۲	۰.۴۱۵	C4
۰.۲۶۷	۰.۳۰۷	۰.۲۱۴	۰.۲۱۲	۰.۳۰۷	۰.۳۵۵	۰.۳۳۷	۰.۴۳۴	۰.۱۹۰	۰.۳۷۵	۰.۲۹۳	۰.۳۵۲	۰.۳۵۵	C5
۰.۲۷۳	۰.۳۲۴	۰.۲۱۵	۰.۱۸۸	۰.۲۷۸	۰.۴۱۷	۰.۳۰۵	۰.۲۵۱	۰.۴۰۰	۰.۳۴۸	۰.۲۷۱	۰.۳۸۷	۰.۳۴۲	C6
۰.۳۴۵	۰.۳۴۷	۰.۱۴۹	۰.۱۵۹	۰.۴۱۴	۰.۴۶۶	۰.۱۲۱	۰.۵۶۲	۰.۲۳۹	۰.۱۹۹	۰.۳۱۹	۰.۳۳۱	۰.۳۵۰	C7
۰.۳۵۷	۰.۳۹۵	۰.۱۲۸	۰.۱۲۰	۰.۲۶۳	۰.۳۳۷	۰.۴۰۰	۰.۵۷۶	۰.۲۲۱	۰.۲۰۳	۰.۲۶۱	۰.۳۵۷	۰.۳۸۲	C8
۰.۲۹۲	۰.۳۰۸	۰.۲۱۶	۰.۱۸۴	۰.۱۳۹	۰.۴۸۳	۰.۳۷۸	۰.۳۹۵	۰.۳۶۸	۰.۲۳۶	۰.۳۲۸	۰.۳۴۲	۰.۳۳۱	C9
۰.۳۲۲	۰.۳۶۱	۰.۱۸۲	۰.۱۳۵	۰.۲۴۰	۰.۴۸۶	۰.۲۷۴	۰.۳۵۸	۰.۳۴۷	۰.۲۹۴	۰.۳۱۹	۰.۳۰۵	۰.۳۷۶	C10
۰.۲۸۱	۰.۳۲۹	۰.۱۱۸	۰.۲۷۲	۰.۳۰۸	۰.۳۸۸	۰.۳۰۳	۰.۳۴۰	۰.۳۳۳	۰.۳۲۶	۰.۳۰۹	۰.۳۵۳	۰.۳۳۸	C11
۰.۳۴۰	۰.۱۹۱	۰.۱۷۴	۰.۲۹۵	۰.۳۰۱	۰.۴۳۳	۰.۲۶۶	۰.۵۴۰	۰.۲۳۸	۰.۲۲۲	۰.۲۸۷	۰.۳۶۶	۰.۳۴۷	C12
۰.۱۷۷	۰.۳۴۱	۰.۲۱۰	۰.۲۷۱	۰.۳۰۳	۰.۳۸۴	۰.۳۱۳	۰.۳۳۸	۰.۳۵۱	۰.۳۱۱	۰.۲۹۶	۰.۳۳۹	۰.۳۶۵	C13

جدول ۸. سوپر ماتریس ناموزون (W)

