بكارگيري رويكرد تصميم گيري چند معياره فازي براي انتخاب روش آناليز ريسك در صنايع فرآيندي

مهدی آق داغی* [۱] و وحید ابراهیمی پور [۲]

[۱] دانش‌آموخته گروه مهندسی صنایع- پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

[۲] استادیار گروه مهندسی صنایع- پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۸۸/۱۰/۲ ، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۹/۲/۲۹ ، تاریخ تصویب ۸۹/۷/۱۹)

چكيده

روشهاي بسياري جهت انجام آناليز ريسک در صنايع فرآيندي وجود دارد و تلاش‌هايي نيز جهت مقايسه اين روش‌ها با يكديگر صورت گرفته است. اما متفاوت بودن مشخصات و عملكرد هر يک از اين روشها، فرايند تصميم گيري براي انتخاب روش مناسب را با دشواريهايي مواجه كرده است. اين مقاله با بكارگيري يک مدل تصميم گيري چند معياره فازي، به بهبود فرايند تصميم گيري در مساله انتخاب روش آناليز ريسک در صنايع فرايندي مي پردازد. ايجاد مدل تصميم گيري در محيط فازي اين امكان را براي تصميم گيرندگان فراهم مي آورد تا بتوانند با سهولت بيشتري در خصوص ارزيابي گزينه ها و تعيين اهميت معيارهاي تصميم گيري اظهار نظر نمايند. مقاله از روش تصميم گيري TOPSIS[۱] فازي جهت مدل كردن مساله انتخاب روش آناليز ريسک در صنايع فرايندي استفاده نموده و براي ارزيابي نتايج حاصل از مدل پيشنهادي، يک نمونه مساله در دنياي واقعي را حل و نتايج آن ارايه مي كند.

واژه‌هاي كليدي: چند معياره، TOPSIS، فازي، آناليز ريسک، صنايع فرايندي

مقدمه

همزمان با توسعه صنايع و رشد تكنولوژي، خطراتي كه ايمني، بهداشت و محيط زيست را تهديد مي‌كند، به‌طور چشمگيري افزايش يافته است. اين موضوع سبب گرديده كه توجه و به‌كارگيري مباحث مربوط به آناليز ريسک در صنايع از اهميت زيادي برخوردار گردد. از روش‌هاي آناليز ريسك جهت پيشگيري و حفاظت در برابر ريسك‌ها و جلوگيري از رخداد خطرت استفاده مي‌نمايند. انجام يك آناليز ريسك مناسب، ذينفعان صنايع را قادر مي‌سازد كه منابع بالقوه خطر را ارزيابي كرده و به اين‌ترتيب از بروز حوادث و اثر آن‌ها بر روي انسان، محيط زيست و تجهيزات پيشگيري نمايند.

در ميان صنايع مختلف، صنايع فرآيندي با توجه به ماهيت خطرناك مواد و عملياتهاي آن همواره جزو صنايع پرخطر محسوب مي‌شوند. با توجه به خسارات و تلفات شديدي كه حوادث در اين صنايع به همراه دارد، در تمام مراحل عمر سيستم، از طراحي واحد تا براندازي آن، توجه بسياري به بخش مطالعات ايمني مي شود. امروزه براي آناليز خطرات و مديريت ايمني هريك از زير سيستم‌هاي واحدهاي فرآيندي، روش‌هاي آناليز ريسك متعددي ايجاد شده كه بر جنبه‌هاي مختلف سازماني و فني تمركز دارند. هر يک از اين روشها داراي مشخصات متفاوتي هستند كه با بهره‌گيري از منابع و ابزارهاي مختلفي به انجام آناليز صنايع فرآيندي مي‌پردازند. در دهه هاي اخير به‌منظور معرفي و مقايسه اين روش‌ها تلاش‌هايي صورت پذيرفته است. جي. تكسير و همكارانش[۱]، در مطالعه خود به معرفي ۶۲ روش آناليز ريسك پرداخته و اين روش‌ها را بر اساس ورودي‌هاي مورد نيازشان و همچنين خروجي‌هايي كه توليد مي‌كنند، با يكديگر مقايسه نموده‌اند. در مطالعه ديگر، لابراتوري ايمني و بهداشت انگلستان [۲] [۹] منبعي را با موضوع بررسي ۴۰ روش شناسايي ريسك منتشر كرده، كه روش‌ها را از جهات مختلف فني با يكديگر مقايسه كرده است.

هريک از اين روش‌هاي موجود براي آناليز ريسک در صنايع فرايندي، داراي خصوصيات متفاوتي مي باشند. يكي از بارزترين وجه تمايز اين روش‌ها، همان‌طور كه در مرجع [۱] هم به آن اشاره شده، متفاوت بودن ورودي‌ها مورد نياز براي به‌كارگيري روش و در مقابل خروجي‌هاي متفاوت حاصل از به‌كارگيري روش است. در كنار اين دو

* نويسنده مسئول : تلفن : ۸۸۰۲۱۰۶۷ , فاكس : ۸۸۰۱۳۱۰۲ ، Email: vebrahimi@ut.ac.ir

خصوصيت، مشخصات مهم ديگري نيز موجب تفاوت عملكرد اين روش‌ها مي‌گردد. به عنوان مثال، كارايي آن‌ها در استفاده از منابعي نظير هزينه، زمان و نيروي انساني متخصص حايز اهميت است. زماني كه مساله آناليز ريسک در كاربرد مطرح مي‌گردد، كارشناسان با در نظر گرفتن شرايط حاكم بر كار به دنبال انتخاب مناسب‌ترين روش جهت آناليز ريسک مي‌باشند. تصميم‌گيري درست در انتخاب و به‌كارگيري روش آناليز ريسک، تاثير بسزايي در اجراي موثر آن دارد. تعدد روش‌هاي آناليز ريسک و تفاوت عملكرد آن‌ها در صنايع فرايندي، به اهميت استفاده از مدل‌هاي تصميم‌گيري جهت ارزيابي و انتخاب روش‌هاي آناليز ريسک در اين صنايع مي افزايد. در ميان مطالعات مرتبط انجام شده، سيده نجمه واعظ و همكاران در[۱۰] مدلي كمي با پارامترهاي قطعي و با به‌كارگيري روش مجموعه ساده وزين براي مساله انتخاب روش آناليز ريسک در صنايع فرايندي ارايه كرده‌اند.

در بين روشها و مدلهاي تصميم گيري، رويكردهاي چند معياره در فرايند هاي ارزيابي و مديريت ريسک بسيار پر كاربرد است. لينوو و همكاران (۲۰۰۶) در مرجع [۳] به استفاده از روشهاي تصميم گيري چند معياره[۳] (MCDM) براي ارزيابي ريسكهاي محيطي در پروژه ها پرداخته اند. بريتو و المديا (۲۰۰۹) در [۴] ارزيابي چند معياره ريسک براي خطوط انتقال گاز طبيعي ارايه كرده‌اند. در اين روشها براي بكارگيري روشهاي كمي تصميم گيري، به اطلاعات دقيق و معيني جهت ايجاد و حل مدل مساله نياز است. اين در حالي است كه در عمل به دلايل مختلفي نظير عدم وجود سوابق پروژه هاي مشابه و يا جديد بودن روشها، تصميم گيرندگان معمولا به چنين اطلاعاتي دسترسي ندارند. لذا قضاوت در مورد اين خصوصيات معمولا بر اساس تجربه فرد متخصص صورت مي پذيرد. افراد خبره بيشتر تمايل دارند كه قضاوت خود را بصورت نسبي و با گزاره هاي بياني مطرح كنند، تا اينكه در مورد آنها به صورت كمي و قطعي اظهار نظر نمايند. اين موضوع سبب مي شود كه بكارگيري تئوري مجموعه هاي فازي در مدل كردن مساله، بر قابليتهاي آن در پوشش شرايط دنياي واقعي بيفزايد. استفاده از مفاهيم مجموعه‌هاي فازي در مسايل آناليز ريسک اخير مورد توجه قرار مطالعات گرفته است كه در مراجع [۸-۵] مي توان نمونه‌هايي از آنها را ديد.

در همين راستا و به منظور ارايه مدلي مناسب براي مساله انتخاب روش آناليز ريسک در صنايع فرايندي، در اين مقاله از روش TOPSIS فازي براي مدل كردن مساله استفاده شده است. روش TOPSIS ريسک كمتري را متوجه تصميم گيرنده مي كند و استفاده از مفاهيم تئوري مجموعه هاي فازي در آن باعث مي شود كه كليه قضاوتهاي تصميم گيرنده با متغيرهاي بياني صورت گيرد. در روش TOPSIS دو گزينه بعنوان ايده ال مثبت و ايده آل منفي تعريف مي شوند. سپس فاصله گزينه ها با اين دو جواب محاسبه شده، گزينه اي كه كمترين فاصله از ايده آل مثبت و بيشترين فاصله از ايده آل منفي را داشته باشد به عنوان گزينه گزينه برتر انتخاب مي شود [۲].

در ادامه مقاله، در بخش دوم به تشريح فرايند تصميم-گيري و مراحل آن در مساله انتخاب روش‌هاي آناليز ريسك در صنايع فرايندي پرداخته خواهد شد. در بخش سوم مقاله، قدمهاي تصميم گيري در روش TOPSISتوضيح داده شده و بر اساس آن نحوه ساخت مدل تصميم گيري براي مساله ارايه شده است. بخش چهارم مقاله به حل مدل با استفاده از يكسري داده هاي آزمايشي در دنياي واقعي مي پردازد. در اين بخش بر اساس گزينه هاي موجود براي آناليز ريسک در يک پروژه واقعي، مدل حل و نتايج آن استخراج شده است. در نهايت در بخش پنجم مقاله نتيجه گيري و پيشنهادها آورده شده است.

۱- فرايند تصميم گيري

روشهاي انجام آناليز ريسک در صنايع فرايندي به عنوان گزينه هاي تصميم گيري در مساله انتخاب روش آناليز ريسک مطرح مي‌گردند. هدف تصميم گيرنده انتخاب روشي است كه جوابگوي نيازها و محدوديتهاي موضوع مورد مطالعه باشد. لذا بايستي تصميم گيرنده خصوصيات اين روشها را مورد مقايسه قرار داده و بهترين گزينه را انتخاب نمايد. با توجه به اينكه در اين مساله گزينه هاي تصميم گيري نا محدود نيست و تصميم گيرنده با چندين معيار تصميم گيري مواجه است، استفاده از مدلهاي تصميم گيري چند معياره براي يافتن گزينه برتر مي تواند مفيد باشد. در عمل از ميان تعداد زياد روشهاي تصميم گيري، تنها چند روش بعنوان گزينه هاي تصميم گيري مطرح مي شوند. چرا كه ساير گزينه ها با

انجام یکسري ارزیابي‌هاي مقدماتي از فرایند تصمیم گیري حذف مي شوند. به این ترتیب مساله انتخاب روش آنالیز ریسک در صنایع فرایندي را مي توان طي دو مرحله به شرح زیر پیش برد.

مرحله ۱: ارزیابي مقدماتي

در مرحله اول ابتدا لیست همه روشهاي آنالیز ریسک تهیه شده، سپس ارزیابي اولیه روي روشها صورت مي گیرد. طي این ارزیابي اولیه، گزینه هایي که حداقل شرایط براي بکارگیري موضوع مورد آنالیز را ندارند، از فهرست روشها حذف مي گردد. خروجي مرحله ارزیابي اولیه در مرحله بعدي، به عنوان گزینه هاي مدل تصمیم گیري چند معیاره مورد استفاده قرار خواهند گرفت. جهت انجام ارزیابي مقدماتي در این مرحله به یکسري داده و اطلاعات در خصوص پروژه به شرح زیر نیاز است:

- تعیین لیست گزینه ها
- تعیین سیستم و زیر سیستم مورد مطالعه
- مشخص کردن هدف سازمان از انجام آنالیز ریسک
- مشخص کردن ورودي‌هاي موجود در سازمان/پروژه
- خروجي‌هاي مورد انتظار از آنالیز ریسك
- بررسي ابعاد زیر سیستم مورد مطالعه
- تعیین منابع مورد نیاز جهت انجام آنالیز ریسك و اهمیت آن‌ها

در خصوص هدف سازمان از انجام آنالیز ریسک بایستي مشخص گردد که آنالیز ریسک براي مطالعات جدید، مطالعات مجدد یا مطالعات بر اساس نیازمندي‌هاي خاص انجام مي‌شود. همچنین در مورد ابعاد زیر سیستم مواردي پیچیدگي، اندازه واحد، نوع عملیات، فاز پروژه، نوع فرآیند، طبیعت خطر، شرایط، حادثه یا رویداد مد نظر مشخص مي گردد. با تعیین این اطلاعات و استفاده از آنها در ارزیابي اولیه روشهاي آنالیز ریسک، تعداد عمده اي از این روشها توسط افراد خبره از فهرست گزینه ها حذف مي شوند.