C13	C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	Criteria
۰.۱۱۶	۰.۱۱۰	۰.۱۰۸	۰.۱۲۰	۰.۱۱۵	۰.۱۳۳	۰.۱۲۲	۰.۱۰۲	۰.۱۰۶	۰.۱۲۴	۰.۲۷۴	۰.۴۱۹	۰.۰۵۱	C1
۰.۱۰۸	۰.۱۱۷	۰.۱۱۲	۰.۰۹۷	۰.۱۱۹	۰.۱۲۴	۰.۱۱۵	۰.۱۱۵	۰.۱۰۵	۰.۰۷۲	۰.۲۴۶	۰.۰۷۰	۰.۰۴۶	C2
۰.۰۹۴	۰.۰۹۱	۰.۰۹۹	۰.۱۰۲	۰.۱۱۴	۰.۰۹۱	۰.۱۱۱	۰.۰۸۱	۰.۰۸۷	۰.۱۰۲	۰.۰۶۱	۰.۰۹۱	۰.۴۸۳	C3
۰.۰۶۸	۰.۰۴۸	۰.۰۷۱	۰.۰۶۴	۰.۰۳۹	۰.۰۳۴	۰.۰۳۳	۰.۰۶۷	۰.۰۷۳	۰.۰۳۴	۰.۰۲۱	۰.۰۱۷	۰.۰۲۱	C4
۰.۰۷۶	۰.۰۵۲	۰.۰۷۳	۰.۰۷۶	۰.۰۶۱	۰.۰۳۷	۰.۰۴۰	۰.۰۷۷	۰.۰۳۷	۰.۰۸۶	۰.۰۲۳	۰.۰۱۸	۰.۰۲۳	C5
۰.۰۷۴	۰.۱۱۷	۰.۰۷۴	۰.۰۷۸	۰.۰۶۵	۰.۰۹۵	۰.۰۹۳	۰.۰۴۹	۰.۰۸۴	۰.۰۷۳	۰.۰۲۸	۰.۰۳۶	۰.۰۲۸	C6
۰.۰۶۷	۰.۰۵۷	۰.۰۶۵	۰.۰۵۹	۰.۰۸۸	۰.۰۹۳	۰.۰۲۸	۰.۰۶۴	۰.۰۷۱	۰.۰۶۷	۰.۰۲۴	۰.۰۱۸	۰.۰۲۴	C7
۰.۰۸۲	۰.۰۹۳	۰.۰۸۳	۰.۱۰۴	۰.۱۱۲	۰.۰۷۸	۰.۱۰۸	۰.۰۸۸	۰.۰۷۵	۰.۰۷۷	۰.۰۴۵	۰.۰۵۶	۰.۰۴۵	C8
۰.۰۶۵	۰.۰۶۵	۰.۰۶۶	۰.۰۵۲	۰.۰۳۲	۰.۰۶۱	۰.۰۹۶	۰.۰۵۹	۰.۰۶۵	۰.۰۶۷	۰.۰۲۴	۰.۰۱۹	۰.۰۲۴	C9
۰.۰۶۷	۰.۰۷۴	۰.۰۶۸	۰.۰۳۴	۰.۰۴۷	۰.۰۳۱	۰.۰۴۰	۰.۰۵۶	۰.۰۶۳	۰.۰۷۳	۰.۰۲۹	۰.۰۴۹	۰.۰۲۹	C10
۰.۰۵۲	۰.۰۴۳	۰.۰۲۹	۰.۰۴۵	۰.۰۵۵	۰.۰۳۲	۰.۰۳۸	۰.۰۶۴	۰.۰۶۳	۰.۰۶۰	۰.۰۱۹	۰.۰۱۵	۰.۰۱۹	C11
۰.۰۸۵	۰.۰۴۸	۰.۰۸۲	۰.۰۹۰	۰.۰۷۸	۰.۱۰۰	۰.۰۸۸	۰.۰۹۶	۰.۰۹۱	۰.۰۸۸	۰.۰۸۶	۰.۱۶۳	۰.۰۸۶	C12
۰.۰۴۴	۰.۰۸۵	۰.۰۷۰	۰.۰۸۰	۰.۰۷۴	۰.۰۹۱	۰.۰۸۸	۰.۰۸۱	۰.۰۷۹	۰.۰۷۶	۰.۱۲۲	۰.۰۲۹	۰.۱۲۲	C13

جدول۹. سوپر ماتریس موزون (W^{α})