مرحله ۲: ارزیابي با مدل تصمیم گیري

پس از انجام ارزیابي اولیه، خروجي حاصل از آن در این مرحله به عنوان گزینه هاي تصمیم گیري مورد استفاده قرار مي گیرند. در خصوص مقایسه گزینه هاي تصمیم گیري در این مرحله، فرد خبره با قاطعیت نمي تواند اظهار نظر کند. لذا در این قسمت، نیاز به ارزیابي و مقایسه دقیق تر روشهاي آنالیز ریسک است. یک فرایند تصمیم گیري چند معیاره به صورت کلي گامهاي زیر را شامل مي گردد:

گام ۱: تهیه لیست گزینه ها ممکن براي دستیابي به اهداف

گام ۲: تعیین معیارهاي تصمیم گیري

گام ۳: ارزیابي گزینه ها بر مبناي معیارهاي تصمیم گیري

گام ٤: انجام محاسبات بر اساس یک روش تصمیم گیري چند معیاره و یافتن گزینه برتر

گام اول این فرایند در ارزیابي مقدماتي روشهاي آنالیز ریسک انجام و لیست گزینه ها تهیه گردید. در مرحله دوم تصمیم گیري گامهاي ۲ تا ۴ بایستي اجرا شود. در گام دوم فرایند معیارهاي تصمیم گیري باید تعیین گردد. براي تعیین معیارهاي تصمیم گیري، بایستي خصوصیات مهم روشها مورد توجه قرار گیرد. روشهاي مختلف آنالیز ریسک، داراي خصوصیتهاي متفاوتي هستند که مي تواند بر فرایند تصمیم گیري انتخاب آنها تاثیر گذار باشد. مهمترین مشخصه هاي تاثیرگذار در تصمیم گیري انتخاب روش، در دسترس بودن داده‌هاي مورد نیاز، برآورده شدن خروجي‌هاي مورد انتظار، هزینه، زمان، و وجود نیروي انساني متخصص براي بکارگیري روش است.

داده‌هاي ورودي براي آنالیز ریسك در دو شکل داده‌هاي فني (مانند مشخصه‌ها و خصوصیات فرآیند) و داده‌هاي کیفي (قوانین، دستورالعمل‌ها و الزامات) وجود دارند. در منابع مختلف دسته بندي هاي تقریبا همانندي براي این داده‌ها ارایه کرده اند. میزان دسترسي به این داده ها یکي از ملاکهاي اصلي در انتخاب روش آنالیز ریسک است. در منبع [۱] ورودي مورد نیاز براي انجام آنالیز ریسك را در ۷ گروه عمده به شرح زیر طبقه بندي کرده است:

- نقشه‌ها و دیاگرام‌ها: نقشه‌هاي چیدمان سایت، تاسیسات، انبار، واحدها، دیاگرام‌هاي جریان فرآیند، شبکه سیالات، کنترلرهاي ایمني و غیره.
- فرآیند و واکنش‌ها: شرح عملیات، شرح وظایف، مشخصه‌هاي فیزیکي و شیمیایي فرآیند، پارامترهاي سینتیك و کالریمتریك، شرایط نرمال عملیات،

مشخصات و ويژگي‌هاي تجهيزات، شرايط عملياتي و غيره.

- مواد و محصولات: نوع محصولات، مشخصه‌هاي فيزيكي و شيميايي، داده‌هاي كمي و داده‌هاي سم شناسي ام.اس.دي.اس مواد و غيره.
- احتمال وقوع و فركانس: نوع و حالت شكست، شدت و احتمال شكست خطر بالقوه، خطاهاي انساني، آغازگرهاي حادثه و احتمال شكست آن‌ها، نرخ شكست، ميزان و احتمال تماس با افراد و محيط و غيره.
- سياست‌ها، روشهاي اجرايي و مديريتي: برنامه تعمير و نگهداري و يكپارچگي سرمايه، سازماندهي، خط مشي ايمني، بهداشت و محيط زيست، الزامات سيستم مديريت ايمني، بهداشت و محيط زيست، برنامه مديريت حمل و نقل، هزينه تجهزات و غيره.
- محيط: محوطه سايت، اطلاعات تويوگرافي، تراكم جمعيت.
- مستندات و داده‌هاي تاريخي: استانداردها، قوانين، روش اجرايي‌ها و دستورالعمل‌ها و داده هاي جمع آوري شده از سال‌هاي قبل و غيره.

خروجي هاي حاصل از انجام آناليز ريسك نيز مي-توانند كيفي باشند، مانند پيشنهادات و توصيه ها، و يا كمي باشند مانند ليست سطح ريسك. خروجي‌هاي روش‌ها مطابق آنچه در منبع [۱] توضيح داده شده است، به ٤ گروه عمده تقسيم مي شوند:

- پيشنهادات مديريتي كه شامل اقدامات اصلاحي يا پيشگيرانه، پيشنهادات فني و ايمني، تغييرات يا روش‌هاي اجرايي مي‌شود.
- ليست‌ها كه شامل ليست خطاها، خطرات، اثرات دومينويي، علل و پيامدها، انواع شكست‌ها و صدمات، حالت‌هاي شكست، فعاليت‌هاي بحراني، آغازگرهاي حادثه، مكان‌هاي آسيب پذير و ليست سناريوي حوادث بزرگ مي‌شود.
- ارائه نتايج بصورت احتمال، نرخ شكست، قابليت اطمينان، سناريوي احتمال صدمه و آسيب، فركانس حادثه.
- اولويت بندي كه شامل انديس يا سطح ريسك، شدت/ سطح بحران، انديس آتش و انفجار، انديس نشت مواد سمي، انديس ريسك سازماني و دسته بندي انواع ريسك‌ها است.

زمان مورد نياز براي انتخاب روش آناليز ريسک از دو حيث مي تواند تعبير و مورد استفاده قرار گيرد. مفهوم اول مدت زمان مورد نياز براي اجراي كامل روش و يا به عبارتي وقت گير بودن يا نبودن روش است. مفهموم دوم و در عين حال مهم ديگر زمان استفاده از روش يا به عبارتي مرحله اي كه پروژه در آن قرار دارد است. به عنوان مثال استفاده از روشي كه مناسب فاز طراحي است در فاز اجرا ممكن نيست. از آنجايي كه روشهاي غير قابل استفاده در مرحله ۱ تصميم گيري حذف شده اند، مفهوم زمان در اين مرحله، همان مدت زمان مورد نياز اجراي آناليز است. موضوع ديگري كه همواره براي مديران در انتخاب روش، قابل توجه است، مسئله هزينه اجراي روش آناليز ريسك است. در بسياري موارد هزينه روش متناسب با زمان اجراي آن است. همچنين امكان تامين و تخصيص نيروي انساني متخصص براي اجراي روش حايز اهميت است. در صورتي كه نيروي متخصص مورد نياز روش قابل تامين نباشد، كليه اهداف بكارگيري روش تحت شعاع قرار مي گيرد.