C13	C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	Criteria
۰.۳۶۵	۰.۳۴۷	۰.۳۳۸	۰.۳۷۶	۰.۳۳۱	۰.۳۸۲	۰.۳۵۰	۰.۳۴۲	۰.۳۵۵	۰.۴۱۵	۰.۴۷۲	۰.۷۲۳	۰.۰۸۸	C1
۰.۳۳۹	۰.۳۶۶	۰.۳۵۳	۰.۳۰۵	۰.۳۴۲	۰.۳۵۷	۰.۳۳۱	۰.۳۸۷	۰.۳۵۲	۰.۲۴۲	۰.۴۲۴	۰.۱۲۰	۰.۰۷۹	C2
۰.۲۹۶	۰.۲۸۷	۰.۳۰۹	۰.۳۱۹	۰.۳۲۸	۰.۲۶۱	۰.۳۱۹	۰.۲۷۱	۰.۲۹۳	۰.۳۴۳	۰.۱۰۴	۰.۱۵۷	۰.۸۳۳	C3
۰.۳۱۱	۰.۲۲۲	۰.۳۲۶	۰.۲۹۴	۰.۲۳۶	۰.۲۰۳	۰.۱۹۹	۰.۳۴۸	۰.۳۷۵	۰.۱۷۶	۰.۲۸۹	۰.۲۳۶	۰.۲۸۹	C4
۰.۳۵۱	۰.۲۳۸	۰.۳۳۳	۰.۳۴۷	۰.۳۶۸	۰.۲۲۱	۰.۲۳۹	۰.۴۰۰	۰.۱۹۰	۰.۴۴۵	۰.۳۲۴	۰.۲۶۰	۰.۳۲۴	C5
۰.۳۳۸	۰.۵۴۰	۰.۳۴۰	۰.۳۵۸	۰.۳۹۵	۰.۵۷۶	۰.۵۶۲	۰.۲۵۱	۰.۴۳۴	۰.۳۷۹	۰.۳۸۷	۰.۵۰۴	۰.۳۸۷	C6
۰.۳۱۳	۰.۲۶۶	۰.۳۰۳	۰.۲۷۴	۰.۳۷۸	۰.۴۰۰	۰.۱۲۱	۰.۳۰۵	۰.۳۳۷	۰.۳۱۷	۰.۲۶۱	۰.۱۹۳	۰.۲۶۱	C7
۰.۳۸۴	۰.۴۳۳	۰.۳۸۸	۰.۴۸۶	۰.۴۸۳	۰.۳۳۷	۰.۴۶۶	۰.۴۱۷	۰.۳۵۵	۰.۳۶۷	۰.۴۷۹	۰.۶۰۴	۰.۴۷۹	C8

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

C9	۰.۲۵۹	۰.۲۰۳	۰.۲۵۹	۰.۳۱۷	۰.۳۰۷	۰.۲۷۸	۰.۴۱۴	۰.۲۶۳	۰.۱۳۹	۰.۲۴۰	۰.۳۰۸	۰.۳۰۱	۰.۳۰۳
C10	۰.۱۱۳	۰.۱۹۰	۰.۱۱۳	۰.۲۴۶	۰.۲۱۲	۰.۱۸۸	۰.۱۵۹	۰.۱۲۰	۰.۱۸۴	۰.۱۳۵	۰.۲۷۲	۰.۲۹۵	۰.۲۷۱
C11	۰.۰۷۶	۰.۰۵۷	۰.۰۷۶	۰.۲۰۱	۰.۲۱۴	۰.۲۱۵	۰.۱۴۹	۰.۱۲۸	۰.۲۱۶	۰.۱۸۲	۰.۱۱۸	۰.۱۷۴	۰.۲۱۰
C12	۰.۳۳۶	۰.۶۳۸	۰.۳۳۶	۰.۲۹۶	۰.۳۰۷	۰.۳۲۴	۰.۳۴۷	۰.۳۹۵	۰.۳۰۸	۰.۳۶۱	۰.۳۲۹	۰.۱۹۱	۰.۳۴۱
C13	۰.۴۷۵	۰.۱۱۵	۰.۴۷۵	۰.۲۵۷	۰.۲۶۷	۰.۲۷۳	۰.۳۴۵	۰.۳۵۷	۰.۲۹۲	۰.۳۲۲	۰.۲۸۱	۰.۳۴۰	۰.۱۷۷