۲- ايجاد مدل تصميم گيري

مروري بر روش **TOPSIS**

در اين بخش بر اساس روش TOSIS فازي مدل تصميم گيري چند معياره جهت انتخاب بهترين روش آناليز تصميم گيري ارايه مي شود. در روش TOSIS دو گزينه بعنوان ايده آل مطرح مي گردد. ايده‌آل مثبت گزينه‌اي است كه در همه معيارهاي تصميم گيري بهترين وضعيت را دارد. در مقابل ايده آل منفي گزينه اي است كه در همه معيارهاي تصميم گيري بدترين وضعيت را دارد. پس از بدست آوردن ايده‌آل‌هاي مثبت و منفي، فاصله هريک ازگزينه هاي موجود با آن دو محاسبه مي شود. در نهايت شاخصي محاسبه مي شود كه به دنبال كمترين فاصله از ايده‌آل مثبت و بيشترين فاصله از ايده‌آل منفي است. اين شاخص براي گزينه ها محاسبه شده و گزينه‌اي كه بيشترين مقدار در اين شاخص را داشته باشد، به عنوان گزينه گزينه برتر انتخاب مي شود. در ادامه اين قسمت، ابتدا مروري بر مراحل الگوريتم TOPSIS شده سپس با

بهره گيري از تعاريف ارايه شده، مدل تصميم گيري TOPSIS فازي براي مساله تشريح خواهد شد.
الگوريتم TOPSIS را مي توان طي قدمهاي زير براي يک مساله تصميم گيري چند معياره بکار برد:

قدم ۱: ايجاد مجموعه گزينه هاي قابل قبول و تعيين معيارهاي تصميم گيري

اگر مجموعه $A = \{a_1, a_2, ..., a_n\}$ نمايش دهنده مجموعه گزينه هاي تصميم گيري مساله باشد، در مساله انتخاب روش آناليز ريسک در صنايع فرايندي، مجموعه A شامل روشهاي آناليز ريسک پس از انجام مرحله اول ارزيابي است. از D_i براي نشان دادن i امين معيار تصميم گيري استفاده شده است. در مساله انتخاب روش آناليز ريسک عوامل مهم تاثيرگذار بر انتخاب نظير قابليت بررسي خطرات زير سيستم، هزينه بکارگيري روش، مدت زمان مورد نياز، ميزان قابل دسترس بودن داده‌ها و اطلاعات مورد نياز روش، ميزان توانمندي روش در تامين خروجي مورد نياز و همچنين امکان برآوردن نيروي متخصص براي اجراي بعنوان معيارهاي تصميم گيري D_i استفاده مي شوند.

قدم ۲: ايجاد ماتريس تصميم گيري

ماتريس تصميم گيري $F_{n\times m}$ که در آن n تعداد گزينه هاي مساله و m تعداد معيارهاي تصميم گيري است به شرح زير ساخته مي شود:

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2n} \\ \cdots & \cdots & & \cdots \\ f_{m1} & f_{m2} & \cdots & f_{mn} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

که در آن f_{ij} عدد اختصاص يافته به گزينه j ام زماني که با در نظر گرفتن معيار i مورد ارزيابي قرار گرفته است.

قدم ۳: نرماليزه کردن ماتريس تصميم

هدف از نرماليزه کردن ماتريس تصميم گيري، بي مقياس سازي آن است. معيارهاي تصميم‌گيري از يک جنس نيستند با نرماليزه کردن ماتريس تصميم‌گيري امکان مقايسه نتايج ارزيابي‌هاي معيارهاي متفاوت فراهم مي شود. ماتريس R نرمال شده ماتريس F که عناصر آن r_{ij} به طريق زير محاسبه مي شوند:

$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} f_{ij}^2}} \quad (۲)$$

قدم ۴: وزن دهي به ماتريس تصميم نرمال شده

اگر اهميت نسبي معيار تصميم گيري i توسط w_i نشان داده شود، ماتريس وزن دهي شده تصميم گيري $V = [v_{ij}]_{m\times n}$ به شکل زير ساخته مي شود:

$$v_{ij} = w_i = \times r_{ij} \quad (۳)$$

قدم ۵: تعيين ايده آل مثبت و ايده آل منفي

گزينه هاي ايده آل مثبت و ايده ال منفي به طريق زير بدست مي آيند:

$$V^+ = \{v_1^+, ..., v_n^+\} = \{(\max v_{ij} \mid j \in J), (\min v_{ij} \mid j \in J')\} \quad (۴)$$

$$V^- = \{v_1^-, ..., v_n^-\} = \{(\min v_{ij} \mid j \in J), (\max v_{ij} \mid j \in J')\} \quad (۵)$$

که در آن V^+ گزينه ايده آل مثبت و V^- گزينه ايده آل منفي است. همچنين J مجموعه انديسهاي مربوط به معيارهاي مثبت و J' مجموعه انديسهاي مربوط به معيارهاي منفي است. به عبارت ديگر:

$$J = \{j = 1,2,...,n \mid j \text{ associated with benefit criteria}\}$$

$$J' = \{j = 1,2,...,n \mid j \text{ associated with cost criteria}\}$$

قدم ۶: محاسبه شاخص فاصله نسبي

براي بدست آوردن شاخص فاصله نسبي گزينه ها از ايده آل هاي مثبت و منفي بايد فاصله هر گزينه را از آنها بدست آورد. در دو رابطه زير s_i^+ فاصله گزينه i از جواب ايده آل مثبت و s_i^- فاصله گزينه i از ايده آل منفي است.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (۶)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (۷)$$

شاخص فاصله نسبي گزينه i که مبناي ارزيابي و انتخاب گزينه برتر است طبق رابطه (۸) محاسبه مي گردد. در اين رابطه $\overline{C}_i$ عددي بين صف و يک است. گزينه با بيشترين مقدار $\overline{C}_i$ به عنوان گزينه برتر انتخاب مي شود.

$$\overline{C}_i = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^+} \quad (۸)$$