جدول۱۰. محدود کردن سوپر ماتریس موزون(W^*) که در توان ۷ همگرا شده است

Criteria	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
C1	۰.۱۶۴	۰.۱۶۴	۰.۱۶۴	۰.۱۶۴	۰.۱۶۴	۰.۱۶۴	۰.۱۶۴	۰.۱۶۴	۰.۱۶۴	۰.۱۶۴	۰.۱۶۴	۰.۱۶۴	۰.۱۶۴
C2	۰.۱۱۶	۰.۱۱۶	۰.۱۱۶	۰.۱۱۶	۰.۱۱۶	۰.۱۱۶	۰.۱۱۶	۰.۱۱۶	۰.۱۱۶	۰.۱۱۶	۰.۱۱۶	۰.۱۱۶	۰.۱۱۶
C3	۰.۱۵۴	۰.۱۵۴	۰.۱۵۴	۰.۱۵۴	۰.۱۵۴	۰.۱۵۴	۰.۱۵۴	۰.۱۵۴	۰.۱۵۴	۰.۱۵۴	۰.۱۵۴	۰.۱۵۴	۰.۱۵۴
C4	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸
C5	۰.۰۴۴	۰.۰۴۴	۰.۰۴۴	۰.۰۴۴	۰.۰۴۴	۰.۰۴۴	۰.۰۴۴	۰.۰۴۴	۰.۰۴۴	۰.۰۴۴	۰.۰۴۴	۰.۰۴۴	۰.۰۴۴
C6	۰.۰۶۰	۰.۰۶۰	۰.۰۶۰	۰.۰۶۰	۰.۰۶۰	۰.۰۶۰	۰.۰۶۰	۰.۰۶۰	۰.۰۶۰	۰.۰۶۰	۰.۰۶۰	۰.۰۶۰	۰.۰۶۰
C7	۰.۰۴۷	۰.۰۴۷	۰.۰۴۷	۰.۰۴۷	۰.۰۴۷	۰.۰۴۷	۰.۰۴۷	۰.۰۴۷	۰.۰۴۷	۰.۰۴۷	۰.۰۴۷	۰.۰۴۷	۰.۰۴۷
C8	۰.۰۷۱	۰.۰۷۱	۰.۰۷۱	۰.۰۷۱	۰.۰۷۱	۰.۰۷۱	۰.۰۷۱	۰.۰۷۱	۰.۰۷۱	۰.۰۷۱	۰.۰۷۱	۰.۰۷۱	۰.۰۷۱
C9	۰.۰۴۵	۰.۰۴۵	۰.۰۴۵	۰.۰۴۵	۰.۰۴۵	۰.۰۴۵	۰.۰۴۵	۰.۰۴۵	۰.۰۴۵	۰.۰۴۵	۰.۰۴۵	۰.۰۴۵	۰.۰۴۵
C10	۰.۰۴۶	۰.۰۴۶	۰.۰۴۶	۰.۰۴۶	۰.۰۴۶	۰.۰۴۶	۰.۰۴۶	۰.۰۴۶	۰.۰۴۶	۰.۰۴۶	۰.۰۴۶	۰.۰۴۶	۰.۰۴۶
C11	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵
C12	۰.۰۹۳	۰.۰۹۳	۰.۰۹۳	۰.۰۹۳	۰.۰۹۳	۰.۰۹۳	۰.۰۹۳	۰.۰۹۳	۰.۰۹۳	۰.۰۹۳	۰.۰۹۳	۰.۰۹۳	۰.۰۹۳
C13	۰.۰۸۵	۰.۰۸۵	۰.۰۸۵	۰.۰۸۵	۰.۰۸۵	۰.۰۸۵	۰.۰۸۵	۰.۰۸۵	۰.۰۸۵	۰.۰۸۵	۰.۰۸۵	۰.۰۸۵	۰.۰۸۵