روش **TOPSIS** فازي

اشكال عمده روش معمول براي الگوريتم TOPSIS در قدم ۲ آن اتفاق مي افتد، زماني كه قرار است در خصوص ارزيابي گزينه ها بر اساس هر يک از معيارها تصميم گيري شود. در مدل TOPSIS بايد تصميم گيرنده با داده هاي كمي در خصوص گزينه ها قضاوت كند و يا اينكه داده هاي وصفي را به كمي تبديل كند. در مسايلي نظير مساله انتخاب روشهاي آناليز ريسک در صنايع فرايندي، كه قضاوت افراد بيشتر مبتني بر تجربه آنها ست و نه اطلاعات و ارقام، استفاده از متغيرهاي بياني به انجام بهتر ارزيابي كمک مي كند. به عبارتي، قضاوت كمي با اعداد رياضي در مواردي كه تصميم گيرنده براي قضاوت با ابهامات و شبهاتي مواجه مي شود، بسيار مشكل است. اين در حالي است كه تصميم گيرنده در مدل فازي به راحتي مي تواند با متغيرهاي بياني ارزيابي گزينه ها را انجام دهد. در مواردي كه مي‌توان چندين مقدار براي هر پارامتر در نظر گرفت، به طوري كه هر مقدار داراي يک ميزان لياقت براي آنكه پارامتر مقدار مربوطه را اخذ كند، مي‌توان يک مجموعه زوج‌هاي مرتب تعريف كرد كه عناصر اول زوج‌هاي مرتب بيانگر مقادير ممكن براي كميت مربوطه بوده و عناصر دوم زوج‌هاي مرتب نشانگر ميزان لياقت مقادير مربوطه مي‌باشند. اين مقادير لياقت عدادي بين صفر و يک هستند. به عبارت ديگر مي‌توان گفت مجموعه فازي از تعدادي زوج مرتب هايي تشكيل شده است كه جزو اول "عضو" را نشان مي‌دهد و جزو دوم "ميزان عضويت" آن عضو به مجموعه مورد نظر را مي‌رساند. به اين نوع مجموعه‌ها، اصطلاحا مجموعه‌هاي فازي گفته مي شود. براي استفاده از مفاهيم مجموعه هاي فازي درمدل تصميم گيري در ابتدا تعاريف مربوطه بايستي ارايه گردد.

تعريف۱- فرض كنيد X يک مجموعه مرجع دلخواه باشد. مجموعه $\tilde{A}$ كه به صورت معادله (۹) تعريف مي‌شود را يک مجموعه فازيمي‌نامند:

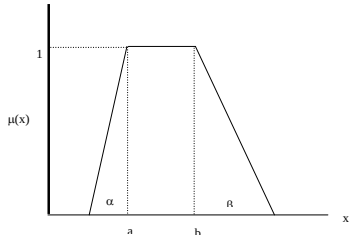
$$\tilde{A} = \{(x, \mu(x)) / x \in X, \mu(x) \in [0,1]\} \qquad (۹)$$

در آن μ تابع عضويت است كه هر $x \in X$ را به يک مقدار در بازه $[0,1]$ تصوير مي‌كند. $\mu(x)$ را درجه عضويت x در مجموعه $\tilde{A}$ مي نامند. بسته به اينكه X پيوسته ياگسسته باشد، $\tilde{A}$ نيز پيوسته يا گسسته خواهد بود.

تعريف۲- عدد فازي $A(a_1, a_2, a_3, a_4)$ يک مجموعه فازي پيوسته $\tilde{A}$ ذوزنقه اي است اگر تابع عضويت آن به صورت زير مي‌باشد:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x \le a_1 \\ -((a_2 - x)/(a_2 - a_1)) + 1 & a_1 \le x \le a_2 \\ 1 & a_2 \le x \le a_3 \\ -((x - a_3)/(a_4 - a_3)) + 1 & a_3 \le x \le a_4 \\ 0 & x \ge a_4 \end{cases} \qquad (۱۰)$$

شكل تابع عضويت عدد فازي ذوزنقه اي را به صورت زير است.



تعريف۳- براي دو عدد فازي ذوزنقه اي $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ و $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3, b_4)$ كه داراي مجموعه‌هاي مرجع مثبت يكسان هستند، اعمال اصلي جمع، تفريق و ضرب به ترتيب به صورت (۱۱)، (۱۲) و(۱۳) مي‌باشد.

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4) \qquad (۱۱)$$

$$\tilde{A} - \tilde{B} = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3, a_4 - b_4) \qquad (۱۲)$$

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3, a_4 b_4) \qquad (۱۳)$$

تعريف ۴: براي دو عدد فازي ذوزنقه اي $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ و $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3, b_4)$ فاصله سر به سر آنها به طريقي كه در معادله (۱۴) آمده، محاسبه مي شود:

(۱۴)

$$D(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{4}\left[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2 + (a_4 - b_4)^2\right]}$$

تعریف ۵: ماتریس تصمیم گیري نرمال شده فازي براي بر اساس معیارها به طریق زیر تعریف مي گردد:

$$\tilde{V}=[\tilde{v}_{ij}]_{n\times m}\ i=1,2,...,n,\ j=1,2,..m \qquad (۱۵)$$

که درآن $\tilde{v}_{ij}=\tilde{x}_{ij}\times\tilde{w}_i$ و همچنین $\tilde{x}_{ij}$ که $\tilde{X}=\{\tilde{x}_{ij},i=1,...n,\ j=1,...,m\}$ نتیجه ارزیابي گزینه j ام با مبنا قراردان معیار i ام است. در صورتي که در مساله تعداد K تصمیم گیرنده حضور داشته باشند، وزن معیارها و رتبه بندي گزینه ها با توجه به میانگین فازي نظرات از طریق روابط زیر به محاسبه مي‌شود:

$$\tilde{x}_{ij}=\frac{1}{K}\left[\tilde{x}_{ij}^{1}\oplus\tilde{x}_{ij}^{2}\oplus\cdots\oplus\tilde{x}_{ij}^{K}\right] \qquad (۱۶)$$

$$\tilde{w}_{j}=\frac{1}{K}\left[\tilde{w}_{j}^{1}\oplus\tilde{w}_{j}^{2}\oplus\cdots\oplus\tilde{w}_{j}^{K}\right] \qquad (۱۷)$$

مدل تصمیم‌گیري چند معیاره براي مساله

با توجه به مطالب پیشین قدم اولین براي ایجاد مدل تصمیم گیري تعیین مجموعه گزینه ها و تعیین معیارهاي تصمیم گیري است. گزینه هاي مساله شامل تمامي روشهاي آنالیز ریسک در صنایع فرایندي مي گردد که با انجام ارزیابي مقدماتي تعداد آنها محدود مي شود. در صورتي که این ارزیابي انجام نپذیرد، مجموعه گزینه ها شامل ۶۲ روشي است که در مرجع [۱] ذکر شده اند. معیارهاي تصمیم گیري مساله نیز عبارتند از:

۱) در دسترس بودن ورودي‌ها (D_1)
۲) برآورده شدن خروجي ها (D_2)
۳) زمان (D_3)
۴) هزینه (D_4)
۵) نیروي انساني متخصص (D_5)

براي تعیین اهمیت نسبي شاخصهاي تصمیم گیري نیز از متغیرهاي زباني استفاده مي شود. این متغیرهاي زباني اهمیت شاخصها را با مقادیر بي اهمیت، خیلي کم اهمیت، کم اهمیت، متوسط، نسبتا مهم، مهم، خیلي مهم اندازه گیري مي کنند. سپس با استفاده از اعداد ذوزنقه اي متناظر، محاسبات مربوط به اهمیت نسبي شاخصها انجام مي گردد. علامت اختصاري و اعداد ذوزنقه اي نظیر هریک از این متغیرهاي بیاني در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱: اهمیت معیارهای تصمیم گیری.