اولین نتیجه کلیدی حاصل از این مطالعه میزان تعامل و شدت اثرگذاری و اثرپذیری میان عوامل کنترلی موثر بر فوران است که از روش دیمتل بدست آمده است. با توجه به این میزان می توان این عوامل از دو منظر بررسی کرد: از منظر اول میزان تعامل یک عامل با سایر عوامل است؛ در این راستا با توجه به مقادیر ارائه شده در جدول شماره ۵، عامل سیاستگذاری ($D4$) با مقدار $R+D$ برابر با ۰,۹۶۵ اهمیت و تعامل بیشتری نسبت به سایر عوامل دارد. از منظر دوم میزان شدت اثرگذاری و اثرپذیری بین عوامل است؛ عوامل تجهیزاتی ($D2$)، با مقدار $R-D$ برابر با ۰,۲۶۸ اثرگذارترین لایه‌های حفاظتی چاه در پیشگیری از رویداد فوران نسبت به سایر عوامل است. در این راستا عوامل سیاستگذاری ($D4$) و فردی($D3$) با مقادیر $R-D$ به ترتیبب ۰,۱۲۷ و ۰,۰۲۹ در رده دوم و سوم قرار دارند. از طرفی عامل عملیاتی ($D1$) با مقدار $R-D$ برابر با منفی ۰,۴۲۴اثر پذیرترین لایه حفاظتی نسبت به سه عامل سیاستگذاری، فردی و تجهیزاتی می باشد. به عبارتی عامل عملیاتی مساله اصلی و مورد توجه است که درصورت تقویت آن از طریق سایر عوامل اثرگذار نقش بسزایی در پیشگیری از رویداد فوران ایفا می‌کند. بطور مشابه درخصوص معیارها (زیرعوامل)، باتوجه به نتایج ارائه شده در جدول شماره ۴ در منظر اول معیارهای ارزیابی ریسک ($C13$)، تعمیر و نگهداری ($C5$) و مدیریت شرایط اضطراری ($C12$) بترتیب با مقدار $r+d$ برابر با ۳,۸ و ۳,۲۵ و ۳,۱۹ میزان تعامل بیشتری نسبت به سایر معیارها دارند. همچنین از منظر دوم، معیار تعمیر و نگهداری ($C5$) با مقدار $r-d$ برابر با ۱,۲۰۲ تاثیرگذارترین و زیرگروه فشار هیدرواستاتیکی ($C1$) با مقدار $r-d$ برابر با منفی۱,۷۹۳ تاثیر پذیرترین و تحت تاثیر عوامل علی هستند.

دومین نتیجه کلیدی حاصل از روش دیمتل حاکی از ارتباط متقابل بین ابعاد و معیارهای تحقیق است. در این خصوص همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود عامل تجهیزاتی ($D2$) بر عامل عملیاتی($D1$) و بر عامل فردی ($D3$) اثرگذار است و رابطه دوسویه ای بین آن و عامل

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

سیاستگذاری (*D4*) وجود دارد. همچنین عامل سیاستگذاری بر عوامل فردی و تجهیزاتی اثرگذار و عامل فردی نیز بر عامل عملیاتی تاثیر دارد. در خصوص عامل عملیاتی(*D1*)، بین معیارهای یکپارچگی و استحکام چاه (*C3*) ، فشار هیدرواستاتیکی(*C1*) و پایش چاه (*C2*) ارتباط دوسویه‌ای وجود دارد و بهبود عملکرد این عامل مستلزم تقویت هرکدام از معیارهای مذکور است. در ارتباط با عامل تجهیزاتی (*D2*)، معیار تجهیزات ایمنی(*C4*) و تعمیر و نگهداری(*C5*) بر معیار بازرسی فنی (*C6*) اثرگذارند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت با انتخاب تجهیزات ایمنی و ابزار دقیق مناسب به همراه ایجاد سیستم تعمیر و نگهداری پیشگیرانه مناسب می‌توان لایه های حفاظتی را تقویت نمود. همچنین معیار بازرسی فنی نیز معلول عوامل مذکور است، که با تقویت آن موجب بهبود عملکرد گروه اصلی در پیشگیری از رویداد فوران در این گروه می باشد. در معیارهای عامل فردی (*D3*)، معیار صلاحیت (*C9*) و ارتباطات (*C7*) علاوه بر اینکه رابطه دو سویه‌ایی بین آنها وجود دارد و همچنین بر معیار آموزش (*C8*) اثرگذارند، بنابراین می توان نتیجه گرفت جهت بهبود عمکرد معیارهای مذکور در پیشگیری از رویداد فوران می‌بایست تمرکز آموزش‌ها بیشتر در راستای صلاحیت افراد و ارتباطات در عملیات حفاری باشد. درخصوص معیارهای عامل سیاستگذاری (*D4*) ؛ معیار ممیزی (*C11*) علاوه بر ارتباط دوسویه با معیار ارزیابی ریسک (*C13*) بر معیار برنامه‌ریزی چاه (*C10*) و مدیریت شرایط اضطراری (*C12*) اثرگذار است. همچنین *C13* عامل تاثیرگذار بر *C12* و بین *C11* و *C10* و *C13* ارتباط دو سویه وجود دارد. معیار ممیزی اثرگذارترین و معیار مدیریت شرایط اضطراری اثرپذیرترین است. این نتیجه حاکی از آن است که مدیریت می تواند با تمرکز بر انجام فرآیند ممیزی و ارزیابی برنامه‌ها و برگزاری مانورهای شرایط اضطراری در پیشگیری از رویداد فوران موفق‌تر عمل نماید.

سومین نتیجه کلیدی بدست آمده از رویکرد ترکیبی *DANP* با توجه به نظرخواهی از خبرگان تحقیق، که در شکل شماره ۷ نشان داده است حاکی از آن است، بیشترین وزن موثر ابعاد و معیارها در پیشگیری از رویداد فوران مربوطه به عامل عملیاتی است، بنحوی که در این عامل معیار فشار هیدرواستاتیکی با مقدار ۱۶٪ در اولویت اول، یکپارچگی و استحکام چاه با مقدار ۱۵٪ در اولویت دوم و پایش چاه با مقدار ۱۲٪ در اولویت سوم قرار گرفت. در همین راستا در زیرمعیارهای عامل سیاستگذاری، معیار مدیریت اضطراری با مقدار ۹٪ اولویت چهارم و ارزیابی ریسک با مقدار ۹٪ اولویت پنجم را به خود اختصاص داد. در این تحقیق با توجه به میزان اثرپذیری($R-D$)بالای عامل عملیاتی بر اساس روش دیمتل (با مقدار برابر با منفی ۰,۴۲۴) و وزن موثر عامل عملیاتی نسبت به سایر عوامل کنترلی موثر بر فوران بر اساس تحلیل شبکه‌ای مبتنی بر دیمتل (با مقدار ۴۳٪) حاکی از لزوم توجه بیشتر تصمیم-گیران به عامل عملیاتی در طراحی سیستم ایمنی چاه در عملیات حفاری است. به عباراتی مدیران تصمیم گیر با درک بهتر روابط میان عوامل، میتوانند جهت مقابله با موانع موجود، تصمیم گیری دقیق تری داشته باشند.

روش *ANP* که در ترکیب با روش دیمتل در این مطالعه استفاده شد، با توجه به اینکه این روش به ساختار سلسله مراتبی نیاز ندارد یکی از بهترین ابزار برای اولویت بندی و رتبه بندی شبکه‌ای است که روابط پیچیده تر بین سطوح مختلف تصمیم را به صورت شبکه ای نشان می‌دهد و تعاملات و بازخوردهای میان ابعاد و معیارها یک مسئله را ارزیابی می کند و بر اساس آن میزان درجه اهمیت و وزن موثر ابعاد و معیار ها تعیین می‌گردد. در نتیجه رویکرد *DANP* یکی از بهترین استراتژی‌های پاسخ به ریسک است و ابزار مناسبی است که به تصمیم گیرندگان در زمینه طراحی سیستم ایمنی چاه کمک می کند تا استراتژی های موثر کاهش ریسک فوران را انتخاب کنند.