متغیرهای بیانی	علامت اختصاری	عدد ذوزنقه ای معادل
بی اهمیت	VL	(0, 0, 1, 2)
خیلی کم اهمیت	L	(1, 2, 2, 3)
کم اهمیت	ML	(2, 3, 4, 5)
متوسط	M	(4, 5, 5, 6)
نسبتا مهم	MH	(5, 6, 7, 8)
مهم	H	(7, 8, 8, 9)
خیلی مهم	VH	(8, 9, 10, 10)

همچنین هر یک از معیارهاي تصمیم گیري مقادیري مي پذیرند که تصمیم گیرنده آنها را با عبارات بیاني مطرح مي کند. این متغیرهاي و عدد فازي متناظر آنها در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲: مقادیر فازی مربوط به معیارهای تصمیم گیری.

عدد ذوزنقه ای	علامت اختصاری	متغیرهای بیانی معادل در معیارهای تصمیم گیری				
		D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
(0, 0, 1, 2)	U	هیچ	هیچ	خیلی زیاد	خیلی زیاد	هیچ
(1, 2, 2, 3)	LI	خیلی کم	خیلی کم	زیاد	زیاد	خیلی کم
(2, 3, 4, 5)	FLI	کم	کم	بیش از حد متوسط	بیشتر از حد معمول	کم
(4, 5, 5, 6)	N	متوسط	متوسط	در حد متوسط	در حد متوسط	متوسط
(5, 6, 7, 8)	FI	زیاد	زیاد	کمتر از حد متوسط	کمتر از حد متوسط	زیاد
(7, 8, 8, 9)	I	خیلی زیاد	خیلی زیاد	کم	کم	خیلی زیاد
(8, 9, 10, 10)	VI	کامل	کامل	خیلی کم	خیلی کم	کامل

با مقدار دهي به گزينه ها با مقادير فازي جدول فوق، از طريق رابطه (۱۵) ماتريس تصميم گيري ساخته مي شود. گزينه ايده ال مثبت گزينه اي است كه داده هاي مورد نياز آن بطور كامل وجود دارند، تمامي خروجيهاي مورد انتظار را در زمان بسيار كم و با هزينه بسيار كم تامين كرده و تمامي نيروي انساني متخصص مورد نياز براي اجراي آن قابل تامين است. در مقابل گزينه ايده آل منفي گزينه اي است كه كه هيچ يک از داده هاي مورد نياز آن وجود ندارد، قادر به تامين هيچ يک از خروجيهاي مورد انتظار نيست، بسيار زياد هزينه بر و زمانبر است و نيروي انساني متخصص آن وجود ندارد. بر اساس مقادير اعداد زوذنقه اي جدول ۲ گزينه هاي ايده آل مثبت و منفي به شكل زير خواهند بود:

$$V^{+} = \{(8,9,10,10),(8,9,10,10),(0,0,1,2),(0,0,1,2),(8,9,10,10)\}$$

$$V^{-} = \{(0,0,1,2),(0,0,1,2),(8,9,10,10),(8,9,10,10),(0,0,1,2)\}$$

فاصله ير يک از گزينه هاي موجود با اين دو گزينه از طريق رابطه (۱۴) محاسبه مي شود. سپس با محاسبه شاخص فاصله نسبي گزينه برتر بدست مي آيد.

حل آزمايشي مدل

جهت حل آزمايشي مدل و ارزيابي عملكرد آن در دنياي واقعي، بخشي از عمليات مهندسي ايمني دريكي از پروژه هاي صنايع نفتي ايران به عنوان مورد مطالعاتي انتخاب شده است. اين پروژه شامل عمليات مهندسي براي احداث يک واحد پالايشگاهي جديد (Unit309) و ارتقاء يک واحد موجود (Unit 209) است. مدت زمان كل فعاليتهاي مهندسي براي اين دو واحد پالايشگاهي ۱۴ ماه در نظر گرفته شده است و مدت زمان فعاليتهاي مهندسي ايمني هر يک از آنها به ترتيب ۶ و ۴ ماه برآورد شده است. در اينجا ما از اطلاعات و مشخصات واحد ۳۰۹ براي ارزيابي و انتخاب روش آناليز ريسک با استفاده از روش TOPSIS فازي بهره خواهيم كرد. با ارزيابي اوليه كار ارزيابي ريسک در واحد ۳۰۹ مشخص مي گردد كه اطلاعات و مشخصات فني كار نقشه‌هاي چيدمان سايت و تاسيسات، ديا‌گرام‌هاي جريان فرآيند، شبكه سيالات، كنترلرهاي ايمني، شرح عمليات و مشخصه‌هاي فيزيكي و شيميايي فرآيند تهيه شده اند.

براي انجام آناليز ريسک در عمليات احداث اين واحد پالايشگاهي در مرحله طراحي تفصيلي پروژه بايستي تصميم گيري شود. در مرحله اول ارزيابي شصت و دو روش آناليز ريسک كه در منبع [1] فهرست شده اند جز گزينه هاي تصميم گيري محسوب مي گردند. پس از انجام مرحله اول ارزيابي توسط متخصصان، از ميان شصت و دو روش آناليز ريسک، سه روش FMEA، Sneak Analysis و Analysis Maintenance بعنوان گزينه هاي تصميم گيري مطرح هستند. مطابق مدل تشريح شده، ورودیهاي مورد نياز و خروجيهاي قابل ارايه توسط اين روشها جز معيارهاي تصميم‌گيري خواهند بود. لذا جهت بهره‌گيري از مدل بايد ورودیها و خروجيهاي اين روشها تعيين گردد. ورودیهاي مورد نياز جهت استفاده از اين روشها به شرح زير تعيين شده اند:

روش FMEA: مستندات و داده‌هاي قبلي شامل اطلاعات ثبت شده در كارهاي مشابه قبلي، استانداردها، قوانين، روش اجرايي‌ها و دستورالعمل‌ها، نقشه‌هاي چيدمان سايت، ديا‌گرام‌هاي جريان فرآيند، شبكه سيالات، كنترلرهاي ايمني، مشخصه‌هاي فيزيكي و شيميايي فرآيند، پارامترهاي سينتيك و كالريمتريك، شرايط نرمال عمليات، مشخصات و ويژگي‌هاي تجهيزات.

روش Sneak Analysis: اطلاعات مربوط به محوطه سايت، اطلاعات توپوگرافي و تراكم جمعيت، نقشه‌هاي چيدمان سايت و تاسيسات، ديا‌گرام‌هاي جريان فرآيند، شبكه سيالات، كنترلرهاي ايمني، شرح عمليات، مشخصه-هاي فيزيكي و شيميايي فرآيند، پارامترهاي سينتيك و كالريمتريك، شرايط نرمال عمليات، مشخصات و ويژگي-هاي تجهيزات، شرايط عملياتي.