در این مطالعه برخلاف مطالعاتی که در زمینه ارزیابی ریسک لایه های حفاظتی چاه براساس مدل های تصمیم گیری چند معیاره انجام شده است []. بعلاوه بر توجه به وزن موثر لایه‌های حفاظتی چاه به عنوان ابعاد و معیارها مسئله، به تحلیل کمی روابط و شدت اثرگذاری و اثر پذیری میان ابعاد و معیارها نیز پرداخته است. به عبارتی این رویکرد دقت بیشتری در تعیین جواب بهینه و اقدامات اصلاحی جهت بهبود لایه های حفاظتی چاه ایفا می کند.

۵. نتیجه گیری

در این تحقیق، ابتدا باتوجه به مطالعه پیشین عوامل کنترلی موثر بر فوران شناسایی و انتخاب گردید و سپس با

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

استفاده از مدل ترکیبی چند معیاره با رویکرد *DANP* به رتبه بندی و تحلیل تعامل بین عوامل شناسایی شده پرداخته شد. نتایج نشان داد که عامل عملیاتی "اثرپذیرترین" عامل نسبت به سایر عوامل و بیشترین وزن موثر را در پیشگیری از رویداد فوران دارد. به عبارتی میزان موفقیت و یا عدم موفقیت در پیشگیری از رویداد فوران تا حدود زیادی تحت تاثیر این عامل است. همچنین عامل تجهیزاتی "اثرگذارترین" لایه حفاظتی است و رابطه دوسویه‌ای بین این عامل و عامل سیاستگذاری وجود دارد. از طرفی عامل سیاستگذاری دارای اهمیت و تعامل بیشتری با سایر عوامل را دارد. در این راستا مهمترین راهبرد توسط مدیران و تصمیم گیران مربوطه در امر طراحی بهتر سیستم ایمنی چاه و بهبود عملکرد لایه‌های حفاظتی آن، از طریق توجه و تمرکز بیشتر بر عامل تجهیزاتی (اثرگذار) و در نتیجه اثر هم افزایی آن بر عامل اثرپذیر عملیاتی است. در این مطالعه ۴عامل اصلی به همراه ۱۳ زیر عامل تحت عنوان عوامل کنترلی موثر بر فوران شناسایی شده است و ممکن است عوامل کنترلی موثر دیگری نیز موجود باشند که در این مطالعه به آنها اشاره نشده باشد؛ همچنین نتایج این مطالعه وابستگی بالایی به نظر خبرگان تحقیق دارد و ممکن است با تغییر در اندازه نمونه خبرگان تحقیق، تغییرات نسبتا جزیی در نتایج بدست آمده به وجود آید. جهت بررسی دقیق تر درجه اهمیت نسبی و تاثیر روابط درونی بین عوامل کنترلی موثر بر فوران در مطالعات آینده پیشنهاد می‌گردد از روش های *DANP* فازی استفاده گردد.

۶. سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت علمی و مالی مدیریت پژوهش و فناوری شرکت ملی نفت ایران که امکان این تحقیق را فراهم آورده‌اند تشکر و قدردانی می‌شود.

۷. مراجع

[1] Holand, P. (2017). Loss of Well Control Occurrence and Size Estimators, Phase I and II. *Report prepared for Bureau of Safety and Environmental Enforcement. Report# ES201471/2, Washington, DC*.

[2] Grace, R. D. (2017). *Blowout and well control handbook*. Gulf Professional Publishing.

[3] Suprihono, S. (2017). Unlocking Common Approach of Well Control Equipment for Mechanical Well Service. SPE/IATMI Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition,

[4] Skoloff, B., & Wardell, J. (2010). BP oil spill cost hits $40 billion, company returns to profit. *Huffington Post*.

[۵] قربانی, ف. (۱۳۹۵). اطفاء حریق چاه های نفت و گاز. انتشارات ترآوا.