روش Maintenance Analysis: احتمال وقوع و فركانس خطرات، نوع و حالت شكست، شدت و احتمال شكست خطر بالقوه، خطاهاي انساني، آغازگرهاي حادثه و احتمال شكست آن‌ها، نرخ شكست، ميزان و احتمال تماس با افراد و محيط، ، نقشه‌هاي دقيق چيدمان سايت و تاسيسات، ديا‌گرام‌هاي جريان فرآيند، شبكه سيالات، كنترلرهاي ايمني، شرح عمليات، شرح وظايف، مشخصه-هاي فيزيكي و شيميايي فرآيند، پارامترهاي سينتيك و كالريمتريك، شرايط نرمال عمليات، مشخصات و ويژگي-هاي تجهيزات.

با مقايسه ورودیهاي مورد نياز براي اين سه روش و اطالاعات و داده هاي موجود در پروژه، از نظر دسترسي به داده ها و اطلاعات مورد نياز، روش Sneak Analysis وضعيت بهتري نسبت به دو روش ديگر دارد. به خاطر جديد بودن ماهيت برخي از عملياتهاي پروژه و امكان تامين داده ها و سوابق قبلي براي آنها وجود ندارد. همچنين ناشناخته بودن برخي از عملياتها براي تيم ارزياب ريسک برآورد احتمال وقوع و فركانس خطرات را با مشكل مواجه مي سازد.

همچنين خروجيهاي اين روشها به شرح زير هستند:

روش FMEA: اولويت بندي كه شامل انديس يا سطح ريسك، شدت/ سطح بحران، انديس آتش و انفجار، انديس نشت مواد سمي، انديس ريسك سازماني و دسته بندي انواع ريسك‌ها است، پيشنهادات مديريتي كه شامل اقدامات اصلاحي يا پيشگيرانه، پيشنهادات فني و ايمني، تغييرات يا روش‌هاي اجرايي مي‌شود و ليست‌ها كه شامل ليست خطاها، خطرات، اثرات دومينويي، علل و پيامدها، انواع شكست‌ها و صدمات، حالت‌هاي شكست، فعاليت‌هاي بحراني، آغازگرهاي حادثه، مكان هاي آسيت پذير و ليست سناريوي حوادث بزرگ ميگردد.

روش Sneak Analysis: خروجي اين روش ليستها هستند. اين ليستها شامل ليست خطاها، خطرات، اثرات دومينويي، علل و پيامدها، انواع شكست‌ها و صدمات، حالت‌هاي شكست، فعاليت‌هاي بحراني، آغازگرهاي حادثه، مكان‌هاي آسيت پذير و ليست سناريوي حوادث بزرگ مي‌شوند.

روشMaintenance Analysis : ليست خطاها، خطرات، اثرات دومينويي، انواع شكست‌ها و صدمات، حالت‌هاي شكست، فعاليت‌هاي بحراني، آغازگرهاي حادثه، مكان‌هاي آسيت پذير.

با مقايسه خروجيهاي اين سه روش مشخص مي گردد كه بكارگيري روش FMEA نسبت به دو روش Sneak Analysis و Maintenance Analysis منجر به ايجاد كاملترين خروجي براي فرايند آناليز ريسک مي گردد. لذا با توجه قرار دادن خروجي روش به عنوان معيار تصميم گيري، روش FMEA مورد توجه قرار مي گيرد.

به منظور مقداردهي به معيارهاي تصميم گيري از نظرات پنج متخصص تصميم گيرنده استفاده شده است. سه گزينه تصميم‌گيري با پنج معيار تصميم مورد ارزيابي قرار گرفته و متوسط فازي مقادير نظرات تصميم گيرندگان محاسبه شده است. نتايج اين ارزيابي در جدول (۳) خلاصه شده است.

با توجه به اهميت نسبي هر يک از معيارها، تصميم گيرندگان با متغيرهاي بياني نظرات خود را ارايه كرده ميانگين اين نظرات در جدول (۴) خلاصه شده است:

جدول ۳: ميانگين نظرات افراد خبره.

روش آنالیز ریسک	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
FMEA	(6,7.6,8.3,9)	(7,8.3,8.6,10)	(5,6.6,7.3,9)	(7,8.3,8.6,10)	(7,8.3,8.6,10)
Sneak Analysis	(7,8.6,9.3,10)	(5,8,9,10)	(5,7.3,7.6,9)	(7,8.3,8.6,10)	(7,8.6,9.3,10)
Maintenance Analysis	(1,5.3,5.6,9)	(2,3.6,4.3,6)	(1,4.3,4.6,8)	(4,6.6,7.3,10)	(2,3.6,4.3,6)

جدول ۴: اهميت معيارهای تصميم گيری.

	معیارها				
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
عدد ذوزنقه ای معادل	(0.5,0.7,0.8,1)	(0.7,0.86,0.93,1)	(0.7,0.86, 0.86,1)	(0.5,0.76,0.83,1)	(0.7,0.86,0.93,1)

جدول۵: ماتريس تصميم گيری.

روشها	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
FMEA	(0.35,0.6,0.74,1)	(0.49,0.71,0.79,1)	(0.35,0.56,0.62.0.9)	(0.35,0.63,0.71,1)	(0.49,0.71,0.79,1)
Sneak Analysis	(0.35,0.6,0.74,1)	(0.35,0.68,0.83,1)	(0.35,0.62,0.65,0.9)	(0.35,0.63,0.71,1)	(0.49,0.73,0.86,1)
Maintenance Analysis	(0.05,0.37,0.44,0.9)	(0.14,0.3,0.39,1)	(0.07,0.36,0.46,0.8)	(0.2,0.5,0.6,1)	(0.14,0.3,0.39,0.6)

جدول ۶: نتيجه محاسبات.

روشها	S^+	S^-	$\overline{C}$
FMEA	2.7576	1.722	0.6077
Sneak Analysis	2.803	1.8002	0.6009
Maintenance Analysis	1.9314	2.96	0.39858

پس از ارزيابي گزينه ها با اعداد فازي و نيز مشخص شدن وزنهاي معيارها بايد ماتريس تصميم گيري نرمال شده بر اساس ماتريس تصميم گيري و وزنهاي معيارها ساخته شود. نتايج محاسبات ماتريس نرمال شده در جدول(۵) نشان داده است.

با استفاده از روابط (۶) و (۷) فواصل هر يک از گزينه ها از ايده ال مثبت و از ايده ال منفي محاسبه مي شود. خلاصه اين محاسبات در جدول (۶) آورده شده است.