[6] Ataallahi, E., & Shadizadeh, S. R. (2015). Fuzzy consequence modeling of blowouts in Iranian drilling operations; HSE consideration. *Safety Science*, *77*, 152-159.

[7] LI, Z., HOVAKIMYAN, N. & KAASA, G. O. 2017. *Bottom hole pressure estimation and adaptive control in managed pressure drilling system. International Journal of Adaptive Control and Signal Processing*, 31, 545-561.

[8] Abimbola, M., Khan, F., Khakzad, N., & Butt, S. (2015). Safety and risk analysis of managed pressure drilling operation using Bayesian network. *Safety Science*, *76*, 133-144.

[9] Tamim, N., Laboureur, D. M., Hasan, A. R., & Mannan, M. S. (2019). Developing leading indicators-based decision support algorithms and probabilistic models using Bayesian network to predict kicks while drilling. *Process Safety and Environmental Protection*, *121*,239-246.

[۱۰] میرزایی علی آبادی, م .,محمدفام, ا., احمدی گهر, ا. (۱۳۹۶). آنالیز ریسک فوران (Blow out) چاه‌های اکتشافی نفت و گاز در فاز عملیات حفاری با استفاده از تکنیک تحلیل پاپیونی (BTA) و شبکه بیزین.

[11] Mokhtari, S. M., Alinejad-Rokny, H., & Jalalifar, H. (2014). Selection of the best well control system by using fuzzy multiple-attribute decision-making methods. *Journal of Applied Statistics*, *41*(5), 1105-1121.

[12] Peibin, G., Baojiang, S., Gang, L., & Yong, W. (2012). Fuzzy comprehensive evaluation in well control risk assessment based on AHP: A case study. *Advances in petroleum exploration and development*, *4*(1), 13-18.

[13] Yasseri, S. (2017). Drilling Risk Identification, Filtering, Ranking and Management [Research]. *International Journal of Coastal and Offshore Engineering*, *1*(1), 17-26.

[14] Meng, H., & An, X. (2021). Dynamic risk analysis of emergency operations in deepwater blowout accidents. *Ocean Engineering*, *240*, 109928.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

[15] Zhu, J., Chen, G., Yin, Z., Khan, F., & Meng, X. (2022). An integrated methodology for dynamic risk evaluation of deepwater blowouts. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, *74*, 104647.

[16] Zoie, R. C., Alexandru, B., Mihaela, R. D., & Mihail, D. (2016, 13-15 Oct. 2016). A decision making framework for weighting and ranking criteria for Cloud provider selection. 2016 20th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC),

[17] Wu, W.-W., & Lee, Y.-T. (2007). Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert Systems with Applications*, *32*(2), 499-507.

[18] Jeng, D. J.-F., & Tzeng, G.-H. (2012). Social influence on the use of Clinical Decision Support Systems: Revisiting the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology by the fuzzy DEMATEL technique. *Computers & Industrial Engineering*, *62*(3), 819-828.

[19] Dehdasht, G., Mohamad Zin, R., Ferwati, M. S., Mohammed Abdullahi, M. a., Keyvanfar, A., & McCaffer, R. (2017). DEMATEL-ANP Risk Assessment in Oil and Gas Construction Projects. *Sustainability*, *9*(8), 1420.

[20] Mirderikvand, H., Razavian, F., Nakhaee, A., Moradi Ghiasabadi, B., & Gholamnia, R. (2022). A barrier risk-based evaluation model for drilling blowouts. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, *74*, 104624.

[21] Bourgoyne, A. (1986). Millheim KK Chenevert ME Young Jr. *Applied Drilling Engineering*, *SPE Textbook Series*, *2*.

[22] Hu, H.-Y., Lee, Y.-C., Yen, T.-M., & Tsai, C.-H. (2009). Using BPNN and DEMATEL to modify importance–performance analysis model – A study of the computer industry. *Expert Systems with Applications*, *36*(6), 9969-9979.

[23] Lam, K., & Zhao, X. (1998). An application of quality function deployment to improve the quality of teaching. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *15*(4), 389-413.

Archive of SID.ir