با بررسي نتايج جدول (۶) گزينه مطلوب براي اجراي آناليز ريسک در اين پروژه، استفاده از روش FMEA است. نتايج ارزيابي اختلاف کم دو روشFMEA و Sneak Analysis را نشان مي‌دهد. اين در حالي است که روش Maintenance Analysis با اختلاف بيشتري از گزينه‌هاي برتر تصميم قرار دارد. روش Maintenance Analysis نيازمند اطلاعاتي نظير احتمال وقوع و فرکانس خطرات، نوع و حالت شکست، شدت و احتمال شکست خطر بالقوه است که تهيه آنها براي واحد ۳۰۹ به سهولت امکان پذير نبوده است. قسمت اعظم برتري روش FMEA به Sneak Analysis در خروجيهاي آن است. روش FMEA طيف وسيعتري از خروجيهاي مورد نظر از آناليز ريسک را پوشش مي‌دهد. از آنجايي که از نظر افراد خبره در طرح، خروجي روش داراي اهميت بيشتري نسبت به هزينه و زمان داشته، اين معيار در جواب نهايي بين انتخاب دو روش FMEA به Sneak Analysis اثرگذار بوده است. در عمل هم متخصصان آناليز ريسک در انتخاب يکي از اين دو روش FMEA به Sneak Analysis براي آناليز ريسک واحد ۳۰۹ترديد نشان دادند در حاليکه با سهولت بيشتري در خصوص Analysis Maintenance اظهار نظر کردند. نتايج مدل فازي و عدم وجود اختلاف زياد بين گزينه‌هاي FMEA و Sneak Analysis نشان مي دهد مدل در نشان دادن عدم قاطعيت روي دو روش FMEA و Sneak Analysis موفق بوده است. يکي از دلايل اين نتيجه اين است که مدلهاي فازي با ايجاد کردن قابليت استفاده از متغيرهاي بياني اين امکان را براي تصميم گيرنده فراهم مي نمايد که با توانايي بيشتري در خصوص تعيين پارامترهاي تصميم گيري اقدام کند. لذا مي توان گفت استفاده از مدلهاي تصميم گيري فازي در انتخاب روشهاي آناليز ريسک در صنايع فرايندي نتايج مطلوبي را بدنبال دارد. به ويژه آنکه ارزيابي معيارهاي تصميم گيري اين روشها در شرايط مبهم و با کمبود اطلاعات بايستي انجام پذيرد.

نتيجه گيري

در اين مقاله سعي بر اين شد که با بکارگيري مدل تصميم گيري چند معياره فازي امکان ايجاد فرايند تصميم‌گيري مناسب براي مساله انتخاب روش آناليز ريسک در صنايع فرايندي را فراهم گردد. چراکه مساله انتخاب روش براي آناليز ريسک در صنايع فرايندي از اهميت قابل توجهي برخوردار است. در عين حال روشهاي آناليز ريسک هر يک داراي مزايا و معايب خاص خود هستند که به عناون معيارهاي تصميم‌گيري پيش روي افراد خبره قرار مي‌گيرند. جديد بودن روش آناليز ريسک، عدم انجام در پروژه‌هاي قبلي، ماهيت خاص و منحصر به فرد پروژه و عوامل ديگر باعث مي شود که اطلاعات لازم براي تصميم‌گيري در اختيار افراد تصميم‌گيرنده نباشد. استفاده از روشهاي تصميم‌گيري کمي با معيارهاي معين در اين مساله با چالشهايي روبه‌رو مي‌گرديد که با استفاده از مفاهيم مجموعه‌هاي فازي تصميم‌گيرندگان را قادر

ساخت با سهولت و اطمينان بيشتري در خصوص معيارهاي تصميم‌گيري اظهار نظر كنند. همچنين چند معياره بودن مدل تصميم‌گيري اين امكان را فراهم آورد كه همزمان معيارهاي مهمي نظير ورودیها، خروجيها، هزينه، زمان و نيروي متخصص مورد نياز روش را در مساله وارد و بررسي كنيم. جهت بررسي عملكرد مدل، يک نمونه مساله در دنياي واقعي حل و نتايج آن ارايه گرديد. پس از وقوع مساله در دنياي واقعي و حصول نتايج واقعي، مشخص گرديد نتايج مدل با نتايج دنياي واقعي سازگاري بالايي دارد. در مقاله براي مدل كردن مساله از روش TOPSIS فازي استفاده گرديد. به عنوان يک موضوع مطالعاتي در آينده مي توان نتايج حاصل از اين روش را با روشهاي ديگر تصميمگيري چند معياره مقايسه و ارزيابي كرد. همچنين بررسي نتايج حاصل پروژهاي انجام شده آناليز ريسک با استفاده از اين مدل جهت ارزيابي عملكرد آن مي تواند از جذابيتهاي زيادي برخوردار باشد.

مراجع

1- Tixier, J., Dusserre G., Salvi ,O. and Gaston, D . (2002) “Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants.” *Journal of LossPrevention in Process Industries*, 15 PP. 291-303.

2- Dagdeviren, M. and et. al., (2008). Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment Expert Systems with Applications.

3- Linkov, I. and et. al. (2006). “From comparative risk assessment to multi-criteria decision analysis and adaptive management: Recent developments and applications.” *Environment International*, 32 PP. 1072–1093.

4- Brito, A.J., deAlmeida, A.T. (2009) “Multi-attribute risk assessment for risk ranking of natural gas pipelines.” *Reliability Engineering and System Safety*, 94 PP. 187–198.

5- Grassi, A. and et. al. (2008) “A fuzzy multi-attribute model for risk evaluation in workplaces, Safety Science.

6- Adam, S., Markowski, M., Mannan, S. and Bigoszewska ,A. (2008). “Fuzzy logic for process safety analysis.” *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*.

7- Kahraman, C. and et. al. (2007). “Fuzzy multi-criteria evaluation of industrial robotic systems.” *Computers & Industrial Engineering*, 52 PP. 414–433.

8- Chin-Wen Ou and et. al. (2009). Using a strategy-aligned fuzzy competitive analysis approach for market segment evaluation and selection Expert Systems with Applications 36 PP. 527–541.

9- Gould, J., Glossop, M. and Ioannides, A. (2000). “Review of hazard identification techniques.” *Health and Safety laboratory*.

10- Vaez, N. and et. al. (2008). “A model of multiple criteria decision making as a means of selecting a risk analysis technique in process industry.” *2nd National Conference on Safety Engineering and HSE Management*.

11- Center for Process Safety, American Institute of Chemical Engineers, “Hazard Evaluation Procedures”, 2nd ed, pp. 85 (1995).

12- DOW’s Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide. (1987). American Institute of Chemical Engineers.

13- DOW’s Chemical Exposure Index Guide. (1994). American Institute of Chemical Engineers (1st ed.).

واژه هاي انگليسي به ترتيب استفاده در متن

1- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
2- Health & Safety Laboratory
3- Multi Criteria Decision Making
4- Failure Modes and Effects Analysis